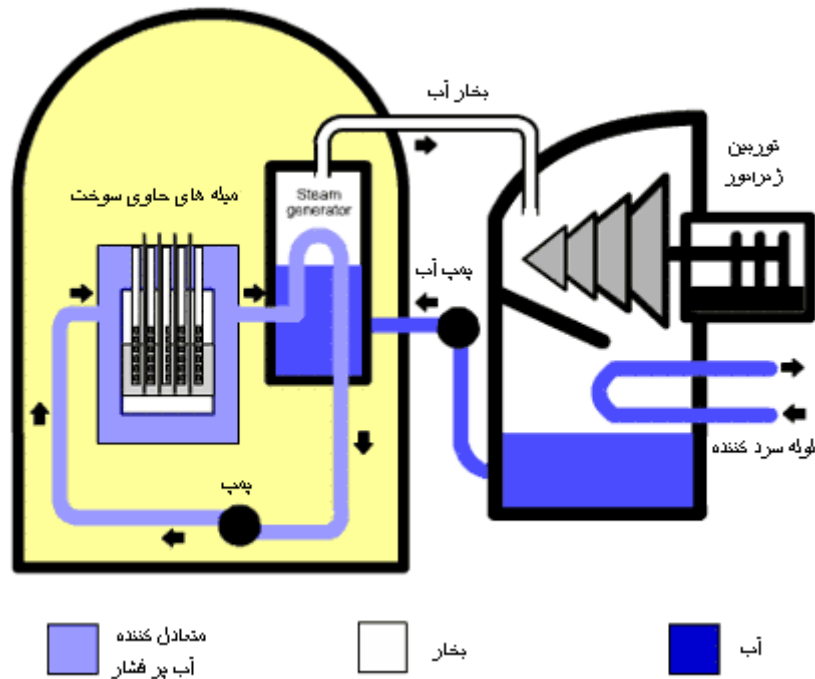


آشنائی با اجزاء و عملکرد نیروگاه هسته ای

به نقل از وبلاگ "مقالات جدید رشته مهندسی مکانیک"



مقدمه

نیروگاههای هسته ای حدود ۱۷ درصد از برق جهان را تأمین می کنند. برخی کشورها برای تولید نیروی الکتریکی خود، وابستگی بیشتری به این انرژی دارند. براساس آمار آژانس بین المللی انرژی اتمی، ۷۵ درصد برق کشور فرانسه در نیروگاههای هسته ای تولید می شود و در ایالات متحده، نیروگاههای هسته ای ۱۵ درصد برق را تأمین می کنند. بیش از چهارصد نیروگاه هسته ای در سراسر دنیا وجود دارد که بیش از یکصد عدد آنها در ایالات متحده واقع شده است. یک نیروگاه هسته ای بسیار شبیه به یک نیروگاه سوخت فسیلی تولید کننده انرژی الکتریکی است و تنها تفاوتی که دارد، منبع گرمایی تولید بخار است. این وظیفه در نیروگاه هسته ای برعهده رآکتور هسته ای است.

رآکتور هسته ای

همه رآکتورهای هسته ای تجاری از طریق شکافت هسته ای گرما تولید می کنند. همانطور که می دانید، شکافت اورانیوم نوترون های زیادی آزاد می کند، بیش از آنچه که لازم است. اگر شرایط واکنش مساعد باشد

فرآیند به طور خود به خودی انجام می شود و یک زنجیره از شکافت های هسته ای به وجود می آید. نوترونیایی که از فرآیند شکافت آزاد می شوند، بسیار سریعند و هسته های دیگر نمی توانند آنها را به راحتی جذب کنند. از این رو در اکثر رآکتورها قسمتی به نام کند کننده نوترون وجود دارد که در آن از سرعت نوترونها کاسته می شود و در نتیجه نوترونها به راحتی جذب می شوند. چنین نوترونیایی آن قدر کند می شوند تا با هسته راکتور به تعادل گرمایی برسند. نام گذاری این نوترونها به نوترونهای گرمایی یا نوترونهای کند هم از همین رو است.

مقدار انرژی گرمایی در یک رآکتور پارامتر بحرانی است و با کنترل آن می توان رآکتور را در حالت عادی نگاه داشت. این کار با تنظیم تعداد میله های کنترل درون رآکتور صورت می گیرد. میله کنترل از مواد جذب کننده نوترون ساخته شده است و با افزایش یا کاهش جذب نوترون، می توان گسترش واکنش زنجیره ای را کاهش یا افزایش داد. البته با استفاده از کند کننده های نوترون یا تغییر دادن نحوه قرار گیری میله های سوخت هم می توان انرژی خروجی رآکتور را کنترل کرد.

طراحی یک رآکتور

رآکتورهای هسته ای برای انجام واکنش های هسته ای در مقیاس وسیع طراحی می شوند. گرما، اتمهای جدید و تابش بسیار شدید نوترون، محصولات واکنش انجام شده در رآکتور هستند و بسته به استفاده ای که از رآکتور میگردد، از یکی از این محصولات استفاده می شود. در یک نیروگاه هسته ای تولید برق، از انرژی گرمایی تولید شده برای تولید بخار و چرخاندن توربین و در نهایت تولید انرژی الکتریکی استفاده می شود. در برخی رآکتورهای نظامی و آزمایشی بیشتر از باریکه نوترون پر انرژی استفاده می شود تا مواد ساده را به عناصر کم یاب و جدیدی تبدیل کنند.

هدف از رآکتور هر چه باشد، برای به دست آوردن این محصولات لازم است یک واکنش هسته ای زنجیره ای به طور پیوسته ادامه یابد. برای ادامه یک واکنش زنجیره ای رآکتور باید در حالت بحرانی یا فوق بحرانی قرار داشته باشد. کند کننده و سیستم کنترل در فراهم آوردن چنین شرایطی نقش بسیار مهمی برعهده دارند.

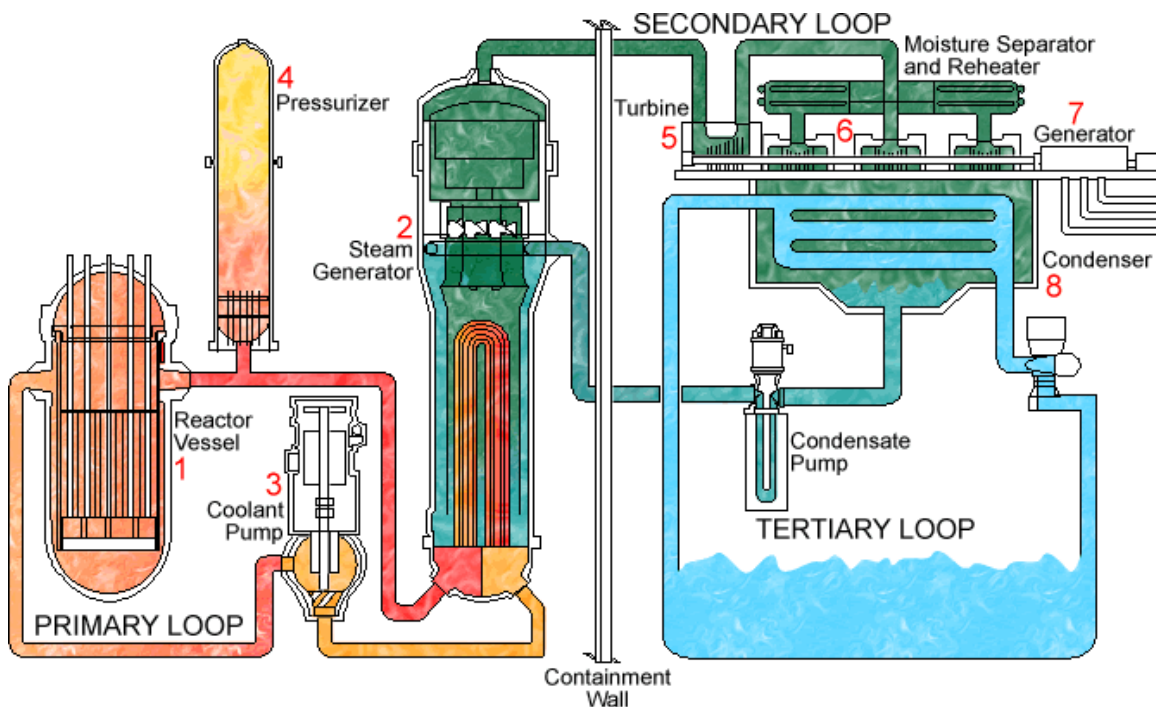
رآکتوری که از کند کننده استفاده می کند، رآکتور گرمایی یا رآکتور کند نامیده می شود. این رآکتورها با توجه به نوع کند کننده ای که مورد استفاده قرار می گیرد طبقه بندی می شوند. آب معمولی (آب سبک)، آب سنگین و گرافیت، مواد رایج کند کننده هستند. البته گرافیت مشکلات فراوانی را به وجود می آورد و بسیار خطر آفرین است، مانند حادثه انفجار چرنوبیل یا آتش سوزی وانیدسکیل.

رآکتورهایی که از کند کننده ها استفاده نمی کنند، رآکتورهای سریع خوانده می شوند. در این نوع رآکتورها فشار ذرات نوترون بسیار بالا است و از این رو می توان برخی واکنش های هسته ای را در آنها انجام داد که

ترتیب دادن آنها در رآکتور کند بسیار مشکل است. شرایط خاصی که در رآکتورهای سریع وجود دارد، سبب می شود بتوان هسته اتم توریوم و برخی ایزوتوپ های دیگر را به سوخت هسته ای قابل استفاده تبدیل کرد. چنین رآکتوری می تواند سوختی بیش از حد نیاز خود را تولید کند و به همین دلیل به آن رآکتور "سوخت ساز" هم گفته می شود.

در همه رآکتورها، قلب رآکتور که دمای بسیار زیادی دارد باید خنک شود. در یک نیروگاه هسته ای، سیستم خنک ساز به نوعی طراحی می شود که از گرمای آزاد شده به بهترین شکل ممکن استفاده شود. در اغلب این سیستمها از آب استفاده می شود. اما آب نوعی کند کننده هم محسوب می شود و از این رو نمی تواند در رآکتورهای سریع مورد استفاده قرار گیرد. در رآکتورهای سریع از سدیم مذاب یا نمک های سدیم استفاده می شود و دمای عملیاتی خنک ساز بالاتر است.

در یک نیروگاه هسته ای، رآکتور کند آب در گردش را گرم می کند و آن را به بخار تبدیل می نماید. بخار آب توربین بخار را به حرکت در می آورد، توربین نیز ژنراتور را می چرخاند و به این ترتیب انرژی تولید می شود. این آب و بخار آن در تماس مستقیم با راکتور هسته ای است و از این رو در معرض تابش های شدید رادیواکتیو قرار می گیرند. برای پیشگیری از هر گونه خطر مرتبط با این آب رادیواکتیو، در برخی رآکتورها بخار تولید شده را به یک مبدل حرارتی ثانویه وارد می کنند و از آن به عنوان یک منبع گرمایی در چرخه دومی از آب و بخار استفاده می کنند. بدین ترتیب آب و بخار آلوده شده با رادیواکتیو هیچ تماسی با توربین نخواهند داشت.



انواع رآکتورهای گرمایی

در رآکتورهای گرمایی علاوه بر کند کننده، سوخت هسته ای (ایزوتوپ قابل شکافت القایی)، مخزن بخار و لوله های منتقل کننده آن، دیواره های حفاظتی و تجهیزات کنترل و مشاهده سیستم رآکتور نیز وجود دارند. البته بسته به این که این رآکتورها از کانالهای سوخت فشرده شده، مخزن بزرگ بخار یا خنک کننده گازی استفاده کنند، می توان آنها را به سه دسته تقسیم کرد :

الف - کانالهای تحت فشار در رآکتورهای RBMK و CANDU استفاده می شوند و می توان آنها را در حال کارکردن رآکتور، سوخت رسانی کرد.

ب - مخزن بخار پرفشار داغ، رایج ترین نوع رآکتور است و در اغلب نیروگاههای هسته ای و رآکتورهای دریایی (کشتی، ناو هواپیمابر یا زیردریایی) از آن استفاده می شود. این مخزن می تواند به عنوان لایه حفاظتی نیز عمل کند.

ج - خنک سازی گازی : در این رآکتورها به جای آب، از یک سیال گازی برای خنک کردن رآکتور استفاده می شود. این گاز در یک چرخه گرمایی با منبع حرارتی راکتور قرار می گیرد و معمولاً از گاز هلیوم برای این منظور استفاده می شود، هر چند که نیتروژن و دی اکسید کربن نیز در این خصوص کاربرد دارند. در برخی رآکتورهای جدید، رآکتور به قدری گرما تولید می کند که گاز خنک کن می تواند مستقیماً یک توربین گازی را بچرخاند، در حالی که در طراحی های قدیمی تر گاز خنک کن را به یک مبدل حرارتی می فرستادند تا در یک چرخه دیگر، آب را به بخار تبدیل کند و بخار داغ، یک توربین بخار را بگرداند.

بقیه اجزای نیروگاه هسته ای

غیر از رآکتور که منبع گرمایی است، تفاوت اندکی بین نیروگاه هسته ای و یک نیروگاه حرارتی تولید برق با سوخت فسیلی وجود دارد.

مخزن بخار تحت فشار معمولاً درون یک ساختمان بتونی تعبیه می شود که این ساختمان به عنوان یک سد حفاظتی در برابر تابش رادیواکتیو عمل می کند. این ساختمان هم درون یک مخزن بزرگتر فولادی قرار می گیرد. هسته رآکتور و تجهیزات مرتبط با آن درون این مخزن فولادی قرار گرفته اند و کارکنان می توانند راکتور را تخلیه یا سوخت رسانی کنند. وظیفه این مخزن فولادی، جلوگیری از نشت هر گونه گاز یا مایع رادیواکتیو از درون سیال است.

در نهایت این مخزن فولادی هم به وسیله یک ساختمان بتونی خارجی محافظت می شود. این ساختمان به قدری محکم است که در برابر اصابت یک هواپیمای جت مسافری (مشابه حادثه یازده سپتامبر) هم

تخریب نمی شود. وجود این ساختمان حفاظتی دوم برای جلوگیری از انتشار مواد رادیواکتیو در اثر هرگونه نشت از حفاظ اول ضروری است. در حادثه انفجار چرنوبیل، فقط یک ساختمان حفاظتی وجود داشت و همین امر موجب شد که مواد راکتیو در سطح وسیعی پخش گردد.

راکتورهای هسته ای طبیعی

در طبیعت هم می توان نشانه هایی از راکتور هسته ای پیدا کرد، البته به شرطی که تمام عوامل مورد نیاز به طور طبیعی در کنار هم قرار گرفته باشند. تنها نمونه شناخته شده یک راکتور هسته ای طبیعی دو میلیارد سال پیش در منطقه اوکلو در کشور گابون (قاره آفریقا) فعالیتش را آغاز کرده است. البته دیگر چنین راکتورهایی روی زمین شکل نمی گیرند، زیرا واپاشی رادیواکتیو این مواد (به خصوص U-235) در این زمان طولانی ۴/۵ میلیارد ساله (سن زمین)، فراوانی U-235 را در منابع طبیعی این راکتورها بسیار کاهش داده است، به طوری که مقدار آن به پایین تر از حد مورد نیاز آغاز یک واکنش زنجیره ای رسیده است.

این راکتورهای طبیعی زمانی شکل گرفتند که معادن غنی از اورانیوم به تدریج از آب زیرزمینی یا سطحی پر شدند. این آب به صورت کند کننده عمل کرد و واکنش های زنجیره ای شدیدی به وقوع پیوست. با افزایش دما، آب کند کننده بخار می شد و راکتور خاموش می شد. پس از مدتی، این بخارها به مایع تبدیل می شدند و دوباره راکتور به راه می افتاد. این سیستم خودکار و بسته، یک راکتور را کنترل می کرد و برای صدها هزار سال آن را فعال نگاه می داشت.

مطالعه و بررسی این راکتورهای هسته ای طبیعی بسیار ارزشمند است، زیرا می تواند به تحلیل چگونگی حرکت مواد رادیواکتیو در پوسته زمین کمک کند. اگر زمین شناسان بتوانند این حرکت ها را شناسایی کنند، می توانند راه حل های جدیدی برای دفن زباله های هسته ای پیدا نمایند تا این ضایعات خطرناک به منابع آب زیرزمینی و سطح زمین نشت نکنند و فاجعه ای بشری به بار نیاورند.

انواع راکتورهای گرمایی

الف - کند سازی با آب سبک

a- راکتور آب تحت فشار (Pressurized Water Reactor (PWR)

b- راکتور آب جوشان (Boiling Water Reactor (BWR)

c- راکتور D2G

ب- کند سازی با گرافیت

a- ماگنوس Magnox

b- رآکتور پیشرفته با خنک کننده گازی (AGR) Advanced Gas-Coaled Reactor

c- RBMK

d- PBMR

ج- کند کنندگی با آب سنگین

a- SGHWR

b- CANDU

در این مقاله تنها به معرفی رآکتورهای نوع "الف" یعنی کندسازی با آب سبک خواهیم پرداخت :

رآکتور آب تحت فشار (PWR)

رآکتور PWR یکی از رایج ترین راکتورهای هسته ای است که از آب معمولی هم به عنوان کند ساز نوترونها و هم به عنوان خنک ساز استفاده می کند. در یک PWR، مدار خنک ساز اولیه از آب تحت فشار استفاده می کند. آب تحت فشار، در دمایی بالاتر از آب معمولی به جوش می آید، لذا چرخه خنک ساز اولیه را به گونه ای طراحی می کنند که آب با وجود آنکه دمایی بسیار بالا دارد، به جوش نیاید و به بخار تبدیل نشود. این آب داغ و تحت فشار در یک مبدل حرارتی، گرما را به چرخه دوم منتقل میکند که یک نوع چرخه بخار است و از آب معمولی استفاده می کند. در این چرخه آب به جوش می آید و بخار داغ تشکیل می شود، بخار داغ یک توربین بخار را می چرخاند، توربین هم یک ژنراتور و در نهایت ژنراتور، انرژی الکتریکی تولید می کند.

PWR به دلیل دارا بودن چرخه ثانویه با BWR تفاوت دارد. از گرمای تولیدی در PWR به عنوان سیستم گرم کننده درنواحی قطبی نیز استفاده شده است. این نوع رآکتور، رایج ترین نوع رآکتورهای هسته ای است و در حال حاضر، بیش از ۲۳۰ عدد از آنها در نیروگاههای هسته ای تولید برق و صدها رآکتور دیگر برای تأمین انرژی تجهیزات دریایی مورد استفاده قرار می گیرند.

خنک کننده

همان طور که می دانید، برخورد نوترونها با سوخت هسته ای درون میله های سوخت، موجب شکافت هسته اتمها می شود و این فرآیند هم به نوبه خود، گرما و نوترونها را بیشتری آزاد می کند. اگر این حرارت آزاد شده منتقل نشود، ممکن است میله های سوخت ذوب شوند و ساختار کنترلی رآکتور از بین برود (که خطرات مرگ آوری که به دنبال خواهد داشت). در PWR، میله های سوخت به صورت یک دسته کنار یکدیگر قرار گرفته اند و آب از کف رآکتور به بالا جریان پیدا می کند. آب از میان این میله های سوخت عبور کرده و به شدت گرم می شود، به طوری که به دمای ۳۲۵ درجه سانتی گراد می رسد. درمبدل حرارتی، این آب داغ موجب داغ شدن آب در چرخه دوم شده و بخاری با دمای ۲۷۰ درجه سانتی گراد تولید می کند تا توربین را بچرخاند.

کند کننده

نوترونها حاصل از یک شکافت هسته ای بیش از آن حدی گرمند که بتوانند یک واکنش شکافت هسته ای را آغاز کنند. انرژی آنها را باید کاهش داد تا با محیط اطراف خود به تعادل گرمایی برسند. محیط اطراف نوترونها (قلب رآکتور) دمایی در حدود ۴۵۰ درجه سانتی گراد دارد.

در یک PWR، نوترونها در پی برخورد با مولکولهای آب خنک ساز، انرژی جنبشی خود را از دست می دهند؛ به طوری که پس از ۸ تا ۱۰ برخورد (البته به طور متوسط) با محیط هم دما می شوند. در این حالت، احتمال جذب نوترونها از سوی هسته U-235 بسیار زیاد است و در صورت جذب، بلا فاصله هسته U-236 جدید دچار شکافت می شود.

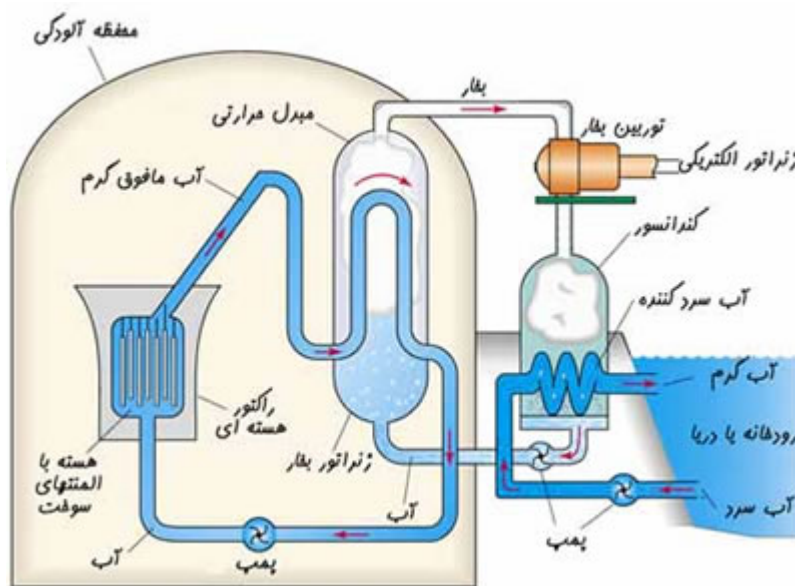
مکانیسم حساسی که هر رآکتور هسته ای را کنترل می کند، سرعت آزاد سازی نوترونها در طول یک فرآیند شکافت است. به طور متوسط از هر شکافت، دونوترون و مقدار زیادی انرژی آزاد می شود. نوترونها آزاد شده اگر با هسته U-235 دیگری برخورد کنند، شکافت دیگری را سبب می شوند و در نهایت یک واکنش زنجیره ای روی می دهد. اگر تمام این نوترونها در یک لحظه آزاد شوند، تعدادشان به قدری زیاد می شود که باعث ذوب شدن رآکتور خواهد شد. (تعداد ذرات پر انرژی، دمای یک سیستم را تعیین می نماید که معادله بوتنرمن، این ارتباط را توصیف می کند) خوشبختانه برخی از این نوترونها پس از یک بازه زمانی نه چندان کوتاه (حدود یک دقیقه) تولید می شوند و سبب می گردند دیگر عوامل کنترل کننده از این تاخیر زمانی استفاده کرده، اثر خود را داشته باشند.

یکی از مزیت های استفاده از آب در PWR، این است که اثر کند سازی آب با افزایش دما کاهش می یابد. در حالت عادی، آب در فشار ۱۵۰ برابر فشار یک اتمسفر قرار دارد (حدود ۱۵ مگا پاسکال) و در قلب رآکتور به

دمای ۳۲۵ درجه سانتی گراد می رسد. درست است که آب با فشار پانزده مگا پاسکال در این دما جوش نمی آید، ولی به شدت از خاصیت کند کنندگی اش کاسته می شود، بنابراین آهنک واکنش شکافت هسته ای کاهش می یابد، حرارت کمتری تولید می شود و دما پایین می آید. دما که کاهش یابد، توان رآکتور افزایش می یابد و دما که افزایش یابد توان رآکتور کاهش می یابد؛ پس در واقع PWR دارای یک سیستم خود تعادلی در رآکتور است که تضمین می کند توان رآکتور همواره در کمترین میزان مورد نیاز برای تأمین گرمای سیکل بخار ثانویه خواهد بود.

در اغلب رآکتورهای PWR، توان رآکتور را در دوره فعالیت معمولی با تغییرات غلظت بورون (در شکل اسید بوریک) در چرخه خنک کننده اولیه کنترل می کنند. سرعت جریان خنک کننده اول در رآکتورهای PWR معمولی ثابت است. بورون یک جذب کننده قوی نوترون است و با افزایش یا کاهش غلظت آن، می توان شدت فعالیت رآکتور را کاهش یا افزایش داد. برای این کار، یک سیستم کنترلی پیچیده شامل پمپ های فشار بالا که آب را در فشار ۱۵ مگا پاسکال از چرخه خارج می کند، تجهیزات تغییر غلظت اسید بوریک و تزریق مجدد آب به چرخه خنک ساز مورد نیاز است.

یکی از اشکالات رآکتورهای شکافت، این است که حتی پس از توقف واکنش شکافت، هنوز هم واپاشی های رادیواکتیوی انجام می شود و حرارت زیادی آزاد می گردد که می تواند رآکتور را ذوب کند. البته سیستم های حفاظتی و پشتیبانی متعددی برای جلوگیری از این واقعه وجود دارند، با این حال ممکن است در اثر پیچیدگی های این سیستم، برهمکنش های پیش بینی نشده یا خطاهای عملیاتی مرگ آفرینی در شرایط اضطراری روی دهند. در نهایت، هر رآکتور با یک حفاظ ساختمانی بتونی احاطه شده است که آخرین سد در برابر تشعشعات رادیواکتیو است.



رآکتور آب جوشان (BWR)

در رآکتور آب جوشان، از آب سبک استفاده می شود. آب سبک، آبی است که در آن فقط هیدروژن معمولی وجود دارد. BWR اختلاف زیادی با رآکتور آب تحت فشار ندارد، غیر از اینکه در BWR فقط یک چرخه خنک کننده وجود دارد و آب مستقیماً در قلب رآکتور به جوش می آید. فشار آب در BWR کمتر از PWR است، به طوری که در بیشترین مقدار به ۷۵ برابر فشار جو می رسد (۷/۵ مگا پاسکال) و بدین ترتیب آب در دمای ۲۸۵ درجه سانتی گراد به جوش می آید.

رآکتور BWR به شکلی طراحی شده که بین ۱۲ تا ۱۵ درصد آب درون قلب رآکتور به شکل بخار در قسمت بالای آن قرار می گیرد. بدین ترتیب عملکرد بخش بالایی و پایینی هسته رآکتور با هم تفاوت دارند. در بخش بالایی قلب رآکتور، کند سازی کمتری صورت می گیرد و در نتیجه بخش بالایی کمتر است.

در حالت کلی دو مکانیسم برای کنترل BWR وجود دارد: استفاده از میله های کنترل و تغییر جریان آب درون رآکتور.

الف - بالا بردن یا پایین آوردن میله های کنترل، روش معمولی کنترل توان رآکتور در حالت راه اندازی رآکتور تا رسیدن به ۷۰ درصد حداکثر توان است. میله های کنترل حاوی مواد جذب کننده نوترون هستند؛ در نتیجه پایین آوردن آنها موجب افزایش جذب نوترون در میله ها، کاهش جذب نوترون در سوخت و در نهایت کاهش آهنگ شکافت هسته ای و پایین آمدن توان رآکتور می شود. بالا بردن میله های سوخت دقیقاً نتیجه معکوس می دهد.

ب - تغییرات جریان آب درون رآکتور، زمانی برای کنترل رآکتور مورد استفاده قرار می گیرد که رآکتور بین ۷۰ تا صد درصد توان خود کار می کند. اگر جریان آب درون رآکتور افزایش یابد، حباب های بخار در حال جوش سریع تر از قلب رآکتور خارج می شوند و آب درون قلب رآکتور بیشتر می شود. افزایش مقدار آب به معنی افزایش کندسازی نوترون و جذب بیشتر نوترونها از سوی سوخت است و این یعنی افزایش توان رآکتور. با کاهش جریان آب درون رآکتور، حباب ها بیشتر در رآکتور باقی می مانند، سطح آب کاهش می یابد و به دنبال آن کندسازی نوترونها و جذب نوترون هم کاهش می یابد و در نهایت توان رآکتور کاهش خواهد یافت.

بخار تولید شده در قلب رآکتور از شیرهای جدا کننده بخار و صفحات خشک کن (برای جذب هر گونه قطرات آب داغ) عبور می کند و مستقیماً به سمت توربین های بخار که بخشی از مدار رآکتور محسوب می شوند، رهسپار میگردد. آب اطراف رآکتور همواره در معرض تابش و آلودگی رادیواکتیو است و از آنجا که توربین هم در تماس مستقیم با این آب است، باید پوشش حفاظتی داشته باشد. اغلب آلودگی های درون آب

عمر کوتاهی دارند (مانند N16 که بخش اعظم آلودگی های آب را تشکیل می دهد و نیمه عمرش تنها ۷ ثانیه است)، بنابراین مدت کوتاهی پس از خاموش شدن رآکتور می توان به قسمت توربین وارد شد.

در رآکتور BWR، افزایش نسبت بخار آب به آب مایع درون رآکتور موجب کاهش گرمای خروجی می شود. با این حال، یک افزایش ناگهانی در فشار بخار، سبب بروز یک کاهش ناگهانی در نسبت بخار به آب مایع درون رآکتور می شود که خود، سبب افزایش توان خروجی میگردد. این شرایط و دیگر حالت های خطرساز، موجب شده است از سیستم کنترلی اسید بوریک (بورون) نیز استفاده شود، بدین شکل که در سیستم پشتیبان خاموش کننده اضطراری، محلول اسید بوریک با غلظت بالا به چرخه خنک کننده تزریق می شود. خوبی این سیستم این است که اسید اوریک، یک خورنده قوی است و معمولا در PWR سبب می شود تلفات ناشی از خوردگی قابل توجه باشد. در بدترین شرایط اضطراری که تمام سیستم های امنیتی از کار افتاد، هر رآکتور به وسیله یک ساختمان حفاظتی از محیط اطراف جدا شده است. در یک رآکتور BWR صنعتی، حدود ۸۰۰ دسته واحد سوخت قرار می گیرد که هر دسته از ۷۴ تا ۱۰۰ میله سوخت تشکیل میگردد. به این ترتیب حدود ۱۴۰ تن اورانیوم در قلب رآکتور ذخیره می شود.

رآکتور D2G

رآکتور هسته ای D2G را می توان در تمام ناوهای دریایی ایالات متحده پیدا کرد. D2G مخفف عبارت زیراست:

D= Destroyer-sized reactor رآکتور ناو جنگی

2= Second Generation نسل دوم

G= General Electric built ساخت جنرال الکتریک

بدین ترتیب، D2G را می توان مخفف این عبارت دانست: "رآکتور هسته ای نسل دوم ویژه ناوهای جنگی ساخت جنرال الکتریک". این رآکتور برای تولید حداکثر ۱۵۰ مگا وات انرژی الکتریکی و عمر مفید ۱۵ سال مصرف معمولی طراحی میگردد.

در این نوع رآکتورها، برای مخزن بخار دو رآکتور وجود دارد و طوری طراحی شده که بتوان هر دو اتاق توربین را با یک رآکتور به راه انداخت. اگر هر دو رآکتور فعال باشند، ناو به سرعت ۳۲ گره می رسد. اگر یک رآکتور فعال باشد و توربین ها متصل به هم باشند، سرعت ناو به ۲۵ تا ۲۷ گره خواهد رسید و اگر فقط یک رآکتور فعال باشد ولی توربین ها جدا باشند، سرعت فقط ۱۵ گره خواهد بود.

www.petropalamehvar.com