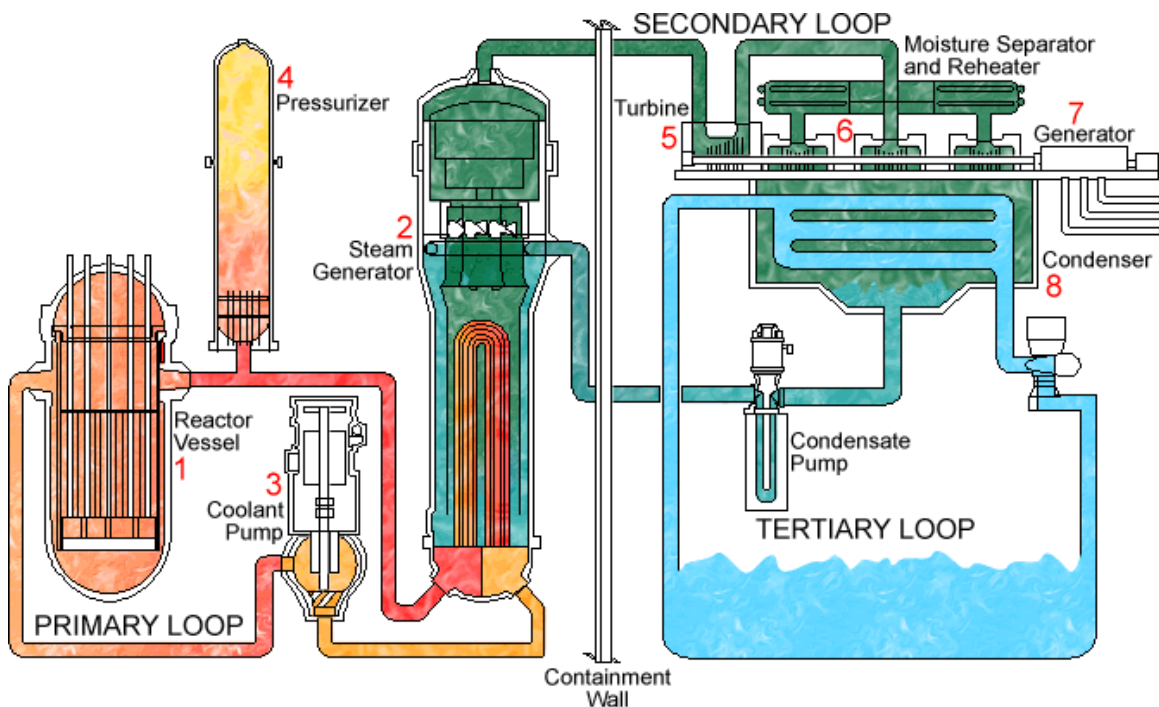


ترتیب دادن آنها در رآکتور کند بسیار مشکل است. شرایط خاصی که در رآکتورهای سریع وجود دارد، سبب می شود بتوان هسته اتم توریوم و برخی ایزوتوپ های دیگر را به سوخت هسته ای قابل استفاده تبدیل کرد. چنین رآکتوری می تواند سوختی بیش از حد نیاز خود را تولید کند و به همین دلیل به آن رآکتور "سوخت ساز" هم گفته می شود.

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 رآکتور 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.



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.

رآکتورهای هسته ای طبیعی

در طبیعت هم می توان نشانه هایی از رآکتور 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 رآکتور هسته ای طبیعی دو میلیارد سال پیش در منطقه اوکلو در کشور گابون (قاره آفریقا) فعالیتش را آغاز کرده است. البته دیگر چنین رآکتورهایی 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 رآکتورها بسیار کاهش داده است، به طوری که مقدار آن به پایین تر از حد مورد نیاز آغاز یک واکنش زنجیره ای رسیده است.

این رآکتورهای 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 رآکتور خاموش می شد. پس از مدتی، این بخارها به مایع تبدیل می شدند و دوباره رآکتور به راه می افتاد. این سیستم خودکار و بسته، یک رآکتور را کنترل می کرد و برای صدها هزار سال آن را فعال نگاه می داشت.

مطالعه و بررسی این رآکتورهای 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 رآکتورهای گرمایی

الف - کند سازی با آب سبک

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

b- رآکتور آب جوشان (BWR) Boiling Water Reactor

c- رآکتور D2G

a- ماگنوس Magnox

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

c- RBMK

d- PBMR

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.

همان طور که می دانید، برخورد نوترونها با سوخت هسته ای درون میله های سوخت، موجب شکافت هسته ای آنها می شود و این فرآیند هم به نوبه خود، گرما و نوترونهای 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

نوترونهای 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. نوترونهای 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

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 خطرناک، موجب شده است از سیستم کنترلی اسید بوریک (بوروون) 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 معمولاً 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