

برق هسته‌ای

مقدمه

از مهمترین منابع استفاده صلح آمیز از انرژی اتمی ، ساخت راکتورهای هسته‌ای جهت تولید برق می‌باشد. راکتور هسته‌ای وسیله‌ای است که در آن فرآیند شکافت هسته‌ای بصورت کنترل شده انجام می‌گیرد. در طی این فرآیند انرژی زیاد آزاد می‌گردد به نحوی که مثلا در اثر شکافت نیم کیلوگرم اورانیوم انرژی معادل بیش از ۱۵۰۰ تن زغال سنگ بدست می‌آید. هم اکنون در سراسر جهان ، راکتورهای متعددی در حال کار وجود دارند که بسیاری از آنها برای تولید قدرت و به منظور تبدیل آن به انرژی الکتریکی ، پاره‌ای برای راندن کشتیها و زیردریائیها ، برخی برای تولید رادیو ایزوتوپوپها و تحقیقات علمی و گونه‌هایی نیز برای مقاصد آزمایشی و آموزشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در راکتورهای هسته‌ای که برای نیروگاههای اتمی طراحی شده‌اند (راکتورهای قدرت) ، اتمهای اورانیوم و پلوتونیم توسط نوترونها شکافته می‌شوند و انرژی آزاد شده گرمای لازم را برای تولید بخار ایجاد کرده و بخار حاصله برای چرخاندن توربینهای مولد برق بکار گرفته می‌شوند .

انواع راکتور اتمی

راکتورهای اتمی را معمولاً برحسب خنک کننده، کند کننده، نوع و درجه غنای سوخت در آن طبقه بندی می کنند. معروفترین راکتورهای اتمی، راکتورهای هسته ای هستند که از آب سبک به عنوان خنک کننده و کند کننده و اورانیوم غنی شده (2 تا 4 درصد ^{235}U) به عنوان سوخت استفاده می کنند. این راکتورها عموماً تحت عنوان راکتورهای آب سبک (LWR) شناخته می شوند. راکتورهای PWR، BWR و WWER از این دسته اند. نوع دیگر، راکتورهای هسته ای که از گاز به عنوان خنک کننده، گرافیت به عنوان کند کننده و اورانیوم طبیعی یا کم غنی شده به عنوان سوخت استفاده می کنند. این راکتورها به گاز - گرافیت معروفند. راکتورهای GCR، AGR و HTGR از این نوع می باشند.



راکتور PHWR راکتوری است که از آب سنگین به عنوان کند کننده و خنک کننده و از اورانیوم طبیعی به عنوان سوخت استفاده می کند. نوع کانادایی این راکتور به CANDU موسوم بوده و از کارایی خوبی برخوردار می باشد. مابقی راکتورها مثل FBR (راکتوری که از مخلوط اورانیوم و پلوتونیوم به عنوان سوخت و سدیم مایع به عنوان خنک

کننده استفاده کرده و فاقد کند کننده می باشد) **LWGR** (راکتوری که از آب سبک به عنوان خنک کننده و از گرافیت به عنوان کند کننده استفاده می کند (از فراوانی کمتری برخوردار می باشند. در حال حاضر ، راکتورهای **PWR** و پس از آن به ترتیب **PHWR** ، **WWER** ، **BWR** فراوانترین راکتورهای قدرت در حال کار جهان می باشند .

تاریخچه

به لحاظ تاریخی اولین راکتور اتمی در آمریکا بوسیله شرکت " وستینگهاوس " و به منظور استفاده در زیر دریاییها ساخته شد. ساخت این راکتور پایه اصلی و استخوان بندی تکنولوژی فعلی نیروگاههای اتمی **PWR** را تشکیل داد. سپس شرکت جنرال الکتریک موفق به ساخت راکتورهایی از نوع **BWR** گردید. اما اولین راکتوری که اختصاصا جهت تولید برق طراحی شده ، توسط شوروی و در ژوئن ۱۹۵۴ در " آبنینسک " نزدیک مسکو احداث گردید که بیشتر جنبه نمایشی داشت. تولید الکتریسیته از راکتورهای اتمی در مقیاس صنعتی در سال ۱۹۵۶ در انگلستان آغاز گردید.

تا سال **1965** روند ساخت نیروگاههای اتمی از رشد محدودی برخوردار بود، اما طی دو دهه ۱۹۶۶ تا **1985** جهش زیادی در ساخت نیروگاههای اتمی بوجود آمده است. این جهش طی سالهای ۱۹۷۲ تا **1976** که بطور متوسط هر سال ۳۰ نیروگاه شروع به ساخت می کردند بسیار زیاد و قابل توجه است. یک دلیل آن شوک نفتی اوایل دهه ۱۹۷۰ می باشد که کشورهای مختلف را بر آن داشت تا جهت تأمین انرژی مورد نیاز خود بطور زاید الوصفی به انرژی هسته ای روی آورند. پس از دوره جهش فوق یعنی از سال ۱۹۸۶ تا کنون روند ساخت

نیروگاهها به شدت کاهش یافته ، بطوریکه بطور متوسط سالیانه ۴ راکتور اتمی شروع به ساخت می‌شوند .

سه‌م برق هسته‌ای در تولید برق کشورها

کشورهای مختلف در تولید برق هسته‌ای روند گوناگونی داشته‌اند. به عنوان مثال کشور انگلستان که تا سال ۱۹۶۵ پیشرو در ساخت نیروگاه اتمی بود، پس از آن تاریخ ، ساخت نیروگاه اتمی در این کشور کاهش یافت، اما برعکس در آمریکا به اوج خود رسید. کشور آمریکا که تا اواخر دهه ۱۹۶۰ تنها ۱۷ نیروگاه اتمی داشت، در طول دهه های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ بیش از ۹۰ نیروگاه اتمی دیگر ساخت . این مسئله نشان دهنده افزایش شدید تقاضای انرژی در آمریکاست. هزینه تولید برق هسته‌ای در مقایسه با تولید برق از منابع دیگر انرژی در آمریکا کاملاً قابل رقابت می‌باشد .

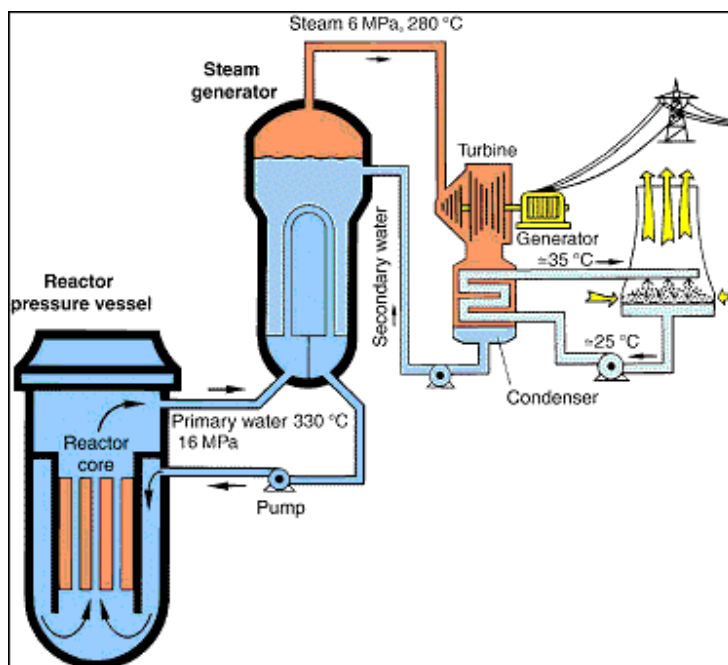
هم اکنون فرانسه با داشتن سه‌م ۷۵ درصدی برق هسته‌ای از کل تولید برق خود در صدر کشورهای جهان قرار دارد. پس از آن به ترتیب لیتوانی (۷۳ درصد)، بلژیک (۵۷ درصد) ، بلغارستان و اسلواکی (۴۷ درصد) و سوئد (۴۸٫۶ درصد) می‌باشند . آمریکا نیز حدود ۲۰ درصد از تولید برق خود را به برق هسته‌ای اختصاص داده است. گرچه ساخت نیروگاههای

هسته‌ای و تولید برق هسته‌ای در جهان از رشد انفجاری اواخر دهه 1960 تا اواسط ۱۹۸۰ برخوردار نیست، اما کشورهای مختلف همچنان درصدد تأمین انرژی مورد نیاز خود از طریق انرژی هسته‌ای می‌باشند.

طبق پیش‌بینی‌های به عمل آمده روند استفاده از برق هسته‌ای تا دهه‌های آینده همچنان روند صعودی خواهد داشت. در این زمینه، منطقه آسیا و اروپای شرقی به ترتیب مناطق اصلی جهان در ساخت نیروگاه هسته‌ای خواهند بود. در این راستا، ژاپن با ساخت نیروگاه‌های اتمی با ظرفیت بیش از ۲۵۰۰۰ مگا وات در صدر کشورها قرار دارد. پس از آن چین، کره جنوبی، قزاقستان، رومانی، هند و روسیه جای دارند. استفاده از انرژی هسته‌ای در کشورهای کانادا، آرژانتین، فرانسه، آلمان، آفریقای جنوبی، سوئیس و آمریکا تقریباً روند ثابتی را طی دو دهه آینده طی خواهد کرد.

دیدگاه‌های اقتصادی و زیست محیطی برق هسته‌ای

جمهوری اسلامی ایران در فرآیند توسعه پایدار خود به تکنولوژی هسته‌ای چه از لحاظ تأمین نیرو و ایجاد جایگزینی مناسب در عرصه انرژی و چه از نظر دیگر بهره‌برداریهای صلح آمیز آن در زمینه‌های صنعت، کشاورزی، پزشکی و خدمات نیاز مبرم دارد که تحقق این رسالت مهم به عهده سازمان انرژی اتمی ایران می‌باشد. بدیهی است در زمینه کاربرد انرژی هسته‌ای به منظور تأمین قسمتی از برق مورد نیاز کشور قیود و فاکتورهای بسیار مهمی از جمله مسایل اقتصادی و زیست محیطی مطرح می‌گردند.



دیدگاه اقتصادی استفاده از برق هسته‌ای

امروزه کشورهای بسیاری بویژه کشورهای اروپایی سهم قابل توجهی از برق مورد نیاز خود را از انرژی هسته‌ای تأمین می‌نمایند. بطوری که آمار نشان می‌دهد از مجموع نیروگاههای هسته‌ای نصب شده جهت تأمین برق در جهان به ترتیب ۳۵ درصد به اروپای غربی، ۳۳ درصد به آمریکای شمالی، 16.5 درصد به خاور دور، ۱۳ درصد به اروپای شرقی و نهایتاً فقط ۰.۷۴ درصد به آسیای میانه اختصاص دارد. بدون شک در توجیه ضرورت ایجاد تنوع در سیستم عرضه انرژی کشورهای مذکور، انرژی هسته‌ای به عنوان یک گزینه مطمئن اقتصادی

مطرح است.

بنابراین ابعاد اقتصادی جایگزینی نیروگاههای هسته‌ای با توجه به تحلیل هزینه تولید (قیمت تمام شده) برق در سیستمهای مختلف نیرو قابل تأمل و بررسی است. از اینرو در اغلب کشورها، نیروگاههای هسته‌ای با عملکرد مناسب اقتصادی خود از هر لحاظ با نیروگاههای سوخت فسیلی قابل رقابت می‌باشند. بهر حال طی چند دهه گذشته کاهش قیمت سوختهای فسیلی در بازارهای جهانی، سبب افزایش هزینه‌های ساخت نیروگاههای هسته‌ای به دلیل تشدید مقررات و ضوابط ایمنی، طولانی‌تر شدن مدت ساخت و بالاخره باعث ایجاد مشکلات تأمین مالی لازم و بالا رفتن قیمت تمام شده هر واحد الکتریسیته در این نیروگاهها شده است.

از یک طرف مشاهده می‌شود که طی این مدت حدود ۴۰ درصد از هزینه‌های چرخه سوخت هسته‌ای کاهش یافته است و از سویی دیگر با توجه به پیشرفتهای فنی و تکنولوژی حاصل از طرحهای استاندارد و برنامه ریزیهای دقیق به منظور تأمین سرمایه اولیه مورد نیاز مطمئن و به هنگام احداث چند واحد در یک سایت برای صرفه جوییهای ناشی از مقیاس مربوط به تأسیسات و تسهیلات مشترک مورد نیاز در هر نیروگاه، همچنان مزیت نیروگاههای اتمی از دیدگاه اقتصادی نسبت به نیروگاههای با سوخت فسیلی در اغلب کشورها حفظ شده است.

دیدگاه زیست محیطی استفاده از برق هسته‌ای

افزایش روند روزافزون مصرف سوخته‌های فسیلی طی دو دهه اخیر و ایجاد انواع آلاینده‌های خطرناک و سمی و انتشار آن در محیط زیست انسان ، نگرانیهای جدی و مهمی برای بشر در حال و آینده به دنبال دارد. بدیهی است که این روند به دلیل اثرات مخرب و مرگبار آن در آینده تداوم چندانی نخواهد داشت. از اینرو به جهت افزایش خطرات و نگرانیها تدریجی در مورد اثرات مخرب انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کاربرد فرآیند انرژیهای فسیلی ، واضح است که از کاربرد انرژی هسته‌ای بعنوان یکی از رهیافتهای زیست محیطی برای مقابله با افزایش دمای کره زمین و کاهش آلودگی محیط زیست یاد می‌شود. همچنانکه آمار نشان می‌دهد، در حال حاضر نیروگاههای هسته‌ای جهان با ظرفیت نصب شده فعلی توانسته‌اند سالانه از انتشار ۸ درصد از گازهای دی اکسید کربن در فضا جلوگیری کنند که در این راستا تقریبا مشابه نقش نیروگاههای آبی عمل کرده‌اند.

چنانچه ظرفیتهای در دست بهره برداری فعلی تولید برق نیروگاههای هسته‌ای ، از طریق نیروگاههای با خوراک ذغال سنگ تأمین می‌شد، سالانه بالغ بر ۱۸۰۰ میلیون تن دی اکسید کربن ، چندین میلیون تن گازهای خطرناک دی اکسید گوگرد و نیتروژن ، حدود ۷۰ میلیون تن خاکستر و معادل ۹۰ هزار تن فلزات سنگین در فضا و محیط زیست انسان منتشر می‌شد که مضرات آن غیرقابل انکار است. لذا در صورت رفع موانع و مسایل سیاسی مربوط به گسترش انرژی هسته‌ای در جهان بویژه در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم ، این انرژی در دهه‌های آینده نقش مهمی در کاهش آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا خواهد نمود.

در حالیکه آلودگیهای ناشی از نیروگاههای فسیلی سبب وقوع حوادث و مشکلات بسیار زیاد بر محیط زیست و انسانها می شود، سوخت هسته ای گازهای سمی و مضر تولید نمی کند و مشکل زباله های اتمی نیز تا حد قابل قبولی رفع شده است، چرا که در مورد مسایل پسمانداری با توجه به کم بودن حجم زباله های هسته ای و پیشرفتهای علوم هسته ای بدست آمده در این زمینه در دفن نهایی این زباله ها در صخره های عمیق زیرزمینی با توجه به حفاظت و استتار ایمنی کامل ، مشکلات موجود تا حدود زیادی از نظر فنی حل شده است و طبیعتا در مورد کشور ما نیز تا زمان لازم برای دفع نهایی پسماندهای هسته ای ، مسائل اجتماعی باقیمانده از نظر تکنولوژیکی کاملا مرتفع خواهد شد.

از سوی دیگر بنظر می رسد که بیشترین اعتراضات و مخالفتها در زمینه استفاده از انرژی اتمی بخاطر وقوع حوادث و انفجارات در برخی از نیروگاههای هسته ای نظیر حادثه اخیر در نیروگاه چرنوبیل می باشد، این در حالی است که براساس مطالعات بعمل آمده احتمال وقوع حوادثی که منجر به مرگ عده ای زیاد بشود نظیر تصادف هوایی ، شکسته شدن سدها ، انفجارات زلزله ، طوفان ، سقوط سنگهای آسمانی و غیره ، بسیار بیشتر از وقایعی است که نیروگاههای اتمی می توانند باعث گردند.

به هر حال در مورد مزایای نیروگاههای هسته ای در مقایسه با نیروگاههای فسیلی صرفنظر از مسایل اقتصادی علاوه بر اندک بودن زباله های آن می توان به تمیزتر بودن نیروگاههای هسته ای و عدم آلاینده گی محیط زیست به آلاینده های خطرناکی نظیر SO_2 ، NO_2 ، CO ،

CO₂ پیشرفت تکنولوژی و استفاده هرچه بیشتر از این علم جدید ، افزایش کارایی و کاربرد تکنولوژی هسته‌ای در سایر زمینه‌های صلح آمیز در کنار نیروگاههای هسته‌ای اشاره نمود .

مقایسه هزینه‌های اجتماعی تولید برق در نیروگاههای فسیلی و اتمی

در مجموع ارزیابیهای اقتصادی و مطالعات بعمل آمده در مورد مقایسه هزینه تولید (قیمت تمام شده) برق در نیروگاههای رایج فسیلی کشور و نیروگاه اتمی نشان می‌دهد که قیمت این دو نوع منبع انرژی صرفنظر از هزینه‌های اجتماعی ، تقریباً نزدیک به هم و قابل رقابت با یکدیگر هستند. چنانچه قیمت مصرف انرژیهای فسیلی برای نیروگاههای کشور بر مبنای قیمت‌های متعارف بین المللی منظور شوند و همچنین در شرایطی که نرخ تسعیر هر دلار در کشور ۸۰۰۰ ریال تعیین گردد، هزینه تولید (قیمت تمام شده) هر کیلووات ساعت برق در نیروگاههای فسیلی و اتمی بشرح زیر می باشد.

در تازه‌ترین مطالعه‌ای که برای تعیین هزینه‌های اجتماعی نیروگاههای هسته‌ای در ۵ کشور اروپایی بلژیک ، آلمان ، فرانسه ، هلند و انگلستان صورت گرفته است، میزان هزینه‌های اجتماعی ناشی از نیروگاههای هسته‌ای در مقایسه با نیروگاههای فسیلی بسیار پائین است. در این مطالعه هزینه‌های خارجی هر کیلووات ساعت برق تولیدی در نیروگاههای هسته‌ای در

حدود ۰,۳۹ سنت (معادل ۳۱,۲ ریال) برآورده شده است. بنابراین در صورتیکه هزینه‌های اجتماعی تولید برق را در ارزیابیهای اقتصادی نیروگاههای فسیلی و هسته‌ای منظور نمائیم قطعاً قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت برق در نیروگاه هسته‌ای نسبت به فسیلی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت.

به هر حال نیروگاههای فسیلی و هسته‌ای هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشند و ایجاد هر یک متناسب با مقتضیات زمانی و مکانی هر کشور خواهد بود و انتخاب نهایی و تصمیم‌گیری در این زمینه می‌بایست با توجه به فاکتورهایی از قبیل عوامل تکنولوژیکی، ارزشی، سیاسی، اقتصادی و زیست محیطی توأماً اتخاذ گردد. قدر مسلم ایجاد تنوع در سیستم عرضه و تأمین انرژی از استراتژیهای بسیار مهم در زمینه توسعه سیستم پایدار انرژی در هر کشور محسوب می‌شود. در این راستا با توجه به بررسیهای صورت گرفته، شورای انرژی اتمی کشور مصمم به ایجاد نیروگاههای اتمی به ظرفیت کل ۶۰۰۰ مگاوات در سیستم عرضه انرژی کشور تا سال **1400** هجری شمسی می‌باشد.

چشم انداز

سایر دیدگاههای اقتصادی در مورد آینده انرژی هسته‌ای حاکی از آن است که براساس تحلیل سطح تقاضا و منابع عرضه انرژی در جهان، توجه به توسعه تکنولوژیهای موجود و حقایقی نظیر روند تهی شدن منابع فسیلی در دهه‌های آینده، مزیت‌های زیست محیطی انرژی اتمی و همچنین استناد به آمار و عملکرد اقتصادی و ضریب بالای ایمنی نیروگاههای هسته‌ای، مضرات کمتر چرخه سوخت هسته‌ای نسبت به سایر گزینه‌های سوخت و

پیشرفتهای حاصله در زمینه نیروگاههای زاینده و مهار انرژی گداخت هسته ای در طول نیم قرن آینده، بدون تردید انرژی هسته ای یکی از حاملهای قابل دسترس و مطمئن انرژی جهان در هزاره سوم میلادی به شمار می رود.

در این راستا شورای جهانی انرژی تا سال ۲۰۲۰ میلادی میزان افزایش عرضه انرژی هسته ای را نسبت به سطح فعلی حدود ۲ برابر پیش بینی می نماید. با توجه به شرایط موجود چنانچه از لحاظ اقتصادی هزینه های فرصتی فروش نفت و گاز را با قیمت های متعارف بین المللی در محاسبات هزینه تولید (قیمت تمام شده) برای هر کیلووات برق تولیدی منظور نمائیم و همچنین تورم و افزایش احتمالی قیمت های این حاملها (بویژه طی مدت اخیر) را براساس روند تدریجی به اتمام رسیدن منابع ذخایر نفت و گاز جهانی مد نظر قرار دهیم، یقینا در بین گزینه های انرژی موجود در جمهوری اسلامی ایران ، استفاده از حامل انرژی هسته ای نزدیکترین فاصله ممکن را با قیمت تمام شده برق در نیروگاه های فسیلی خواهد داشت .

