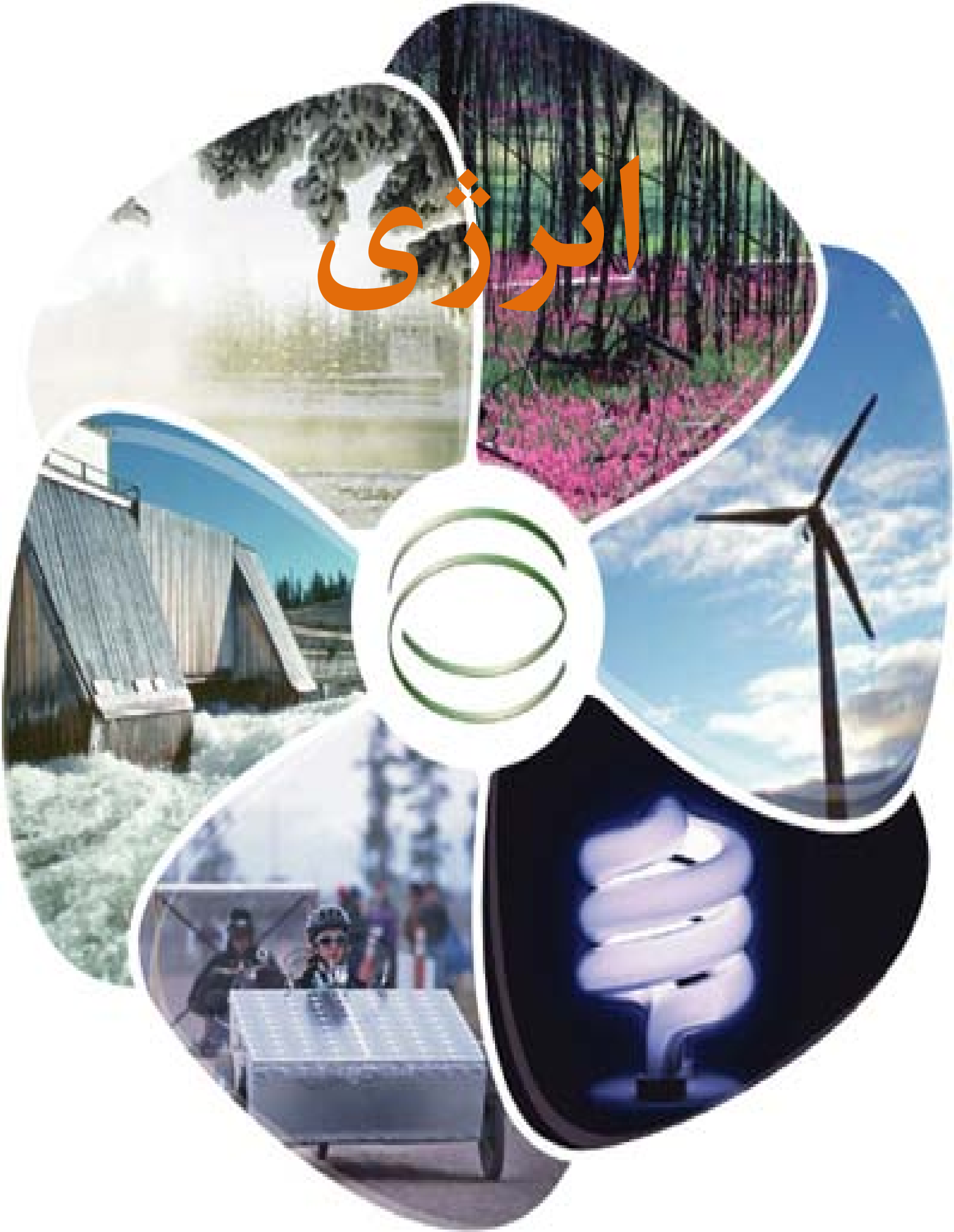

انرژی

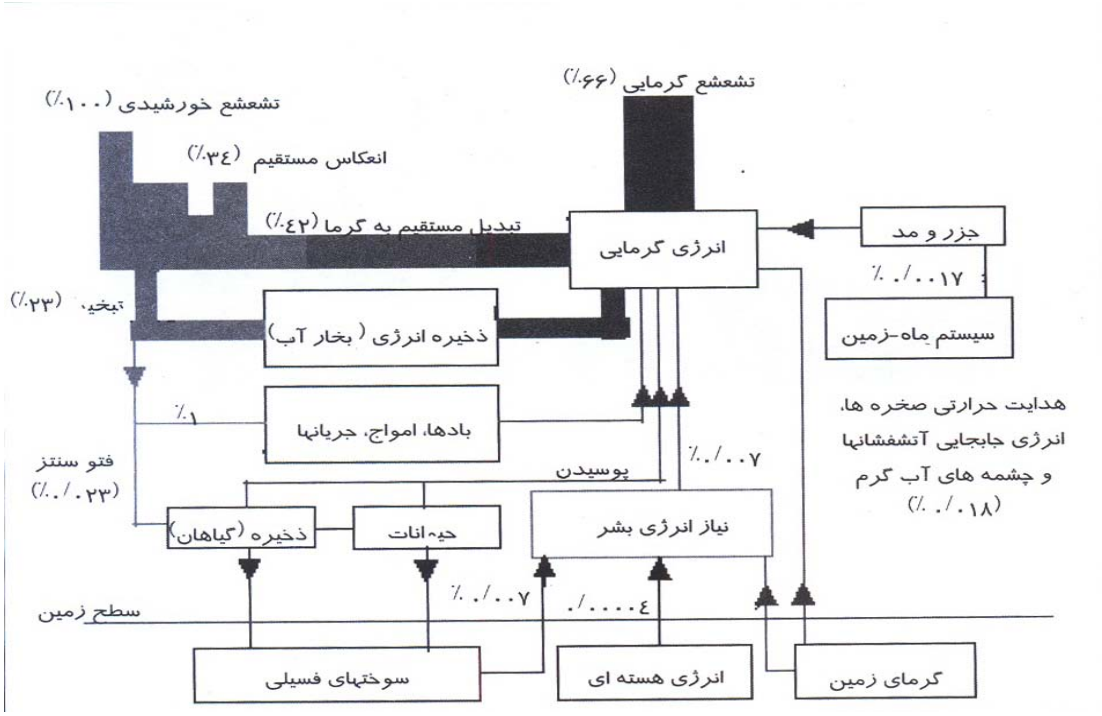
مقدمه

افزایش روز افزون نقش انرژی الکتریکی در توسعه اقتصادی و ارتقای سطح زندگی جوامع بشری ، امری انکارناپذیر می باشد ، لذا شناخت انواع نیروگاههای تولید برق و منابع تولید برق و منابع اولیه انرژی در دسترس و مناسب برای استفاده در پروسه تولید برق در قرن بیست ویکم ، برای تمامی کسانی که به مسائل مرتبط با سیستمهای انرژی و دیگر رشته های مرتبط و نیز سیاستگزاران امور انرژی کشور بسیار حائز اهمیت می باشد.

اهمیت انرژی:

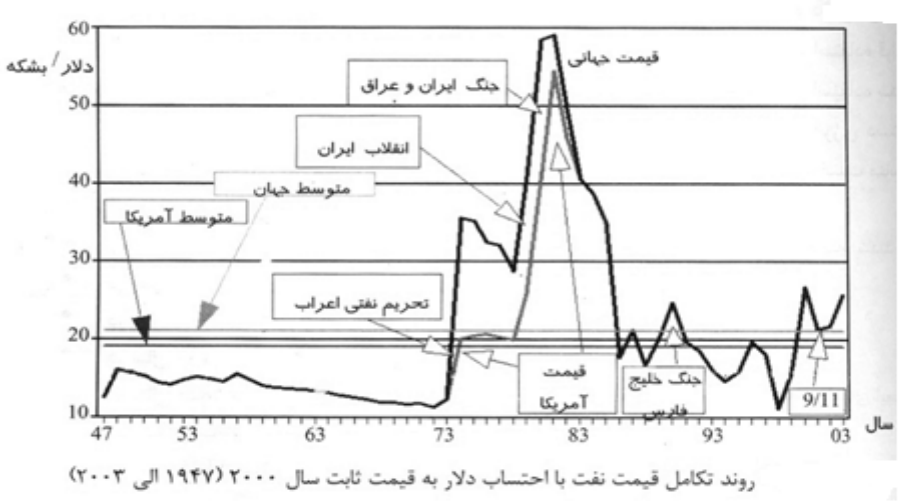
انرژی در حیات اقتصاد صنعتی جوامع، نقش زیربنایی را ایفا میکند، به این معنا که هرگاه انرژی به مقدار کافی و به موقع در دسترس باشد توسعهٔ اقتصادی نیز میسر خواهد بود.نگاهی به معضلات گذشته نشان می دهد که همواره رقابت های بزرگی در سطح جهانی بر سر تصاحب انرژی وجود داشته است چرا که امنیت ملی و پایداری نظا مهای حکومتی تا حد زیادی در گرو دسترسی به این منابع است .خوشبختانه ایران از نظر دارا بودن منابع و ذخایر متنوع انرژی از ثروتمندترین کشورهای جهان به حساب م یآید .این منابع درکشور ما با قیمت هایی به مراتب ناز لتر از سایر کشورها و با سهولت بیشتری به مصر ف کننده عرضه می شود .اما جای بسی تأسف است که میزان مصرف و اتلاف انرژی به مراتب بالاتر از کشورهای صنعتی است و وضعیت مصرف انرژی در کشور ما با اصول مربوط به ارتقاء بهره وری و بازدهی انرژی در جهان، مغایرت دارد .آیا این بهره برداری تا بی نهایت ادامه خواهد یافت؟ و آیا این سفرهٔ طبیعت و نعمتهای خدادادی برای ما همیشه گسترده خواهد بود؟ مسلماً این منابع انرژ ی زا نیز، مانند تمامی پدیده های طبیعی دیگر، روزی پایان خواهد پذیرفت و از آنجایی که دیگر حتی تصور زندگی عادی انسان امروزی بدون استفاده از منابع انرژی ممکن نیست .این بحران را قبل از وقوع باید علاج کنیم و همزمان با توسعه تکنولوژی های نوین به سرمایه گذاری در روش های استفاده بهینه از انرژی و گسترش آنها دست بزنیم.

سطح زندگی بشر همواره به میزان و نحوه کاربرد انرژی برای انجام فعالیت های خود بستگی داشته است. بطوریکه شناسایی منابع انرژی زا و بهره برداری بهینه از آنها، یکی از ابزارهای مهم در جهت توسعه و خودکفایی اقتصادی هر کشور از آغاز تاریخ تاکنون محسوب می شده است.منابع شناخته شده انرژی اولیه، که در حال حاضر در اختیار بشر قرار دارند، شامل منابع طبیعی نظیر سوختهای فسیلی(زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و ...) چوب و فضولات گیاهی و حیوانی و انسانی ،مواد غذایی (انرژی مصرفی انسان و حیوان)، جریان آبهای سطح زمین مانند رودخانه و آبشارها، خورشید، باد، امواج دریا، جزر و مد، حرارت زیر پوسته زمین (ژئوترمال)، حرارت آب سطح دریاها و واکنشهای هسته ای می گردند. منشا تقریباً تمامی این منابع انرژی به استثنای انرژی هسته ای، انرژی زمین گرمایی و انرژی جزر و مد،در انرژی خورشید نهفته است.



با توجه به متنوع بودن نیازهای بشری در رابطه با انرژی و عدم قابلیت استفاده مستقیم از بسیاری از منابع انرژی اولیه، بشر متناسب با نیازهایش ملزم به تغییر و تبدیل این انرژیها، به نوع انرژی های دلخواه خود نظیر انرژی الکتریکی گردیده است. فرایند تبدیل یک نوع انرژی به نوع دیگر، بدون استثنا با مقداری تلفات همراه می باشد.

در حال حاضر بخش اعظم انرژی مصرفی جهان از سوختهای فسیلی بخصوص نفت، گاز و زغال سنگ تامین می شود. احتراق سوخت های فسیلی باعث انتشار انواع آلاینده ها نظیر اکسیدهای گوگرد، نیتروژن، منواکسید کربن، گاز کربنیک و ... در محیط زیست می گردد و با ورود آنها در جو زمین، سلامتی انسانها و تمامی موجودات زنده با خطر مواجه می گردد. سوختهای فسیلی علاوه بر انتشار گازهای مضر دارای منابع محدودی می باشند، بطوریکه در آینده نزدیک عمر ذخایر آنها به پایان می رسد، که این واقعیت جهان را با بحران جدی انرژی در قرن بیست و یکم روبرو خواهد نمود. برای مقابله با این بحران، سیاستگزاران امور انرژی در کنار بهینه سازی مصرف انرژی، استفاده از گزینه های دیگر انرژی نظیر انرژی هسته ای(بخصوص گداخت هسته ای)، انرژی های تجدیدپذیر و نیز تکنولوژیهای متکاملتر برای استفاده از سوختهای فسیلی نظیر پیلهای سوختی را، برای انرژی بشر در قرن بیست و یکم، پیشنهاد می نمایند. انرژیهای تجدید پذیر نظیر باد و جریان آب از قرنها پیش به عنوان مهمترین منابع انرژی بشر به شمار می رفتند، اما از نیمه دوم قرن هجدهم به بعد، اختراع موتور بخار و انواع مولدهای الکتریکی، استفاده از این انرژی های تجدید پذیر را محدود کرد. آسیابهای بادی و آبی جای خود را به آسیابهای الکتریکی دادند و موتورهای بزرگ بخاری و سپس دیزلی جایگزین بادبانها شدند. در اواخر سال ۱۹۷۳ در پی جنگ اعراب و اسرائیل و تحریم نفتی کشورهای عربی بر علیه کشورهای حامی اسرائیل، قیمت نفت و به موازات آن قیمت دیگر منابع سوختهای فسیلی در بازارهای جهانی افزایش چشمگیری یافت و ضررهای هنگفتی به اقتصاد کشورهای صنعتی وارد گردید. پس از آن کشورهای صنعتی برای کاهش وابستگی اقتصادی خود به نفت، تصمیم به جایگزینی تدریجی نفت توسط دیگر منابع انرژی و به خصوص منابع تجدیدپذیر گرفتند و تحقیقات گسترده ای را جهت استفاده از این منابع آغاز نمودند.



روند تکامل قیمت نفت با احتساب دلار به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ (۱۹۴۷ الی ۲۰۰۳)

در نمودار فوق روند تکامل قیمت نفت، به عنوان اصلی ترین منبع سوختهای فسیلی، با احتساب دلار به ارزش سال ۲۰۰۰را از سال ۱۹۴۷ الی ۲۰۰۳با توجه به رویدادهای مختلف نمایش می دهد.

در سالهای اخیر به دلایل زیست محیطی و آشکار شدن مضرات گازهای ناشی از احتراق سوخت های فسیلی و تاثیرات منفی آنها بر روی چرخه های اکولوژیکی و همینطور رو به پایان بودن ذخایر سوختهای فسیلی، انگیزه استفاده از انرژی های تجدید پذیر و غیرآلاینده محیط زیست نظیر باد، خورشید، آبهای جاری و غیره افزایش یافته است. در کشور ایران با وجود شرایط جغرافیایی مناسب و پتانسیل عظیم انرژیهای تجدید پذیر صورت نگرفته است، که دلیل آنرا باید در تکیه بیش از حد به نفت و گاز، بعنوان منابع اصلی انرژی در کشور جستجو نمود.

دسترسی کشورهای درحال توسعه به انواع منابع جدید انرژی، برای توسعه اقتصادی آنها اهمیت اساسی دارد و پژوهش های جدید نشان داده که بین سطح توسعه یک کشور و میزان مصرف انرژی آن، رابطه مستقیمی برقرار است. با توجه به ذخایر محدود انرژی فسیلی و افزایش سطح مصرف انرژی در جهان فعلی، دیگر نمی توان به منابع موجود انرژی متکی بود .

درکشورما نیز، با توجه به نیاز روز افزون به منابع انرژی و کم شدن منابع انرژی فسیلی، ضرورت سالم نگه

داشتن محیط زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیت های برق رسانی و تأمین سوخت برای نقاط و روستاهای دورافتاده و... استفاده از انرژی های نو مانند: انرژی باد، انرژی خورشید هیدروژن، انرژی های داخل زمین می تواند جایگاه ویژه ای داشته باشد .

امروزه، بحران های سیاسی، اقتصادی و مسائلی نظیر محدودیت دوام ذخایر فسیلی، نگرانی های زیست محیطی، ازدحام جمعیت، رشد اقتصادی و ضریب مصرف، همگی مباحث جهان مشمولی هستند که با گستردگی تمام، فکر اندیشمندان را در یافتن راهکاهای مناسب در حل مناسب معضلات انرژی در جهان، به خصوص بحران های زیست محیطی، به خود مشغول داشته است. بدیهی است امروزی، پشتوانه اقتصادی و سیاسی کشورها، بستگی به میزان بهره وری آنها از منابع فسیلی دارد و تهی گشتن منابع فسیلی، نه تنها تهدیدی است برای اقتصاد کشورهای صادرکننده، بلکه نگرانی عمده ای را برای نظام اقتصادی ملل وارد کننده به وجود آورده است . صاحبان منابع فسیلی بایستی واقع نگرانه بدانند که برداشت امروز ایشان از ذخایر فسیلی، مستلزم بهره وری کمتر فردا و نهایتاً، تهی شدن منابع شان در مدت زمانی کمتر خواهد بود .

خوشبختانه، بیشترممالک جهان به اهمیت و نقش منابع مختلف انرژی، به ویژه انرژی های تجدیدپذیر(نو) در تأمین نیازهای حال وآینده پی برده وبه طور گسترده، در توسعه بهره برداری از این منابع لایزال، تحقیقات وسیع و سرمایه گذاری های اصولی می کنند. با توجه به این گونه گرایش های اساسی و فزاینده در زمینه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و فناوری های مربوط در کشورهای صنعتی و درحال توسعه در ایران نیز لازم است راهبردها و برنامه های زیربنای و اصولی تدوین شود.

توجه به انرژی های تجدید پذیر در ایران از آغاز دهه ۱۳۷۰ نمود بیشتری یافته است، ولی جایگاه این منابع در ساختار بخش انرژی کشور هنوز بسیار ضعیف است. در شرایط فعلی با توجه به قیمت بسیار پایین سوختهای فسیلی، بویژه نفت، و لحاظ ننمودن هزینه های زیست محیطی ناشی از احتراق سوختهای فسیلی در اغلب کشورهای جهان، قیمت هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی حاصل از منابع تجدیدپذیر بیشتر از قیمت تولیدی

آن در صورت استفاده از سوختهای فسیلی می باشد، ولی با گسترش تحقیقات در زمینه منابع تجدیدپذیر انرژی انتظار می رود، در آینده ای نه چندان دور این منابع، بخصوص در سیستم های تولید پراکنده انرژی، توجیه اقتصادی لازم برای جایگزینی سوختهای فسیلی را بدست آورند.

اهمیت موضوع

امروزه تبعات مداخله انسان در محیط زیست بیش از هر زمانی متجلی شده است .مفهوم توسعه با رعایت حفاظت از محیط طبیعی و زیست محیط مترادف است و درشاخص های اقتصادی حساب های ملی، همچون تولید ناخالص داخلی، ملحوظ نمودن منابع طبیعی و زیست محیطی نیز مطرح است .

انرژی، یک نیاز اساسی برای استمرار توسعه اقتصادی، تدارک و تأمین رفاه وآسایش زندگی بشری است. در حال حاضر، مصرف انرژی جهان(Gtoelyr 10 معادل ۱۰ میلیارد تن نفت خام درسال) بوده و پیش بینی شود که این ارقام در سال ۲۰۱۰ و 2020به ترتیب به ۱۲ و ۱۴ Gtoelyr افزایش یابد این ارقام نشان می دهند که میزان مصرف انرژی جهان درقرن آینده عظیم بوده و بالطبع، این سؤال مهم مطرح است که آیا منابع انرژی های فسیلی در قرن آینده جوابگوی نیاز انرژی جهان برای بقا، تکامل و توسعه خواهند بود؟ حداقل به سه دلیل عمده، جواب این سؤال منفی است وباید منابع جدید انرژی را جانشین منابع قدیم کرد. این دلایل عبارتند از: محدودیت و در عین حال مرغوبیت انرژی های فسیلی که ازنظر منطقی کاربردهای بهتر از احتراق دارند و همچنین مسائل ومشکلات زیست محیطی، به طوری که امروزه حفظ سلامت اتمسفر، ازمهم ترین پیش شرط های توسعه اقتصادی پایدار جهانی به شمار می آید.

آلاینده های ناشی از احتراق و افزایش غلظت دی اکسیدکربن در اتمسفر و پیامدهای آن، جهان را باتغییرات برگشت ناپذیر وتهدید آمیزی مواجه ساخته است. افزایش دمای کره زمین، تغییرات آب وهوای، بالا آمدن سطح دریاها و درنهایت، تشدید منازعات بین المللی، از جمله این پیامدها محسوب می شوند. از سوی دیگر، اتمام قریب الوقوع منابع فسیلی و پیش بینی افزایش قیمت، سیاست گذاران را به پیشنهاد موازین و سیاست هایی

برای کنترل محیط زیست و پژوهشگران را به توسعه منابع با آلودگی کمتر وتجدیدپذیری که توان بالقوه ای برای جانشینی با سیستم انرژی کنونی دارند، ترغیب می کند .

کلیه انرژی های تجدید پذیر، روزبه روز سهم بیشتری در سیستم تأمین انرژی جهان به عهده می گیرند. این منابع، امکان پاسخ گویی همزمان به هردو شکل اساسی منابع فسیلی را نوید می دهند. انرژی های تجدیدپذیر، اساساً با طبیعت سازگاز بوده و آلودگی ندارند و چون تجدیدپذیرند پایانی برای آنها وجود ندارد. ویژگی های دیگر این منابع، پراکندگی و گستردگی آنها در تمام جهان، نیاز به فناوری پایین تر، انرژی های تجدیدپذیر را - به ویژه برای کشورهای در حال توسعه - ازجاذبه بیشتری برخوردار کرده هم ازاین رو، در برنامه ها وسیاست های بین المللی، از جمله در برنامه های سازمان ملل متحد، در راستای توسعه پایدار جهانی، نقش ویژه ای به منابع تجدیدپذیر انرژی محول شده است .اما سازگار کردن منابع تجدیدپذیر؛ با سیستم کنونی مصرف انرژی جهان، هنوز با مشکلاتی همراه است که برای حل آنها، حجم مهمی از تحقیقات علمی جهان را در دهه های اخیر به خود اختصاص داده است .

با توجه به فناوری کنونی بشر، انرژی هسته ای و انرژی برق آبی، دو نوع انرژی جانشین برای سوخت فسیلی می باشند. گفتنی است که پتانسیل برق آبی در جهان محدود بوده واز طرف دیگر انرژی اتمی نیز، تقریباً در تمامی اروپا، ساخت نیروگاه های اتمی متوقف شده است. کشور ایران از لحاظ منابع مختلف انرژی، یکی از غنی ترین کشورهای جهان محسوب می شود و از یک سو دارای منابع گسترده فسیلی نفت وگاز است و از سوی دیگر، دارای پتانسیل فراوان انرژی های تجدیدپذیر، همچون باد، ژئوترمال، خورشیدی و... می باشد. اما ایران، کشور کم آبی است و نیروگاه های آبی بزرگ، دارای پتانسیل محدودی هستند. لذا در چشم انداز دراز مدت جانشین دیگری غیر از تجدیدپذیری به عنوان منبع انرژی دیده نمی شود .

از منظری دیگر، هر انرژی به لحاظ فناوری ساخت وبهره برداری، مسائل زیست محیطی، ویژگی های فنی، امکان دستیابی، توزیع جغرافیایی و سایر ویژگی ها، دارای مشخصه های خاص خود است. بنابراین، تنوع استفاده از انرژی های مختلف، کشور را به لحاظ تأمین انرژی در وضعیت مطمئن تری قرار خواهد داد ولازم است فناوری

آنها در کشورایجاد شود. البته، فناوری که به میزان زیادی متکی به صنعت، مواد اولیه منابع داخلی است خودبخود، محتاج ارز خارجی کمتری است و از سوی دیگر، فرصت های اشتغال و افزایش تولید داخلی را هموار می سازد

چشم انداز انرژی و محیط زیست جهان تا سال ۲۰۳۰ آب وهوای زمین درنتیجه فعالیت های انسان، به ویژه در بخش انرژی، تغییرات بسیاری یافته است، عمده تغییرات آب وهوایی و زیست محیطی در جهان در سال های اخیر را می توان به شرح زیر خلاصه کرد :

- میزان انتشار CO_2در، ۲۰۰ سال گذشته ۳۱ درصد افزایش یافته است .

- میزان انتشار CH_4از سال ۱۸۰۰ به دو برابر افزایش یافته است .

- دمای سطحی کره زمین در قرن گذشته نسبت به متوسط، ۱۴ درجه سانتی گراد معمول، از ۰/۴تا ۰/۸ درجه افزایش یافته است .

- دهه ۱۹۹۰ به احتمال زیاد گرم ترین دهه در ۱۰۰ سال گذشته بوده است .

- از دهه ۱۹۵۰، دمای حداقل درشب به دوبرابر دمای حداقل در روز افزایش یافته است .

- تعداد روزهای سرد سال، تقریباً برای تمام نواحی زمین درقرن گذشته کاهش یافته است .

- نزولات جوی درنیمکره شمالی، ۵ تا ۱۰ درصد افزایش یافته است، هرچند در نواحی خشک (به خصوص آفریقای شمالی وغربی)، این روند معکوس بوده است .

- در اثر افزایش نزولات جوی در عرصه های جغرافیایی میانی و بالا شاهد سیل وطوفان های عظیم و افزون بوده ایم .

- در قرن گذشته، سطح آب های آزاد دریاها در جهان به طور متوسط سالانه ۱ الی 2میلی متر افزایش یافته است .

- از دهه ۱۹۵۰ تاکنون، در تابستان یخ های دریای شمال تا ۴۰ درصد نازک تر و 10تا ۱۵ درصد کم عرض تر

شد اند .

- پدیده ال.نی.نو، به کرات و به طور شدیدتر و پایدارتری اتفاق افتاده است .

- فصل رویش تا حدود ۱ تا ۴ روز در هر دهه، در عرض ۴۰ سال گذشته طولانی تر شده اند - .پرندگان، گیاهان، حشرات وماهیان به طرف قطب ها وعرض های بالاتر تغییر مکان داده اند .

پیش بینی می شود بیش از ۶۰ درصد افزایش مصرف انرژی پایه در جهان در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ ناشی از رشد تقاضای انرژی در کشورهای در حال توسعه، به ویژه آسیا خواهد بود. طبق پیش بینی های انجام شده توسط آژانس بین المللی انرژی، براساس سناریوی ادامه روند موجود۱، تقاضای جهانی برای انرژی پایه، بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ با میانگین نرخ رشد ۱/۷ درصد درسال به ۱۵/۳ میلیارد تن معادل نفت خواهد رسید، این امر، به معنی افزایش ۶۷ درصدی مصرف انرژی پایه، معدل ۶/۱ میلیارد تن معادل نفت نسبت به سطح مصرف کنونی ظرف ۳۰ سال آینده است .

در۳۰ سال آینده میزان انتشار دی اکسیدکربن در اثر تولید و مصرف انرژی، با آهنگی سریع تراز رشد مصرف انرژی پایه، افزایش خواهد یافت. میزان انتشار آن بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ با رشد یکنواخت ۱/۸ درصد در سال، درنهایت به ۳۸ میلیارد تن در سال خواهد رسید که به منزله ۷۰ درصد افزایش نسبت به میزان انتشار سالانه کنونی است. دو سوم این افزایش ناشی ازمصرف درکشورهای درحال توسعه خواهد بود و بخش تولید نیرو و حمل ونقل، بیش از ۷۵ درصد افزایش انتشار دی اکسیدکربن را موجب خواهند شد ومکان جغرافیایی رشد انتشار دی اکسیدکربن از کشورهای صنعتی به کشورهای درحال توسعه منتقل خواهد شد.

ضرورت بهینه سازی:

تجربه چند دهه گذشته در عرصه های بین المللی نشان داده است که رشد اقتصادی و توسعه صنعتی که خود پایه های اصلی پیشرفت تکنولوژی در رسیدن به اقتدار سیاسی، استقلال ملی و شکوفایی فرهنگی هستند، تا اندازه زیادی به استفاده درست و منطقی از منابع انرژی ارتباط دارد .از همین رو انرژی در

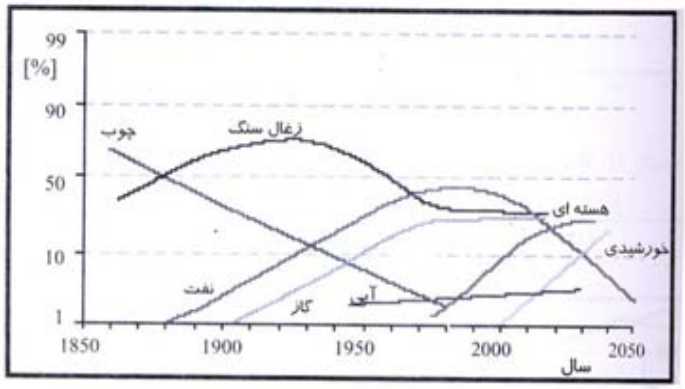
بازارهای جهانی به صورت یک کالای گرانبها درآمده است و برای کشورهایی که از آن برخوردارند سرچشمه درآمدهای بزرگ و سرشاری به شمار میرود .حال با این مقدمه می توان گفت که در کشور ما با روند کنونی افزایش جمعیت و طبعاً افزایش مصرف منابع انرژی، در آیندهای نه چندان دور با بحرانهای شدید اقتصادی و اجتماعی روبرو خواهیم شد .زیرا تولید انرژی برق که بخش زیادی از مصارف صنایع و بخش خانگی و تجاری را شامل می شود، عمدتاً از طریق سوزاندن سوختهای فسیلی، مثل نفت و گاز صورت می گیرد .به همین دلیل کشورهای پیشرفته جهان به ویژه آنهایی که از لحاظ منابع انرژی به سایر کشورها وابسته اند از چند دهه گذشته به این طرف تلاشهای فراوانی در جهت صرفه جویی و مصرف منطقی انرژی، بهینه سازی تجهیزات انرژی بر و جایگزینی سوختهای فسیلی با منابع انرژی تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی، باد و زمین گرمایی انجام داده اند

تاریخچه منابع انرژی

تا حدود یکصد هزار سال پیش انرژی عمده مورد استفاده بشر، انرژی ماهیچه ای بوده است، که صرف کارهای اولیه انسان برای زندگی می شده است. پس از آن زمان، آتش حاصل از چوب منبع عمده انرژی محسوب می گردیده است، که از آن برای ایجاد گرما، پخت و پز و حفاظت استفاده می شده است. در حدود دو هزار سال قبل از میلاد مسیح، بشر به زغال سنگ دست یافت و به کمک آن کارهای آهنگری و فلزکاری خود را انجام داد و بدین ترتیب گرمای بیشتری را نیز تولید نمود. به دنبال آن در ۱۷۰۰سال قبل از میلاد، انرژی باد مهار شد و آسیابهای بادی برای پمپ کردن آب مورد استفاده قرار گرفتند. بعدها در حدود صد سال قبل از میلاد، از زغال سنگ جهت ایجاد گرمایش خانگی استفاده شد. بدین ترتیب بشر بطور قابل ملاحظه ای پیشرفت نمود و در سالهای بعد به منابع مختلف انرژی دست یافت و انرژیهای گوناگونی را نیز کشف نمود. در ذیل تاریخچه ای کوتاه از پیدایش انواع مختلف منابع انرژی از هزاره دوم میلادی ارائه شده است:

- از سال ۱۲۰۰میلادی، چرخهای آبی، بادی و معادن زغال سنگ در مقیاس تجاری بکار گرفته شدند.

- در سال ۱۷۱۰میلادی، از ماشین بخار برای پمپ کردن آب استفاده شد.
- در سال ۱۷۵۰میلادی، از ماشین بخار برای حمل و نقل استفاده شد.
- در سال ۱۷۹۲ میلادی، از گاز حاصل از زغال سنگ برای روشنایی استفاده شد.
- در سال ۱۸۵۰ میلادی، زغال سنگ بعنوان منبع عمده انرژی جایگزین چوب شد و از آن برای ایجاد گرما در پروسه های صنعتی استفاده شد.
- در سال ۱۸۵۹ میلادی، نفت حاصل از اولین چاه نفت برای ایجاد گرما در پروسه های صنعتی بکار گرفته شد. نخستین چاه حفاری شده ۲۱متر عمق داشت.
- در سال ۱۸۸۰ میلادی، ماشینهای احتراق داخلی اختراع شد و میزان تبدیل انرژی گرمایی به انرژی مکانیکی افزایش یافت.
- در سال ۱۸۸۲ میلادی، اولین نیروگاه آبی ساخته شد و برق تولیدی آن برای روشنایی و مصارف صنعتی مورد استفاده قرار گرفت.
- در سال ۱۹۰۴ میلادی، از انرژی گرمایی زمین برای تولید الکتریسیته استفاده شد.
- در سال ۱۹۱۰ میلادی، آلمانها از زغال سنگ، گاز و نفت تهیه کردند.
- در سال ۱۹۵۰ میلادی، اولین نیروگاه زیر زمینی زغال سنگ ساخته شد.
- در سال ۱۹۵۴ میلادی، اولین نیروگاه هسته ای جهان ساخته شد.
- در سال ۱۹۶۸ میلادی، اولین نیروگاه جزر و مدی جهان ساخته شد.
- در سال ۱۹۸۰ میلادی، راکتورهای گداخت هسته ای به تکامل بسیاری دست یافتند.
- مطابق پیش بینی ها تا سال ۲۰۱۰ میلادی انرژی خورشیدی و هیدروژن به منابع عمده انرژی تبدیل می شودو از حدود سال ۲۰۵۰ انرژی حاصل از فرآیند گداخت هسته ای فراگیر می گردد.



سهم منابع مختلف در تامین انرژی جهان بصورت لگاریتمی (۱۸۵۰-۲۰۵۰)

تقسیم بندی انواع انرژی

انرژی، استعداد و توانایی انجام کار را بیان می کند، انرژی شکل های مختلفی دارد که عبارتند از :
انرژی مکانیکی، انرژی زمین گرمایی، شیمیایی، الکتریکی، تابشی و انرژی اتمی،که همه انواع انرژی می توانند به همدیگر تبدیل شوند .به طور کلی وبه لحاظ اقتصادی که موضوع اصلی چگونگی استفاده از انواع انرژی می باشد ، انرژی در جهان به چهار گروه عمده زیر تقسیم می شود:

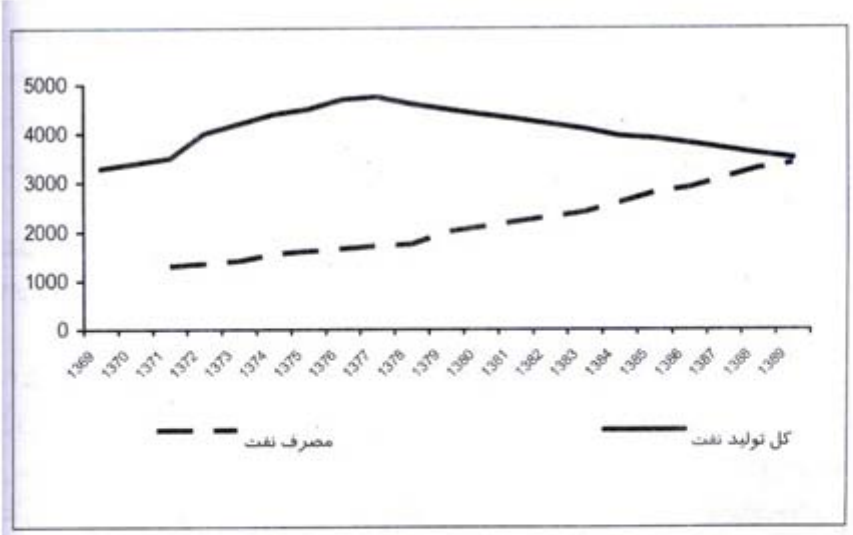
الف: انرژی های آلوده کننده وتجدید ناپذیر؛
ب: انرژی های آلوده کننده وتجدید پذیر؛
ج: انرژی های بدون آلودگی وتجدید ناپذیر؛
د: انرژی های بدون آلودگی وتجدید ناپذیر ونامحدود.

شاخص های انرژی

مصرف سوخت های فسیلی (شامل نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ) در سال ۱۹۹۸میلادی ۷۵درصد از کل مصرف انرژی اولیه در جهان و بیش از ۹۵درصد از کل مصرف انرژی اولیه در کشورهای توسعه یافته را به خود اختصاص داده است. در حال حاضر بیش از ۲۰درصد از مجموع استخراج جهانی نفت و ۱۵درصد از مجموع استخراج گاز در دریاها و مابقی در خشکی صورت می پذیرد. به نظر میرسد زمان فن آوری استخراج و اکتشاف منابع جدید، امکان افزایش ذخایر نفت و گاز موجود می باشد. کشور ایران با در اختیار داشتن ۹درصد از کل

ذخایر نفت جهان و ۱۵ درصد از کل ذخایر گاز جهان، یکی از با اهمیت ترین کشورها در خصوص ذخایر انرژی اولیه در سطح جهان محسوب می گردد. اقتصاد ایران تا حدود بسیار زیادی به این منابع انرژی و صادرات آنها به خصوص نفت خام وابسته می باشد، بطوریکه صادرات نفت خام در سال ۱۳۸۰ بیش از ۸۰درصد از صادرات کل کشور را تشکیل می داده است.

با توجه به سیر فزاینده مصرف انرژی در کشور و بر اساس بررسیهای انجام یافته توسط موسسه مطالعات بین المللی انرژی وابسته به وزارت نفت، بیم آن می رود که در سالیان آتی، صادرات نفت کشور با مشکلات جدی مواجه گردد.

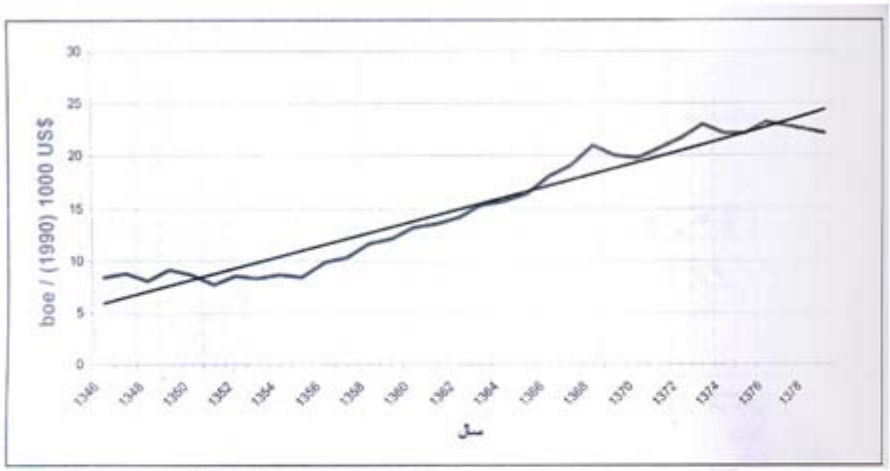


چشم انداز تولید و مصرف نفت در کشور تا سال ۱۳۸۹ (برحسب ۱۰۰۰ بشکه در روز)

میزان مصرف انرژی در کشور در سال ۱۳۷۷نسبت به سال ۱۳۵۹ شمسی در حدود۲۸۰ درصد افزایش نشان می دهد، که با توجه به شتاب کمتر در افزایش میزان تولید ناخالص ملی کشور در این فاصله زمانی شاخص شدت انرژی رو به افزایش گذاشته است.

بر اساس آمارهای اعلام شده، ارزش مصرف نهایی انرژی کشور در سال ۱۳۷۱در حدود ۱۲/۴ میلیارد دلار بوده است، که این رقم در سال ۱۳۷۹بالغ بر ۱۵/۵ میلیارد دلار گریده است. با توجه به محاسبات انجام یافته، در

صورت ادامه همین روند، ارزش مصرف نهایی انرژی در کشور در سال ۱۴۰۰شمسی به حدود ۳۵/۲میلیارد دلار خواهد رسید.

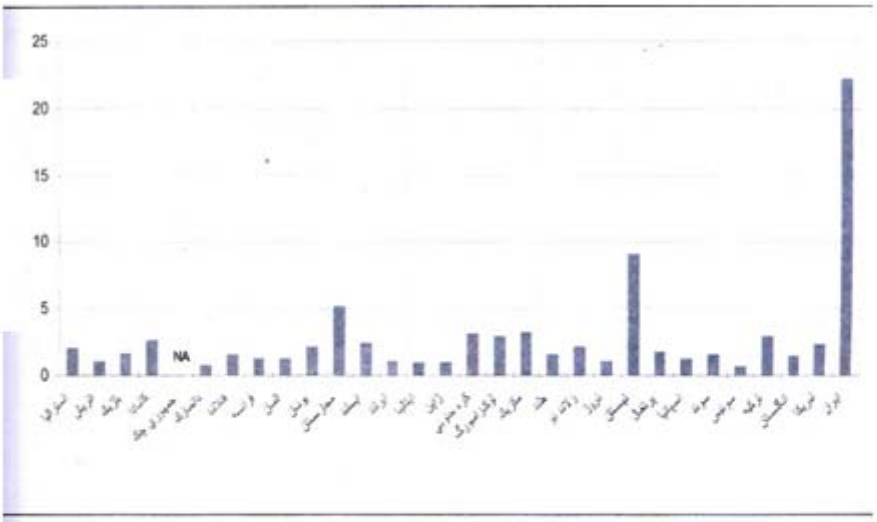


تغییرات شدت انرژی در کشور بر اساس ارزش دلار در سال ۱۹۹۰ (۱۳۴۶ - ۱۳۷۹)

میزان مصرف سالیانه بنزین بازای هر ماشین در کشور در حدود ۴۳۴۵ لیتر می باشد، که از این نظر ایران بعد از آمریکا در مقام دوم جهانی قرار دارد، این میزان مصرف بعنوان مثال در کشورهای آلمان و ژاپن ۹۱۵، در انگلیس ۱۲۸۰، در کانادا ۲۳۸۰ و در کشور آمریکا ۲۶۷۰ لیتر در روز است. بر طبق اندازه گیریهای انجام شده، متوسط مصرف بنزین و گازوییل در هر ۱۰۰کیلومتر در اتومبیل های جدید ساخت داخل کشور بیش از دو برابر اتومبیل های مشابه در سایر کشورها می باشد. بر اساس اظهارات مدیریت برنامه ریزی شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی در آذرماه ۱۳۸۲، میزان مصرف روزانه بنزین در کشور بالغ بر ۵۶میلیون لیتر و میزان واردات آن در حدود۱۶ میلیون لیتر در روز می باشد. بر اساس آمار و ارقام منتشره در بخش ساختمان و مسکن، متوسط مصرف انرژی بازای هر متر مربع در ایران ۲/۶ برابر متوسط مصرف در کشورهای صنعتی است. محاسبات اقتصادی حاکی از آن است، که میزان شدت مصرف انرژی در بخش صنعت و معدن ایران در سال۱۹۹۹ حداقل

به میزان ۰/۶۱ تن معادل نفت خام بازای هر ۱۰۰۰دلار ارزش افزوده در این بخش بوده است، این رقم در کشورهای ژاپن ۰/۱۴، چین۰/۱۶، اندونزی ۰/۱۱، مالزی۰/۱۱، مکزیک۰/۱۳ و کانادا۰/۳۲ می باشد.

با توجه به ارقام ذکر شده در فوق، شدت مصرف انرژی در ایران در مقایسه با سایر کشورهای پیشرفته جهان بسیار بالا می باشد، به عنوان مثال شدت مصرف انرژی در ایران بیش از ۱۰برابر نسبت به میزان آن در کشور آلمان، ۷ برابر نسبت به میزان آن در کشور آمریکا و بطور متوسط حدود۴ برابر نسبت به میزان آن در کشورهای در حال توسعه می باشد. در شکل شدت مصرف انرژی در کشور با کشورهای دیگر در سال ۲۰۰۰ مورد مقایسه قرار گرفته است.



شدت مصرف انرژی کشور در مقایسه با کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۰۰

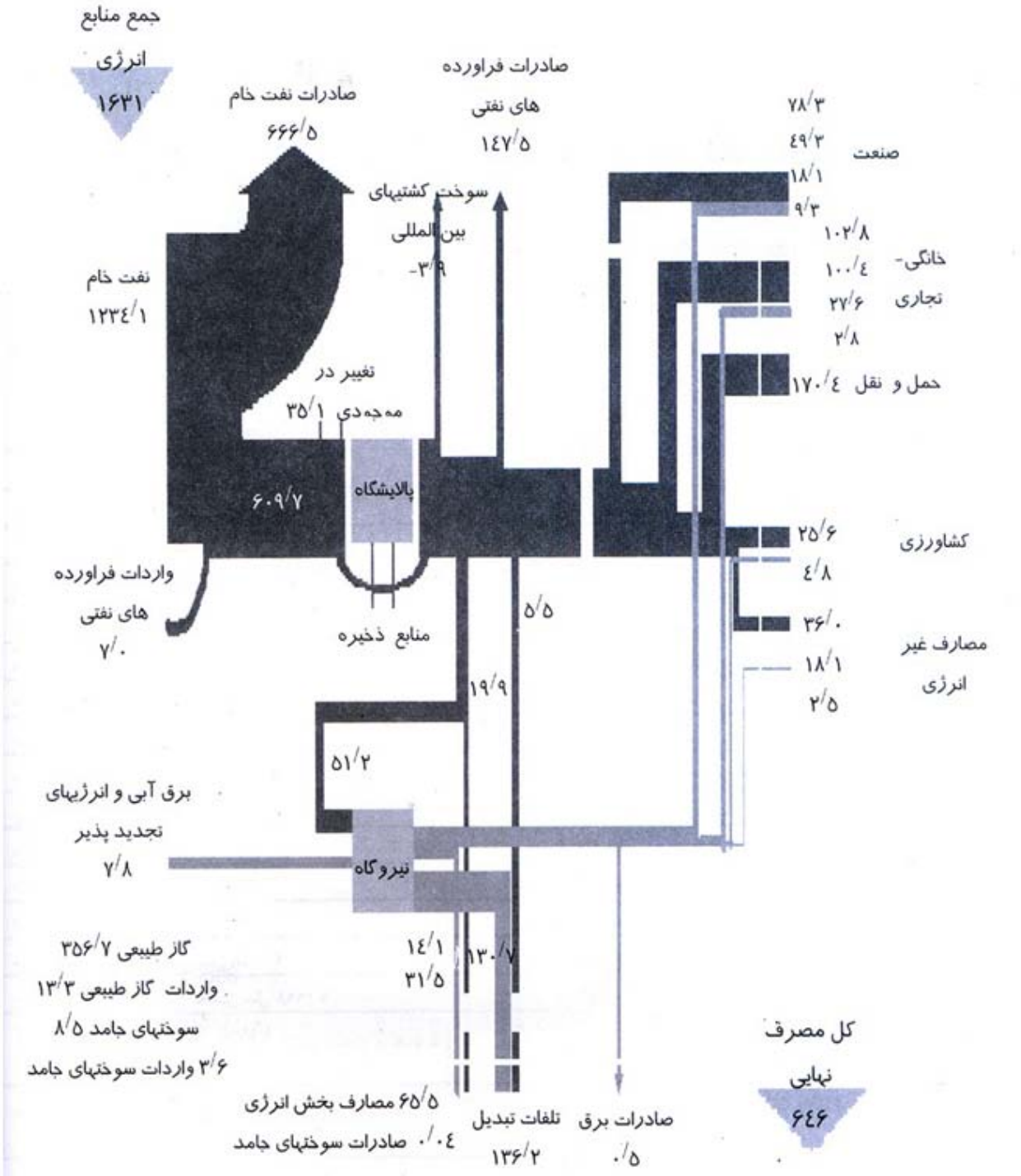
میزان بالای شدت مصرف انرژی در ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان، دلیلی بر وجود مشکلات جدی و ساختاری در مصرف انرژی در کشور است.

در زمینه تولید انرژی الکتریکی، میزان ظرفیت نیروگاههای نصب شده در کشور تا پایان سال۱۳۸۱ به حدود ۳۰ هزار مگاوات بالغ گردیده است، که در حدود ۹۰درصد آنها را نیروگاههای حرارتی شامل می شده اند . بر اساس پیشبینی های انجام یافته توسط وزارت نیرو، جهت پوشش بار مصرفی کشور می بایست تا سال ۱۳۸۸ شمسی در حدود ۳۰هزار مگاوات ظرفیت جدید نیروگاهی در کشور نصب گردند. تامین سرمایه مورد نیاز جهت احداث

۱۲ هزار مگاوات از این ظرفیت جدید،می بایست توسط بخش خصوصی و بر اساس قراردادهای BOT[1] (ساخت، بهره برداری، واگذاری) و BOO[2] (ساخت، بهره برداری، به شرط تملیک)صورت پذیرند.

صنعت برق کشور با توجه به سهم قابل توجه نیروگاههای حرارتی در تولید انرژی الکتریکی سهم بسیار زیادی در مصرف انرژی اولیه در کشور دارا می باشد.

[1] Build, Operation, Transfer
[2] Build, Operation, Owner



نمودار جریان انرژی در کشور ایران در سال ۱۳۷۸

میزان ذخایر و استخراج حاملهای انرژی در ایران و جهان

بطور عمده میتوان ذخایر انرژی در جهان را به دو دسته ذخایر قابل تجدید در دراز مدت و ذخایر قابل تجدید در کوتاه مدت تقسیم نمود. منابع انرژی های تجدیدناپذیر و یا قابل تجدید در دراز مدت شامل انواع انرژی است که در زمان بسیار طولانی بوجود می آید و با مصرف تدریجی، ذخایر آن به پایان می یابد. تمام انرژی های فسیلی نظیر نفت خام، گاز طبیعی، میعانات گازی، زغال سنگ، نفت و قیر در لایه های شنی و سنگ های رستی نفتی از جمله انرژی های تجدید ناپذیر محسوب می شوند. ذخایر قابل تجدید در کوتاه مدت، همانطور که از نامشان مشهود است، منابع پیوسته و پایداری برای انرژی محسوب می گردند.

ذخایر قابل تجدید در دراز مدت

سوختهای فسیلی نظیر زغال سنگ، نفت و گاز و سوختهای هسته ای(اورانیوم و پلوتونیوم) جزء ذخایر قابل تجدید در دراز مدت می باشند. در این میان، آنچه که مسلم است نفت و گاز طبیعی نقش اساسی را در میان ذخایر قابل تجدید در دراز مدت بازی می کنند.

میزان ذخایر انرژی جهان بر حسب تراوات سال، و عمر مفید آنها با توجه به نرخ مصرف این سوختها در سال۱۹۹۹ در جدول ارائه شده است:

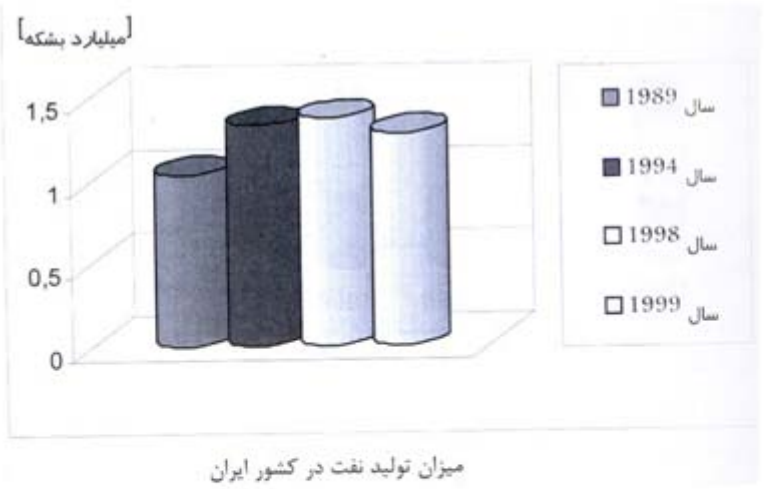
میزان ذخایر انرژی جهان و عمر مفید آنها با توجه به نرخ مصرف در سال۱۹۹۹

نوع منبع	میزان ذخایر اثبات شده {تراوات سال}	عمر مفید {سال}
زغال سنگ	۸۰۰	۳۰۰
نفت	۲۰۰	۵۰
گاز	۲۰۰	۸۰
شکافت هسته ای (اورانیوم)	۸۰	۱۰۰
گداخت هسته ای(ایزوتوپهای هیدروژن)		$۱۰^{۱۲}۱۰^{۱۵}$

ذخایر نفت:

نفت خام به دلایل مختلف از جمله مشخصات و کیفیت خوب، هزینه نسبتاً کم تولید، ساخت آسان فرآورده های مورد نیاز بازار از آن، سهولت جابه جایی و عرضه با قیمت مناسب در حال حاضر بهترین منبع انرژی در جهان محسوب می شود. در حالیکه ذخیره اثبات شده نفت خام سهمی کمتر از ۱۴درصد کل انرژی های فسیلی را در جهان دارا می باشد، اما نزدیک۳۹ درصد کل انرژی مصرفی را تامین می کند(تخمین در سال۱۹۹۸). ذخایر ثابت شده قابل استحصال نفت خام در جهان بالغ بر ۱۰۵۰میلیارد بشکه برآورد شده است و این در حالی است که در ۲۰سال گذشته در حدود ۵۰۰میلیارد بشکه نفت مصرف شده است. عربستان سعودی از حیث ذخایر نفت، غنی ترین کشور نفت خیز و پس از آن کشورهای کویت، ایران، عراق و امارات عربی متحده از کشورهای غنی نفت خیز جهان محسوب می شوند. در مجموع در شبه جزیره عربستان حدود ۵۰ میلیارد تن نفت متمرکز شده است. مقدار ذخایر نفت در کشور ایران(جمع خشکی و دریا) بر اساس تخمینهای انجام یافته در سال ۱۹۹۸ حدود۹۰ میلیارد بشکه می باشد، که البته احتمال کشف میدانهای جدید با ذخایری در حدود ۲۰تا ۳۰ میلیارد بشکه در سالهای آینده دور از انتظار نیست.[۱] در آمریکای شمالی، بر اساس محاسبه کارشناسان، ۱۰/۴۲ میلیارد تن نفت باقی مانده است، که حدود ۶۰درصد این ذخایر به مکزیک تعلق دارد. در آمریکای جنوبی و در ناحیه دریای کارائیب ۳/۹۰ میلیارد تن نفت کشف شده، که حدود۷۳درصد آن متعلق به ونزوئلا می باشد. سهم آفریقا از ذخایر نفتی ۷/۳۴ میلیارد تن است. ذخایر نفت در اروپای غربی ۲/۲۲ میلیارد تن می باشد، که بیش از ۵۰درصد آن به کشور انگلیس و بیش از ۳۲درصد آن به کشور نروژ متعلق است. کشورهای آسیای جنوب شرقی، خاور دور و استرالیا دارای۳/۳۹ درصد تن ذخیره نفت کشورهای جهان بطور نامساوی تقسیم شده است.

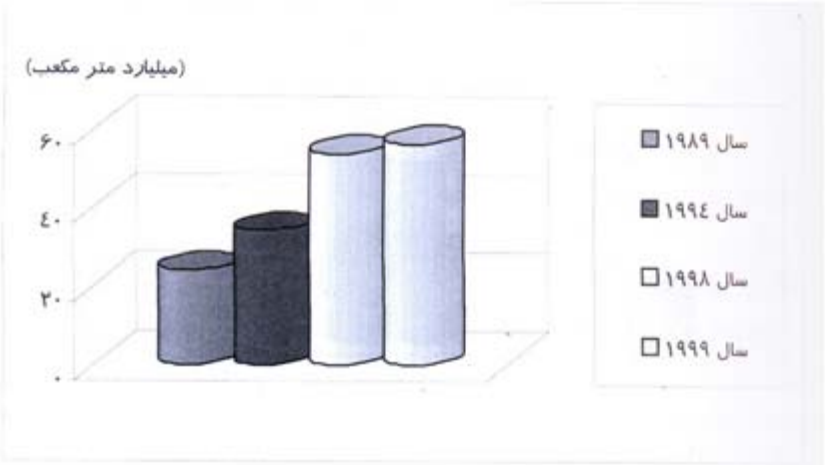
[۱]- مجموع ذخایر اثبات شده نفت و گازی کشور در حدود ۱۳۰ میلیارد بشکه برآورد میگردد(سال ۱۳۸۳)



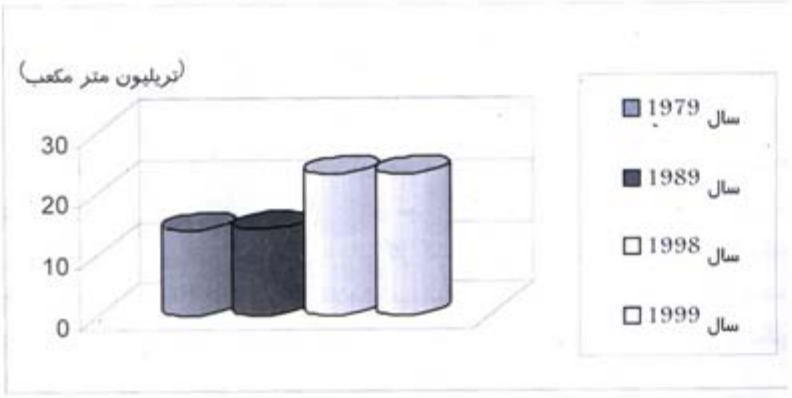
میزان تولید نفت در کشور ایران

ذخایر گاز:

ذخایر اثبات شده گاز جهان بیش از ۱۴۰ تریلیون متر مکعب(معادل ۹۵۰میلیارد بشکه نفت خام) می باشد. در حال حاضر حدود ۲۴درصد از کل انرژی مورد نیاز جهان(حدود ۶۸۰۰میلیون متر مکعب در روز) از گاز طبیعی تامین می شود. کل ذخایر گاز کشور ایران در حدود ۲۴تریلیون متر مکعب (۱/۶ تریلیون گاز همراه نفت، ۴/۸ تریلیون گاز کلاهک میدانهای نفتی و بقیه گاز مستقل) برآورد شده است.



میزان تولید گاز در کشور ایران



میزان ذخایر اثبات شده گاز در کشور ایران

ذخایر میعانات گازی:

میعانات گازی در مراحل مختلف بهره برداری و فرآورش گاز به صورت مایع از گاز جدا می شوند. ذخیره میعانات گازی کلیه میدانهای گازی و سازنده های گازی میدانهای نفتی ایران مطابق آمار سال۱۳۸۲، حدود ۴۰میلیارد بشکه برآورد می شود.

ذخایر زغال سنگ:

قدمت تولید و مصرف زغال سنگ در جهان به چند قرن می رسد. در آغاز قرن بیستم، زغال سنگ ماده اصلی تولید انرژی محسوب می گردید و هنوز نیز پس از نفت و گاز طبیعی بیشترین نقش را در تامین انرژی در ایران و جهان دارا می باشد. زغال سنگ انواع مختلف دارد و مرغوبیت آن بر حسب مقدار کربن، سختی، رطوبت، درجه خلوص، مواد فرار و بالاخره انرژی حرارتی آن تعیین می شود. لیگنیت (زغال حرارتی) با درجه خلوص پایین دارای ارزش حرارتی حداقل۲۷/۴میلیون بی تی یو بازای هر تن و آنتراسیت (زغال کک شو) با مرغوبیت بالا دارای ارزش حرارتی حداکثر ۳۴/۵ میلیون بی تی یو بازای هر تن است. ذخیره کل زغال سنگ جهان در حدود ۱۰۶۰میلیارد تن، یعنی بیش از ۵برابر ذخائر معادل نفت جهان، برآورد می شود. زغال سنگ با تولید روزانه حدود ۴۱/۵میلیون بشکه معادل نفت خام، ۲۲/۴ درصد کل نیاز انرژی جهان را تامین می کند. کل ذخیره زغال سنگ ایران در حدود ۱۱/۳ میلیارد تن(حدود ۵۱ میلیارد بشکه معادل نفت خام) برآورد می شود، که بالغ بر ۱درصد ذخیره کل جهان است. از کل ذخیره زغال سنگ کشور نزدیک چهار میلیارد تن آن زغال سنگ کک شو(آنتراسیت) و بقیه زغال سنگ حرارتی (لیگنیت) است. تولید زغال سنگ در ایران، سالانه بر ۱/۷میلیون تن میرسد.

جدول: میزان ذخایر معادن فعال زغال سنگ در ایران و میزان استخراج آنها در سال ۱۳۷۸

استان	میزان ذخیره(تن)	تعداد معادن فعال	میزان استخراج (تن)
آذربایجان شرقی	۳۵۱۲۷۵	۷	۲۷۵۷۵
خراسان	۶۶۸۰۷۹۰۰۰	۹	۸۶۰۶۵
تهران	۳۶۰۰۰	۱	۵۰۰۰
سمنان	۷۸۹۸۰۰۰	۲۴	۲۹۴۹۸۵
قزوین	۱۲۰۰۰	۱	۳۶۰
کرمان	۱۸۶۰۰۰۰۰۰	۱۸	۵۳۳۴۵۱
گلستان	۲۷۱۳۰۰۰	۵	۱۳۵۶۰۷
گیلان	۵۰۰۰۰۰۰	۲	۸۰۰۰۰
مازندران	۱۳۹۵۰۰۰۰۰	۲۸	۳۴۴۸۶۳
جمع	۱۰۰۹۵۸۹۲۷۵	۹۵	۱۵۰۷۹۰۶

ذخایر اورانیوم:

ذخایر اثبات شده اورانیوم طبیعی(ماده اولیه انرژی شکافت هسته ای) در جهان، حدود۱۳/۴ میلیون تن برآورد می شود. یک کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ می تواند حدود۱۶۰۰ بشکه معادل نفت خام انرژی در راکتورهای حرارتی آزاد کند، که بدین ترتیب کل ذخیره انرژی هسته ای جهان بالغ بر ۱۵۰۰میلیارد بشکه نفت خام می گردد. ۱۰۰تن اورانیوم طبیعی (که ۰/۷ آن را اورانیوم۲۳۵ تشکیل می دهد)، می تواند سوخت مورد نیاز یک نیروگاه به ظرفیت ۶۰۰ مگاوات را برای مدت یکسال تامین کند. علاوه بر خشکی در آب دریا نیز اورانیوم وجود دارد، که مقدار آن حدود۴۴۰۰ میلیون تن یا بیش از ۳۰۰برابر اورانیوم موجود در معادن برآورد شده است. چنانچه بتوان اورانیوم را از آب استخراج کرد، در آن صورت انرژی حاصله از شکافت هسته ای، انرژی مورد نیاز جهان را برای مدت زمان نسبتاً طولانی تامین خواهد کرد. توسعه تکنولوژی نیروگاههای هسته ای و به موازات آن کاهش هزینه و کاهش مدت زمان احداث آنها در سالیان گذشته قابل توجه بوده است، بطوریکه میزان ظرفیت نصب شده آنها در دو دهه آخر قرن بیستم رشد قابل ملاحظه ای داشته است.سهم نیروگاه های هسته ای در تامین و تولید برق جهان هم اکنون (سال ۱۳۸۳) بالغ بر ۱۷درصد است، که در بیش از ۴۳۰نیروگاه هسته ای حدود۳۶۰ هزار مگاوات برق تولید می کند. با توجه به اینکه برای هر کیلووات ساعت برق حدود ۸۵۰۰بی تی یو انرژی مصرف می شود، برق تولیدی از انرژی هسته ای بالغ بر۱۲میلیون بشکه در روز معادل نفت خام است.

راکتورهای نیروگاههای هسته ای موجود در جهان بیشتر از نوع حرارتی می باشند، در این راکتورها حرارت حاصل از شکافت هسته ای به وسیله سیالی نشیر آب سبک، آب سنگین، سدیم و یا هلیم به بیرون از راکتور انتقال می یابد و در یک چرخه نیروگاهی، برای تولید برق استفاده می شود. حوادث جزیره تری مایل و چرنوبیل و مشکلات پسماندهای رادیو اکتیو را شاید بتوان از عوامل بازدارنده توسعه استفاده از انرژی هسته ای در قرن بیست و یکم دانست، اما با توجه به نیاز بشر به وجود آنها برای تامین انرژی برق خود، پیش بینی می شود در

آینده، بخش بسیاری از برق مورد نیاز جهان توسط این منبع انرژی تامین شود. هم اکنون تحقیقات وسیعی در زمینه بازفرایابی سوخت مصرفی نیروگاههای هسته ای برای بدست آوردن پلوتونیوم و اورانیوم و استفاده مجدد از آنها و همچنین تکامل راکتورهای سریع (زاینده) در دست انجام است.

ذخایر نفت و قیر لایه های شنی:

نفتهای سنگین و قیر (با چگالی بیش از ۹۰۰کیلوگرم در هر متر مکعب) که در لایه های شنی ته نشین شده است، معمولاً در سطح زمین و همچنین تا اعماق ۷۵۰متری زمین یافت می شوند، اما به علت داشتن غلظت زیاد، با روشهای معمولی قابل استخراج نمی باشند و پس از استخراج اکثراً به صورت نفت سنتز عرضه می شوند. ذخایر عمده این منبع انرژی در کشورهای کانادا و آمریکا و به مقدار کمتر در روسیه، چین، ونزوئلا، نیجریه و رومانی قرار دارند. بزرگترین منبع آن واقع در کانادا می باشد، که کل ذخیره نفت سنگین و قیر قابل استخراج آن در حدود۳۰۰ میلیارد بشکه برآورد شده است. این مقدار حدود یک چهارم کل نفت و قیر موجود در لایه های شنی جهان است. به عبارت دیگر، ذخیره قابل استحصال نفت های سنگین و قیر حدود۱۲۰۰ میلیارد بشکه برآورد شده می شود. با توجه به قیمت کنونی نفت خام، بهره برداری از نفت های سنگین و قیر موجود در لایه های شنی(بویژه از لایه های زیر زمینی) و همچنین بهره برداری از ذخائر نفت سنگین و قیر در سطح وسیع، اقتصادی نیست. اما با کاهش عرضه نفت خام و بالا رفتن قیمت آن، بهره برداری از این منابع، بدون تردید توسعه خواهد یافت و تولید آن به چند برابر سطح کنونی خواهد رسید.

ذخائر سنگهای رستی نفتی:

از دیگر انواع منابع انرژی هیدرو کربوری سنگهای رستی نفتی است. نفتهای موجود در سنگهای رستی، که دارای هیدرو کربورهای نسبتاً سنگین است و کروگن نام دارد، از دیر زمان برای سرخ پوستان مقیم آمریکا شناخته شده است. هم اینک بیش از ۱۰۰سال است، که در مورد چگونگی استخراج و تبدیل کروگن به نفت

خام بررسی و تحقیق می شود. کشورهای اروپائی مانند سوئد، فرانسه، اسپانیا، استونی و همچنین آفریقای جنوبی و چین، برای ساخت فرآورده های مایع و گازی از کروگن پیشرفتهایی کرده اند. سنگهای رستی نفتی انواع مختلف دارد و از نوع مرغوب آن می توان حدود ۱۳۰لیتر نفت از هر تن بدست آورد. ذخایر قابل استحصال نفت از سنگهای رستی نفتی بیش از ۲۰۰۰ میلیارد بشکه (حدود دو برابر ذخایر اثبات شده نفت خام) برآورد شده که بیشتر آن در ایالات مرکزی کشور آمریکا است. به علت غیر اقتصادی بودن استفاده از این ذخایر، هنوز بررسی های زیادی در مورد این منابع نشده است و از این جهت ذخایر احتمالی آن چند برابر رقم ذکر شده، پیش بینی می شود.

ذخایر قابل تجدید در کوتاه مدت

این ذخایر بصورت بیوماس، انرژی آب، انرژی باد، انرژی خورشیدی، انرژی ژئوترمال و ... در طبیعت موجود می باشند.

جدول میزان عرضه سالانه انرژیهای تجدید پذیر در جهان را نمایش می دهد.

منبع انرژی	EJ در سال
بیوماس	۱۸۰۰۰۰۱۵۰
انرژی آب	۴۵۰۰۰۴۰
انرژی باد	۶۰۰۰۰۳۰
انرژی ژئوترمال	۵۰۰۰۰۳۰
انرژی خورشیدی	۱۵۰۰۰۰۲۰
مجموع	۵۰۰۰۰۰۳۰۰

مصرف انرژی

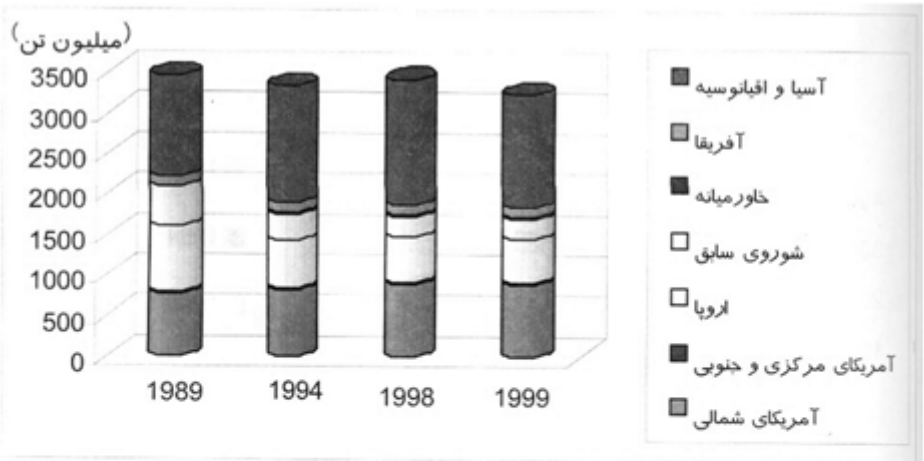
مصرف انرژی جهان در سال ۱۹۹۸ در حدود ۱۴ تراوات سال و مصرف متوسط انرژی سرانه جهانی معادل ۲/۲ کیلو وات سال بوده است. ۳۰ درصد مصرف جهانی انرژی در سال ۱۹۹۸ (معادل۳/۷ تراوات سال) به شکل انرژی الکتریکی بوده است. سهم منابع انرژی اولیه در تولید این مقدار برق عبارت از ۶۰درصد انرژی فسیلی، ۲۰ درصد انرژی هسته ای و ۲۰درصد انرژی آبی بوده است. جدول زیر میزان مصرف منابع مختلف انرژی و سهم آن از کل مصرف انرژی اولیه در جهان را در طی سال ۱۹۹۸میلادی نشان می دهد. میانگین نرخ رشد مصرف سالانه گاز طبیعی در ۱۵کشور اروپایی بین سالهای ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ میلادی ۵ درصد بوده است. این رقم مطابق پیش بینی ها در فاصله سالهای۲۰۰۰تا ۲۰۱۰ به ۱/۴۷ درصد در سال و برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ میلادی ۰/۷۶ درصد در سال خواهد رسید. مهمترین دلایل کاهش مصرف گاز طبیعی تا سال ۲۰۲۰ در کشورهای اروپایی استفاده از انرژیهای رقیب، کاهش مصرف سرانه انرژی و کاهش شدت انرژی و به عبارت دیگر تخصیص بهینه برای مصرف این حامل انرژی می باشد.

جدول میزان مصرف و سهم انرژی های مختلف از مصرف جهانی در سال ۱۹۹۸

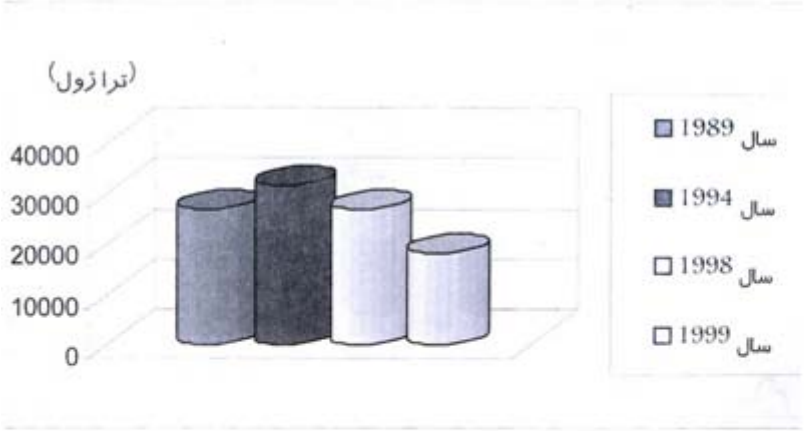
منابع انرژی	مصرف انرژی اولیه {تراوات سال}	سهم {٪}
نفت	۳/۴	۳۳
گاز طبیعی	۲	۱۹
زغال سنگ	۲/۲	۲۱
برق آبی	۰/۷	۷
سوختهای تجاری	۱/۲	۱۲
انرژیهای نو	۰/۲	۲
انرژی هسته ای	۰/۶	۶
کل	۱۰/۳	۱۰۰

در کشور ایران، میزان مصرف سالانه گاز روند رو به افزایشی را نشان می دهد، در طی سالهای اخیر رشد متوسط سالانه مصرف انرژی در کشور حدود ۶/۵درصد بوده و میزان مطلق مصرف انرژی از۱۷۷/۸ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۵۵ به ۵۹۸/۸ میلیون بشکه معادل نفت خام تا پایان سال ۱۳۷۵ و ۶۳۰ میلیون بشکه معادل نفت خام تا پایان سال ۱۳۷۷افزایش یافته است. در این دوره سهم بخشهای مولد صنعت و کشاورزی کاهش یافته، و در مقابل سهم بخشهای غیر مولد خانگی و تجاری افزایش یافته است.

کشورهای ثروتمند با داشتن ۲۰درصد جمعیت جهان ۵۵درصد انرژی اولیه جهان را مصرف می کنند و مصرف سرانه آنها تقریباً پنج برابر مصرف سرانه بقیه جمعیت جهان است. به طور متوسط هر آمریکایی در سال به اندازه ۲آلمانی، یا۳ اتریشی، یا ۵ایرانی، یا ۶۰هندی، یا ۱۶۰ تانزانیایی و یا ۱۱۰۰ رواندایی انرژی مصرف می کند.



مصرف زغال سنگ در جهان به تفکیک مناطق (۱۹۹۰ – ۱۹۹۹)



مصرف انرژی برق آبی در ایران

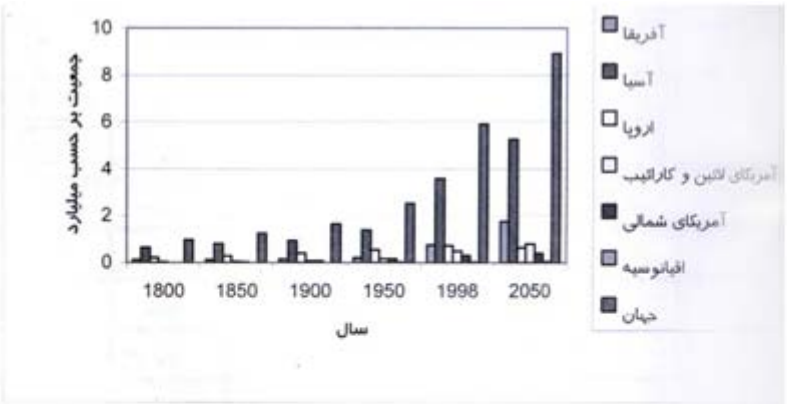
برآورد مصرف انرژی در آینده

بر اساس برآوردهای انجام یافته، مصرف انرژی اولیه جهان در سال ۲۰۵۰میلادی به میزان ۳۰تراوات سال بالغ خواهد شد، که بیش از یک سوم از این مقدار با توجه به افزایش تقاضا برای مصرف انرژی الکتریکی، صرف تولید

برق خواهد گردید. دلایل بسیاری برای اثبات افزایش مصرف انرژی در سالیان آینده وجود دارند، که از مهمترین آنها می توان از رشد فزاینده جمعیت جهان و افزایش مصرف سرانه انرژی نام برد.

دلایل افزایش مصرف انرژی

افزایش جمعیت جهان: بر اساس بسیاری از مطالعات، جمعیت جهان در اواسط قرن۲۱میلادی به ۹میلیارد نفر خواهد رسید، که بخش اعظم این افزایش جمعیت در مناطق شهری کشورهای در حال توسعه اتفاق خواهد افتاد. بر اساس پیش بینی های کنگره جهانی انرژی، تا سال۲۰۲۰ میلادی کشورهای در حال توسعه ۵۸ درصد از جمعیت کل جهان را در خود جای خواهند داد.



روند افزایش جمعیت جهان

بر اساس پیش بینی های انجام یافته توسط سازمان ملل، کشور ایران در قرن بیست و یکم در زمره پانزده کشور پر جمعیت جهان به شمار خواهد آمد

نمودار رشد جمعیت کشور در طی سالهای ۱۳۴۸ تا ۱۳۷۸

جدول کشورهای پر جمعیت جهان در سالهای ۱۹۵۰، ۲۰۰۰، ۲۰۵۰

رتبه	کشور	۱۹۵۰	کشور	۲۰۰۰	کشور	۲۰۵۰
۱	چین	۵۵۴۷۶۰۰۰۰	چین	۱۲۷۵۱۳۲۸۶۶	هند	۱۵۷۲۰۵۴۵۹۸
۲	هند	۳۵۷۵۶۰۸۰۰	هند	۱۰۰۸۹۳۷۳۵۶	چین	۱۴۶۲۰۵۸۱۸۹
۳	آمریکا	۱۵۷۸۱۳۰۳۷	آمریکا	۲۸۳۲۳۰۲۴۳	آمریکا	۳۹۷۰۶۲۵۹۲
۴	روسیه	۱۰۲۷۰۲۴۶۰	اندونزی	۲۱۲۰۹۲۰۲۴	پاکستان	۳۴۴۱۷۰۳۲۵
۵	ژاپن	۸۳۶۲۵۰۰۰	برزیل	۱۷۰۴۰۶۲۸۰	اندونزی	۳۱۱۳۳۴۹۷۵
۶	اندونزی	۷۹۵۳۸۰۰۰	فدراسیون روسیه	۱۴۵۴۹۱۱۶۶	نیجریه	۲۷۸۷۸۸۳۱۵
۷	آلمان	۶۸۳۷۶۰۰۰	پاکستان	۱۴۱۲۵۶۱۸۶	بنگلادش	۲۶۵۴۳۱۹۱۳
۸	برزیل	۵۳۹۷۴۷۲۴	بنگلادش	۱۳۷۴۳۹۲۶۱	برزیل	۲۴۷۲۴۴۳۰۱
۹	انگلیس	۵۰۶۱۶۰۰۰	ژاپن	۱۲۷۰۹۶۳۱۴	کنگو	۲۰۳۵۲۶۶۰۶
۱۰			نیجریه	۱۱۳۸۶۱۷۵۳	اتیوپی	۱۸۶۴۵۱۵۳۷
۱۱			مکزیک	۹۸۸۷۲۲۳۰	مکزیک	۱۴۶۶۵۱۴۵۲
۱۲			آلمان	۸۲۰۱۶۷۶۷	فیلیپین	۱۲۸۳۸۳۴۳۱
۱۳			ویتنام	۷۸۱۳۶۹۱۳	ویتنام	۱۲۳۷۸۲۱۵۱
۱۴			فیلیپین	۷۵۶۳۵۲۵۷	ایران	۱۲۱۴۲۳۹۴۴
۱۵			ایران	۷۰۳۳۰۰۵۳	مصر	۱۱۳۸۳۹۹۰۷

افزایش مصرف سرانه انرژی در کشورهای در حال توسعه: با ماشینی شدن فعالیتهایی که اکنون توسط دست در کشورهای در حال توسعه انجام می پذیرند، در آینده با افزایش مصرف سرانه این کشورها در حمل و نقل، مصارف خانگی، صنایع و غیره با نرخ رشد بالا مواجه خواهیم بود.

افزایش مصرف سرانه انرژی در کشورهای صنعتی: افزایش مصرف سرانه انرژی در کشورهای صنعتی، به دلایلی نظیر استفاده بهینه از حاملهای انرژی و رشد کندتر جمعیت، در مقایسه با کشورهای در حال توسعه با نرخ رشد کمتری انجام می پذیرد.

انرژی و محیط زیست

محیط زیست برآیند چهار مولفه آب، هوا، خاک و صوت می باشد. هر عاملی که حالت طبیعی این مولفه ها را دگرگون کند، با عنوان عامل مخرب محیط زیست طبقه بندی می شود. علیرغم پذیرش مقررات و مفاد پیمان کیوتو از سوی اکثر کشورهای جهان مبنی بر کاهش تولید گازهای گلخانه ای، افکار عمومی جهان به ناپایداری محیط زیست، توجه کمی دارند. این ناپایداریها نتایج تاسف باری در کل سیاره زمین به دنبال خواهد داشت، زیرا طبیعت به سادگی نمی تواند ضایعات ناشی از فعالیت های انسان بخصوص آلاینده های ناشی از مصرف انرژی را جذب کند. در کشور ایران به دلیل عدم مجهز بودن اکثرین صنایع، به تجهیزات مناسب جهت فیلتر نمودن آلاینده های ناشی از مصرف سوختهای فسیلی و نیز عدم توجه افکار عمومی و سیاستگزاران به مسئله حفظ محیط زیست، کشور با عوارض ناگوار ناشی از توسعه ناپایدار در سالیان آینده مواجه خواهد گردید.[1]

[1]- علیرغم امضای پیمان کیوتو توسط نمایندگان ایران در اجلاس توکیو و تصویب مجلس، پذیرش برخی از مفاد این پیمان توسط شورای نگهبان رد گردید.

جدول مقدار انتشار آلاینده های ناشی از مصرف انرژی در کشور (سال۱۳۸۱)

بخش آلاینده	NOx (هزار تن)	SO2 (هزار تن)	CO2 (هزار تن)	SO3 (هزار تن)	CO (هزار تن)	CH (هزار تن)	SPM (هزار تن)
تجاری- خانگی	۹۵	۱۵۰	۹۹۱۳۲	۲	۶۷	۱۱	۱۰
صنایع	۱۲۳	۳۳۰	۳۳۰۵۵۴۹۷	۵	۱۷	۶	۱۴
حمل و نقل	۶۶۰	۳۱۰	۸۴۲۰۵	۳	۶۵۰۴	۱۴۸۳	۲۲۳
کشاورزی	۵۵	۵۷	۹۳۸۴	۰/۴	۱۸	۳۹	۲۴
نیروگاهها	۱۲۳	۳۲۰	۷۹۸۸۳	۵	۰/۲	۵	۱۴
مجموع	۱۰۵۷	۱۱۶۷	۳۲۸۱۰۱	۱۵/۴	۶۶۰۶/۲	۱۵۴۴	۲۸۶

بر اساس پیش بینی ها، تا ۵۰ سال آینده مصرف جهانی انرژی به سه برابر میزان فعلی آن بالغ خواهد شد. چنانچه سهم سوختهای فسیلی در مصرف جهانی با روند فعلی ادامه یابد، با انتشار آلاینده های ناشی از مصرف این سوختها، محیط زیست انسان و سایر جانداران در آینده با خطر جدیروبرو می شود. در سال ۱۳۰ سال گذشته بر اثر سوزاندن سوختهای فسیلی و افزایش غلظت دی اکسید کربن در جو زمین، متوسط دمای زمین ۰/۶درجه سانتی گراد افزایش یافته است. دی اکسید کربن نه تنها امکان عبور تشعشعات فرابنفش را از جو مهیا می سازد، بلکه از خروج تشعشعات مادون قرمز را از سطح زمین جلوگیری می نماید. با انتشار SO_2 و Nox

ناشی از مصرف سوختهای فسیلی در هوا، مقدار PH بارانهایی که به زمین می آید، به کمتر از ۵/۶می رسد. با نزول بارانهای اسیدی تغییرات نامطلوب بسیاری در سطح کره زمین پدیدار می گردد.

آلاینده های ناشی از نیروگاههای حرارتی

با نیاز روز افزون جهان بخصوص کشورهای در حال توسعه به انرژی برق، توسعه و ایجاد نیروگاههای جدید امری ضروری می باشد. همسو با توسعه نیروگاهها، که عمدتاً در جهان و نیز در کشور ایران از نوع نیروگاههای حرارتی می باشند. مصرف سوختهای فسیلی افزایش می یابد، که این افزایش باعث انتشار میزان بیشتری از مواد آلاینده در سطح کره زمین می گردد. مهمترین سوختهای مصرفی در نیروگاههای حرارتی کشور عمدتاً نفت کوره و گاز می باشند.

اثرات زیست محیطی نیروگاههای حرارتی عمدتاً شامل آلودگی آب، خاک و هوا می باشد. آلودگی آب در نتیجه فرایندهای مختلفی نظیر فاضلاب حاصل از تصفیه آب، فاضلاب حاصل از سیستم جلا دهنده آب، تخلیه دیگ بخار،تخلیه برجک خنک کن تر، تخلیه سیستم خنک کن یکبار گذار، فاضلابهای حاصل از شستشوی شیمیایی لوله ها، فاضلاب های دودکش، فاضلاب های آلوده به روغن و سوخت، فاضلابهای بهداشتی و هرزآبهای نیروگاه حاصل می گردد.

کمیت و کیفیت فاضلاب یک نیروگاه بستگی به عواملی نظیر نوع سوخت، نوع احتراق، نوع تاسیسات ذخیره سازی سوخت، ظرفیت واحدها و درصد بهره برداری از واحدها، نوع بهره برداری، کیفیت آب خام، نیازهای پیش تصفیه، سیستم تصفیه آب، سیستم کنترل شیمیایی آب، عمر تاسیسات، میزان استفاده مجدد از آب و نوع تجهیزاتی که برای کنترل آلودگی هوا بکار رفته است، دارد. در نیروگاههای بخار با سیستم خنک کن یکبارگذر، آب برگشتی از سیستم که عمدتا به رودخانه ها و یا دریاها می ریزد، دارای بار حرارتی بسیار بالایی می باشد و

به عنوان یک آلاینده حرارتی باعث بر هم زدن شدید تعادل اکولوژیکی و کاهش شدید و ناگهانی اکسیژن محلول در آب می شود.

آلودگی خاک عمدتا بر اثر پخش مواد زائد و زباله هایی که در محیط نیروگاهها ایجاد می شوند، به وجود می آید. علاوه بر این، در اطراف نیروگاههای واقع در مناطق اقلیمی خشک، مواد آلاینده هوا به صورت خشک و در مناطق اقلیمی مرطوب، عوامل آلاینده به صورت ترکیب با بخار آب به خاک راه می یابند. آلودگی هوای ناشی از نیروگاههای حرارتی نسبت به آلودگی های آب و خاک ناشی از این نیروگاهها دارای اهمیت بیشتری می باشد. یکی از آلاینده های هوا، ترکیبهای متفاوت گوگرد(دی اکسید گوگرد(۹۰٪) ، سولفید هیدروژن و مقداری سولفات) می باشد.دی اکسید گوگرد طی ترکیب شدن با آب، تولید اسید سولفوریک می نماید، که این اسید سبب مسمومیت های موضعی می شود.

بعد از دی اکسید گوگرد، بیشترین سهم آلایندگی هوا در نیروگاههای حرارتی مربوط به اکسیدهای مختلف نیتروژن می باشد، که در بین آنها، منواکسید نیتروژن و دی اکسید نیتروژن مهمتر می باشند. منو اکسید نیتروژن در هوا به سرعت به دی اکسید نیتروژن تبدیل می شود، که مهمترین اثر آن بر روی ریه ها می باشد. یکی دیگر از آلاینده های هوا اکسیدهای کربن می باشند، منواکسید کربن گازی است بی رنگ و بی بو که انسان پی به وجود آن نمی برد، لیکن وجود مقدار کمی از این گاز در هوا، باعث ترکیب آن با هموگلوبین خون شده و تنفس را دچار اشکال می کند. ذرات معلق، که به صورت ترکیبی از دوده، گرد و خاک و سایر اجزا جامد می باشند، نیز از دیگر آلاینده های هوای ناشی از نیروگاههای حرارتی محسوب می گردند. در اثر احتراق انواع سوختهای فسیلی در نیروگاههای حرارتی کشور در سال ۱۳۷۸ نزدیک به شصت و شش میلیون تن انواع آلاینده ها در جو آزاد شده است، که عمده ترین آنها دی اکسید کربن بوده است.

با در نظر گرفتن سهم هر نوع از نیروگاهها در تولید برق، مشخص می شود که متوسط انتشار ذرات معلق به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی۱۱۹میلیگرم، اکسیدهای ازت۹۳۶میلیگرم بر کیلووات ساعت،

هیدروکربنها۲۵ میلیگرم بر کیلو وات ساعت، دی اکسید گوگرد۲/۷۴۵ گرم بر کیلو وات ساعت،و شاخص انتشار کربن۱۶۷/۸ گرم بر کیلو وات ساعت برق تولیدی است. در بین نیروگاههای حرارتی، واحدهای دیزلی دارای بیشترین انتشار آلودگی نسبت به میزان تولید خود و واحدهای سیکل ترکیبی دارای حداقل آلودگی می باشند. جدول میزان انتشار آلاینده های مهم هوا در نیروگاههای کشور در سال ۱۳۷۸را نمایش می دهد.

جدول میزان انتشار آلاینده های مهم هوا در نیروگاههای کشور در سال[۱۳۷۸] بر حسب تن

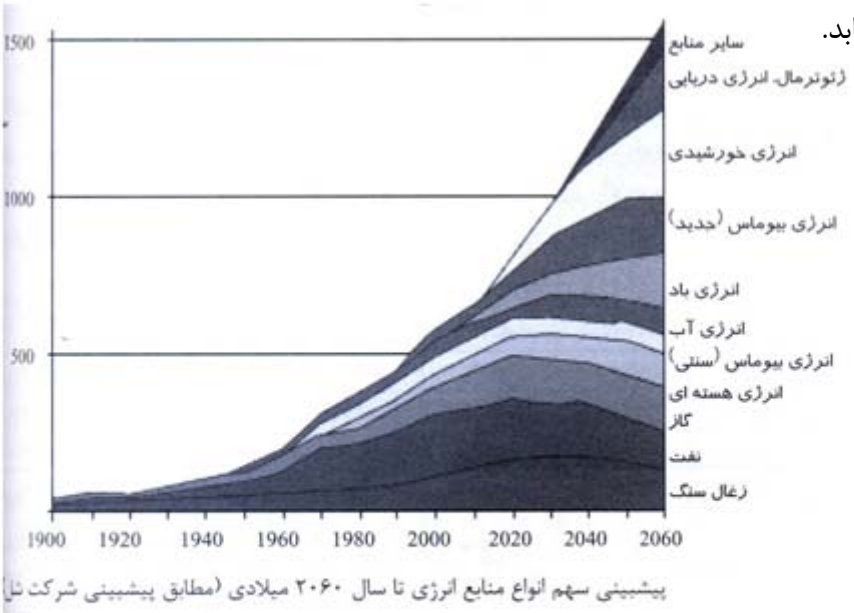
	CO2	SO2	CH	Nox	SPM
نیروگاه بخاری	۴۴۰۴۹۶۳۱	۲۷۹۱۴۹	۲۳۸۸	۶۸۹۲۸	۹۲۹۷
نیروگاه توربین گازی	۱۶۸۲۳۰۱۵	۱۳۰۴۹	۲۶۹	۲۴۰۲۴	۲۶۸۸
نیروگاه سیکل ترکیبی	۴۶۱۳۳۴۸	۱۴	۲۱	۶۷۳۹	۶۲۷
نیروگاه دیزلی	۳۶۳۵۷۸	۲۱۳۷	۴۳	۷۰۵	۱۳۵
نیروگاه آبی	۳۲۵۹۷	----	----	----	----
مجموع	۶۵۸۸۲۱۶۹	۲۹۴۳۴۹	۲۷۲۱	۱۰۰۳۹۶	۱۲۷۴۷

[] CHمعرف هیدروکربنهای سوخته نشده و SPM معرف ذرات معلق می باشد.

نیروگاههای هسته ای نیز به عنوان یکی از تامین کنندگان برق جهان، دارای مشکلات زیست محیطی خاص خود می باشند. در حال حاضر کمتر از ۱درصد از آلودگیهای مواد رادیواکتیو جهان در اثر حوادث نیروگاههای هسته ای و آزمایش بمب های اتمی در محیط زیست می باشد. آنچه مهم است میزان آلایندگی و صدمات ناشی از پسماندهای جامد رادیواکتیو است،که بر حسب نوع تا ۵۰۰سال میتواند اثرات سوء خود را حفظ کند. استخراج اورانیوم از معادن باعث آزاد شدن رادون و دخترهای رادون می گردد و همچنین پساب ناشی از پردازش این ماده میتواند باعث آلودگی آبهای زیر زمینی شود.

گزینه های انرژی در قرن بیست و یکم

با توجه به اهمیت مصرف انرژی جهت بالا بردن کیفیت زندگی، تامین انرژی در قرن ۲۱نیز از اهم فعالیتهای بشر محسوب می گردد. جهت تامین انرژی مورد نیاز بشر، که روند رو به رشدی را نیز دارا می باشد، گزینه های مختلفی نظیر افزایش تولید سوختهای فسیلی، افزایش استفاده از انرژی هسته ای و یا توسعه منابع انرژی های تجدیدپذیر وجود دارند، که هر کدام از این گزینه ها با توجه به ویژگیهای خاص خود دارای معایب و مزایایی می باشند. برنامه ریزی برای استفاده از منابع مختلف برای تامین انرژی مورد نیاز آینده، می بایست همراه با مدیریت صحیح مصرف انرژی صورت پذیرد، تا در حد امکان نرخ افزایش مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست کاهش یابد.



پیشبینی سهم انواع منابع انرژی تا سال ۲۰۶۰ میلادی (مطابق پیشبینی شرکت شل)

گزینه کاهش مصرف انرژی

افزایش وسایل حمل و نقل عمومی: با افزایش وسایل حمل و نقل عمومی نظیر مترو، تراموا، قطارهای سریع السیر میان شهرهای بزرگ و شهرکهای اقماری آنها، می توان تا حدود زیادی از تردد اتومبیلهای شخصی کاست و بدین ترتیب در مصرف سوخت صرفه جویی نمود.

نزدیک نمودن محل کار به محل زندگی و یا کار در خانه بواسطه پیشرفت تکنولوژی ارتباطات: بسیاری از فعالیت ها نظیر امور بانکی، خرید و فروش اجناس، آموزش و غیره، می توانند با استفاده از امکانات فزاینده شبکه جهانی اینترنت، در محیط خانه صورت پذیرند. این امر باعث کاهش تردد خودروها برای انجام بسیاری از فعالیتهای روزمره می گردد و بدین ترتیب صرفه جویی بسیاری در سوخت مصرفی وسایط نقلیه حاصل می شود.

بهینه نمودن مصرف انرژی:

بهینه سازی در مصرف انرژی به خصوص در کشورهایی نظیر ایران که دارای صنایعی با تکنولوژی نسبتاً عقب افتاده و با انرژی بری بسیار بالا می باشند، یکی از موثرترین راهکارها در کاهش مصرف انرژی می باشد. کمینه کردن مصرف انرژی می تواند به عنوان مثال با بهینه سازی مصرف انرژی گرمایی، کوپل نیرو-گرما، عایق نمودن ساختمانها، بهینه سازی وسایل گرمایشی، کوچک نمودن محل زندگی، کاهش مصرف وسایل برقی خانگی، استفاده از لامپهای صرفه جو، به روز کردن تکنولوژی در صنایعی مانند خودروسازی و یا با اعمال سیاستهای مناسب اقتصادی نظیر حذف یارانه انرژی و سرمایه گذاری در صنایعی با انرژی بری کمتر، صورت پذیرد.

جدول مقایسه ای بین مصرف انرژی در تکنولوژیهای مستقر در سطح کشور و استاندارد جهانی آنها را نمایش می دهد.

جدول:مقایسه مصرف انرژی بین تکنولوژیهای مستقر در کشور ایران و تکنولوژیهای پیشرفته

نوع صنعت	مصرف انرژی	تکنولوژی پیشرفته در جهان	تکنولوژی مستقر در ایران
تولید سیمان	Kwh/Ton	۸۵-۱۱۰	۱۳۰-۱۶۱
تولید محصولات نساجی	Kwh/Ton	۳۵۰۰-۵۵۰۰	۷۴۰۰-۱۲۶۰۰
تولید شیشه	Kwh/Ton	۷۰-۹۵	۱۲۰
تولید محصولات فلزی	Kwh/Ton	۸-۱۲	۳۰
تولید فولاد خام	Gcal/Ton	۵/۷	۹
بازدهی تولید برق	٪	۳۹/۸	۳۱/۲
تلفات انتقال و توزیع برق	٪	۸	۱۳/۵
تلفات پالایش نفت	٪	۳	۶
اتومبیل سواری	لیتر درصد کیلومتر	۶-۱۰	۱۰-۱۴
یخچال	کیلووات ساعت در ماه	۲۷	۴۶
تلویزیون رنگی (۲۱اینچ)	وات	۸۳	۱۰۰-۱۴۰

گزینه افزایش تولید سوختهای فسیلی

با افزایش تولید سوختهای فسیلی نظیر زغال سنگ، نفت و گاز می توان در کوتاه مدت تا حدود بسیار زیادی نیازهای رو به رشد مصرف انرژی جهان را با قیمت مناسب تامین نمود. اما از آنجایی که سوختهای فسیلی از انواع منابع انرژیهای تجدیدناپذیر می باشند، افزایش تولید این سوختها منجر به افزایش نرخ تهی سازی منابع محدود آنها می گردد. در کشورهای نفت خیز نظیر ایران، نفت تنها متعلق به نسل کنونی نمی باشد و افزایش تولید آن در واقع بدین معنی است که نسلهای آینده بطور مرتب به نسل کنونی یارانه می پردازند. از معایب دیگر این گزینه میتوان از افزایش آلودگی محیط زیست، بر اثر احتراق سوختهای فسیلی نام برد. در صورت انتخاب این گزینه می بایست، حداقل تکنولوژیهای تبدیل انرژی با بازدهی بالاتر و آلودگی کمتر مورد استفاده قرار گیرند. لذا در قرن بیست و یکم انتظار می رود، که تکنولوژی پیلهای سوختی و مبدلهای ماگنتوهیدرودینامیک توسعه فراوانی بیابند و بدین ترتیب امکان تولید همزمان برق و گرما با بازدهی بالا و بدون فرآیند احتراق سوختهای فسیلی (بدون آلودگی محیط زیست) بطور تجاری و گسترده فراهم گردد. استفاده از این تکنولوژیها تا حدودی باعث کاهش آلایندگی و افزایش طول عمر ذخایر سوختهای فسیلی می گردد.

گزینه توسعه منابع انرژیهای تجدیدپذیر

تامین انرژی رو به افزایش مورد نیاز جهان، با توجه به محدودیت سوختهای فسیلی و نیز آلایندگی آنها، در آینده تا حدود بسیار زیادی از طریق توسعه منابع انرژیهای تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی، بادی، ژئوترمال و ... صورت خواهد پذیرفت. یک شروع مناسب برای بکارگیری انرژیهای تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه، استفاده از این انرژیها در روستاهای دور افتاده ای است که رساندن انرژی الکتریکی و سوختهای فسیلی به آنها مشکل و و همراه با صرف هزینه زیاد می باشد. کشورهای توسعه یافته به دلیل در اختیار داشتن سرمایه و تکنولوژی می توانند در کوتاه مدت منابع انرژی تجدیدپذیر را جایگزین منابع انرژی فعلی خود نمایند و یا بطور

گسترده از تکنولوژیهای مربوطه در سیستم های تولید پراکنده انرژی استفاده نمایند. این امر برای کشورهای در حال توسعه در دراز مدت عملی می باشد.

ویژگیهای منابع انرژی تجدیدپذیر

منابع انرژیهای تجدیدپذیر دارای مشخصات ویژه ای می باشند، که آشنایی با آنها برای استفاده و بهره برداری از این منابع ضروری می باشد.

پتانسیل بالا:

انرژی بسیار زیادی در منابع انرژیهای تجدید پذیر نهفته است،که بازیافت حتی بخش کوچکی از آنها می تواند جهان را از منابع سوختهای فسیلی بی نیاز سازد. به عنوان مثال با توجه به چگالی انرژی خورشیدی در کشور ایران، که به طور متوسط برابر ۲۵۰وات بر متر مربع می باشد و مساحت زمینهای غیر قابل مسکونی و غیر قابل کشاورزی در سطح کشور، میزان کل دریافت انرژی سالیانه خورشیدی در زمینهای بدون استفاده کشور، به بیش از کل ذخایر نفت کشور بالغ می گردد.

قابلیت تجدید پذیری:

بر خلاف انرژیهای فسیلی و هسته ای که ذخایر آنها دارای عمر محدودی می باشند، انرژیهای تجدید پذیر دارای چرخه های طبیعی بوده و عمر ذخایر آنها بسیار طولانی است (مانند انرژی آب، زیست توده، انرژی خورشیدی و غیره)

محدودیت های جغرافیایی:

یکی از ویژگیهای منابع انرژیهای تجدیدپذیر محدود بودن آنها به مکانهای خاص جغرافیایی می باشد. به عنوان مثال، استفاده از انرژی باد تنها در مناطق بادخیز که میانگین سرعت باد از حداقل لازم بیشتر و زمان وزش باد

در طول سال در حد قابل قبول باشد، امکان پذیر است. بدین دلیل جهت بهره برداری از این منابع، می بایست ابتدا با مطالعات اولیه از وجود جریانات و فلوهای طبیعی آنها مطمئن گردید، لذا امکان ایجاد چنین جریانهای انرژی بطور مصنوعی وجود ندارد.

مشخصه دینامیکی:

میزان انرژی قابل حصول ا اکثر منابع انرژی های تجدیدپذیر به شرایط طبیعی منبع، شرایط جوی و شرایط جغرافیایی آنها بستگی دارد. به عنوان مثال میزان انرژی قابل حصول از خورشید بستگی کامل به شرایط جوی ، ساعت روز، فصل و شرایط جغرافیایی دارد. پدیده های طبیعی نظیر جزر و مد دریاها نیز معمولاً متناوب می باشند و در دوره های مشخصی تکرار می شوند. در شبکه متشکل از تعداد زیادی ژنراتورهای متکی به انرژیهای تجدیدپذیر، توان تولیدی ژنراتورها بر اساس مشخصه دینامیکی منبع تجدیدپذیر مربوطه، پیوسته تغییر می کند. شناخت مشخصه های دینامیکی یک منبع انرژی تجدیدپذیر با جمع آوری اطلاعات آماری آن منبع بخصوص امکان پذیر می باشد، به کمک این اطلاعات می توان میزان انرژی قابل حصول از منبع تجدیدپذیر را برآورد کرد.

کیفیت منبع:

یک شاخص بسیار مهم برای ارزیابی کیفیت یک منبع، میزان بازدهی فرایند تبدیل آن به انرژی ثانویه می باشد. هر چه کیفیت یک منبع بهتر باشد، انرژی بیشتری در فرایند تبدیل از آن بدست می آید. منابع تجدیدپذیر را از نظر بازدهی فرایند تبدیل آنها به انرژی ثانویه به سه گروه تقسیم می کنند:

- منابع مکانیکی: ۷۵ تا ۸۵درصد از انرژی اولیه این منابع بر اثر تبدیل، به انرژی ثانویه تبدیل می شود. از انواع این منابع می توان از انرژی امواج و جزر و مد نام برد.
- منابع حرارتی: ۳۰ الی ۴۰درصد از انرژی این منابع به انرژی ثانویه تبدیل می شود. از انواع این منابع می توان از انرژی گرمایی تابش خورشید و انرژی زمین گرمایی نام برد.

- فرایند نوری: با توجه به تکنولوژی بین ۱۰ تا ۲۵درصد انرژی به کار تبدیل میشود. در این رابطه می توان از سیستمهای فتوولتاییک و فرآیند فتوسنتز نام برد.

چگالی انرژی منبع:

چگالی انرژی منابع تجدید پذیر در مقایسه با انرژیهای فسیلی بسیار کم و در اغلب آنها به حداکثر به یک کیلو وات بر متر مربع می رسد، حال آنکه در انرژیهای فسیلی این میزان می تواند به بیش از ۱۰۰کیلو وات بر متر مربع بالغ گردد. در جدول میزان چگالی انرژی برخی از منابع انرژیهای تجدیدپذیر با دیگر منابع مورد مقایسه قرار گرفته اند.

جدول چگالی انرژی برخی از منابع انرژیهای تجدیدپذیر در مقایسه با دیگر منابع

نوع منبع	چگالی انرژی $\{kw/m^2\}$	توضیحات
آب	۱۰۸	سرعت جریان برابر با۶متر بر ثانیه
موج دریا	۱۴/۵	بازای یک متر عرض موج
باد	۰/۱۳	سرعت باد برابر با ۶متر بر ثانیه
خورشید	۰/۲۵۰	میزان متوسط در سطح کشور ایران
جریان جزر و مد	۰/۰۰۲	
نیروگاه بخار با سوخت زغال سنگ	۵۰۰	چگالی جریان گرمایی در کوره
نیروگاه هسته ای	۶۵۰	چگالی جریان گرمایی بر روی میله سوخت

پیچیده بودن سیکل تولید منابع: بسیاری از منابع انرژیهای تجدیدپذیر دارای سیکل تولید نسبتاً پیچیده ای می باشند. در این رابطه می توان به عنوان مثال از سیکل مربوط به ایجاد بیوماس که مبتنی بر عوامل متعددی نظیر فتوسنتز می باشد، نام برد. جهت بهره برداری از این منابع، می بایست کلیه عوامل موثر در سیکل شناخته شوند.

آلودگی محیط زیست:

برخی از منابع انرژیهای تجدیدپذیر مانند انرژی زمین گرمایی در حین بهره برداری محیط را آلوده می کنند، که می بایست مورد ملاحظه قرار گیرند. اما اکثر منابع انرژی تجدید پذیر نسبت به سوختهای فسیلی دارای آلایندگی بسیار کمی می باشند.

تنوع در نوع انرژی تولیدی:

بسیاری از این منابع انرژیهای تجدیدپذیر قابلیت تولید یک یا دو نوع انرژی (عمدتا برق و گرما) را دارا می باشند و برخی نیز مانند منابع زیست توده، قابلیت تولید انواع انرژی مانند گرما و برق و سوختهای مایع و جامد و گاز را دارا می باشند.

هزینه سرمایه گذاری و بهای تمام شده:

در مجموع، قیمت تمام شده برای استفاده از منابع انرژیهای تجدیدپذیر بالا می باشد، لذا در حال حاضر احداث آنها تنها برای شرایطی که دسترسی به سوختهای فسیلی و سایر منابع انرژی بسیار دشوار باشد، قابل توجیه است.

راهکارهای فنی و اقتصادی برای توسعه کاربرد منابع انرژیهای تجدیدپذیر

با توجه به رشد بالای مصرف انرژی، سوختهای فسیلی و هسته ای نمی توانند به تنهایی پاسخگوی نیاز جهانی انرژی باشند. رو به اتمام بودن منابع سوختهای فسیلی و تخریب محیط زیست توسط آلاینده های ناشی از این

سوختها، گزینه استفاده و توسعه کاربرد انرژیهای تجدیدپذیر در ایران و جهان را امری ضروری نموده است. تکنولوژی استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر نسبتاً نو می باشند و پرداختن به این انرژیها از نظر پژوهشی و کسب دانش فنی و اقتصادی کردن آنها امری اجتناب ناپذیر برای هر کشوری است. در حال حاضر بر سر راه توسعه کاربرد انرژیهای نو و تجدیدپذیر مشکلاتی وجود دارد که برخی از آنها به مشخصه های ویژه این منابع نظیر محدودیت های دستیابی به آنها از نظر ساعات شبانه روز و برخی دیگر به عوامل اقتصادی نظیر ارزانی سوخت فسیلی و وفور نسبی آن در کشور و یارانه های متعلقه آن و در نتیجه قابل رقابت نبودن انرژیهای تجدیدپذیر با انواع انرژیهای فسیلی در شرایط کنونی بر می گردد.

راهکارهای کنترلی برای توازن میان تولید و مصرف انرژی الکتریکی

با توجه به ویژگیهای خاص برخی از منابع انرژیهای تجدیدپذیر، روشهای کنترلی ذیل جهت توازن میان میزان انرژی الکتریکی تولید شده توسط آنها و میزان مصرف برق پیشنهاد می گردند.

اعمال بازخور منفی بر روی منبع انرژی تجدیدپذیر: با اعمال هر نوع بازخور منفی بر روی منابع انرژی تجدید پذیر، مقداری انرژی به هدر می رود(به عنوان مثل استفاده از پوشش برای جلوگیری از تابش خورشید بر روی پانلهای خورشیدی، باعث هدر دادن انرژی می گردد). از این روش فقط در مواقعی که کلیه مصرف کننده ها تامین شده باشند و نیز در مواقع اضطراری استفاده می شود. در رابطه با منابع انرژی فسیلی، استفاده از بازخور منفی تنها راه کنترلی محسوب می گردد، با این تفاوت که مازاد انرژی این منابع هدر نمی رود.

بکارگیری منبع ذخیره:

در این روش،سرریز انرژی تجدیدپذیر در منبعی ذخیره می شود. این روش، راهکار خوبی برای هماهنگی بین تولید و مصرف است، اما ایجاد منبع ذخیره به سرمایه زیادی نیاز دارد.

ارتباط از طریق شبکه سراسری: در این شرایط، تولید مربوط به منابع تجدیدپذیر و سنتی از طریق شبکه سراسری به مصرف کننده می رسد، لذا سیستم انرژی تجدیدپذیر می تواند در محدوده ظرفیت نامی خود تولید برق نماید و توازن میان تولید و مصرف با کنترل میزان تولید نیروگاههای سنتی صورت پذیرد.

کنترل بار از طریق کنترل پیش خور: بهترین روش هماهنگی میان مصرف با میزان تولید منابع انرژیهای تجدیدپذیر، استفاده از کنترل پیش خور است. در این روش بارها اولویت بندی می شوند و کنترل کننده با توجه به میزان تولید به کلیدها فرمان می دهد و تا جایی که تولید اجازه دهد،بارها به ترتیب اولویت وارد سیستم می شوند.

سیاستگذاری برای اقتصادی نمودن منابع انرژیهای تجدیدپذیر

به منظور ایجاد بستر مناسب اقتصادی جهت استفاده گسترده از انرژیهای نو و تجدید پذیر، بخصوص در سیستمهای تولید پراکنده، می توان با حذف یارانه های سوختهای فسیلی،پرداخت یارانه به صنایعی که از منابع انرژی با آلایندگی کمتر در فرایند تولید خود استفاده می نمایند، جریمه صنایعی که در فرآیندهای تولید خود موجب وارد آمدن زیان به محیط زیست می شوند، درونی نمودن هزینه های زیست محیطی در محاسبه قیمت واقعی انرژی ،حمایت از کاربران و مصرف کنندگان تاسیسات و انرژیهای تجدیدپذیر از طریق ارائه وام بلند مدت و کم بهره جهت خرید تاسیسات(از قبیل آبگرمکن خورشیدی، پانلهای خورشیدی برای تولید برق مصرفی واحدهای مسکونی، تجاری و ...) پیشرفتهایی حاصل نمود.

در صورتیکه به عنوان مثال نیروگاههای حرارتی در حین بهره برداری ملزم به رعایت محدودیت های زیست محیطی گردند، آنگاه نیازمند به نصب تجهیزات گران قیمتی برای فیلتر نمودن آلاینده های خود می گردند، که این امر بر قیمت انرژی تولیدی توسط آنها می افزاید. در صورتیکه آنها خود را مجهز به این تجهیزات ننمایند و اضافه بر میزان مجاز مواد آلاینده تولید نمایند، آنگاه طبق قوانین ملزم به پرداخت جریمه می گردند، که این امر

نیز باعث افزایش قیمت انرژی تولیدی آنها خواهد گردید، بدین ترتیب هزینه تولید انرژی الکتریکی توسط انرژیهای تجدیدپذیر قابل رقابت با انرژی تولیدی توسط نیروگاههای حرارتی می گردد.

قیمت واقعی انرژی الکتریکی

نیروگاههای با سوخت فسیلی به عنوان نیروگاههایی که انرژی تولیدی توسط آنها بسیار ارزانتراز نیروگاههای با انرژی تجدیدپذیر می باشند، شناخته شده اند. این امر یکی از دلایلی است، که موجب گردیده است، تا بر خلاف پیش بینی ها، از انرژی تجدیدپذیر برای تولید انرژی الکتریکی استفاده نسبتاً ناچیزی گردد. استفاده از سوختهای فسیلی در تولید انرژی الکتریکی باعث آلودگی هوا، پساب های صنعتی و در نتیجه تخریب محیط زیست می گردد، از این رو اگر بخواهیم این نیروگاهها را با نیروگاههای انرژی تجدیدپذیر که اثرات زیست محیطی مخربی ندارند، مقایسه کنیم باید هزینه برق تولید شده توسط این نیروگاهها را با احتساب هزینه های خارجی ناشی از آلوده نمودن محیط زیست محاسبه کرد.

نتیجه عدم محاسبه هزینه های خارجی، شکست بازار رقابتی میان این سوختها و منابع انرژیهای تجدیدپذیر خواهد بود. هزینه های خارجی به طور کلی شامل هزینه های زیست محیطی و سلامتی انسان در ارتباط با منابع انرژی مصرفی است، که به جامعه کنونی و نسلهای آینده تحمیل می شود. تخریب های محیط زیست در نیروگاههای حرارتی در طی مراحل تهیه سوخت و فرآوری آن، حمل و نقل و ذخیره سوخت، تولید و از بین بردن زباله های نیروگاه صورت می پذیرد.

در جدول هزینه نهایی تولید برق در کشور که توسط دفتر برنامه ریزی انرژی، معاونت انرژی وزارت نیرو، در سال ۱۳۷۸محاسبه گردیده است، آورده شده است.[1]

[1]- برای آشنایی در مورد نحوه محاسبه هزینه تولید انرژی الکتریکی به پیوست ب مراجعه شود.

جدول هزینه نهایی تولید برق نیروگاههای مختلف در کشور بر حسب ریال به کیلو وات ساعت (سال۱۳۸۷)

نوع نیروگاه	هزینه نهایی	هزینه های اجتماعی	هزینه های کنترل آلودگی	هزینه نهایی با احتساب هزینه های اجنماعی	هزینه نهایی با احتساب کنترل آلودگی
بخاری با سوخت نفت کوره	۱۲۲/۷	۸۶/۶	۹/۴	۲۰۹/۴	۱۳۳/۲
بخاری با سوخت گاز	۸۶	۳۳	۹/۴	۱۱۹	۹۵/۵
بخاری با سوخت زغال سنگ	۱۰۰/۲	۹۴/۸	۱۹/۸	۱۹۵	۱۲۰/۱
سیکل ترکیبی	۵۹/۸	۲۲/۷	۷	۸۲/۵	۶۶/۸
گازی با سوخت گاز(بار پایه)	۶۱/۱	۳۵/۱	۵/۱	۶۲/۲	۶۶/۲
گازی با سوخت نفت گاز(بار پایه)	۱۷۴/۴	۸۵/۳	۵/۵	۲۵۷/۵	۱۷۷/۷
گازی با سوخت گاز(بار پیک)	۸۷/۸	۳۵/۱	۱۰/۴	۱۲۲/۲	۹۷/۵
گازی با سوخت نفت گاز(بار پیک)	۱۹۹/۲	۸۵/۳	۱۱/۱	۲۸۴/۵	۲۱۰/۳
آبی یک منظوره	۵۵۵/۱	---	---	---	---
آبی دو منظوره(بخش برق)	۴۲/۸	---	---	---	---
آبی کوچک	۱۰۷/۵	---	---	---	---

نوع نیروگاه	هزینه نهایی	هزینه های اجتماعی	هزینه های کنترل آلودگی	هزینه نهایی با احتساب هزینه های اجنماعی	هزینه نهایی با احتساب کنترل آلودگی
بادی	۱۶۰/۷	---	---	---	---
هسته ای	۲۶۸/۷	---	---	---	---
خورشیدی فتوولتاییک	۱۸۹۹/۷	---	---	---	---
خورشیدی سهموی دراز	۵۳۱/۹	---	---	---	---
خورشیدی هلیواستاتی	۶۶۴/۹	---	---	---	---
خورشیدی دیش استرلینگ	۱۰۴۴/۸	---	---	---	---
زمین گرمایی	۵۹۰	---	---	---	---
زیست توده	۲۵۰/۴	---	---	---	---

قبل از ورود به بحث با طرح چند سوال مهم به مقایسه نیروگاه های حرارتی و خورشیدی می پردازیم:

ـ اکنون در دنیا با جدی شدن بحث جایگزینی منابع انرژی های پاک به جای منابع سوخت فسیلی ، بهره گیری از انرژی خورشیدی چه جایگاهی دارد ؟

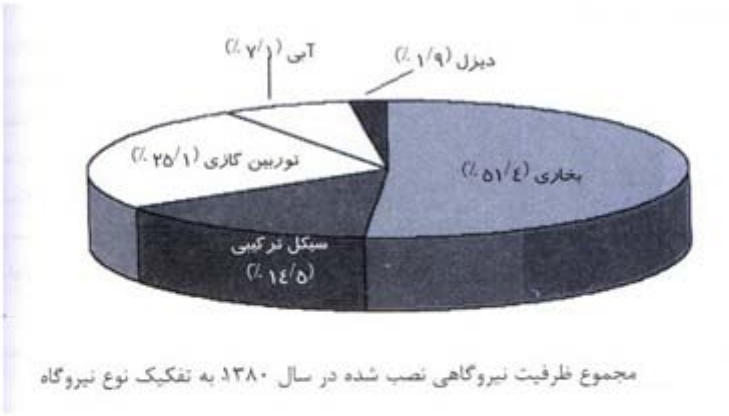
ـ آیا نیروگاه های خورشیدی با توسعه خود، در آینده نزدیک قادر به رفع مشکل تامین برق و حتی مشکل کم آبی کل مردم دنیا خواهند بود؟

ـ توسعه نیروگاه های خورشیدی تا چه اندازه به چرخه تولید برق کشورمان کمک خواهد کرد؟

نیروگاه حرارتی

مقدمه

نیروگاههای حرارتی به نیروگاههایی اطلاق می گردند، که در حین پروسه تبدیل انرژی اولیه به انرژی الکتریکی در آنها، انرژی حرارتی نقش یک انرژی واسط را ایفا نماید. این نیروگاهها دارای انواع مختلفی نظیر نیروگاههای بخار، نیروگاههای توربین گازی، نیروگاههای سیکل ترکیبی، نیروگاههای شکافت هسته ای، نیروگاههای گداخت هسته ای، نیروگاههای زمین گرمایی، نیروگاههای حرارتی-خورشیدی، نیروگاههای بیوماس و ... می باشند، که در این فصل به سه نوع بخاری، توربین گازی و سیکل ترکیبی، که بر اساس آمار سال۱۳۸۰ بیش از ۹۰ درصد ظرفیت کل نصب شده زیر نظر وزارت نیرو در کشور مربوطه به آنها می باشد، پرداخته می شود.



مجموع ظرفیت نیروگاهی نصب شده در سال ۱۳۸۰ به تفکیک نوع نیروگاه

نیروگاههای بخاری

این نیروگاهها دارای هزینه احداث نسبتاً بالایی می باشند، با این وجود بدلیل ویژگیهای خاص خود از متداولترین انواع نیروگاههای حرارتی در سطح جهان و نیز در کشور ایران محسوب می گردند، بطوریکه مطابق آمار سال ۱۳۸۰، در حدود۵۲ درصد نیروگاههای کشور مربوط به آنها بوده است. در جدول (۲-۱) مشخصات برخی از نیروگاههای بخاری کشور ذکر شده اند. برای تولید انرژی حرارتی در نیروگاههای بخار، از سوخت های جامد نظیر زغال سنگ، مایع نظیر مازوت و یا گاز طبیعی استفاده می گردد. پروسه تبدیل انرژی شیمیایی نهفته در این سوخت ها به انرژی الکتریکی، در طی چندین مرحله و در تجهیزات مختلف صورت می پذیرد.

مراحل تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی در یک نیروگاه بخار

جدول مشخصات برخی از نیروگاههای بخاری کشور

نام نیروگاه	محل نصب	تعداد واحدها	ظرفیت نامی هر واحد{MW}	ظرفیت کل{MW}
رامین	اهواز	۶	۳۱۵	۱۸۹۰
شهید سلیمی	نکا	۴	۴۴۰	۱۷۶۰
شهید منتظری	اصفهان	۸	۲۰۰	۱۶۰۰
بندر عباس	بندر عباس	۴	۳۲۰	۱۲۸۰
شازند	اراک	۴	۲۵۰	۱۰۰۰
شهید رجایی	قزوین	۴	۲۵۰	۱۰۰۰
شهید مفتح	همدان	۴	۲۵۰	۱۰۰۰
اسلام آباد	اصفهان	۵	۲×۳۲۰ / ۱×۱۲۰ / ۲×۳۷/۵	۸۳۵
تبریز	تبریز	۲	۳۶۸	۷۳۶
بیستون	کرمانشاه	۲	۳۲۰	۶۴۰
منتظر قائم	کرج	۴	۱۵۶/۲۵	۶۲۵

نام نیروگاه	محل نصب	تعداد واحدها	ظرفیت نامی هر واحد{MW}		ظرفیت کل{MW}
طوس	مشهد	۴	۱۵۰		۶۰۰
زرگان	اهواز	۲	۱۴۵		۲۹۰
بعثت	تهران	۳	۸۲/۵		۲۴۷/۵
شهید بهشتی	لوشان	۲	۱۲۰		۲۴۰
مشهد	مشهد	۳	۱×۱۳	۲×۶۰	۱۳۳
ایرانشهر	ایرانشهر	۲	۶۴		۱۲۸
زرند	کرمان	۲	۳۰		۶۰
شهید فیروزی	تهران	۴	۱۲/۵		۵۰

یک نیروگاه بخار،شامل تجهیزاتی نظیر مولد بخار، توربین، ژنراتور، چگالنده و پمپ می گردد.

در این نیروگاهها، آب پس از پمپ شدن و افزایش فشار وارد مولد بخار می گردد و در آن با دریافت انرژی حرارتی ناشی از احتراق سوخت تبدیل به بخار می گردد. بخار با عبور از توربین، انرژی خود را به آن انتقال می دهد و موجب چرخش محور توربین می گردد. روتور ژنراتور به محور توربین متصل می باشد، لذا با چرخش محور توربین، روتور ژنراتور نیز شروع به چرخش می کند و موجب تولید برق در ژنراتور می گردد. بخار خروجی از توربین در قسمت چگالنده انرژی حرارتی خود را از دست می دهد و دوباره تبدیل به مایع می گردد.

چرخه کاری با پمپ شدن دوباره آب تکرار می گردد. آب خنک کننده جاری در چگالنده ،با دریافت انرژی حرارتی بخار، گرم می گردد و سپس به سمت یک برج خنک کننده هدایت و در آن سرد می شود و دوباره به سمت چگالنده جریان می یابد. آب سرد مورد نیاز چگالنده را می توان از یک منبع آب طبیعی نظیر رودخانه نیز تامین نمود.

ویژگیهای نیروگاههای بخار

سرعت راه اندازی:

سرعت راه اندازی و وصل این نیروگاهها به شبکه کند و با توجه به مدت زمان خاموش بودن نیروگاه متفاوت می باشد

جدول مدت زمان لازم برای راه اندازی نیروگاه بخار با توجه به مدت زمان خاموشی آن

مدت زمان خاموش بودن[h]	نوع راه اندازی	مدت زمان لازم برای راه اندازی[h]
۱۲	داغ	۰/۵ تا ۱/۵
۲۴	گرم	۱ تا ۳
۳۶	سرد	۲ تا ۵

شرایط نگهداری در هنگام توقف:

شرایط نگهداری یک نیروگاه بخار در هنگام توقف، بستگی به زمان دوباره راه اندازی آن دارد. بطور کلی دو روش، جهت نگه داری یک نیروگاه بخار هنگام توقف آن وجود دارد، در روش اول که به روش سرد موسوم است، اجازه داده می شود، که مولد بخار کاملاً سرد گردد و در صورت نیاز مجدد به راه اندازی، درجه حرارت آن دوباره

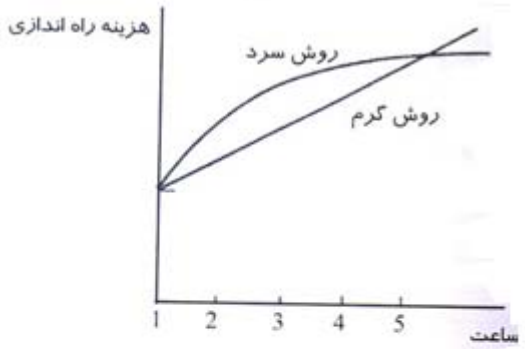
بالا رود. در روش دوم که به روش گرم موسوم است، انرژی کافی مولد بخار داده می شود، بطوریکه درجه حرارت آن در حالت معمول بهره برداری باقی می ماند.

هزینه راه اندازی:

از آنجایی که درجه حرارت و فشار در پروسه نیروگاه بخار به آهستگی تغییر می نماید، لذا حد مشخصی از انرژی مصرف می شود تا بتوان نیروگاه را وارد مدار نمود، این انرژی هیچ تولید موثری از واحد را باعث نمی شود و تنها موجب تحمیل هزینه ای به نیروگاه موسوم به هزینه راه اندازی می گردد. هزینه راه اندازی با توجه به آنکه نیروگاه در زمان توقف خود، با روش سرد و یا روش گرم نگهداری شده است، متفاوت می باشد. در دو رابط ذیل میزان هزینه راه اندازی این دو روش مورد مقایسه قرار گرفته اند.

فرمول

در این روابط C_c معرف میزان انرژی حرارتی مورد نیاز در روش راه اندازی سرد بر حسب میلیون Btu، Fمعرف هزینه سوخت بر حسب واحد پول بر میلیون C_f,Btu معرف هزینه ثابت شامل هزینه خدمه و هزینه نگهداری بر حسب واحد پول، a معرف ثابت زمانی حرارتی واحد، t معرف زمان توقف واحد بر حسب ساعت و C_t معرف میزان انرژی حرارتی مورد نیاز جهت نگه داری واحد در درجه حرارت کار در روش راه اندازی گرم بر حسب میلیونBtu بر ساعت می باشند.



مقایسه هزینه های راه اندازی سرد و گرم

شرایط بهره برداری:

تجهیزات یک نیروگاه بخار نظیر مولد بخار و یا توربین، تغییرات حرارتی کمی را می توانند تحمل کنند، لذا جهت جلوگیری از کاهش عمر این تجهیزات تا حد امکان می بایست نیروگاه بطور ثابت و با حداقل تعداد دفعات خاموش و روشن شدن مورد بهره برداری قرار گیرد. هزینه تولید برق در نیروگاههای بخار، در صورتیکه نیروگاه با ظرفیت کامل و بطور ثابت مورد بهره برداری قرار گیرد، بدلایلی نظیر هزینه سرمایه گذاری بالا جهت احداث، ارزان بودن نسبی سوخت مصرفی و هزینه بالا جهت راه اندازی نیروگاه، کمتر می باشد. با توجه به موارد فنی و اقتصادی قید شده در فوق، از نقطه نظر بهره برداری، این نیروگاهها مناسب برای پوشش بار پایه شبکه می باشند.

سازگاری با محیط زیست:

این نیروگاهها از عوامل اساسی آلودگی محیط زیست محسوب می گردند. لذا نصب تجهیزات زیست محیطی برای فیلتر نمودن آلاینده های خروجی از دودکش آنها، بخصوص در مواقعی که نیروگاه در نزدیکی مناطق شهری واقع شده است، کاملاً ضروری است. هزینه نصب تجهیزات زیست محیطی در حدود۳۰ درصد از هزینه کل احداث نیروگاه را شامل می شود.

چرخه های کاری نیروگاههای بخار

چرخه استاندارد در نیروگاههای بخار چرخه رانکین می باشد، این چرخه یک چرخه مایع-بخار به شمار می آید. در چرخه کاری یک نیروگاه بخار، شاره کار کن که از جنس آب مقطر است، در مواقعی بصورت مایع و در مواقعی دیگر بصورت بخار در پروسه کاری نیروگاه، ایفای نقش می نماید. در این نیروگاهها آب همیشه از طریق منطقه دو فازه (منطقه ای مخلوط از مایع و بخار) به بخار اشباع تبدیل می شود، تبدیل بخار به آب هم از طریق منطقه دو فازه صورت می پذیرد.

در ذیل برخی از ویژگیهای چرخه آب-بخار با توجه به دو نمودار فشار-حجم و درجه حرارت-انتروپی بیان می گردند.

- با افزایش فشار فرایند بخار شدن آب با افزایش حجم کمتری همراه می باشد. در نقطه بحرانی بخار شدن آب بدون افزایش حجم صورت می گیرد.
- با بخار نمودن آب در فشار ثابت و در بالای نقطه بحرانی، حالت دو فازه آب-بخار پیش نمی آید. در این حالت درجه حرارت و حجم ویژه آب بطور پیوسته افزایش می یابند.
- درجه جوش آب با افزایش فشار، افزایش می یابد.
- انرژی حرارتی برای بخار نمودن آب با افزایش فشار، کاهش می یابد.

چرخه اشباع رانکین

نیروگاههایی که بر اساس چرخه اشباع رانکین طراحی می شوند، دارای ظرفیت نامی نسبتاً پایینی می باشند. مولد بخار این نیروگاهها، کوچک و تنها شامل دو قسمت صرفه جو و بخارکن می گردد. در چرخه اشباع رانکین ،آب تغذیه پس از عبور از قسمت های صرفه جو و بخار کن، به بخار اشباع تبدیل می گردد و در همین حالت وارد توربین بخار می گردد.

از معایب این چرخه، علاوه بر محدود بودن ظرفیت نیروگاه، می توان به دو مورد ذیل اشاره نمود.

- بخار ورودی به توربین، با انتقال انرژی خود به توربین به تدریج حرارت خود را از دست می دهد و تا حدود زیادی مرطوب می گردد. بخار مرطوب با برخورد به پره های توربین،موجب خوردگی پره های (انتهایی) توربین می شود.
- بدلیل نزدیک بودن میزان دما در دو طرف تورین بخار، بازدهی چرخه کم می باشد.
- چرخه فوق گرم رانکین
- به منظور رفع معایب اشباع رانکین، نیروگاههای بخار در مسیر تکامل خود مجهز به مولدهای بخاری شامل سه قسمت صرفه جو، بخار کن و فوق گرمکن گردیده اند.

با اضافه شدن فوق گرمکن به مولد بخار، سیکل اشباع رانکین تا حدود نسبتا زیادی دستخوش تغییرات گردید. در این چرخه، تا تبدیل آب به بخار فوق گرم، به آب گرما داده می شود و بعد از آن در توربین از انرژی این بخار فوق گرم استفاده می گردد. استفاده از این چرخه باعث افزایش دمای بخار ورودی به توربین و در نتیجه افزایش بازدهی چرخه و نیز رفع نسبی محدودیت در ظرفیت نامی نیروگاه می شود، همچنین تا حدودی از میزان رطوبت در مسیرهای آخر توربین هم کاسته می شود.

چرخه رانکین تحت تاثیر باز گرمایش بخار

در چرخه اشباع یا فوق گرم رانکین بخار خروجی از توربین در منطقه دو فازه قرار می گیرد و در واقع مرطوب می باشد. میزان این رطوبت به منظور حمایت از توربینها نباید بیش از ٪ ۱۰ باشد، بدلیل آنکه قطرات آب بخار سرعت زیاد خود به توربین خسارت می رسانند. برای رفع این نقیصه و نیز افزایش بازدهی و ظرفیت نیروگاههای بخاری از باز گرمایش بخار استفاده می گردد. در این چرخه بخار خروجی از توربین فشار بالا قبل از آنکه به منطقه دو فازه وارد گردد، به مولد بخار باز می گردد و در قسمت بازگرمکن دوباره به آن گرما اعمال می گردد،

این عمل را عمل باز گرمایش بخار می نامند. بعد از عمل بازگرمایش، بخار وارد قسمت فشار میانی و فشار ضعیف توربین می شود و در آنجا انبساط می یابد.

در نیروگاههای نوین بخار، از چرخه فوق گرمایش در حداقل یک مرحله و در برخی موارد از دو مرحله استفاده می شود، لیکن بکار گیری بیش از دو مرحله ،منجر به پیچیدگی چرخه می شود و هزینه های سرمایه گذاری را آنچنان افزایش می دهد، که حتی بهبود بازدهی نیز چنین افزایشی را توجیه نمی نماید. میزان گرمای مبادله شده و نیز میزان انرژی مکانیکی حاصل شده در چرخه با مشاهده سطوح زیر منحنی ها قابل شناسایی می باشند.

تجهیزات نیروگاههای بخاری

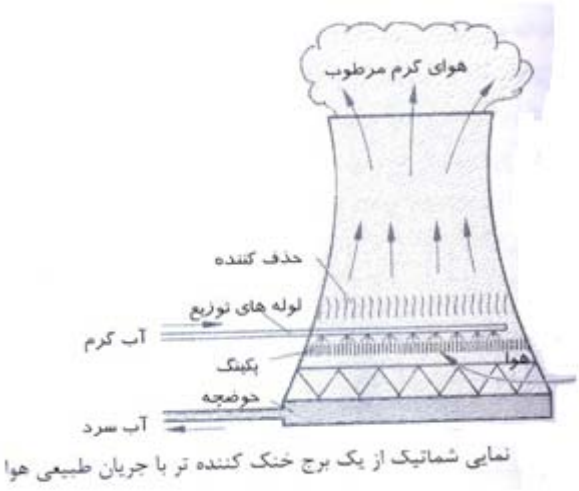
در این بخش بطور اجمال، ساختار و عملکرد برخی از تجهیزات اصلی نیروگاههای بخار مورد بررسی قرار می گیرند

برج خنک کننده

در سیستم های خنک کننده بسته و یا نیمه بسته، جهت خنک نمودن آب خروجی از چگالنده نیاز به برجهای خنک کننده می باشد. برجهای خنک کننده به دو نوع تر و خشک تقسیم می گردند.

برج خنک کننده تر:

برجهای خنک کننده تر دارای یک سیستم توزیع آب می باشند، که آب گرم را از قسمت بالای برج بطور یکنواخت بر روی شبکه ای متشکل از میله های افقی نزدیک به هم به نام پکینگ می افشاند، آب در نتیجه نیروی ثقل از یک پکینگ به روی پکینگ دیگر می ریزد و در مسیر خود با هوای ورودی به برج مخلوط می شود. هوا از طریق دریچه های هوا که به شکل مجاری کوچکی در جوانب پایینی برج قرار دارند، وارد برج می شود. اختلاط کامل آب و هوا باعث تشدید عمل تبخیر می گردد و این امر موجب خنک شدن آب می شود.



نمایی شماتیک از یک برج خنک کننده تر با جریان طبیعی هوا

آب سرد در یک حوضچه بتونی در ته برج جمع می شود و از آنجا توسط پمپ به چگالنده باز می گردد. با نصب حذف کننده هایی در بالای لوله های توزیع آب، تا حدود بسیاری از خروج آب به همراه هوا و در نتیجه اتلاف آن جلوگیری می گردد. این نوع برجها بر محیط اطراف خود تاثیر زیادی می گذارندو به عنوان مثال باعث افزایش بارندگی و تغییر آب و هوا می گردند. برجهای خنک کن تر به دو نوع برج با جریان مکانیکی هوا و برج با جریان طبیعی هوا تقسیم می شوند. در برجهای با جریان مکانیکی هوا، جریان هوا به کمک یک یا چند دمنده(مکنده) تامین می شود. این نوع برج خود به دو نوع اجباری و مکشی تقسیم می گردد. در نوع اجباری دمنده ها در قسمت پایین برج قرار می گیرند و هوا را وارد برج می نمایند و در نوع مکشی هوا از طریق دریچه های تعبیه شده در جوانب برج با سرعت کم وارد برج می شود و از پکینگها می گذرد. مکنده ها در بالای برج قرار دارند و از آنجا هوای گرم و مرطوب را به جو تخلیه می نمایند.

دمنده ها(مکنده ها) معمولاً بزرگ و دارای چندین پره هستند، قطر پره ها به حدود ۱۰متر نیز میرسد. از محاسن برجهای با جریان مکانیکی هوا می توان از اطمینان جابجایی مقدار هوای مورد نیاز،تحت بارها و شرایط اقلیمی متفاوت و نیز هزینه کم سرمایه گذاری احداث و نیز نمای فیزیکی کوتاه آن در مقایسه با برجهای با

جریان طبیعی هوا نام برد. از معایب آن نیز می توان از مصرف زیاد انرژی توسط دمنده ها و نیز هزینه های کارکری و تعمیراتی و سر وصدای زیاد نام برد. در برجهای با جریان طبیعی هوا به وجود دمنده ها نیازی نیست، بلکه هوا با توجه به فشار محرک طبیعی ناشی از اختلاف چگالی هوای سرد بیرون برج و هوای گرم مرطوب داخل برج جریان می یابد. این اختلاف فشار متناسب با ارتفاع برج از پکینگ می باشد، لذا می بایست این ارتفاع به اندازه کافی بزرگ باشد، تا فشار محرک مورد نیاز بدست آید. بدین جهت ،این نوع برجها بسیار بلند می باشند و ارتفاع آنها تا چند ده متر می رسد. بدنه این نوع برجها واقع در بالای سیستم توزیع آب به صورت پوسته تو خالی با مقطع دایره ای است، ولی نمای عمودی آن به شکل هذلولی است.

نمایی از برجهای خنک کن با جریان طبیعی هوا

برج خنک کننده خشک:

در برج خنک کننده خشک، آب گرم ورودی به برج از داخل یک سری لوله هایی می گذرد که از روی آنها هوای خنک عبور می کند. بدین ترتیب گرمای آب به هوای خنک کن انتقال می یابد و خود سرد می شود.

این برجها با توجه به محدودیتهای روزافزونی که مقررات زیست محیطی بر آلودگیهای ناشی از سیستم های یکبار گذر و برجهای خنک کن تر اعمال می کنند،در آینده اهمیت بیشتری می یابند. در ذیل برخی از ویژگیهای این برجها تشریح می گردند.

- برج خنک کننده خشک، می تواند از نوع جریان طبیعی یا مکانیکی باشد.
- با استفاده از این برجها می توان محل نیروگاه را بدون توجه به وجود منابع بزرگ آب انتخاب نمود، زیرا به دلیل عدم تبخیر،تلف آب در آنها صورت نمی گیرد و بنابراین نیازی به آب جبرانی نمی باشد. از این رو برای مناطق بی آب و یا کم آب مناسب می باشند. بنابراین می توان نیروگاه را در نزدیکی منابع غنی سوخت و یا در نزدیکی مراکز توزیع بار احداث نمود. همچنین می توان نیروگاه موجودی را که به دلیل عدم منابع آب کافی امکان توسعه ندارد، توسعه داد.
- هزینه نگه داری آن نسبت به برج کمتر است و مانند برج تر نیاز به تمیز کردن های متناب ندارد.
- کارایی برج خنک کن خشک از برج خنک کن تر کمتر می باشد.
- ارتفاع برج خنک کن خشک بالغ بر ۲/۵ تا ۳ برابر برج خنک کن تر می باشد.

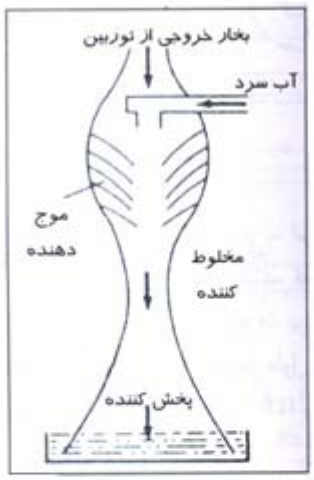
چگالنده

چگالنده در واقع یک مبدل حرارتی است، که در آن بخار خروجی از توربین به وسیله آب خنک کننده تقطیر می گردد. چگالنده به عنوان مخزنی که تحت فشار بسیار کم و حتی خلاء قرار دارد، موجب افزایش اختلاف فشار در دو طرف توربین می گردد و بدین ترتیب باعث افزایش بازدهی چرخه می شود. گازها و حبابهای هوایی که در بخار خروجی از توربین وجود دارند، در اثر فرایند تقطیر در چگالنده آزاد می شوند و با استفاده از سیستم های مکش هوا از آب جدا و به بیرون انتقال می یابند.

انواع چگالنده

الف) چگالنده پاششی:

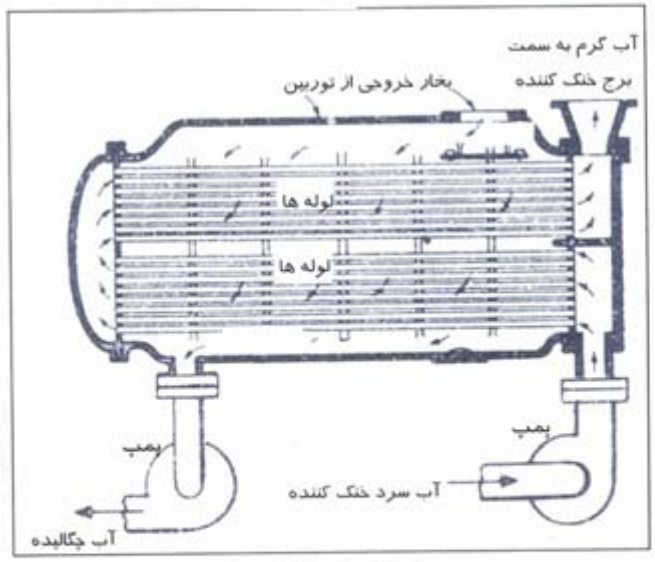
در این نوع چگالنده، آب سرد خنک کننده و بخار خروجی از توربین بطور مستقیم بر روی یکدیگر پاشیده می شوند.در نتیجه این تماس مستقیم، بخار حرارت خود را از دست می دهد و تقطیر می شود. بخاری که در چگالنده تبدیل به آب می شود، مجدداً وارد مولد بخار می گردد. با توجه به مخلوط شدن مستقیم آب خنک کننده و بخار خروجی از توربین، آب خنک کننده باید از نوع آب مقطر خالص باشد، که این امر موجب مصرف بسیار زیاد آب مقطر در نیروگاههای مجهز به این نوع چگالنده می گردد، که مناسب نمی باشد.



شکل شماتیک یک چگالنده پاششی

ب)چگالنده سطحی:

در این نوع چگالنده، انتقال حرارت بصورت غیر مستقیم صورت می پذیرد. این بدان معنا است که آب خنک کننده از درون لوله های متعدد موجود در چگالنده عبور می کند و بخار ورودی به چگالنده با برخورد به این لوله ها حرارت خود را از دست می دهد و تبدیل به مایع (آب مقطر) می شود.آب تقطیر شده در قسمت تحتانی چگالنده جمع می شود و سپس توسط پمپ تخلیه به سمت پیش گرمکن های فشار ضعیف هدایت می شود.



طرح کلی از چگالنده سطحی

توربین بخار

توربین، وسیله ای برای تبدیل انرژی حرارتی موجود در بخار به انرژی مکانیکی چرخشی، می باشد. توربین های بخار دارای محوری معمولاً استوانه ای شکل می باشند، که در محیط آنها در چند ردیف پره هایی مورب (پره های متحرک) واقع شده اند. مابین این پره ها، پره های ثابتی که به جداره خارجی توربین نصب گردیده اند، قرار دارند. با توجه به انبساط بخار در طول توربین و افزایش حجم آن، ارتفاع پره های متحرک در جهت محور افزایش می یابد.

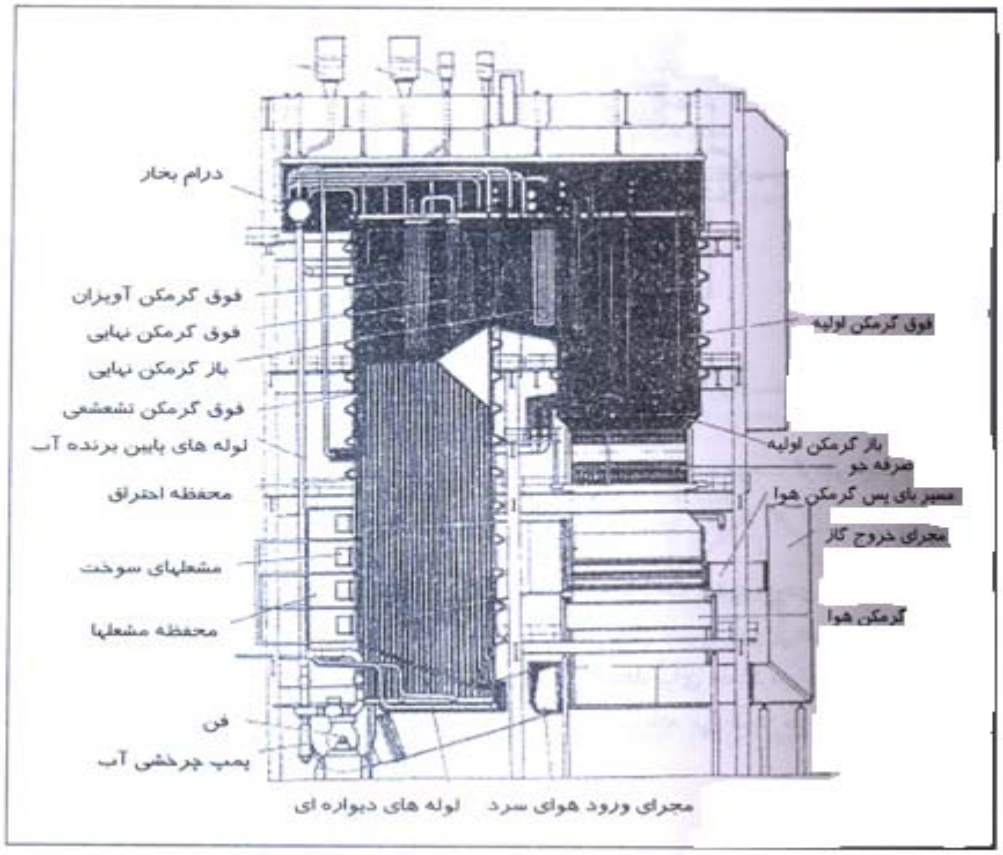
بخار خروجی از مولد بخار که بر اثر فشار بالای خود دارای انرژی پتانسیل زیادی می باشد، پس از عبور از یک شیپوره و انبساط در آن افزایش سرعت می یابد و وارد توربین می گردد. بخار با ورود به توربین با اولین ردیف پره های متحرک برخورد می نماید و با انتقال انرژی جنبشی خود، باعث چرخش این پره ها و در نتیجه محور توربین می شود، سپس در ادامه مسیر خود با پره های ثابت جداره خارجی برخورد می کند و با از دست دادن بخشی از انرژی پتانسیل خود (فشار بخار) بر انرژی جنبشی آن (سرعت بخار) افزوده می گردد. در ردیف پره های بعد نیز مجدداً سرعت تبدیل به انرژی مکانیکی برای انتقال به محور و فشار تبدیل به سرعت می گردد، تا آنکه در نهایت فشار بخار به اندازه فشار چگالنده می رسد و از توربین خارج می شود. روتور ژنراتور با محور

توربین متصل می باشد، لذا با چرخش محور توربین، در ژنراتور تولید برق می گردد.در نیروگاههای جدید و بزرگ معمولاً از توربین هایی که جهت جریان بخار در میان پره های آن به صورت جریان محوری است، استفاده می شود.در این نوع توربین ها جریان بخار به موازات محور روتور می باشد و در این مسیر، بخار منبسط می شود. توربین های بخار از نظر فشار بخار عملکرد به سه بخش فشار قوی (HP)، فشار متوسط (IP) و فشار ضعیف(LP) تقسیم می شوند.

با توجه به فشار بسیار کم بخار خروجی از توربینهای فشار میانی(ضعیف)، ساختار این نوع از توربین ها به صورت متقارن است و بخار از وسط آنها وارد و از ابتدا و انتهای آن خارج می شود. توربینها در سه ترکیب، توربین ها با بخش فشار قوی (HP)، توربین های با بخش فشار قوی و فشار ضعیف (LP,Hp) و توربین های با بخش فشار قوی، متوسط و ضعیف (LP,HP,IP) در نیروگاههای بخار مورد استفاده قرار می گیرند. در صورتیکه تنها از توربین با بخش فشار قوی در نیروگاه استفاده گردد، تمام بخار پس از عبور از توربین وارد چگالنده می شود. در صورتیکه ترکیبی از بخشهای فشار قوی و فشار ضعیف مورد استفاده قرار گیرد، بخار پس از عبور از هر دو بخش توربین، وارد چگالنده می گردد. در صورتیکه ترکیبی از بخشهای فشار قوی، متوسط و ضعیف، مورد استفاده قرار گیرد، مراحل انبساط بخار در سه بخش توربین صورت می پذیرد. در این نوع ترکیب، از باز گرمکنها در بین دو انبساط بخار در بخش فشار قوی و متوسط(ضعیف) استفاده می شود، تا بازدهی سیکل افزایش یابد.

مولد بخار و تجهیزات جانبی آن

یکی از مهم ترین اجزای یک نیروگاه بخار، مولد بخار می باشد، که در آن آب تغذیه با جذب حرارت،به بخار فوق گرم (و یا اشباع) تبدیل می گردد. تجهیزات اساسی موجود در مولد بخار، شامل تجهیزاتی نظیر محفظه احتراق ،صرفه جو،بخار کننده،فوق گرمکن، باز گرمکن و گرمکن هوا می باشد.مولدهای بخار از نظر چگونگی اعمال انرژی حرارتی به آب تغذیه، به دو نوع مولدهای بخار دارای درام (دیگ) و مولدهای بخار بدون درام(یکبار گذر) تقسیم می شوند.



مکان تجهیزات اساسی موجود در یک مولد بخار

الف) مولد بخار دارای درام:

در این نوع مولد بخار، آب تغذیه پس از عبور از لوله های صرفه جو، که در انتهای مسیر دود و گازهای داغ حاصل از احتراق نصب شده اند، وارد درام می شود. آب موجود در درام از طریق لوله هایی به پایین مولد بخار منتقل می گردد و با عبور از لوله های دیواره ای موسوم به اواپراتور(بخار کن) تبدیل به بخار می گردد و دوباره به سمت درام انتقال می یابد، این لوله ها در معرض مستقیم شعله های حاصل از احتراق در کوره ها واقع شده اند. در درام، قطرات آب از بخار خروجی اواپراتور جدا میشود و بخار اشباع به سمت لوله های فوق گرمکن هدایت می شود، تا در آنجا به بخار فوق گرم تبدیل شود. این نوع مولدهای بخار ، از نظر چرخش آب و بخار در اواپراتور به دو صورت چرخش طبیعی و اجباری طراحی و ساخته می شوند.

در مولدهای بخار درام دار با گردش اجباری، پمپ چرخش اجباری آب موجب گردش اجباری آب اشباع در لوله های اواپراتور میشود.

ب) مولد بخار بدون درام(یکبار گذر):

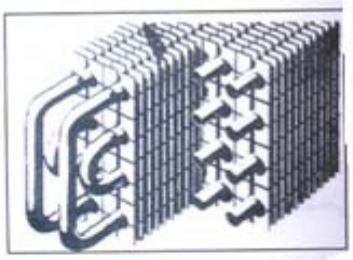
در این نوع مولد بخار، آب تغذیه ورودی به آن، با یک بار عبور از داخل لوله های اواپراتور به بخار اشباع تبدیل می شود. بخار اشباع پس از عبور از فوق گرمکن به صورت بخار فوق گرم در می آید. در برخی از این نوع مولدها، برای جدا کردن قطرات مایع موجود در بخار و خشک نمودن آن از تجهیزاتی موسوم به جداکننده استفاه می شود.

محفظه احتراق (کوره) و مشعل

محفظه احتراق فضایی است، که در داخل آن با استفاده از مشعلهای نصب شده، عمل احتراق سوخت با هوا صورت می پذیرد. تعداد مشعل های موجود در هر واحد بخاری، با توجه به قدرت آن واحد و دبی بخار تولیدی، تعیین می گردد. طریقه نصب مشعلها در کوره متفاوت می باشد، بطوریکه در بعضی نیروگاهها مشعل ها در یکطرف محفظه احتراق و در بعضی دیگر در هر چهار طرف محفظه احتراق نصب شده اند.

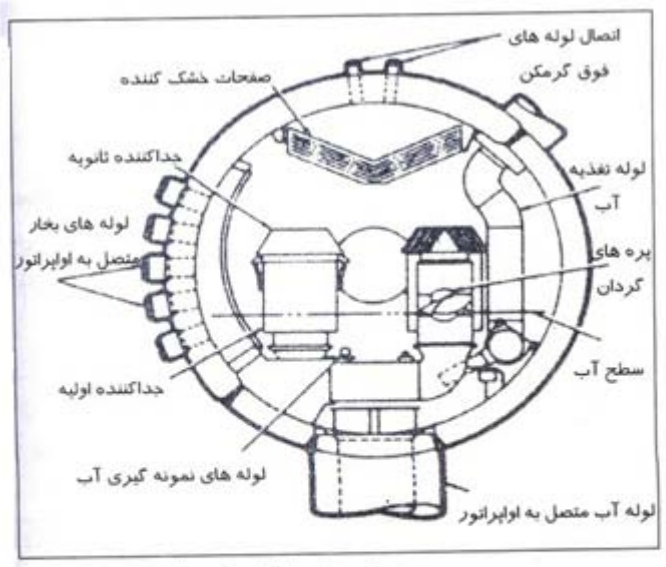
صرفه جو

صرفه جو از تعدادی لوله های سری و صفحات انتقال حرارت تشکیل می شود.



لوله های آب و صفحات انتقال حرارت صرفه جو

جایگاه صرفه جو پس از لوله های بازگرمکن و فوق گرمکن در انتهای مولد بخار واقع است، تا از گازهای گرم خارج شده از مولد بخار نهایت استفاده صورت گیرد. گازهای داغ کوره با برخورد به صفحات صرفه جو، حرارت خود را به آب داخل لوله ها منتقل می کنند.آب تغذیه در ابتدای ورود خود به مولد بخار از داخل این لوله ها عبور می کند و پس از گرم شدن ابتدایی وارد درام میشود. میزان افزایش درجه حرارت آب ورودی به صرفه جو بستگی به طراحی مولد بخار و حرارت موجود در گازهای خروجی از مواد بخار دارد.



قسمتهای داخلی یک درام

درام در مولد بخار دارای وظایف زیر می باشد:

الف)جداکردن قطرات اب از بخار:

آب و بخار ایجاد شده در لوله های اواپراتور وارد درام میشوند و در آن قطرات آب از بخار جدا میشوند. بخار اشباع از بالای درام به سمت فوق گرمکنها جاری می شود. اساس کار جداسازی در درام بدین صورت است که مخلوط آب و بخار، داخل جداکننده های سیکلون میشود و با حرکت چرخشی سیکلون و نیروی گریز از مرکزی که ایجاد میگردد، قطرات آب(به علت سنگینی) از بخار جدا میشوند. بخارهای خروجی از سیکلون، سپس با عبور

از صفحاتی لایه لایه(صفحات خشک کننده)، آخرین قطرات آب خود را از دست می دهند و به سمت فوق گرمکن هدایت می شوند.

ب) عمل نمودن به عنوان مخزن ذخیره آب:

با آب و بخار ذخیره شده در درام، می توان در شرایط بحرانی، نیازهای ضروری آب و بخار سیکل نیروگاهی را تامین نمود.

ج) کنترل مقدار آب تغذیه:

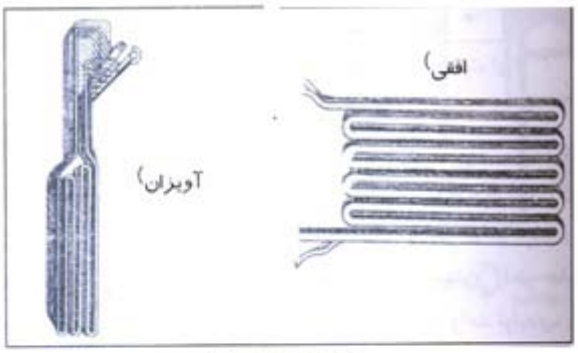
با استفاده از سطح آب درام میتوان مقدار آب تغذیه به سیکل را کنترل نمود.

لوله های دیواره ای محفظه احتراق(اواپراتور)

دیواره کوره مولدهای بخار،از تعدادی لوله های موازی نزدیک به هم که به لوله های اواپراتور موسوم هستند، پوشیده می شود. وظیفه این لوله ها، جذب حرارت حاصل از احتراق و انتقال آن به آب داخل خود هستند، پوشیده می شود. وظیفه این لوله ها، جذب حرارت حاصل از احتراق و انتقال آن به آب داخل خود جهت بخار نمودن آن و همچنین خنک نمودن دیواره و فضای اطراف کوره می باشد

فوق گرمکن

برای استفاده بیشتر از انرژی و حرارت بخار در نیروگاهها، بخار اشباع شده را مجددا توسط گازهای گرم کوره در وسیله ای بنام فوق گرمکن حرارت می دهند، تا بخار بصورت فوق گرم(خشک و داغ) تبدیل شود. فوق گرمکنها از مجموعه لوله هایی موازی تشکیل شده اند، که در تماس با حرارت گازهای کوره هستند و حرارت این گازها را به سیال بخار عبوری از درون خود منتقل می کنند، تا بخار عبوری از آن بصورت بخار فوق گرم با دمایی بسیار بالا درآید. فوق گرمکنها بطور عمده به دو نوع فوق گرمکنهای آویزان و فوق گرمکنهای افقی تقسیم می شوند.



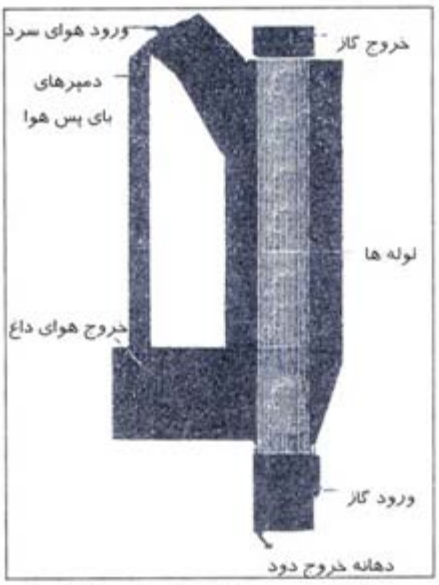
انواع فوق گرمکنها

باز گرمکن

در باز گرمکنها، درجه حرارت بخار خروجی از توربین فشار قوی را تا درجه حرارت اولیه بخار بالا می برند و سپس آن را به سمت توربین فشار متوسط هدایت می کنند. این عمل می تواند بین توربینهای فشار متوسط و ضعیف نیز صورت گیرد. وجود بازگرمکن در کلیه نیروگاههای بخاری الزامی نیست و معمولا در مولدهای بخار با ظرفیت پایین استفاده نمی شود، اما در مولدهای بخار با ظرفیت بالا، استفاده از آنها اجتناب ناپذیر میگردد، زیرا بازده سیکل را افزایش و مقدار رطوبت سیال خروجی از توربین را به مقدار قابل توجهی کاهش میدهد

گرمکن هوا

گرمکن هوا بعد از صرفه جو و در مسیر گازهای داغ حاصل از احتراق که در حال خارج شدن از مولد بخار هستند، واقع است. گرمکن هوا، قسمتی از حرارت باقیمانده در گازها را جذب کرده و به هوای مورد نیاز کوره منتقل میکند.



گرمکن های هوا از نوع برگرداننده (لوله ای)

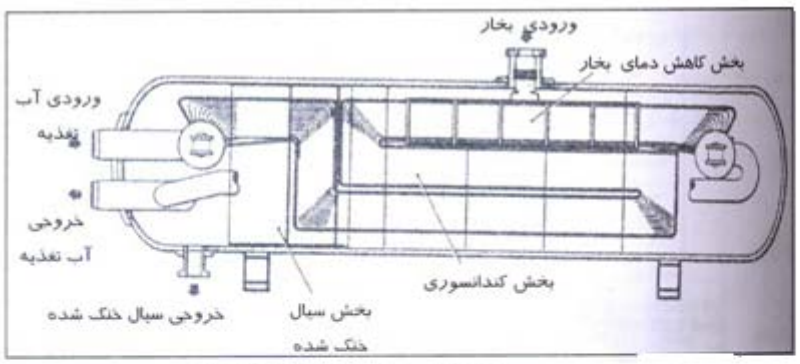
دودکش

آخرین قسمت در مسیر دود، دودکش است که گازهای خروجی از مولد بخار(دود) را به محیط بیرون هدایت می کند. ارتفاع دودکش بستگی به مقدار فشار گازهای موجود در مولد بخار و همچنین شرایط زیست محیطی دارد. هر چه میزان ارتفاع دودکش بیشتر باشد، نقش بهتری را در هدایت دود و در نتیجه کاهش آلودگی محیط ایفا می نماید. در برخی از نیروگاهها، بازای هر واحد تولیدی، یک دودکش نصب می گردد، لیکن چند واحد نیز می توانند از یک دودکش مشترک استفاده نمایند

پیش گرمکن آب تغذیه

به منظور افزایش بازدهی نیروگاههای بخار، آب تغذیه قبل از ورود به مولد بخار در تجهیزاتی موسوم به پیش گرمکن آب تغذیه ، توسط انرژی حرارتی بخارهای زیرکشی شده از توربین گرم می شود، تا به صورت مایع اشباع وارد مولد بخار شود. پیش گرمکنها از نوع مبدلهای حرارتی بسته محسوب می گردند و به دو نوع فشار قوی و فشار ضعیف تقسیم می شوند که نوع فشار ضعیف آن ،قبل از پمپ آب تغذیه و نوع فشار قوی آن،پس از پمپ آب تغذیه قرار می گیرد. تعداد پیش گرمکنهای آب تغذیه و تقسیم بندی فشار ضعیف و قوی آن، بستگی به

ظرفیت تولید نیروگاه و مشخصات ترمودینامیکی سیکل دارد. بعنوان مثال واحدهای نیروگاه شازند، دارای ۴پیش گرمکن فشار ضعیف و ۴پیش گرمکن فشار قوی می باشند.



پیش گرمکن آب تغذیه از نوع فشار قوی افقی

دی اریتور

آب تغذیه مولدهای بخار، باید عاری از نمکهای خورنده و گازهای محلول نظیردی اکسید کربن (CO_2) و بخصوص گاز اکسیژن (O2) باشد، تا باعث ایجاد خوردگی بر روی سطوح داخلی لوله های مولد بخار و درام نگردد. گاززدایی از آب تغذیه در نیروگاهها، به روش حرارتی و در وسیله ای به نام دی اریتور صورت می گیرد. روش حرارتی بر این اصل پایدار است، که حلالیت گازها در آب با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد، لذا اگر آب به مدت کافی در درجه حرارت جوش قرار گیرد،تمام گازهای محلول در آن از آب خارج و به اتمسفر می رود. در اریتور علاوه بر جداسازی گازهای ناخالص از آب، با پاشش مستقیم بخار زیرکش شده از توربین به آب دریافتی از پیش گرمکنهای فشار ضعیف، دمای آب سیکل را تا حدی مطلوب افزایش می دهد

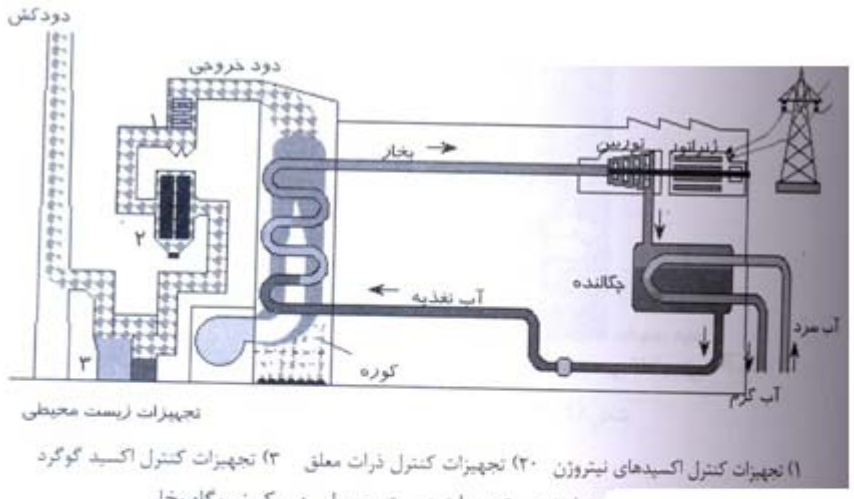
اتاق کنترل

مونیتورینگ و کنترل تجهیزات یک نیروگاه بخار، در مرکزی موسوم به اتاق کنترل ،که معمولاً درنزدیکی محل نصب ژنراتورها واقع است، صورت می گیرد. در این اتاق، تجهیزات مربوط به فرمان قطع و وصل کلیدها، سنکرون کردن و تنظیم بار و راه اندازی ژنراتورها و نیز وسایل اندازه گیری و حفاظتی بر روی تابلو و میزهای فرمان نصب شده اند. در اتاقهای کنترل امروزی، عملیات مونیتورینگ و اعمال فرمان از طریق رایانه ها نیز امکان

پذیر می باشد. در اتاق کنترل، اپراتور نیروگاه تمام قسمت های مهم و مختلف نیروگاه را زیر کنترل دارد و می تواند با نظارت بر دستگاه های اندازه گیری، لزوم قطع و وصل دستگاهها را پیش بینی کند و متناسب با وضعیت نیروگاه و منحنی کاری روزانه آن، در قطع و وصل کلیدها و راه اندازی یا از کار انداختن ژنراتورها، اقدامات لازم را به عمل آورد.

تجهیزات زیست محیطی

نیروگاههای بخار بدلیل مصرف سوختهای فسیلی، آلاینده هایی از قبیلCO,NOx,SO2 و ذرات معلق را وارد جو می کنند و بدین ترتیب باعث آسیب به سلامتی انسان و محیط زیست می گردند. با نصب تجهیزات زیست محیطی در یک نیروگاه بخار که در حدود۳۰درصد هزینه احداث چنین نیروگاهی را شامل می شود، می توان اقدام به فیلتر نمودن موثر این آلاینده ها و جلوگیری از ورود بی رویه آنها به محیط زیست نمود



محل نصب تجهیزات زیست محیطی در یک نیروگاه بخار

کنترل اکسیدهای نیتروژن

اکسیدهای نیتروژن معمولاً در اثر سوختن نیتروژن هوا در فرایند احتراق سوخت بوجود می آیند و در برخی مواقع این اکسیدها از ابتدا در سوخت مصرفی موجود می باشند و با احتراق سوخت آزاد می گردند. گاز طبیعی و سوختهای نفتی سبک درصدNox پایینی دارند، در حالیکه زغال سنگ و سوختهای نفتی سنگین دارای درصد زیادی از اکسیدهای نیتروژن هستند. تجهیزات مربوط به کنترل اکسید نیتروژن، بر اساس تبدیل کاتالیتیکی (SCR)، که در طی آن آلاینده بر اثر برخی واکنش های شیمیایی تبدیل به یک محصول دیگر می گردد، عمل می نمایند. در این روش برای احیای اکسیدهای نیتروژن از امونیاک استفاده می شود. در نزدیکی با کاتالیستها، اکسیدهای نیتروژن با امونیاک وارد واکنش می گردند و مطابق واکنشهای ذیل عناصری نظیر نیتروژن و بخار آب حاصل می گردند. عناصر حاصل در واکنش، از اجزای تشکیل دهنده هوا محسوب میگردند و می توانند وارد جو گردند.

$$NO2+NO+2NH3 \rightarrow 2N2+3H2O$$

$$4NO+4NH_3+O_2 \rightarrow 4N_2+6H_2O$$

$$2NO_2+4NH_3+O_2 \rightarrow 3N_2+6H_2O$$

کنترل ذرات معلق

ذرات معلق قابل کنترل ترین نوع آلودگی در نیروگاههای بخار محسوب می گردند. ذرات معلق تا قطر ۱۰۰میکرو متر را خاکستر معلق و ذرات با اندازه کوچکتر از۱ میکرومتر را غبار می نامند.برای کنترل ذرات معلق موجود در دود خروجی از مولد بخار، چندین روش وجود دارد، که از میان آنها دو روش گردروبهای الکتروستاتیک و فیلترها مناسب ترین گزینه های مورد استفاده در سیستم های نیروگاهی می باشند. گردروب

های الکترواستاتیک قابلیت زیادی در جذب ذرات کوچکتر و سبکتر دارند و فیلترها ذرات بزرگتر را بهتر جذب می کنند. با استفاده متوالی از این دو تجهیز می توان طیف وسیعی از ذرات معلق را بطور موثر جذب نمود.

فیلترها:

فیلترها از مواد متخلخل به شکل لوله های استوانه ای تو خالی و بلند ساخته می شوند و با توجه به ساختار خود، سطح عبوری بزرگی را در برابر جریان حجمی دود بوجود می آورند. از مزایای فیلترها می توان به بالا بودن بازدهی و هزینه کم سرمایه گذاری و از معایب آنها به افت فشار زیاد و مسدود شدن مسیر فیلتر اشاره نمود.

گردروب الکترواستاتیک: اجزای اصلی یک گردروب الکترواستاتیک را دو دسته الکترود تشکیل می دهند. دسته اول ردیفهایی از صفحات موازی عمودی و دسته دوم رشته سیمهایی می باشند که در مرکز هر جفت از صفحات موازی قرار گرفته اند. با اعمال یک ولتاژ فشار بالای مستقیم به الکترودها، یک میدان بسیار قوی در داخل گردروب ایجاد می شود، بطوریکه گاز خروجی از مولد بخار با عبور از میان گردروب یونیزه می شود. یون مثبت جذب کاتد (صفحه با ولتاژ منفی) می شود و الکترونها به سمت آندها حرکت می کنند. با دور شدن الکترونها از محدوده تخلیه کرونا(محدوده اطراف کاتد)، سرعت آنها کم می شود و جذب مولکولهای گاز می شوند و یونهای منفی تولید می کنند.این یونهای منفی ذرات خاکستر شناور در گاز را باردار می کنند و این خاکسترها به سمت صفحات آند حرکت می کنند و بر روی آنها رسوب می کنند و با جذب الکترون از صفحه منفی(کاتد)، خنثی می شوند. ذرات رسوب کرده بر روی آندها بطور مرتب بوسیله یک چکش مکانیکی تکانده می شوند و در مخزنی که در پایین گردروب تعبیه شده ریخته می شوند. گردروب های الکتروستاتیکی، علیرغم کارایی بسیار بالا و فیلتر نمودن نزدیک به ۱۰۰٪ ذرات معلق گاز، افت فشار بسیار کمی را در مسیر گاز خروجی بوجود می آورند.

کنترل اکسید گوگرد

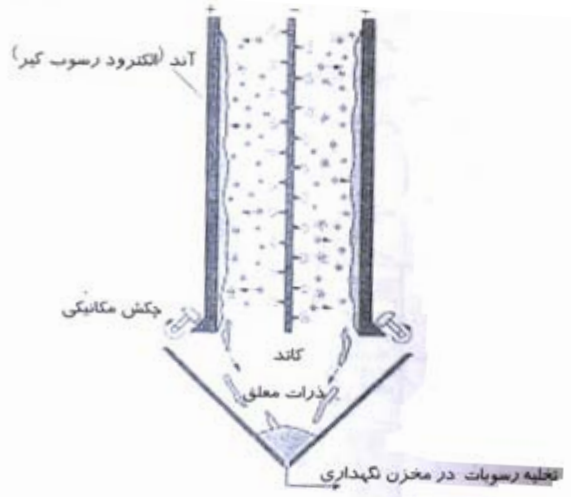
روشهای متعددی برای حذف SO_2 از گازهای احتراقی وجود دارد، که متداولترین و مناسب ترین آن در نیروگاههای بخار، روش شستشو به کمک آهک یا سنگ آهک می باشد. گوگردزدایی در این روش به کمک جذب SO_2 در یک محلول قلیایی مطابق واکنشهای ذیل صورت می پذیرد.

$$SO_2+H_2O \rightarrow SO^{2-}_3+2H^+$$

$$2OH^-+SO^{2-}_3 \rightarrow H_2O+SO^{2-}_4$$

$$Ca^{2+}+ SO^{2-}_4 \rightarrow CaSo_4$$

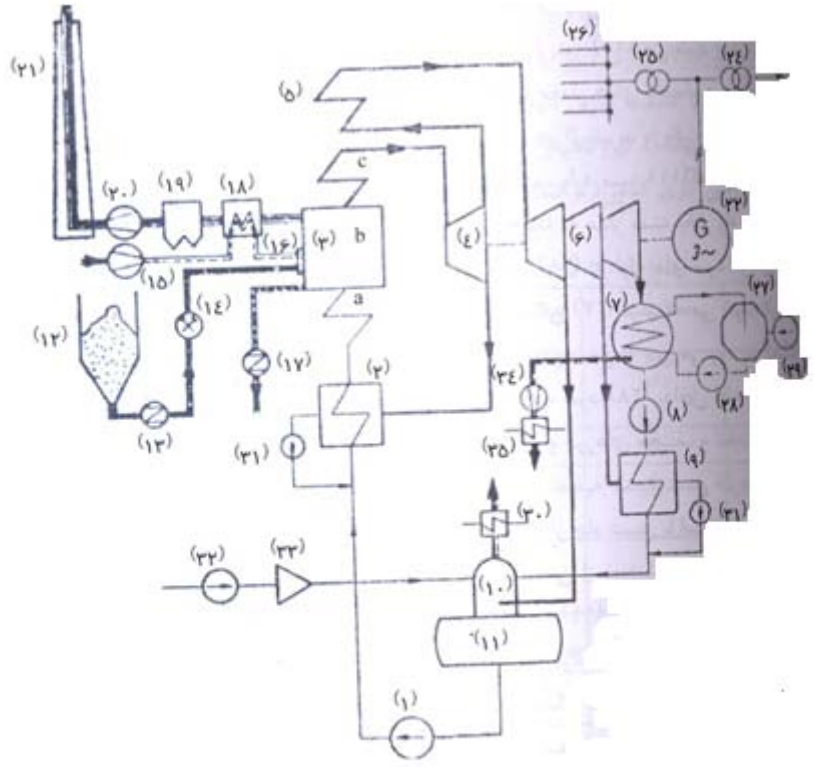
محصول نهایی گچ می باشد که می تواند در مصارف ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد . راندمان حذف SO_2در این روش بیشتر از ۹۰٪ می باشد. بطور کلی در واحدهایی که سوخت با گوگرد بالا(بیش از یک درصد گوگرد در سوخت) می سوزانند، شستشو به کمک آهک یا سنگ آهک اقتصادی است.



طرح یک گردروب الکترواستاتیک

مراحل کاری در یک نیروگاه بخاری با سوخت زغال سنگ

نمای شماتیک یک نیروگاه بخاری با سوخت زغال سنگ



مراحل کاری در یک نیروگاه بخاری با سوخت زغال سنگ

پمپ آب تغذیه (۱) آب مورد نیاز سیکل کاری نیروگاه را با فشار زیاد به داخل پیش گرمکن فشار قوی (۲) که توسط زیرکش بخار از قسمت فشار بالای توربین گرم میشود، میرساند. آب پیش گرم شده در قسمت صرفه جوی(a) مولد بخار(۳) پس از عبور از لوله هایی که در اثر حرارت دود و گاز مواد سوختی گرم شده است، وارد محوطه دیگ(b) که مستقیما با شعله مواد سوختنی در تماس است، شده و در آنجا تحت فشار و دمای ثابت تبدیل به بخار می شود. این بخار اشباع که از سطوح داغ دیگ (b) خارج می شود، در فوق گرمکن (c) تحت فشار ثابت مجددا حرارت می بیند و درجه حرارت آن افزایش می یابد. بخاری که از فوق گرمکن (c) خارج می شود وارد قسمت فشار بالای توربین(۴)، که از چند ردیف تشکیل شده است،می گردد و پس از عبور از ردیفهای مختلف، بجز ان قسمتی که زیرکش شده، مجدداً به مولد بخار قسمت بازگرمکن(۵)، برگشت داده می شود. در آنجا بخار مجددا گرم می شود و حرارت از دست رفته را باز می یابد و با فشار کم وارد قسمت های فشار متوسط و فشار کم توربین(۶) شده و پس از زیرکش شدن قسمتی از آن،بقیه وارد چگالنده (۷)شده و در آنجا تقطیر می گردد. هوا و گازهای داخل شده در چگالنده توسط پمپ تخلیه (۳۴) خارج می شود. برای بازیابی رطوبت اشباع شده از کولر(۳۵) که در پشت پمپ خلاء نصب شده است استفاده می شود. آب مقطر در چگالنده توسط پمپ چگالنده (۸) وارد پیش گرمکن فشار ضعیف(۹)، که با زیرکش بخار از ردیف فشار پایین توربین گرم می شود، می گردد و پس از گرم شدن وارد دی اریتور(۱۰) می شود و در آنجا با اضافه شدن بخار زیرکش شده از توربین، تقریباً به جوش می آید و مقدار هوای باقی مانده در آن خارج می شود. هوای مرطوب وارد کولر(۳۰)شده و در آنجا مقداری آب در اثر تبرید بازیافت می شود. آب مقطر بدون گاز با آبی که جبران کمبود و تلفات آب مقطر را می کند، وارد منبع(۱۱) که در حال جوشیدن است می شود و از این منبع توسط پمپ آب تغذیه (۱) مجدداً به مدار بسته بخار راه پیدا می کند. تقطیر در چگالنده (۷) توسط آب سردی که به کمک پمپ آب(۲۸) در لوله های سردکن چگالنده در جریان است انجام می گیرد.

آب گرم شده مجددا به برج خنک کن(۲۷) فرستاده می شود.در آنجا آب گرم در مجاورت با هوا خنک شده و قسمتی از آن که در اثر بخار شدن از بین می رود به کمک پمپ آب(۲۹) جبران میشود. آب سرد شده مجددا توسط پمپ آب سرد(۲۸) بداخل لوله های چگالنده هدایت می شود. تلفات آب و بخار ناشی از جذب نبودن لوله ها و درزهای مختلف و تلفات دستگاه دی اریتور و تصفیه آب مقطر از گازها و غیره توسط اضافه کردن آب تصفیه شده از منبع خارجی جبران می گردد. آب اضافی برای جبران تلفات آب و بخار توسط پمپ (۳۲) از چاه عمیق یا استخری که قبلاً از آب چاه عمیق پر شده است، گرفته می شود. آب چاه پس از گذشتن از تصفیه خانه (۳۳) تبدیل به آب سبک و کاملاً بدون املاح می گردد و سپس به آب داخل منبع(۱۱)اضافه می شود.

مواد سوختی از یک انبار به طور دائم به مخزن(۱۲)، که تقریباً گنجایش مصرف روزانه را دارد، منتقل می شود و از آنجا توسط دستگاه نقال (۱۳) وارد آسیاب(۱۴)می شود .زغال سنگ در آسیاب تبدیل به پودر می گردد و در آنجا به کوره (۱۶)وارد می شود. هوای تازه جهت سوخت توسط فن(۱۵) از خارج مکیده می شود و پس از گرم شدن در گرمکن هوا(۱۸)بداخل کوره دمیده می شود. در اثر فشار هوا، پودر زغال سنگ در داخل کوره پاشیده می شود و در همین حال می سوزد و خاکستر آن توسط دستگاه نقال (۱۷) تخلیه می شود. گازی که در اثر سوختن زغال سنگ و هوا بوجود می آید(گاز سوخته)، در مولد بخار به ترتیب از گرمکن های ۳^{b} (دیگ)و ۳^{c}(فوق گرمکن) و ۵(باز گرمکن) و۳^{a}(صرفه جو) می گذرد و سپس وارد منبع پیش گرمکن هوا (۱۸) می شود و بدین ترتیب تا آنجا که ممکن است، حرارت دود بازیافت می شود. دود سپس با عبور از تجهیزات زیست محیطی (۱۹) و فیلتر شدن مواد آلاینده آن،توسط دمنده(۲۰) بداخل دودکش (۲۱) دمیده می شود و از آنجا به هوای آزاد راه می یابد. ژنراتور (۲۲)مستقیما به توربین بخار وصل است و انرژی الکتریکی تولید شده، توسط ترانسفورماتور(۲۴) با ولتاژ بالا به شبکه انتقال می یابد، در ضمن قسمتی از انرژی الکتریکی ژنراتور برای تامین مصرف داخلی نیروگاه توسط ترانسفور ماتور(۲۵) گرفته می شود.

نیروگاههای توربین گازی

بر اساس آمار سال ۱۳۸۰ وزارت نیرو، با احتساب ظرفیت بخشهای گازی نیروگاههای سیکل ترکیبی که در سال۱۳۸۰ تنها قسمت گازی آنها فعال بوده است، در حدود ۲۵ درصد ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور، مربوط به نیروگاههای توربین گازی می باشد.

جدول مشخصات برخی از نیروگاههای توربین گازی کشور

نام نیروگاه	محل نصب	تعداد واحدها	ظرفیت نامی هر واحد{MW}			ظرفیت کل{MW}
ری	ری	۴۰	۱۳×۳۲		۳×۸۵	۱۲۴۳/۴
			۶×۲۴		۱۸×۲۳/۸	
شهید سلیمی	نکا	۲	۱۳۷/۵			۲۷۵
شیراز	شیراز	۸	۱×۶۰/۵		۲×۲۵/۶	۱۹۶
			۱×۲۸/۶	۱×۱۰/۷	۳×۱۵	
زرگان	اهواز	۵	۳۲			۱۶۰
بوشهر	بوشهر	۶	۲۵			۱۵۰
کنارگ(چابهار)	چابهار	۶	۲۳/۷			۱۴۲/۲
شیروان	شیروان	۶	۲۳/۷			۱۴۲/۲
شریعتی	مشهد	۶	۲۳/۷			۱۴۲/۲
مشهد	مشهد	۵	۲×۱۸/۵		۳×۲۹	۱۲۵
زاهدان	زاهدان	۵	۱×۳۰		۴×۲۳/۷	۱۲۴/۸

نام نیروگاه	محل نصب	تعداد واحدها	ظرفیت نامی هر واحد{MW}			ظرفیت کل{MW}
یزد	یزد	۲	۶۰			۱۲۰
شهید بهشتی	لوشان	۲	۶۰			۱۲۰
کنگان	کنگان	۵	۱×۱۸/۵	۳×۲۵	۲×۲۳	۱۱۴/۵
کیش	کیش	۳	۳۳/۳			۱۰۰
هسا	شاهین شهر	۳	۳۲			۹۶
صوفیان	تبریز	۴	۲۴			۹۶
شهید زنبق	یزد	۴	۲۳/۷			۹۴/۸
قاین	قاین	۳	۲۳/۷			۷۱/۱
تبریز	تبریز	۲	۳۰			۶۰
دورود(باختر)	دورود	۲	۳۰			۶۰
ارومیه	ارومیه	۲	۳۰			۶۰
سمنان	سمنان	۱	۱۲/۵			۱۲/۵
عسلویه	عسلویه	۶	۶×۱/۴			۸/۴

نیروگاههای توربین گازی از سه قسمت اصلی به نامهای کمپرسور، اتاق احتراق و توربین تشکیل شده اند. توربین و کمپرسور دارای چرخ استوانه ای شکلی می باشند، که در محیط انها در چند ردیف پره های مورب کار گذاشته اند. مابین این پره ها، پره های ساکنی که به جدار خارجی آنها نصب گردیده اند، قرار دارند. در پره های متحرک کمپرسور، مرتبا به ذرات هوای ورودی به آن سرعت داده می شود و در پره های ساکن آن، سرعت ایجاد شده تبدیل به فشار می گردد. در صورت وجود تعداد کافی ردیف پره های ساکن و متحرک، فشار سیال خروجی از کمپرسور را می توان تا چند ده برابر فشار ورودی افزایش داد. کمپرسور توسط محوری به توربین متصل می باشد و در هنگام فعالیت و بهره برداری از نیروگاه، توان مصرفی آن توسط توربین تامین می گردد.در هنگام راه اندازی نیروگاه ، تجهیزات جداگانه ای برای راه اندازی کمپرسور نیاز می باشد. جهت این امر معمولا از ماشینهای سنکرون به عنوان موتور که از شبکه و با وساطت مبدلهایی(فرکانسهای متغیر) تغذیه می شوند، استفاده می گردد. هوای فشرده پس از خروج از کمپرسور وارد اتاق احتراق می گردد و در آنجا با سوخت ترکیب می گردد و در اثر سوختن با مواد سوختی، درجه حرارت آن بالا می رود و پس از آن به سمت توربین هدایت می گردد.گاز سوخته داغ و متراکم با عبور از میان پره های ساکن توربین، کسب سرعت می نماید و با برخورد به اولین ردیف پره های متحرک، آنها را به گردش درآورد و در نتیجه از انرژی جنبشی آن کاسته می گردد. در ردیف پره های بعد نیز مجددا فشار تبدیل به سرعت و سرعت تبدیل به انرژی مکانیکی می گردد و به چرخ انتقال می یابد، تا آنکه در نهایت فشار آن به اندازه فشار جو میرسد و انبساط یافته و به خارج منتقل می گردد. روتور ژنراتور با محور توربین متصل می باشد، لذا با چرخش محور توربین، در ژنراتور تولید برق می گردد. اساس کار توربین گازی بسیار شبیه توربین بخار است، تنها دو تفاوت عمده بین آنها وجود دارد که عبارتند از:

- دمای گاز ورودی(شاره کارکن) به توربین نیروگاه گازی در حدود 1200C می باشد، که بسیار بیشتر از دمای بخار فوق گرم ورودی به توربین نیروگاه بخاری است، لذا پره های توربین گازی باید نسبت به پره های توربین بخار دارای تحمل بیشتری در برابر دماهای بالا باشند.

- در گازهای احتراق ورودی به توربین گازی، عناصر زائدی از قبیل گوگرد، فسفر، سدیم، وانادیم و ... وجود دارد، که باعث خوردگی شیمیایی و مکانیکی سطح پره های توربین می شود، این عناصر در سوخت تزریق شده به اتاق احتراق موجود می باشند. لذا استقامت پره های توربین گازی در مقابل خوردگی باید بسیار بیشتر از پره های توربین بخاری باشد

مشخصات کلی نیروگاههای توربین گازی

نیروگاههای توربین گازی در مقایسه با نیروگاههای بخار دارای هزینه احداث کمی می باشند، لیکن بدلیل الزام به مصرف سوختهای با کیفیت، هزینه ویژه سوخت مصرفی آنها بالاتر از نیروگاههای بخار است. برای تولید انرژی حرارتی در نیروگاههای توربین گازی، معمولاً از سوختهای گازوییل و گاز طبیعی استفاده می گردد. این نیروگاهها با توجه به ویژگیهای فنی و اقصادی خود برای پوشش بار پیک و نیز زمانهایی که نیاز فوری به توان نیروگاهی می باشد، مناسب می باشند. در ذیل برخی از ویژگیهای این نیروگاهها آورده شده اند.

- ساختار ساده و زمان ساخت کوتاه
- هزینه سرمایه گذاری کمتر نسبت به نیروگاههای بخار برای هر واحد توان
- ابعاد نسبتا کوچکتر نسبت به نیروگاههای بخار و در نتیجه نیاز به مکان کمتر برای احداث
- سرعت سریع راه اندازی
- بهره برداری آسان و حتی امکان کنترل از راه دور
- عدم نیاز به آب خنک کننده(به استثنای برخی از انواع این نیروگاهها)
- قابلیت اطمینان بالا
- سرعت زیاد در تغییر توان
- سازگاری بشتر با محیط زیست
- هزینه بالای سوخت مصرفی

انواع نیروگاههای توربین گازی

نیروگاههای توربین گازی به طور کلی به دو نوع مدار باز و مدار بسته تقسیم می شوند. پروسه کاری در این نیروگاهها، صرفنظر از نوع آنها، با توجه به آنکه شاره کار کن در تمام مراحل کاری در حالت گاز می باشد، یک پروسه هموژن محسوب می گردد. بدین لحاظ فرایندهایی که در این نیروگاه به وقوع می پیوندند، توسط چرخه برایتون به خوبی قابل بیان می باشند

نیروگاه توربین گازی مدار باز

نیروگاههای توربین گازی مدار باز با توجه به ساختارهای متنوع خود، به انواع مختلف نظیر مدار باز ساده، مدار باز با بازیافت حرارتی، مدار باز با مدار متوالی و مدار باز هوا-ذخیره ای تقسیم می گردند. این نیروگاهها صرفنظر از ساختارهای مختلف خود، در فرایندهای ذیل مشترک می باشند.

- مکش هوا و متراکم کردن آن در کمپرسور
- احتراق با سوخت مایع و یا گاز در اتاق احتراق
- انبساط هوای سوخته در توربین
- انتقال هوای سوخته انبساط یافته به جو

نیروگاه توربین گازی مدار باز ساده

این نیروگاهها دارای بازدهی نسبتا پایین(در حدود ٪۲۸) می باشند و با توجه به ساختار اتاق احتراق خود که در آن سوخت و شاره کارکن(هوای فشرده) در تماس مستقیم با یکدیگر هستند، ملزم به استفاده از سوختهای خوب و گران نظیر گاز و گازوییل می باشند.

نیروگاه توربین گازی مدار باز با بازیافت حرارتی

یکی از راهکارها جهت بهبود بازدهی نیروگاههای توربین گازی، بازیافت حرارت گاز خروجی از توربین می باشد، درجه حرارت گاز خروجی از توربین بالغ بر۵۰۰ درجه سانتیگراد می گردد.

نیروگاه توربین گازی مدار باز با مدار متوالی

یک راهکار دیگر برای بالا بردن بازدهی نیروگاههای توربین گازی، استفاده از تجهیزات متوالی در ساختار این نیروگاهها می باشد

بازدهی کل این نیروگاه در حدود۳۲٪ می باشد.

مقدار آبی که در این نیروگاه برای خنک کردن هوای متراکم بکار برده می باشد، تقریبا معادل یک سوم تا یک چهارم مقدار آبی است که در قدرت مساوی برابر سیستم چگالش در نیروگاه بخاری نیاز می باشد. در این نوع نیروگاه مقدار انرژی تلف شده از دو قسمت تشکیل می شود:

الف) حرارتی که توسط کولر به خارج از پروسه انتقال می یابد.

ب) حرارتی که گاز در موقع خروج از توربین با خود حمل می کند.

نیروگاه توربین گازی مدار باز-هوا ذخیره ای

در نیروگاههای توربین گازی مدار باز-هوا ذخیره ای، متراکم کردن و انبساط شاره کار کن(هوا) از نقطه نظر زمانی جدای از یکدیگر صورت می گیرد. در این نوع نیروگاه، کمپرسور توسط ژنراتور(بصورت موتور) و از طریق شبکه سراسری در اوقاتی از روز که میزان مصرف انرژی الکتریکی در شبکه کمتر از میزان تولید نیروگاههای بار پایه موجود در شبکه است، تغذیه می شود و اقدام به متراکم نمودن شاره کارکن نیروگاه (هوا) می نماید. هوا پس از تراکم در مخزن ذخیره هوا ذخیره می گردد. در هنگام پیک بار هوای فشرده از مخزن به سوی اتاق

احتراق جریان می یابد و محترق می شود و پس از آن در توربین انبساط پیدا می کند. در نهایت ژنراتور متصل به توربین، تولید انرژی الکتریکی می گردد. بعبارتی در این نوع نیروگاه بطور غیر مستقیم نوعی ذخیره انرژی الکتریکی صورت می پذیرد.

در هنگام کار توربینی (تولید انرژی الکتریکی)نیازی به وجود کمپرسور نمی باشد و توان کل توربین در اختیار ژنراتور قرار می گیرد، در حالیکه در نیروگاههای توربین گازی کلاسیک دو سوم توان توربین صرف تغذیه کمپرسور جهت متراکم کردن هوا می گردد. با مصرف انرژی الکتریکی توسط این نیروگاه در زمان غیر پیک، در واقع انرژی اضافی(انرژی ارزان) تولید شده توسط نیروگاه های بار پایه در شبکه به مصرف میرسد و بجای آن در ساعات پیک بار شبکه(انرژی گران)، انرژی الکتریکی تولید می گردد. این امر موجب تسطیح منحنی بار و در نتیجه افزایش ضریب بار در شبکه که از اهداف مدیریت بار می باشد، می گردد.

شرط مهم برای احداث این نوع نیروگاهها، امکان ساخت مخازن ذخیره هوا با ابعاد مناسب و مقاوم از نظر فشار و عبور هوا با قیمت مناسب میباشد. مشخصات مخزن ذخیره هوای یک نیروگاه توربین گازی-هوا ذخیره ای در شهر هامبورگ در ذیل آمده است.

- عمق در زمین: ۶۰۰-۸۰۰ متر
- ابعاد:۳۰ متر قطر و ۲۰۰متر ارتفاع

در برخی از طرحهای نیروگاههای هوا ذخیره ای از غارهای نمکی بزرگ بعنوان مخزن ذخیره هوا استفاده می شود. در این طرحها هزینه های طراحی و ساخت مخزن بزرگ وجود ندارد، زیرا که مخزن در شرایط طبیعی و بدون صرف هزینه در طبیعت وجود دارد.

نیروگاههای توربین گازی مدار بسته

فرایندهای ذیل بطور کلی در نیروگاههای توربین گازی مدار بسته صورت می پذیرند.

- متراکم کردن شاره کارکن در کمپرسور
- اعمال حرارت به شاره کارکن در گاز داغ کن(راکتور)
- انبساط شاره کارکن در توربین
- خنک کردن شاره کار کن در یک سیستم خنک کننده و انتقال آن به کمپرسور

در این نیروگاهها با توجه به ساختار گاز داغ کن، که در آن سوخت و شاره کارکن(که می تواند از جنس هوا، نیتروژن و یا هلیم باشد) در تماس مستقیم با یکدیگر نمی باشند، سوختهای مختلف گازی، مایع، جامد و حتی سوخت هسته ای قابل استفاده می باشند. از ویژگیهای این نیروگاه می توان به موارد ذیل اشاره نمود.

- نظر به اینکه توربین در یک مدار بسته با شاره کارکن کاملا تمیز کار می کند، امکان خورندگی و یا کثیف شدن برای آن وجود ندارد.
- فشار اولیه بر خلاف نیروگاههای توربین گازی مدار باز می تواند نابرابر با فشار جو باشد.
- ازدیاد فشار در توربین های مداربسته باعث کوچک شدن ابعاد دستگاه و کم شدن قیمت ماشین آلات متحرک آن می گردد.
- قیمت یک نیروگاه توربین گازی مدار بسته به دلیل وجود وسایل اضافی در آن، در حدود ۲/۵ برابر یک نیروگاه توربین گازی مدار باز ساده می باشد.
- از آنجایی که گاز داغ کن از نظر فنی معمولاً با مشکل مواجه می باشد، این نوع نیروگاهها کمتر مورد استفاده قرار گرفته اند. در سالیان اخیر نیروگاههای توربین گازی مدار بسته، که مجهز به راکتورهای

هسته ای با درجه حرارت بالا به عنوان گازداغ کن می باشند، در برخی از کشورها مورد استفاده قرار گرفته اند.

بازدهی این نیروگاهها نسبت به نیروگاههای گازی مدار باز ساده بیشتر و در حدود۳۰٪ می باشند

نیروگاههای سیکل ترکیبی

با توجه به بازدهی کم نیروگاههای توربین گازی، که به مقدار زیاد ناشی از تلفات انرژی حرارتی گاز خروجی از دودکش آنها می باشد، متخصصین صنعت تولید برق به این نتیجه رسیدند، که می توان با بازیافت حرارت دود خروجی از این نیروگاهها و تولید بخار جهت استفاده در یک نیروگاه بخار، اقدام به افزایش بازدهی این نیروگاهها نمود. بدین ترتیب نیروگاههای سیکل ترکیبی، به عنوان ترکیبی متشکل از نیروگاههای توربین گازی مدارباز و بخاری وارد بازار صنعت برق گردیدند. بازدهی این نوع نیروگاهها بالغ بر ۵۵ درصد می گردد، که در مقایسه با بازدهی نیروگاههای بخاری و یا نیروگاههای توربین گازی بسیار بالا می باشد. بر اساس آمار سال ۱۳۸۰ بیش از ۱۵درصد از ظرفیت کل نصب شده زیر نظر وزارت نیرو در کشور، بدون احتساب ظرفیت نیروگاههایی که تنها قسمت گازی آنها فعال بوده است، مربوط به نیروگاههای سیکل ترکیبی می باشد. در جدول مشخصات برخی از نیروگاههای سیکل ترکیبی کشور ذکر شده اند.

جدول مشخصات برخی از نیروگاههای سیکل ترکیبی کشور (در سال۱۳۷۸)

نام نیروگاه	محل نصب	ظرفیت واحدهای توربین گازی[MW]	ظرفیت واحدهای بخار[MW]	ظرفیت کل[MW]
گیلان	رشت	۶×۱۴۳/۸	۳×۱۵۰	۱۳۱۲/۸
منتظر قائم	کرج	۶×۱۱۶	۱×۱۰۷	۸۰۳
شهید رجایی	قزوین	۶×۱۲۳/۴	---	۷۴۰/۴
فارس	شیراز	۶×۱۲۳/۴	---	۷۴۰/۴
نیشابور	نیشابور	۶×۱۲۳/۴	---	۷۴۰/۴
قم	قم	۴×۱۲۸	۲×۱۰۲	۷۱۶
کازرون	کازرون	۲×۱۲۸	---	۲۵۶
خوی	خوی	۲×۱۲۳/۴	---	۲۴۶/۸
شریعتی	مشهد	۲×۱۲۳/۴	---	۲۴۶/۸

این نیروگاهها علاوه بر داشتن بازدهی و توان بالا، دارای مزایای دیگری از قبیل راه اندازی سریع قسمتی از ظرفیت تولیدی خود(قسمت توربین گازی) برای پوشش بارهای پیک و نیز مناسب بودن برای پوشش بارهای پایه می باشند. از جمله مشکلات و معایب این نوع نیروگاهها می توان به تفاوت طول عمر واحدهای بخار و گازی

اشاره نمود. نیروگاههای سیکل ترکیبی به طور قابل ملاحظه ای نسبت به دما و فشار محیط حساس می باشند و با گرم شدن هوا قدرت عملی آنها کاهش می یابد، بدین دلیل این نیروگاهها بخصوص در کشورهای سردسیر و در مناطقی که دارای پیک بار زمستانی هستند، مناسب می باشند.

انواع نیروگاههای سیکل ترکیبی

نیروگاههای سیکل ترکیبی بطور کلی به دو نوع با مشعل و بدون مشعل در قسمت واحد بخار خود تقسیم می گردند. در نوع بدون مشعل، بازیاب حرارتی فاقد مشعل می باشد و در آن بدون اضافه نمودن مواد سوختنی، تنها از حرارت گاز خروجی توربین گازی برای بخار نمودن شاره کارکن نیروگاه بخار استفاده می گردد. در نوع با مشعل، از گاز خروجی توربین گازی به عنوان هوای سوخت و یا پیش گرم کن هوای سوخت مورد نیاز واحد بخاری استفاده میگردد و بازیاب حرارتی دارای مشعل می باشد و در ان با اضافه نمودن مواد سوختنی، انرژی حرارتی تولید میگردد

نیروگاههای سیکل ترکیبی بدون مشعل

در نیروگاهها ی سیکل ترکیبی بدون مشعل ،حرارت دود خروجی از نیروگاههای توربین گازی مدار باز ،در یک بازیاب حرارتی به سیال آب،انتقال می یابد و با تولید بخار موجب چرخش یک توربین بخار برای تولید برق می شود. از آنجایی که دمای شاره کارکن ورودی به توربینهای گازی با قدرت زیاد، بسیار بالا و بالغ بر ۱۲۰۰درجه سانتی گراد و حرارت گاز خروجی از دودکش آن بالغ بر ۵۵۰درجه سانتی گراد و دمای شاره کارکن ورودی به توربین بخار،نسبتا پایین و در حدود ۶۰۰درجه سانتیگراد می باشد ،امکان انتقال حرارت از گازهای خروجی از توربین گازی به شاره کارکن سیکل بخاری و تولید انرژی الکتریکی در سیکل واحد بخار کاملاً امکان پذیر می باشد. کارکرد سیکل ترکیبی بر اساس استفاده از دو سیکل برایتون و رانکین است از آنجایی که در سیکل ترکیبی بدون مشعل ،تنها از حرارت گاز خروجی توربین گازی برای تولید بخار استفاده می گردد، قدرت تولیدی

توسط واحد بخاری کم و در حدود نصف قدرت تولید واحد توربین گازی می باشد. به منظور افزایش قدرت سیکل بخاری میتوان از گازهای خروجی چندین واحد گازی برای تولید بخار استفاده نمود.

این نوع نیروگاهها به دو صورت تک فشاره و دو فشاره، موجود می باشد، در نیروگاههای دوفشاره، بازیاب حرارتی دارای یک قسمت تولید بخار با فشار بالا و یک قسمت تولید بخار با فشار پایین می باشد. بخار تولید شده با فشار بالا از مجرای ورودی توربین وارد می شود،ولی بخار تولید شده با فشار کم از طبقات با فشار پایین تر وارد توربین می شود. از معایب نیروگاههای سیکل ترکیبی بدون مشعل میتوان به وابستگی تولید واحدهای بخاری آن به واحد های گازی،اشاره نمود.

نیروگاههای سیکل ترکیبی با مشعل

وجود اکسیژن در دود خروجی توربین گازی باعث شده است،که علاوه بر استفاده از انرژی حرارتی آن فکر ایجاد حرارت بیشتر بوسیله احتراق اکسیژن آن نیز، توسط متخصصین صنعت تولید برق مصرف شود. دراین نیروگاهها ،واحد توربین گازی به عنوان منبع تولید هوای احتراق عمل می نماید و هوای مورد نیاز مشعل های مولد بخار (بازیاب حرارتی) را تامین می کند. با تعبیه مشعل ها همراه با سوخت اضافی در مولد بخار، میتوان میزان؛ فشار و دمای فوق گرم بخار تولیدی و در نتیجه قدرت تولیدی واحدهای بخار را افزایش داد. در این نوع نیروگاهها، مولد بخار میتواند با هر سوختی حتی زغال سنگ عمل نماید ،در حالیکه در اتاق احتراق واحد توربین گازی می بایست سوخت با کیفیت نظیر گازوییل و یا گاز طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.این نوع نیروگاهها نیز هم به صورت تک فشاره و هم به صورت دو فشاره ،موجود می باشد.

بازدهی نیروگاههای سیکل ترکیبی

در نیروگاههای سیکل ترکیبی با مشعل، حرارت داده شده به کل سیکل کاری نیروگاه در دو قسمت، یکی در اتاق احتراق مربوط به واحد گازی توسط مشعل در بازیاب حرارتی واحد بخار، صورت می پذیرد. اگر مقدار این

دو حرارت را با q_1 وq_2 و بازدهی بخش گازی و بخاری را به ترتیب با η_{c1} و η_{c2}نشان دهیم، آنگاه بازدهی کل سیستم η_{co} به صورت زیر محاسبه می گردد.w_1 و w_2 به ترتیب معرف انرژی الکتریکی تولید شده در بخش گازی و بخش بخار می باشند.

$$\eta_{co} = \frac{w_1 + w_2}{q_1 + q_2} = \frac{\eta_{c1} * q_1 + [(q_1 - \eta_{c1} * q_1) + q_2] * \eta_{c2}}{q_1 + q_2}$$

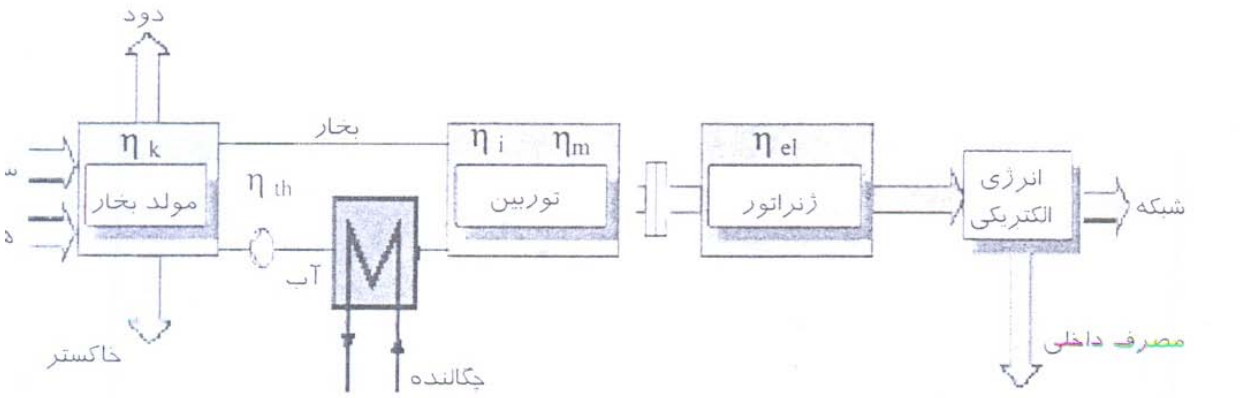
$$\eta_{co} = \frac{\eta_{c2} * (q_1 + q_2) + \eta_{c1} * q_1 (1 - \eta_{c2})}{q_1 + q_2} = \eta_{c2} + \frac{q_1 * \eta_{c1} (1 - \eta_{c2})}{q_1 + q_2}$$

در رابطه فوق() برابر مقدار حرارت گازهای خارج شده از توربین گازی (یا بازیافت شده در بازیاب حرارتی) می باشد. همانگونه که در رابطه مشخص است، با توجه به مثبت بودن جمله دوم سمت راست این رابطه، بازده نیروگاه سیکل ترکیبی η_{co} از بازده سیکل بخاری و همچنین با توجه به مطالب گذشته از بازدهی نیروگاههای توربین گازی بیشتر است. بازدهی کل در یک نیروگاه سیکل ترکیبی بدون مشعل، با در نظر گرفتن q2=O ، مطابق رابطه ذیل محاسبه می گردد.

$$\eta_{co} = \eta_{c2} + \eta_{c1} - (\eta_{c1} \bullet \eta_{c2})$$

بازدهی :

بازدهی: با توجه به آنکه تولید انرژی الکتریکی در نیروگاههای بخار در طی چند فرایند تبدیل انرژی صورت می پذیرد، لذا بازدهی کل این نیروگاهها بستگی به بازدهی هر یک از فرایندهای تبدیل انرژی دارد.در ذیل میزان بازدهی در قسمتهای مختلف نیروگاههای بخار و بازدهی کل آن آورده شده است.



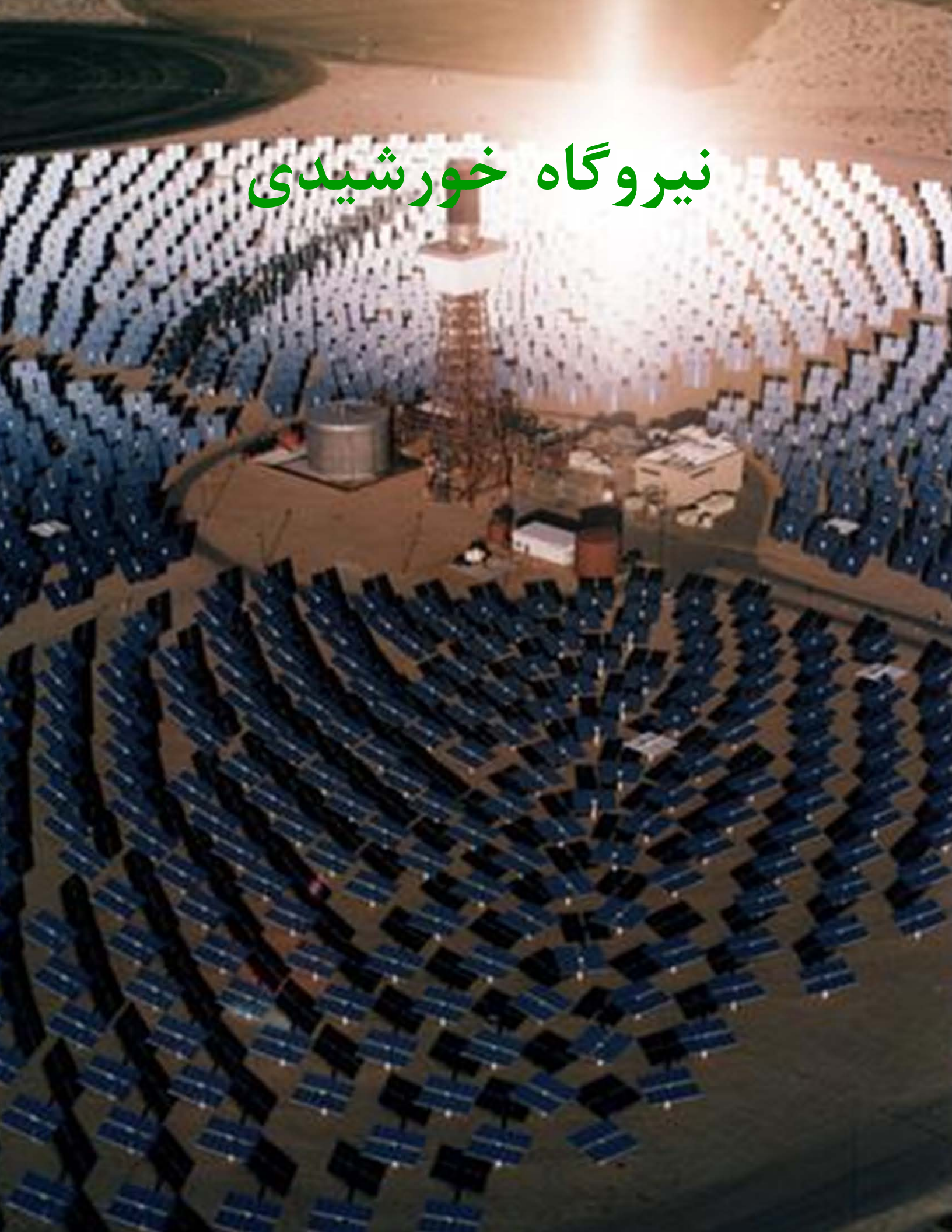
فرایند کلی تولید انرژی الکتریکی در نیروگاه بخار با توجه به بازدهی تک تک اجزای آن

- بازدهی مولد بخار(تشعشعات،دود،خاکستر داغ): $\eta_k = ۰/۷۵ \dots ۰/۹۳$
- بازدهی گرمایی چرخه: $\eta_{th} = ۰/۳۰ \dots ۰/۵۰$
- تلفات اصطکاک بخار(لوله ها،دریچه ها،توربین): $\mu_i = ۰/۹۰ \dots ۰/۹۵$
- تلفات مکانیکی(توربین و ژنراتور): $\eta_m = ۰/۸۵ \dots ۰/۸۸$
- تلفات الکتریکی در ژنراتور: $\eta_{el} = ۰/۹۲ \dots ۰/۹۸$
- مصرف داخلی[1] بدون تجهیزات زیست محیطی ε: $(۱ - \varepsilon) = ۰/۹۲ \dots ۰/۹۵$
- مصرف داخلی با تجهیزات زیست محیطی ε: $(۱ - \varepsilon) = ۰/۸۵ \dots ۰/۹۰$

بازده کلی نیروگاههای بخاری: $\eta = \eta_k \times \eta_{th} \times \mu_i \times \eta_m \times \eta_{el} \times (۱ - \varepsilon) = ۰/۳ \dots ۰/۴۵$

[1] در نیروگاههای بخار، پمپها و وسایل نقاله از جمله مصرف کنندگان بزرگ انرژی الکتریکی محسوب می گردند. علاوه بر آنها مقدار زیادی از انرژی تولیدی صرف تامین روشنایی نیروگاه می شود.

همانطور که ملاحظه می گردد، میزان بازدهی گرمایی چرخه در نیروگاههای بخار بسیار پائین می باشد، قسمت اعظم تلفات حرارتی در چگالنده صورت می پذیرد. در چگالنده بخار خروجی از توربین با از دست دادن حرارت خود تبدیل به آب مقطر می گردد، این امر موجب کاهش بازدهی کل نیروگاه بخار تا حد بسیار زیادی می شود. در صورتیکه با تمهیداتی از انرژی حرارتی نهفته در بخار خروجی توربین استفاده صنعتی شود و یا از آن برای گرمایش مناطق مسکونی استفاده گردد، می توان بازدهی حرارتی نیروگاه را به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش داد. بدین جهت در تمام مکانهایی که علاوه بر انرژی الکتریکی نیاز به مقدار زیادی انرژی حرارتی می باشد، از توربین بخاری استفاده می شود که بتوان پس از انجام کار الکتریکی، از حرارت باقیمانده نیز استفاده حرارتی نمود. به عنوان مثال می توان در این نیروگاهها، بخار را از توربین زیرکش نمود و توسط لوله هایی به سمت مصارف صنعتی و یا سیستمهای گرمایش منازل هدایت کرد. بخار پس از تحویل انرژی حرارتی خود، تقطیر شده و آب مقطر مجدداً به مولد بخار باز میگردد. بدین ترتیب، تا حدودی عمل چگالش به مشترکین گرمایشی واگذار می شود.


نیروگاه خورشیدی

مقدمه

خورشید کره ای به قطر تقریبی $۱/۳۹\times۱۰^{۶}$ کیلومتر می باشد، که در فاصله متوسط $۱/۴۹\times۱۰^{۸}$ کیلومتری زمین قرار گرفته است. این کره که عمدتا از هیدروژن تشکیل شده ،یک راکتور هسته ای طبیعی بسیار بزرگ میباشد، که روزانه حدود ۳۵۰میلیارد تن از جرمش بر اثر گداخت هسته ای به انرژی تبدیل می شود. بیرونی ترین لایه خورشید که از آن انرژی ساطع می گردد، دارای دمای ۵۷۶۲ کلوین می باشد در حالی که دمای قسمت های داخلی آن حدود ۸×۱۰^{۶} تا ۴۰×۱۰^{۶}کلوین تخمین زده می شود. میزان انرژی ساطع شده از خورشید حدود $۳/۸\times۱۰^{۲۳}$کیلووات است، که از این مقدار فقط یک بخش بسیار اندک آن معادل با $۱/۷\times۱۰^{۱۴}$ کیلووات به جو زمین می رسد. حدود ۳۴درصد از انرژی بر اثر انعکاس مستقیم به فضا بازمیگردد، حدود ۴۲درصد از آن پس از رسیدن به سطح زمین ،به طور مستقیم در دریاها و خشکی ها تبدیل به گرما و حدود ۲۴درصد آن صرف چرخه تبخیر و باران کره زمین و ایجاد بادها؛ جریانهای دریایی و امواج و پدیده فتوسنتز می شود.تابش خورشید منشا اغلب انرژی های موجود در زمین ،نظیر انرژی باد، انرژی نهفته در سوختهای فسیلی و غیره میباشد.تنها انرژی هسته ای، انرژی زمین گرمایی و انرژی جزر و مد از این قاعده مستثنی می باشد.

چگالی توان حاصل از تابش خورشید در خارج از جو زمین مطابق اندازه گیریهای انجام شده توسط ماهواره ها حدود ۱۳۵۳ وات بر متر مربع ،که میزان آن در هنگام گذشتن از اتمسفر زمین به دلایلی نظیر جذب تشعشع خورشید توسط گازها، بخارهای آب و ذرات معلق موجود در جو، در مقدار نسبتاً زیادی کاسته میشود. حداکثر چگالی توان حاصل از تابش خورشید در سطح زمین در حدود ۱۰۰۰ وات بر متر مربع می باشد.چگالی توان خورشیدی در سطح زمین به عواملی نظیر عرض جغرافیایی محل، ارتفاع محل از سطح دریا ،فصل و اوقات مختلف روز، ابری و یا غیر ابری بودن آسمان بستگی دارد و بسیار متغییر است.

مطابق مطالعات انجام یافته بیشترین چگالی تابش متوسط سالیانه در یک صفحه افقی در سطح زمین به حدود۳۰۰وات بر متر مربع میرسد . کشور ایران از لحاظ دریافت انرژی خورشیدی بسیار غنی است، متوسط

چگالی تابش سالیانه در قسمت مرکزی ایران ۲۵۰ وات بر متر مربع می باشد. میزان کل دریافت انرژی خورشیدی در کشور ایران با توجه به مساحت و متوسط تعداد ساعات آفتابی آن در سال، که بالغ بر ۲۸۰۰ساعت است، حدود $۱۰^{۱۶}$ مگاژول در سال یا معادل ۱۶۳۴ میلیارد بشکه نفت خام میباشد، که این مقدار ۲۵۰۰برابر تقاضای نهایی انرژی کل کشور در سال۱۳۷۸ میباشد.

درکشور ایران استان کرمان با متوسط سالیانه حدود ۲۰مگاژول بر متر مربع در روز و استان گیلان با متوسط حدود۱۳/۹ مگاژول بر متر مربع در روز بالاترین و پایین ترین میزان دریافت انرژی خورشیدی را دارا میباشند متوسط سالانه انرژی دریافتی برای کل کشور معادل ۱۷/۸ مگاژول بر متر مربع در روز است. بر اساس این آمار ،کشور ما دارای شرایط مناسب و پتانسیل بالایی برای بهره برداری از انرژی خورشیدی میباشد و لذا میتوان انرژی خورشیدی را بعنوان یک منبع تجدیدپذیر برای تامین انرژی مورد نیاز کشور مورد توجه قرار داد. به عنوان مقایسه در کشور آلمان متوسط چگالی تابش سالیانه در حدود ۱۱۰وات بر متر مربع و متوسط سالانه انرژی خورشید برابر ۲/۶ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز می باشد.

جدول متوسط سالانه انرژی خورشیدی به صفحه شیب دار و رو به جنوب در نقاط مختلف کشور را نمایش می دهد.

جدول متوسط سالانه انرژی خورشیدی به صفحه شیب دار و رو به جنوب در نقاط مختلف کشور

شهر	کیلووات ساعت بر مترمربع در روز	مگاژول بر مترمربع در روز	شهر	کیلووات ساعت بر مترمربع در روز	مگاژول بر مترمربع در روز
انزلی	۴/۰	۱۴/۵	سمنان	۵/۴	۱۹/
رشت	۳/۸	۱۳/۷	اصفهان	۵/۷	۲۰/۶
تبریز	۵	۱۸/۱	یزد	۵/۶	۲۰/۱
ارومیه	۵	۱۷/۹	اهواز	۵/۴	۱۹/۳
تهران	۵/۴	۱۹/۳	آبادان	۵/۵	۱۹/۷
همدان	۵/۱	۱۸/۳	کرمان	۵/۶	۲۰/۲
کرمانشاه	۵/۲	۱۸/۷	شیراز	۵/۹	۲۱/۱
کاشان	۴/۹	۱۷/۶	بندرعباس	۵/۸	۲۰/۷
خرم آباد	۴/۳	۱۹/۲	بوشهر	۵/۸	۲۰/۸
مشهد	۵/۲	۱۸/۸			

کاربردهای انرژی خورشیدی

از آنجاییکه انرژی خورشیدی جزء پیوسته ای از زندگی موجودات بر روی کره زمین می باشد بشر از دیر باز سعی کرده است، از این منبع عظیم انرژی به نحوی برای اهداف مورد نظر خود استفاده نماید. تاریخ استفاده از انرژی خورشیدی به سال ۲۱۲ قبل از میلاد می رسد، در آن زمان ارشمیدس با استفاده از انعکاس و تمرکز نور خورشید بر سطح کشتی های رومی، آنها را به آتش کشید. در سال ۱۷۲۴در فرانسه یک دستگاه متمرکز کننده نور خورشید ساخته شد، که قادر به حرکت در دو بعد مختلف بود. در سال ۱۷۷۲ نخستین کوره خورشیدی با توان ایجاد درجه حرارتی معادل ۱۸۰۰درجه سانتی گراد ساخته شد. بعد از جنگ جهانی دوم آرتور کلارک موتورهای خورشیدی برای ماهواره ها را ارائه داد. در سال ۱۹۸۰اولین نیروگاه بزرگ حرارتی-خورشیدی ساخته شد. در کشور ایران نیز مطالعات بسیاری در زمینه استفاده از انرژی خورشیدی برای کاربردهای مختلف صورت گرفته است.

جدول زیر مشخصات برخی از این مطالعات را نشان می دهد.

جدول مشخصات مطالعات انجام شده در زمینه انرژی خورشیدی در کشور ایران

نام پروژه	سال شروع	سال خاتمه	سازمان مربوطه
بررسی فنی و اقتصادی سیستمهای گرمایش خورشیدی(مسکونی)	۱۳۷۴	۱۳۷۵	وزارت نیرو
بررسی فنی و اقتصادی سیستمهای گرمایش خورشیدی (تجاری، عمومی)	۱۳۷۴	۱۳۷۵	وزارت نیرو
بررسی فنی و اقتصادی نیروگاههای حرارتی خورشیدی	۱۳۷۴	۱۳۷۵	وزارت نیرو
بررسی فنی و اقتصادی موتور استرلینگ خورشیدی	۱۳۷۴	۱۳۷۵	وزارت نیرو
پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی	۱۳۷۴	۱۳۷۵	وزارت نیرو
نیروگاه برق حرارتی خورشیدی	۱۳۷۴	-------	سازمان انرژی اتمی

کاربردهای حرارتی انرژی خورشیدی

این گروه سیستم هایی را در بر میگیرد که اغلب بر پایه گردآورنده های حرارتی با دمای پایین عمل می نمایند و از منبع خورشیدی برای مصرف نهایی حرارتی استفاده می کنند. سیستم های حرارتی خورشیدی جهت کارکرد پیوسته و شبانه روزی نیاز به یک بخش ذخیره دارند، تا با ذخیره انرژی حرارتی خورشید در طول روزهای گرم و آفتابی، حرارت مورد نیاز را برای استفاده در شب و یا روزهای سرد و ابری ممکن نمایند. علیرغم پیشرفت تکنولوژِی هنوز ذخیره کردن حرارت برای مدتهای طولانی عملی نیست و در نتیجه بیشتر سیستم های حرارتی خورشید از سیستم های ثانویه ای که با انرژی فسیلی کار می کنند، بعنوان مکمل سیستم استفاده می کنند. از انرژی حرارتی خورشید همچنین می توان در دستگاههای آب شیرین کن، جهت تهیه آب شیرین استفاده نمود.

تولید آب شیرین

یکی از روشهای متداول برای تولید اب شیرین، روش تقطیر می باشد. در این روش با اعمال حرارت بر آب شور، آب و گازهای محلول در آن تبخیر می گردند و املاح موجود در آن رسوب می کنند. با استفاده از روشهای مختلف آب تبخیر شده را می توان تقطیر نمود و بدین ترتیب آب شیرین تهیه کرد. در سیستمهای آب شیرین کن خورشیدی، نقش منبع حرارتی را انرژی حرارتی خورشید ایفا می نماید. در سیستمهای آب شیرین کن خورشیدی،آب دریا را به درون محفظه کم عمقی که کاملا آب بندی شده است و با هوای خارج ارتباطی ندارد وارد می کنند. پوشش شفافی مانند شیشه و یا پلاستیک سطح فوقانی محفظه مربوطه را می پوشاند. انرژی خورشیدی با طول موجهایی از شیشه گذشته و تابش خورشید با آب داخل محفظه برخورد می نماید و آب را گرم می کند. شیشه شفاف از یک طرف مانع خروج اشعه های بازتاب خورشیدی از محفظه و از طرف دیگر باعث کاهش افت حرارتی از طریق جابجایی می گردد. بدین ترتیب انرژی حرارتی خورشیدی در دستگاه آب شیرین کن؛ محصور شده و موجب افزایش درجه حرارت آب و تولید و بالا رفتن میزان بخار آب در محفظه می گردد و در نتیجه نمک موجود در آب شور در محفظه رسوب می کند. بتدریج که رطوبت نسبی در محفظه افزایش

می یابد، بخار آب در اثر دفع حرارت از شیشه، روی سطح داخلی شیشه تقطیر شده و آب شیرین حاصله به طرف محل جمع آوری آب در انتهای پوشش حرکت می کند و بدین ترتیب با استفاده از انرژی خورشیدی و عمل تقطیر، آب شیرین تهیه می شود. آب نمک غلیظ شده نیز به طور دائم یا متناوب، از دستگاه خارج و به آب دریا وارد می شود.

از این نوع آب شیرین کن ها در کشورهای مختلف جهان نمونه های بسیاری با مساحت ها و ظرفیتهای گوناگون ساخته شده و مورد بهره برداری قرار گرفته اند. مهمترین عامل موثر در آب شیرین کن های خورشیدی شدت نور خورشید می باشد، زیرا که میزان تولید آب شیرین بر حسب کیلوگرم در هر متر مربع در روز با شدت تابش خورشید نسبت مستقیم دارد. به علاوه عواملی چون درجه حرارت محیط خارج، سرعت باد، مقدار ریزش باران و درجه حرارت آب شور، در مقدار بازدهی دستگاه موثر می باشند.

برای جذب حداکثر انرژی خورشیدی در آب شیرین کن ها؛ باید در طرح آب شیرین کن ها نکات زیر مورد توجه قرار گیرند.

- پوشش یا شیشه آب شیرین کن باید نازک باشد.
- باید سعی شود از تشکیل بلورهای نمک در کف دستگاه جلویگیری شود.
- فاصله شیشه آب شیرین کن و سطح آب شور کم باشد.
- کف حوضچه آب شور سیاه رنگ باشد تا بیشترین گرما جذب گردد.
- حوضچه کاملا آب بندی شده و هیچ ارتباطی با هوای خارج نداشته باشد.

سرمایش فضای ساختمانها

گرمایی که از گردآورنده های خورشیدی بدست می آید را میتوان با شیوه هایی برای تامین انرژی تجهیزاتی نظیر پمپ حرارتی جذبی، به منظور تامین سرمایش فضای ساختمان ها بکار برد.

گرمایش فضای ساختمانها:

بخش بزرگی از تقاضا برای گرمایش فضای ساختمانها را می توان با کمک انرژی خورشیدی تامین نمود، که البته سطوح بزرگتری برای گردآوری انرژی خورشیدی مورد لزوم می باشد. در ابعاد بزرگ می توان یک سیستم خورشیدی برای گرمایش فضا و نیز تامین آبگرم تهیه کرد و در موارد لزوم آن را با یک سیستم گرمایش کمکی با سوخت فسیلی ترکیب نمود.

گرمایش آب

استخرهای شنا یا آب مصرفی خانه های ویلایی ،آپارتمانی؛ هتل ها یا سایر ساختمانها در بخشهای خدماتی یا تجاری را به آسانی می توان به کمک انرژی خورشیدی گرم نمود. با استفاده از یک گردآورنده با سطح ۲متر مربع و راندمان میانگین سالیانه ۴۰٪ میتوان تا۸۰٪ تقاضای آب گرم یک خانواده در شرایط آب و هوی مدیترانه ای را تامین کرد. در مناطقی که از هوای آفتابی کمتری برخوردار هستند ،به گردآورنده هایی با سطح بزرگتر نیاز می باشد. در اغلب آبگرمکن های خورشیدی یک سیال اولیه پس از کسب حرارت در گردآورنده با جریان یافتن در یک مبدل حرارتی که در مخزنی عایق شده واقع شده است حرارت خود را به آب داخل مخزن منتقل می نماید. در این آبگرمکن ها توزیع حرارت توسط ترموسیفون انجام می گیرد و به محض اینکه دمای آب در مخزن ذخیره مساوی با دمای گرداورنده باشد جریان در مدار اولیه به طور خودکار قطع می شود.

در کشور ایران در سالیان اخیر توسط وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی اقداماتی در جهت نصب و بهره برداری آبگرمکن ها و حمام های خورشیدی صورت پذیرفته است. دفتر انرژی های نو وزارت نیرو تا پایان سال ۱۳۸۲

بیش از ۳۸۰دستگاه آبگرمکن خورشیدی با ظرفیت۲۰۰ لیتر شامل گرداورنده های مسطح با مساحت ۴متر مربع و گرمکن برقی در سطح کشور نصب نموده است و سه باب حمام روستایی نیز به اسامی کهنه جلگه ارکان و عشق آباد واقع در استان خراسان با ظرفیت ۲۰۰نفر در روز به سیستم خورشیدی توسط این سازمان مجهز شده اند.

وزارت جهاد کشاورزی نیز تاکنون اقدام به نصب ۱۳آبگرمکن خورشیدی همراه با مخزن ذخیره حرارتی در استان خراسان، یزد و سیستان و بلوچستان نموده است. مساحت گردآورنده های این واحدها از ۱۷۰ تا ۳۰۰ متر مربع می باشد که برای تامین آب حمام مورد نیاز ۸۰تا۳۰۰ خانوار کفایت می کنند.

تامین گرمای فرایندهای کشاورزی

سیستم های حرارتی خورشیدی همچنین می توانند گرمای فرایندهای کشاورزی را تامین کنند .گلخانه ها می توانند برداشت محصول را به طور قابل توجهی افزایش دهند و فصل رشد گیاهان را در آب و هوای سرد طولانی تر نمایند .خشک کردن با کمک خورشید کیفیت محصولات را افزایش می دهد و باعث می شود که محصولات از عمر ذخیره طولانی تری برخوردار گردند. تاسیسات گلخانه ای و خشک کنی را می توان به تنهایی با کمک تابش مستقیم خورشیدی فعال نمود و یا با افزودن گرداورنده های مسطح به انها از بخش به مراتب بزرگتری از انرژی خورشیدی استفاده کرد.

تامین گرمای فرایند های صنعتی

یکی دیگر از کاربردهای ممکن برای سیستمهای حرارتی خورشیدی تامین گرمای مورد نیاز فرایندهای صنعتی می باشد. عدم فضای کافی برای نصب گرداورنده های خورشیدی استفاده تجاری از سیستم های حرارتی خورشیدی را در صنایع به سیستمهایی که فاقد بخش ذخیره می باشند و برای تامین بخش کوچکی از بار حرارتی مورد نیاز فرایند طراحی شده اند محدود نموده است.

معماری خورشیدی

در معماری خورشیدی با نصب گرداورنده های خورشیدی سیستم ذخیره انرژی و نیز سیستم توزیع انرژی در ساختار یک ساختمان ،حرارت مورد نیاز و روشنایی طبیعی برای ساکنین ساختمان فراهم میگردد. گرمایش فضای درون ساختمان از طریق ورود انرژی خورشیدی از پنجره های بزرگ و یا از طریق گرداورنده های حرارتی که با بام یا نمای ساختمان یکپارچه هستند به دست می آید. سرمایش فضای درون ساختمان بوسیله سایبان ها ،تجهیزات تهویه، خنک کننده های تبخیری و یا تونل های خنک کننده زیر زمینی انجام می گیرد.

روشنایی طبیعی با استفاده از هدایت نور خورشید از طریق کانالهای ویژه به عمق ساختمان انجام میگیرد. بیشتر کارهای اولیه در زمینه معماری خورشیدی برای گرمایش فضای خانه های خصوصی با اتکای مطلق به انتقال طبیعی گرما انجام گرفته است. با توجه به اینکه تکنیک های ساختمانی از منطقه ای به منطقه دیگر متفاوت می باشد و نیازهای نصبی گرمایش ،سرمایش و نورگیری در روز به شدت تحت تاثیر هوا قرار دارد طراحی معماری خورشیدی متاثر از شرایط خاص هر محل می باشد. با طراحی خوب میتوان بار حرارتی سالیانه در نواحی سرد آفتابی به میزان ۸۰٪ و در نواحی ابری تر به میزان ۵۰٪ کاهش داد. استراتژی صحیح سایبان و تهویه در ساختمان های با جرم حرارتی زیاد میتواند ۸۰٪ از بار سرمایشی سالیانه را اگر شبها به اندازه کافی خنک باشد کاهش دهد نوردهی در روز که از طریق شیشه های بزرگ با راندمان بالا حاصل می شود سبب صرفه جویی اندک انرژی در منازل می گردد اما میتواند برای دفاتر که کاهش نیاز به نور حاصل از الکتریسیته در کاهش بار سرمایشی اثر دارد، بسیار مهم باشد.

معماری خورشیدی ساده که صرفاً برای مبانی شیشه های با راندمان بالا و عایق حرارتی خوب ساختمان می باشد اغلب به صورت صرفه جویی در انرژی نگریسته می شود و میتوان در ساختمان موجود با چندین اقداماتی حدود۲۵٪ در مصرف انرژی صرفه جویی نمود. با طراحی خوب ساختمان های جدید میتوان به مقیاس بسیار بیشتری از انرژی خورشیدی استفاده نمود و بدین ترتیب در مصرف سایر منابع انرژی صرفه جویی کرد.

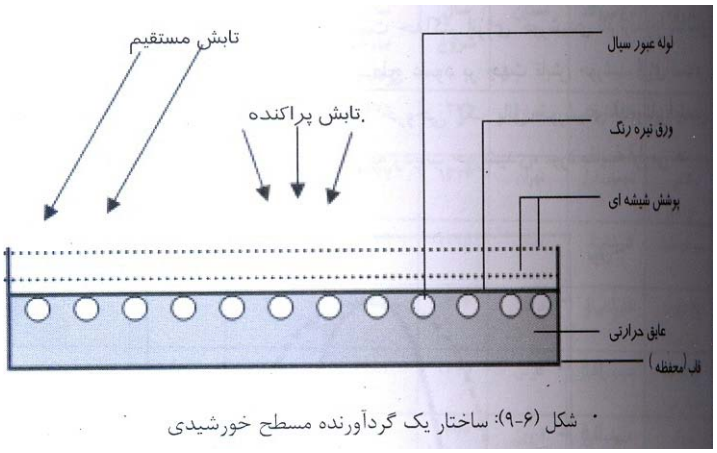
گردآورنده های حرارتی با دمای پایین

در سیستمهای حرارتی گردآورنده مسطح و نیز تمرکزی با تمرکز پایین بیش از هر نوع گردآورنده خورشیدی دیگر مورد استفاده واقع میشود از آنجایی که گرداورنده های مسطح در طیف وسیع تری در کاربردهای بالقوه حرارتی استفاده میگردند در ذیل ساختار این گرداورنده به اختصار تشریح میگردد.

گردآورنده های مسطح

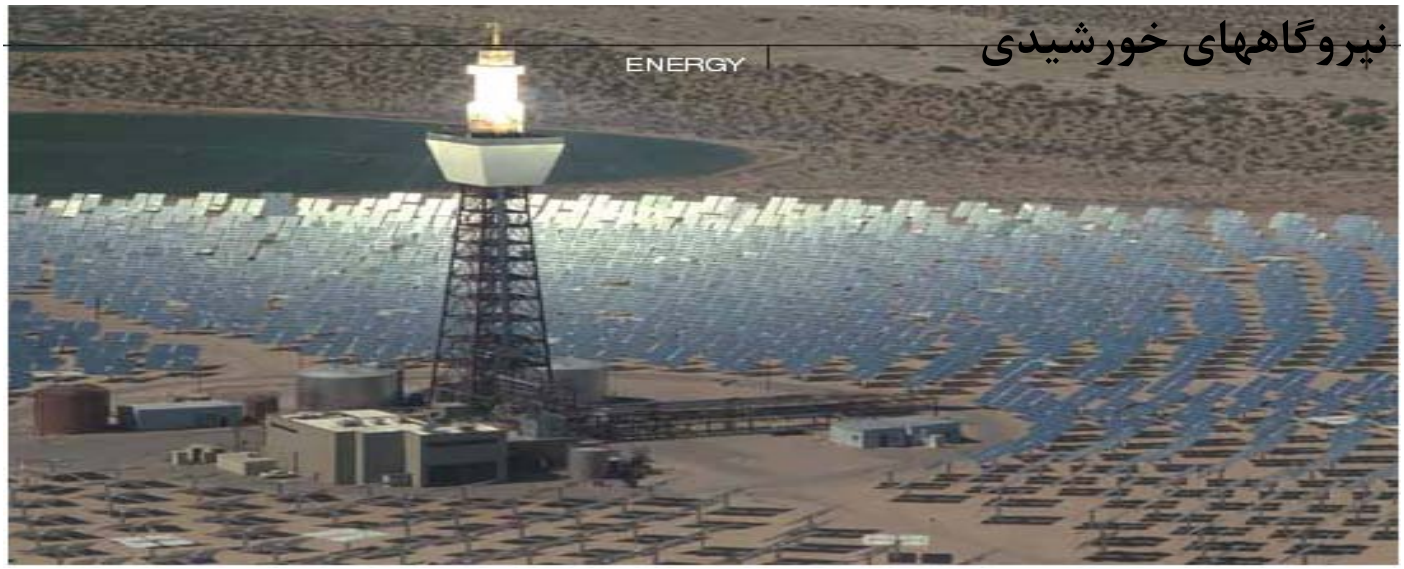
عنصر اصلی این گرداورنده ها یک ورق تیره رنگ است که به وسیله تابش خورشید حرارت می یابد این حرارت به یک سیال جذب کننده حرارت که در داخل لوله هایی تیره در زیر این ورق قرار دارند انتقال می یابد. برای رسیدن به دمای بالا معمولا ورق را در داخل یک قاب عایق شده که با روکشی شفاف از جنس شیشه پوشش داده شده است قرار میدهند تا از اثر گلخانه ای استفاده شود. تابش مرئی خورشید از طریق این پوشش شفاف شیشه ای وارد قاب می شود و جزئی از تابش که دارای طول موج بلندتر مادون قرمز می باشد و بوسیله ورق حرارت دیده داخل جعبه ساطع میشود در درون جعبه محصور می ماند و نمی تواند از قاب خارج شود. با قرار دادن دو یا سه پوشش شیشه ای بر روی قاب که توسط لایه های هوا از هم جدا شده اند میتوان با شدت بیشتری از خروج تابش با طول موج بالا از درون قاب جلوگیری نمود. این نوع گرداورنده ها را میتوان در پشت بام خانه های مسکونی بر روی تراس و یا بر روی یک شبکه مجزا بر روی زمین نصب نمود.

امتیاز این گرداورنده ها در آن است که به هنگام ابری بودن مختصر هوا تابش پخش شده توسط جو و ابرها برای بدست آوردن دمای مناسب کافی می باشد. هر چند که این دما نسبت به دمای حاصله در زمان تابش مستقیم خورشید کمتر است. ضریب تمرکز این گردآورنده ها برابر یک می باشد و در جه حرارت هایی تا حدود ۲۰۰درجه سانتی گراد در آنها حاصل می شود.



شکل (۶-۹): ساختار یک گردآورنده مسطح خورشیدی

نیروگاههای خورشیدی



فن آوری های تولید برق خورشیدی در حال حاضر دارای پیشرفت های نوید بخشی می باشند و میتوان انتظار داشت که در آینده ای نزدیک با پیشرفت و توسعه فن آوریهای مختلف تولید برق خورشیدی و کاهش مداوم قیمت تولید برق با این روشها نیروگاههای خورشیدی سهم قابل قبولی از مجموع برق مورد نیاز جهان را به خود اختصاص دهند. احداث نیروگاههای خورشیدی انتخاب مناسبی در راستای اهداف دراز مدت تامین انرژی الکتریکی با در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی محسوب می گردد. نیروگاههای خورشیدی به دلیل عدم انتشار (یا بسیار کم) مواد آلاینده کمترین اثر منفی را بر محیط زیست دارند. بزرگترین مانع احداث نیروگاههای خورشیدی در حال حاضر هزینه ویژه سرمایه گذاری نسبتاً بالای این نیروگاهها است که البته اگر هزینه های

خارجی سوخت های فسیلی که ناشی از اثرات مخرب آنها بر محیط زیست می باشد به قیمت آنها اضافه شود هزینه تولید برق در برخی از نیروگاههای خورشیدی کمتر از هزینه تولید برق در نیروگاههای سوخت فسیلی خواهد بود.

تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی یا از طریق تبدیل مستقیم آن در نیروگاههای موسوم به نیروگاههای فتوولتاییک و یا با تبدیل غیر مستقیم آن در نیروگاههای حرارتی خورشیدی نظیر نیروگاههای خورشیدی دریافت کننده مرکزی (هلیو استاتی) و نیروگاههایی با آینه هایی سهموی دراز صورت می پذیرد. فن آوریهای برق خورشیدی امکان تولید الکتریسیته از چند بار تا چندین مگاوات را فراهم میآورند. در حال حاضر تقریباً ۸۰٪ از برق تولیدی ناشی از انرژی خورشیدی توسط نیروگاههای حرارتی خورشیدی و ۲۰٪ بقیه بوسیله نیروگاههای فتوولتایی تولید می شود. تولید برق توسط سیکل های ترکیبی (استفاده از سوخت فسیلی و انرژی خورشیدی) نیز مراحل مطالعات امکان سنجی را پشت سر گذاشته است.

از مشکلات خاص نیروگاههای خورشیدی که ناشی از چگالی کم انرژی خورشیدی می باشد نیاز به سطح بسیار وسیع زمین برای احداث نیروگاه است که البته در مناطقی مانند بیابانها یا کویر که زمین ارزش چندانی نداشته و برای تولیدات دیگر مورد نیاز نیست امکان نصب این نیروگاهها وجود دارد. از مشکلات دیگر اغلب نیروگاههای خورشیدی میتوان از لزوم ردیابی خورشید توسط سطح دریافت کننده برای دریافت حداکثر انرژی خورشیدی نام برد زیرا یک سطح ثابت بدون حرکت میزان کمتری نسبت به یک سطح عمود بر جهت تابش خورشید انرژی کسب می نماید.

یکی دیگر از مشکلات نیروگاههای خورشیدی که ناشی از تغییرات طبیعی انرژی خورشیدی در طول روز و سال می باشد در این است که برق در آنها ب طبق نیاز مصرفی تولید نمیگردد. برای حل این مشکل دو راهکار کلی وجود دارد که یکی از این راهکارها پیوند نیروگاههای خورشیدی با یک سیستم پشتیبان سوخت فسیلی است.سیستم پشتیبان سوخت فسیلی تغییرات طبیعی انرژی خورشیدی ورودی را جبران کرده ،تولید برق را در

هنگام شب ممکن میسازد و ظریب ظرفیت یعنی زمانی که نیروگاهها با تمام قدرت کار می کنند را افزایش میدهد. برای پاسخ سریع به تغییرات طبیعی انرژی خورشیدی سیستم های پشتیبانی معمولاً از نفت و یا گاز طبیعی به عنوان سوخت استفاده می کنند.

این راهکار فقط در مورد برخی از نیروگاههای حرارتی خورشیدی قابل اعمال می باشد. دومین راهکار ترکیب یک منبع ذخیره انرژی با نیروگاه خورشیدی است این ترکیب باعث افزایش ساعات کارکرد و جبران نوسان های کوتاه مدت در میزان انرژی تولیدی خواهد شد. این راهکار هم در مورد نیروگاههای فتوولتاییک و هم در مورد نیروگاههای حرارتی خورشیدی قابل اعمال می باشند. در کشور ایران در سالیان اخیر پروژه های بسیاری در راستای استفاده از انرژی خورشیدی جهت تولید برق صورت گرفته است. جدول مشخصات اجرایی این پروژه ها را نشان می دهد.

جدول مشخصات برخی از پروژه های اجرایی نیروگاههای خورشیدی در کشور ایران

نام پروژه	نوع نیروگاه	استان	سال شروع	سال بهره برداری	توان[Kw]	عمر مفید(سال)	سازمان بهره بردار	داخل یا خارج شبکه
چراغ خاموشی	فتوولتاییک	تهران	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۰/۴۵	۲۵	وزارت نیرو	خارج شبکه
کلکتور خورشیدی	سهموی دراز	تهران	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۰/۴(حرارتی)	۱۵	وزارت نیرو	خارج شبکه
پمپ فتوولتاییک	فتوولتاییک	تهران	۱۳۷۵	۱۳۷۹	---	۱۵	وزارت نیرو	خارج شبکه
۳/۵کیلووات فتوولتاییک	فتوولتاییک	خراسان	۱۳۷۶	۱۳۷۹	۳/۵	۲۵	وزارت کشور	خارج شبکه
نیروگاه۲۵۰ کیلوواتی شیراز	سهموی دراز	فارس	۱۳۷۵	۱۳۸۲	۲۵۰	۲۰	توانیر	خارج شبکه
نیروگاه خورشیدی طالقان	هلیواستانی	قزوین	۱۳۷۶	۱۳۸۳	۱۰۰۰	۲۰	توانیر	خارج شبکه

۴۵کیلووات فتوولتاییک	فتوولتاییک	تهران	۱۳۷۸	۱۳۸۰	۴۵	۲۵	توانیر	داخل شبکه
طراحی و احداث نیروگاه فتوولتایی	فتوولتاییک	یزد	۱۳۷۲	۱۳۷۲	۵	۲۰	سازمان انرژی اتمی	خارج شبکه
طراحی و احداث نیروگاه فتوولتایی	فتوولتاییک	سمنان	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۲۷	۲۰	سازمان انرژی اتمی	خارج شبکه
طراحی و احداث نیروگاه فتوولتایی	فتوولتاییک	یزد	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۰	۲۰	سازمان انرژی اتمی	خارج شبکه
طراحی و احداث نیروگاه فتوولتایی	فتوولتاییک	سمنان	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۹۲	۲۰	سازمان انرژی اتمی	خارج شبکه
سیستم پمپاژ فتوولتاییک	فتوولتاییک	تهران (خجیر)	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۵/۷۶۰	۲۰	وزارت جهاد کشاورزی	خارج شبکه

نیروگاههای فتوولتایی

در نیروگاههای فتوولتایی بدون بهره گیری از تجهیزات متحرک به طور مستقیم انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد. مبدل های فتوولتایی اولین بار در ابتدای دهه ۱۹۵۰وارد بازار شد در این سالها شرکت بل با استفاده از سلولهای خورشیدی برق مورد نیاز یک مرکز تلفن در ایالات جورجیایی آمریکا را تامین نمود. در سال ۱۹۵۸ طراحان آمریکایی در سفینه وانگارد یک ، یک مبدل فتوولتاییک با قدرت کم به عنوان نیروی کمکی به کار بردند. دستگاه رادیویی سفینه که با این مبدل کار میکرد تا۶سال به طور پیوسته پیام رادیویی را به زمین مخابره می نمود.

بعد از این تجربه موفقیت آمیز کلیه سفینه های فضایی به این نوع مبدلها مجهز گردیدند پس از بحران انرژی در سال ۱۹۷۳ میلادی افزایش پیوسته ای در تولید این گونه مبدلها صورت پذیرفت. در حال حاضر بیشترین استفاده از مبدلهای فتوولتایی در کاربردهای کوچک و پراکنده میباشد لیکن احداث نیروگاههای بزرگ در گستره تولید مگاوات برای اتصال به شبکه انتقال نیز در دست بررسی می باشند. امروزه از مبدلهای فتوولتایی به طور گسترده برای مصارف خارج از شبکه سراسری نظیر شارژ کردن باتری ها،پمپاژ آب،تامین انرژی مورد نیاز ایستگاهها مخابراتی، ماهواره ها و ... استفاده میگردد.

در سالیان اخیر از روشهای جدیدی به طور فزاینده ،اما پراکنده برای اتصال سیستم های فتوولتایی به شبکه سراسری استفاده می گردد.

در این روشها با نصب سیستمهای فتوولتایی بر روی پشت بام منازل در مواقعی که نور خورشید وجود دارد و میتوان از پرتوهای آن بهره مند شد برق تولید میگردد و مازاد مصرف آن توسط خطوط انتقال به شبکه تحویل داده می شود تا برای مصرف نقاط دیگر مورد استفاده قرار گیرد. شبها و یا در مواقعی که تابش آفتاب ضعیف است برق مورد نیاز منازل مذکور از شبکه سراسری تامین می گردد. نصب سیستمهای فتوولتاییک بر روی بام

منازل از این مزیت برخوردار است که از اسکلت و بنای ساختمان برای نگه داری مدول ها استفاده می شود.که این امر موجب کاهش هزینه تمام شده تاسیسات خورشیدی میگردد.در جدول برخی از کاربردهای متداول سلولهای خورشیدی ارائه گردیده اند.

جدول نمونه هایی از کاربرد سلول خورشیدی

تاسیسات عظیم	توضیحات
تولید برق برای اماکن مسکونی،عمومی و تجاری	قالبا بر روی پشت بام نصب میشود .(از یک تا چند صد کیلووات)
نیروگاه مرکزی	شبکه انتقال را تغذیه میکند.(تا چند مگاوات)
حفاظت از جنگل ها و مراتع	برای روشنایی ،ارتباطات و سرمایش به کارمیرود(ذخیره سازی انرژی مطلوب است)
تاسیسات نظامی	برای مراکز دورافتاده مناسب است. سیستم های پشتیبان و ذخیره سازی انرژی جهت تامین بدون وقفه برق لازم است.
تولید برق در روستاها	برای پمپ آب، سرمایش ،روشنایی و ارتباط به کار میرود(از یک تا چندصد کیلووات)
پمپ کردن آب	این سیستم ها با جریان ACوDC کار میکند(تا چند کیلووات)
تصفیه آب	(چندین کیلووات)

موارد متفرقه	توضیحات
هواپیماهای بسیار سبک	بدون کمک از باتری ذخیره
ماشین حساب الکترونیکی	با نور اتاق کار میکند،احتیاجی به ذخیره سازی ندارد
ساعت الکترونیکی	از سلولهای خورشیدی برای شارژ مجدد استفاده میشود

دستگاههای ارتباطی	توضیحات
تلفن اضطراری و یا راه دور	ذخیره سازی انرژی مطلوب است
رادیویی قابل حمل	ذخیره سازی انرژی مطلوب یا ضروری است.(توان مورد نیاز تا۵۰وات)
ایستگاه تکرار کننده تلفن	ذخیره سازی انرژی ضروری و خروجی DC مطلوب است.
تاسیسات رادارهای نظامی	ذخیره سازی ضروری است (چند کیلووات)
ایستگاه فرستنده رادیویی	ذخیره سازی انرژی یا اتصال به شبکه انتقال به عنوان یک منبع پشتیبانی ضروری است. خروجیDCقابل مصرف است.(چندین کیلو وات)

مناطق غیرقابل دسترس	توضیحات

اخطار دهنده ها	اخطار دهنده ورود افراد و آتش سوزی،ذخیره سازی انرژی ضروری است(چند وات)
سیستم حفاظت کاتدی	برای جلوگیری از خردگی لوله ها ،پلها و ساختمانهایی از این قبیل، ذخیره سازی انرژی امری مطلوب است و معمولاً نیازی به اتصال شبکه انتقال نیست
سیستم نمک زدایی آب	این سیستم میتواند تغییرات انرژی را تحمل کند
حصار الکتریکی برای دام ها	خروجیDC قابل استفاده است. ذخیره سازی انرژی ضروری است ولی نیازی به اتصال به شبکه ندارد
علایم هشدار دهنده طوفان در اتوبانها و سایر علایم	ذخیره سازی انرژی ضروری است(چندین وات)
علایم و دستگاههای راهنما برای قایق ها ،کشتیها و هواپیما	ذخیره سازی انرژی لازم است (ده ها وات)
دستگاههای واقع در مناطق دوردست	دستگاههای روشنایی ،سرد کننده و ارتباطی ،ذخیره سازی مطلوب است
استفاده از وسایل فنی	سنجش مسافت یا ضبط از راه دور، ذخیره سازی مطلوب است

جدول نمونه هایی از نیروگاههای فتوولتاییک

نام و کشور	توانDC [kw]	ردیاب خورشیدی	شروع بهره برداری
رندسبورگ-آلمان	۷۰	ندارد	۱۹۹۱
PLUGکاساسیا-اسپانیا	۱۰۰	ندارد	۱۹۹۱
PLUGمانفردونیا-اسپانیا	۲۰۰	ندارد	۱۹۹۲
اتریش	۴۰	ندارد	۱۹۹۲
مونت سولیل- سویس	۵۶۰	ندارد	۱۹۹۲
تئوفیلدبرن-سویس	۷۵	ندارد	۱۹۹۲
بلین زونا- سویس	۱۰۰	ندارد	۱۹۹۲
PVUSAدیویس(APS)-آمریکا	۴۷۹	ندارد	۱۹۹۲
PVUSAدیویس(APS)-آمریکا	۱۸۸	ندارد	۱۹۹۲
PVUSAدیویس(APS)-آمریکا	۱۷۲	تک محوری	۱۹۹۲
کرمن CA- آمریکا	۵۰۲	تک محوری	۱۹۹۲
سری- سالونو- ایتالیا	۳۳۰۰	ندارد	۱۹۹۲
تولدو PV-1– اسپانیا	۱۰۰۰	جزیی	۱۹۹۲

اجزای نیروگاههای فتوولتاییک

یک نیروگاه فتوولتاییک بطور کلی از چهار قسمت اصلی آرایه خورشیدی ، تنظیم کننده (تنظیم کننده نقطه توان حداکثر، تنظیم کننده ولتاژ، کنترل کننده میزان شارژ و دشارژ باتری)، واحد ذخیره سازی انرژی و اینورتر ولتاژ (در صورت نیاز بار به ولتاژ متناوب) تشکیل می گردد . اگرچه با توجه به نیاز مصرف کننده ها و همچنین برای کاهش هزینه این سیستم خا، می توان در بعضی از کاربردها مثلا از باتری و یا اینورتر ولتاژ صرفنظر کرد، ولی سیستمهای اصولی ، تمامی اجزا فوق را دارا می باشند.

آرایه های خورشیدی

کوچکترین و اساسی ترین قسمت یک آرایه خورشیدی را سلول های خورشیدی تشکیل می دهند. این سلولها زمانی که در مقابل نور قرار دارند، مثل یک باتری کوچک تولید برق می کنند. یک سلول فتوولتاییک معمولاً به ضخامت ۳۰۰ میکرون و از صفحاتی دایره ای با قطر ۳تا۹ سانتیمتر ساخته می شود . مساحت سلول ها تاثیری روی ولتاژ تولید شده توسط آنها ندارد و معمولاً هر سلول و شدت تشعشع خورشیدی می باشد با ازدیاد درجه حرارت ، قدرت تولید سلول ها کاهش پیدا می کند . برای افزایش جریان و ولتاژ، سلولها را به طور گروهی با اتصال های سری و موازی در یک واحد بزرگتر نصب می نمایند، به این واحد بزرگتر ، مدول می گویند . با نصب تعدادی از مدول های خورشیدی بر روی یک صفحه نگهدارنده واحدی بزرگتر به دست می آید ، که پانل خورشیدی نامیده می شود. با اتصال الکتریکی تعدادی پانل با یکدیگر ، زیر آرایه ها ایجاد می گردند . میدانی که در آن تعداد بسیاری زیر آرایه در کنار هم قرار می گیرند، میدان آرایه ها نامیده می شود.

الف) سلولهای خورشیدی

سلولهای خورشیدی به عنوان جز اساسی یک نیروگاه فتوولتاییک بدون استفاده از سیکل ترمودینامیک یا سیال عامل انرژی تشعشعی فوتون های نور خورشید را مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می کند این سلولهای میتوانند خودشان جمع کننده نور باشند و یا از متمرکز کنندههای نوری مانند آینه یا عدسی محدب استفاده کنند. سلولهای خورشیدی میتوانند با بازدهی بین ۵تا۲۵ درصد عمل تبدیل انرژی را انجام دهند امروزه موثرترین و ارزانترین سلولهای خورشیدی از سیلیسیم ساخته میشوند

الف-۱) مبانی فیزیکی سلولهای خورشیدی

ساختمان اتمی کلیه مواد متشکل از پروتونها ،نوترون ها و الکترونها میباشد. پروتونها با بار مثبت و نوترونها با بار خنثی تشکیل دهنده هسته اتم هستند و الکترونها با وزن بسیار کم (در مقایسه با وزن هسته) و بار الکتریکی منفی در مدارهای مجاز (با سطوح انرژی متفاوت) به دور هسته در حال چرخش میباشند.

اگر چه اتم دارای ذرات باردار است ولی از نظر الکتریکی خنثی می باشد. چگونگی توزیع و تعداد الکترونها در سطحی ترین مدار اتم که دارای بالاترین سطح انرژی میباشد(مدار یا باند والانس) تعیین کننده بیشتر خواص حرارتی و الکتریکی ماده است. در یک عایق الکترونهای مدار والانس کامل هستند و تفاوت انرژی این مدار تا انرژی مدار بعدی (موسوم به مدار یا باند هدایت)بسیار زیاد میباشد به طوری که تحت شرایط عادی انتقال الکترونهای والانس به باند هدایت (حتی با اعمال یک میدان الکتریکی یا مغناطیسی خارجی) امکان پذیر نمیباشد.

در یک هادی مدار هدایت تکمیل نمیباشد و الکترونهای این باند با دریافت انرژی قادر به جابجایی و در نتیجه ایجاد جریان الکتریکی میباشند .ساختان اتمی نیمه هادیها مشابه عایقها می باشند با این تفاوت که اختلاف سطح انرژی باند والانس و باند هدایت آنها کمتر است مثلا در درجه حرارت اتاق تفاوت سطح انرژی میان باند

والانس و باند هدایت برای آلومینیوم (AL_2O_3) برابر ۱۰EV در حالی که تفاوت سطح انرژی یک نیمه هادی مانند سیلکون فقط ۱/۱ev میباشد سیلکون دارای ۴الکترون والانس میباشد و هنگامی که اتم های آن به یکدیگر نزدیک میگردند (مانند حالت کریستالی) هر یک از الکترونها در مشارکت اتم مجاور قرار میگیرند وقتی نور به یک کریستال برخورد میکند اگر انرژی نور بیشتر از تفاوت سطح انرژی اتمهای آن در باند والانس و هدایت باشد برخی از الکترون های باند والانس آزاد می شوند و در نتیجه جفتهای الکترون حفره در داخل کریستال ایجاد میگردند.

این الکترونها می توانند آزادانه در کریستال حرکت کنند و اگر تحت تاثیر عامل دیگری قرار نگیرند پس از مدت زمان کوتاهی انرژی خود را به صورت حرارت از دست داده و به باند والانس مربوط بازمیگردند برای ایجاد جریان الکتریکی از طریق الکترونهای آزاد شده توسط نور از روشی موسوم به حاملهای پتانسیلی استفاده میشود در این روش الکترون حفره های تولید شده انتخاب از یکدیگر جدا میشوند. الکترونها به یک طرف سلول و حفره ها به طرف دیگر سلول رانده میشوند و در نتیجه نه تنها اجتمال ترکیب مجدد آنها کمتر می شود بلکه یک اختلاف پتانسیل در دو سر سلول ایجاد میشود که میتواند جهت تولید جریان الکتریکی مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از روش های بوجود آمدن حاملهای پتانسیلی ایجاد پیوند n-p میباشد.در یک کریستال سیلکونی خالص الکترونهای آزاد مشاهده نمی شوند زیرا تمام چهار الکترون والانس هر اتم با اتم های مجاور در مشارکت می باشند فرض کنید تعدادی از اتم های این کریستال با اتم های فسفر که دارای پنج الکترون والانس است جایگزین شوند در این صورت الکترون ۵فسفر در حالت آزاد قرار گرفته و اتم ناخالص حاصله دارای بار مثب خواهد بود (زیرا یک الکترون آزاد کرده است). این ناخالصی را کریستال نوع nمیگویند چون دارای الکترونهای اضافی آزاد میباشد مشابه آن اگر تعدادی از اتم های سیلکون با اتم های بور که تنها دارای سه الکترون والانس است جایگزین شوند یکی از باندهای مشترک بین اتم بور و اتم سیلکون دارای حفره آزاد خواهد بود. این ناخالصی را کریستال نوعp می گوییم. چون دارای حفره های اضافی است .

برای ساخت سلولهای خورشیدی لایه نازکی از کریستال نوع n را بر روی لایه ای از کریستال نوع pرشد میدهند عمق ناخالصی کمتر از یک میکرون در نظر گرفته میشود تا تولید الکترون حفره آزاد توسط نور امکان پذیر باشد.

با تابش نور خورشید بر روی سلولهای خورشیدی در طی چند مرحله انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی تبدیل میگردد. این مراحل در ذیل تشریح گردیده است:

مرحله ۱) تابش نور بر سلول خورشیدی باعث ایجاد جفتهای الکترون، حفره در طرف لایه p(و در طرف لایه n میگردد)

مرحله۲) با توجه به ماهیت ساختمانی سلول الکترونها و حفره های آزاد شده به طرف پیوند p-n هجوم میاورند و از آن عبور میکنند. بدین ترتیب با جدا شدن الکترونها و حفره ها از جفت های خود و قرار گرفتن در منطقه ای سرشار از الکترون (یا حفره) خطر ترکیب مجدد آن برطرف میگردد.

مرحله۳) با توجه به فرار الکترونها و حفره های ایجاد شده از لایه مربوطه خود در لایه p تجمع بارهای مثبت و در لایهn تجمع بارهای منفی حاصل میگردد.

مرحله ۴) با اتصال سلول به یک مدار الکتریکی خارجی مداری برای جریان عبور الکتریکی بوجود میآید .

الکترونها و حفره های آزاد شده که موفق به عبور از پیوند نمی شوند در تولید جریان الکتریکی نقشی ایفا نمی نمایند.

الف-۲) تعاریف و مشخصه های الکتریکی سلولهای خورشیدی

مدار معادل: یک سلول خورشیدی را زمانی که در مقابل تشعشعات خورشیدی قرار گرفته است و به آن باری متصل می باشد می توان از نظر الکتریکی بطور ساده مدل نمود. این مدار ترکیبی از یک منبع جریان ، یک دیود، یک مقاومت سری و یک مقاومت موازی میباشد.

مقاومت ها در مدار معادل معرف تلفات در سلول میباشند تلفات در سلول معلول مواردی نظیر انعکاس نور خورشید در سطح سلول جذب فوتون ها بدون ایجاد الکترون و حفره های آزاد ترکیب مجدد الکترون و حفره های آزاد شده و ... میباشد. با صرف نظر نمودن از مقاومت موازی داخلی معادله مشخصه سلول خورشیدی به شکل زیر قابل بیان می باشد:

$$I_L = I_{photo} - I_{sat}\left\{\exp\left[\frac{q}{A \bullet K \bullet T}(U_L + I_L \bullet R_s)\right) - 1\right\}$$

که در آن I_{photo} معرف جریان تولید شده توسط تابش نور، I_{sat} معرف جریان اشباع معکوس، A معرف ضریب وابسته به جنس نیمه هادی، q معرف بار یک الکترون، K معرف ثابت بولتزمان، T معرف دمای سلول بر حسب درجه کلوین R_s معرف مقاومت سری سلول می باشند.

معادله ولتاژ خروجی سلول U_L مطابق رابطه فوق بیان میباشد.

$$U_L = -I_L \bullet R_s + \frac{A \bullet K \bullet T}{q} \bullet 1n\left|\frac{I_{photo} - I_L + I_{sat}}{I_{sat}}\right|$$

شدت جریان اتصال کوتاه:

وقتی دو سره یک سلول اتصال کوتاه شود و در معرض تابش نور خورشید قرار گیرد جریان الکتریکی از داخل مدار آن عبور می نماید که جریان اتصال کوتاه سلول نامیده میشود.

ولتاژ مدار باز:

ولتاژ دو سر یک سلول را هنگامی که بار خارجی به آن متصل نباشد ولتاژ مدار باز می نامند.

توان خروجی یک سلول خورشیدی:

حاصلضرب ولتاژ دو سر سلول و شدت جریان عبوری از مدار را در هنگامی که یک بار به سلول متصل شده باشد توان خروجی سلول می نامند .

میزان مستطیل بودن:

منحنی مشخصه ولتاژ جریان از نظر شکل ظاهری تا حدودی به مستطیل نزدیک میباشد که این میزان نزدیکی را با فاکتوری موسوم به فاکتور پرکننده گی FF3 نمایش میدهند و مطابق رابطه زیر محاسبه مینمایند.

$$FF = \frac{V_m \bullet I_m}{V_{oc} \bullet I_{sc}}$$

هر قدر مقدار فاکتور پرکنندگی به عدد یک نزدیکتر باشد سلول از نوع مرغوبتری است این فاکتور برای سلول تجاری موجود بین ۶٪ تا ۸٪ میباشد.

بازدهی سلولهای خورشیدی:

همانطور که ذکر گردید حداکثر توان قابل استخراج از سلول خورشیدی که در صورت بارگیری مناسب از آن حاصل میشود نقطه توان حداکثر MPP سلول نامیده میشود نسبت میزان حداکثر توان حاصله از سلول P_{max} به میزان کل توان دریافتی توسط آن P_t به عنوان بازدهی سلول خورشیدی η در نقطه توان حداکثر محسوب میگردد. و مطابق رابطه ذیل محاسبه میگردد:

$$\eta = \frac{P_{\max}}{p_1} = \frac{P_{\max}}{p_s \bullet A} = \frac{V_m \bullet I_m}{p_s \bullet A} = \frac{v_{oc} \bullet I_{sc} \bullet FF}{p_s \bullet A}$$

در رابطه فوق A بیانگر سطح مفید سلول و p_s معرف شدت تابش خورشید می باشد.

الف-۳) مواد تشکیل دهنده سلولهای خورشیدی

متداولترین سلول های مورد استفاده از نوع سیلکون میباشند دلیل اصلی این امر توسعه سریع و تولید صنعتی سیلیکون به صورت انبوه هزینه کم و بازدهی بالای آن در مقایسه با سایر نیمه هادی ها می باشد در سالهای اخیر سلولهای گالیوم- آرسناید (GaAs) به صورت جدی مطرح و مورد استفاده قرار گرفته اند . کاربرد سلولهای چند طبقه ای (متشکل از چند نیمه هادی) در مراحل تحقیقاتی میباشند و هنوز به صورت صنعتی تولید نشده اند. از جمله مزایای گالیوم- آرسناید در مقایسه با سلولهای سیلکونی بازدهی بیشتر ،عملکرد بهتر در شرایط تغییرات دما و مقاومت بیشتر آنها در مقابل تشعشعات خورشیدی می باشد و از جمله محدودیت های آنها وزن و قابلیت شکنندگی بیشتر می باشد در حال حاضر به علت تولیدات محدود قیمت سلولهای گالیوم- آرسناید در مقایسه با سلولهای سلیکونی بیشتر میباشد .

جدول نیمه هادی های مورد استفاده در سلولهای خورشیدی

نوع سلول	بازدهی[%]	ضخامت [mm]	توان خروجی[W-kg]
سیلیکون	٪۱۵	۵۰۳	۷۵
گالیوم- آرسناید	٪۲۱	۲۰۰۳	۸۵
چند طبقه ای	٪۳۰	----	---

ب) مدولهای خورشیدی

انرژی خروجی یک سلول خورشیدی بسیار محدود میباشد بنابراین برای بدست آوردن ولتاژ جریان بالا سلولهای خورشیدی به صورت سری و موازی استفاده میگردند. هنگامی که سلولها تنها به صورت سری استفاده شوند خروج یک سلول از مدار به علت خرابی یا عدم تابش نور به دلیل خورشید گرفتگی یا سایه باعث قطع انرژی کل سیستم خواهد شد.

ترکیب سری-موازی سلولها در بهبود عملکرد سیستم هنگام خرابی و یا خروج یک یا تعدادی سلول از سیستم کمک می کند و از تغییرات ناگهانی توان خروجی به علت خروج یک یا تعدادی از سلولها از مدار جلوگیری می نماید.

در نتیجه اتصال سری و یا موازی سلولها منحنی مشخصه آنها در محور ولتاژ (حالت سری) و یا در محور جریان (حالت موازی)با یکدیگر جمع می شوند بدین ترتیب همواره یک منحنی مشخصه واحد برای مجموع سلولها پدید میاید که در ظاهر شبیه به منحنی مشخصه یک سلول منفرد است.

تنظیم کننده نقطه توان حداکثر ۴MPPT

هنگامی که یک آرایه خورشیدی در معرض تابش خورشید قرار میگرد و باری را تغذیه می نماید لزوما نقطه بارگیری بر نقطه توان حداکثر منطبق نمی باشد لذا با توجه به قیمت زیاد آرایه خورشیدی ضروری است که همواره نقطه کار در نقطه توان حداکثر قرار گیرد تا بیشترین توان ممکن از آرایه جذب شود این عمل در بخش تنظیم کننده نقطه توان حداکثر MPPT انجام میگیرد سیستم MPPT با تنظیم جریان آرایه و یا ولتاژ آن نقطه کار را به سمت MPP هدایت می کند.

تنظیم کننده ولتاژ خروجی

از آنجائیکه ولتاژ خروجی MPPT و نیز باتری ها (در صورت استفاده از آنها به عنوان ذخیره کننده انرژِی) ثابت نمی باشد و همچنین سطح ولتاژ مورد نیاز بار معمولاً زیاد است. یک مبدل ولتاژ DC به DC به منظور بالا بردن سطح ولتاژ و تصویب آن در یک ولتاژ مرجع مورد استفاده قرار می گیرد.

واحد ذخیره سازی انرژی

با تغییر شرایط محیط مانند دما و شدت نور توان تولید شده آرایه خورشیدی تغییر می کنند که ممکن است زمانی این توان بیشتر و زمانی کمتر از توان مورد نیاز بار باشد بنابراین به یک واحد ذخیره سازی انرژی به خصوص در سیستم های فتوولتایی منفصل از شبکه نیاز است تا توان مازاد تولید شده توسط مبدل فتوولتاییک را در آن ذخیره کرده و در شرایط کاهش تولید (در شب یا در روزهای بدون آفتاب یا کم آفتاب) کمبود توان مورد نیاز بار را تامین نمود.

البته با پیوند یک سیستم مجزا نظیر دیزل ژنراتور به سیستم فتوولتایی نیز می توان پیوستگی در تامین برق مشترکین را در یک سیستم منفصل از شبکه سراسری ایجاد نمود. در مواردی که سیستم به شبکه متصل باشد الزاما نیازی به ذخیره سازی تولیدی سیستم نمی باشد در سالیان اخیر در کشورهای پیشرفته از سیستم هایی متشکل از الکترو لایزر و پیل سختی جهت پشتیبانی از سیستم های فتوولتایی برای تولید بدون وقفه انرژی الکتریکی استفاده می گردد.در این سیستم ها انرژی الکتریکی مازاد تولیدی در پانل های خورشیدی در دستگاههای الکترولیز آب جهت تولید هیدروژن مورد استفاده قرار میگیرد.

هیدروژن حاصل در مخازنی ذخیره می گردد و در مواقع نیاز در پیلهای سوختی تولید برق می نماید. از هیدروژن ذخیره شده همچنین می توان در نیروگاههای متداول حرارتی برای تولید برق در تجهیزات گرمایشی برای تولید گرما و حتی در خودروها به عنوان سوخت استفاده نمود.

در کاربرد باتری ها در سیستم های فتوولتایی جهت ذخیره انرژی مسائلی مانند عمر باتری (حداکثر تعداد دفعات شارژ و دشارژ باتری) زمان شارژ و ضد شارژ دمای مناسب ،میزان تلفات انرژی هنگام شارژ و دشارژ و میزان دشارژ خود به خودی باتری باید در نظر گرفته شود. معمولاً یک باتری شارژر که متناسب با مشخصه های باتری عمل شارژ و دشارژ را انجام میدهد برای باتری ها در نظر گرفته میشود باتری ها باید از نظر میزان شارژ و دشارژ بیش از حد نیز محافظت شوند زیرا شارژ و دشارژ بیش از حد باعث از دست رفتن الکترولید و حتی آسیب به صفحات باتری می شود.

نوع باتری به کاربرد مبدل فتوولتاییک بستگی دارد به عنوان مثال در کاربرد فضایی عمدتاً از باتری نیکل کادمیم و یا نیکل هیدروژن استفاده می شود این باتریها دارای ظرفیت بالایی می باشند و در مقایسه با باتری های اسید سرب نیاز به نگه داری کمتری دارند اما گرانتر می باشند برخی از مزایا و معایب باتری نیکل کادمیم به شرح ذیل است :

مزایا:

- توانایی شارژ شدن بیش از حد مجاز بدون صدمه دیدگی
- توانایی باقی ماندن با شارژ ناچیز در مدت زمان زیاد بدون صدمه دیدن
- بالا بودن امکان حمل و نقل بدلیل تحمل مکانیکی بیشتر
- توانایی تحمل سرمای زیاد بدون صدمه دیدن

معایب:

- قیمت زیاد (در یک ظرفیت برابر با باتری اسید-سرب ،حدود سه برابر بیشتر است)
- بازدهی ذخیره انرژی کم (۵۵ تا ۶۰درصد برای کاربرد فتوولتاییک)
- کاهش قابل توجه ظرفیت هنگام دشارژ کم در کاربرد فتوولتاییک

اینورتر ولتاژ

اگر خروجی AC برای مبدل مورد نظر باشد به عنوان مثال در صورتیکه می بایست انرژی تولیدی مبدل فتوولتاییک به شبکه قدرت تزریق شود لازم است که ولتاژ خروجی DC تولید شده مبدل توسط یک مدار الکترونیکی به ولتاژ متناوب تبدیل شود که بسته به نوع کاربرد میتواند تک فاز یا سه فاز باشد. مدار الکترونیکی مورد استفاده در تبدیل ولتاژ CD به AC اینورتر نامیده می شود.

ولتاژ DC ورودی به اینورتر در یک نیروگاه فتوولتایی می تواند از خروجی آرایه های خورشیدی و یا خروجی باتری مورد استفاده در سیستم فتوولتاییک بوجود آمده باشد.

ولتاژ فاز به زمین (V_{ph}) خروجی اینورتر در فرکانس پایین پایه (۶۰ یا ۵۰هرتز) مطابق رابطه زیر با ولتاژ DC ورودی به اینورتر (V_d) در ارتباط می باشد.

$$V_{ph} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}\cos(\frac{\pi}{6}).V_d$$

ولتاژ خط به خط AC خروجی اینورتر برابر $\sqrt{3.V\,ph}$ است. در حالت پایدار مقدار توان DC ورودی به اینورتر (P_{DC}) مطابق رابطه ذیل برابر با مجموع تلفات و توان AC خروجی اینورتر (P_{ac}) می باشد.

$$p_{DC} = p_{AC} / \eta$$

در رابطه فوق η معرف بازدهی اینورتر می باشد.

محاسبه ابعاد نیروگاههای فتوولتایی

یکی از معایب نیروگاههای خورشیدی که ناشی از بازدهی کم سلولهای خورشیدی و چگالی کم انرژی خورشیدی می باشد نیاز آنها به مساحت زیاد جهت تولید برق در توانهای بالا است در این مبحث میزان سطح زمین مورد نیاز و نیز مشخصات برخی از اجزای یک نیروگاه فتوولتاییک ۲۰۰کیلوواتی مستقل از شبکه به طور ساده محاسبه می گردد. تا دیدگاه کمی و کیفی از ابعاد این نیروگاه بدست آید. مطابق فرضیات نیروگاه مورد طراحی می بایست به طور پیوسته و در تمامی ۲۴ساعت شبانه روز توان ثابتی معادل ۲۰۰ کیلووات را در خروجی خود تحویل مصرف کنندگان دهند جهت تحقق این امر می بایست الزاما نیروگاه در طول روز علاوه بر تامین انرژی مورد نیاز مصرف کنندگان باتری های ذخیره کننده انرژی را نیز برای استفاده در شب شارژ نمایند.برای روزهای ابری جهت ساده نمودن محاسبات هیچ پیش بینی صورت نپذیرفته است.

انرژی تولیدی نیروگاهها در طول یک شبانه روز:

جهت ساده نمودن محاسبات طول روز و شب در تمامی ایام سال برابر با ۱۲ساعت در نظر گرفته می شود با فرض انکه بازدهی باتری های مورد استفاده در نیروگاه برابر با ۶۰٪ میباشد میزان کل انرژی تولیدی نیروگاه E_G که برابر با حاصل جمع انرژی مصرفی E_V و میزان انرژی مورد نیاز برای شارژ باتری ها E_{BG} میباشد. مطابق با رابطه زیر برابر با ۷۰۴۰ کیلووات ساعت می شود.

$$E_g = E_v + E_{bg} = (12h \bullet 220kw) + \left[\frac{(12h \bullet 220kw)}{0.6}\right] = 2640 + 4400 = 7040kwh$$

تعداد و مساحت کل پانلها:

جهت انجام محاسبات میزان توان حداکثر هر یک از پانلهای انتخابی P_{max} برابر با ۱۵۰وات و مساحت هر یک از آنها A_p برابر با ۱.۲۵ مترمربع در نظر گرفته میشود با فرض آنکه توان متوسط هر پانل P_M برابر با ۵۰٪ توان حداکثر آن باشد هر پانل مطابق محاسبات ذیل در طول یک شبانه روز قادر به تولید ۹۰۰وات ساعت انرژی خواهد بود.

$$p_m = p_{\max} \bullet 0.5 = 75w$$

$$E_p = 75w \bullet 12h = 900wh$$

تعداد پانلها N_p و مساحت کل پانلها A_{pg} از روابط زیر محاسبه میگردد.

$$N_p = \frac{E_g}{E_p} = \frac{(7040 \bullet 1000)wh}{(900)wh} = 7822$$

$$A_{pg} = N_P \bullet A_P = 7822 \bullet 1.25m^2 = 9777.5m2$$

مساحت میدان آرایه ها:

جهت حداکثر استفاده از مساحت پانلها می بایست در هنگام نصب آنها در میدان آرایه ها با قرار دادن فاصله میان آنها از سایه اندازی آنها بر روی یکدیگر جلوگیری نمود بیشترین مقدار سایه اندازی پانلها بر روی یکدیگر در فصل زمستان که خورشید کاملاً مایل به سطح زمین می تابد مشاهده میگردد. از آنجائیکه در فصل زمستان زاویهa در حدود ۴۸درجه می باشد فاصله b مطابق رابطه زیر برابر (1.5۰a) میباشد.

$$B = \left[\frac{a}{\cos\alpha}\right] = \left[\frac{a}{\cos 48}\right] = 1.5 \bullet a$$

بنابراین هر پانل وقتی روی زمین سایه می اندازد مساحتی معادل ۱.۵برابر مساحت خود را اشغال میکند با حاصلضرب مساحت کل پانلها در عدد۱.۵ مساحت میدان آرایه ها حاصل میگردد.

تعداد پانلها Np و مساحت کل پانلها Apg از روابط زیر محاسبه میگردد.

$$A_{array} = 1.5 \bullet A_{pg} = 1.5 \bullet 9777.5 = 14666m^2$$

با اضافه نمودن مساحت های مورد نیاز برای نصب تجهیزات و ابعاد نیروگاه اتاق پرسنل ،انبار، محوطه و ... به مساحت میدان آرایه ها مساحت کل نیروگاه تعیین میگردد.

تعداد باتریها

برای محاسبه تعداد باتریها فرض میشود که در نیروگاه مورد طراحی از باتریها سرب-اسید (۲۴وات،۶۰آمپر ساعت) برای ذخیره انرژی استفاده میگردد.انرژی ذخیره شده در باتریها تنها برای شب هنگام مورد استفاده قرار میگیرد.با توجه به مشخصات باتریهای مورد استفاده هر باتری قادر به ذخیره ۱۴۴۰ وات ساعت انرژی میباشد.

$E_b = 60Ah \bullet 24v = 1440wh$

از آنجائیکه کل انرژی ذخیره شده در باتریها Ebg برابر با ۴۴۰۰کیلووات ساعت می باشد لذا تعداد باتریهای مورد نیاز Nb با توجه به رابطه زیر برابر با ۳۰۵۵ عدد میباشد. $N_b = \frac{E_{bg}}{E_b} = \frac{4400 \bullet 1000}{1440} = 3055$

معایب و مزایای نیروگاههای سلول خورشیدی

این نیروگاهها دارای معایب زیر می باشند:

- بازدهی نسبتاً کم و هزینه های بالای سرمایه گذاری
- محدودیت ساعت کارکرد با تمام ظرفیت در طول سال
- عدم امکان پیوند با سیستم پشتیبان سوخت فسیلی (نیاز به سیستم مجزای پشتیبانی یا برق شبکه برای جبران نوسانهای انرژی خورشیدی دارد.
- ذخیره سازی با باتریهای الکتروشیمیایی برای این شیوه تولید بسیار گران قیمت است.
- نیاز به مساحت زیاد

از مزایای این نیروگاهها میتوان موارد ذیل را برشمرد:

- قطعات متحرک ندارند
- عمر مفید و طولانی دارند
- به تعمیر و نگه داری اندکی نیاز دارند
- امکان تولید متمرکز یا پراکنده با این سیستم ها وجود دارد

نیروگاههای حرارتی خورشیدی

در این نیروگاهها با فن اوری های گوناگون از انرژی حرارتی ناشی از تابش خورشید برای تولید برق استفاده میشود امروزه ۵نوع از این نیروگاهها شناخته شده تر میباشد که عبارتند از :

۱) نیروگاههای خورشیدی هلیواستاتی (دریافت کننده مرکزی)
۲) نیروگاههای با گردآورنده های سهموی دراز
۳) برجهای نیرو (دود کش خورشیدی)
۴) نیروگاههای با استخر آب شور (استخر خورشیدی)
۵) نیروگاههای با گرداورنده های بشقابی

میزان ظرفیت نصب شده نیروگاههای حرارتی خورشیدی در جهان بر مقیاس با نیروگاههای فتوولتاییک بسیار بیشتر می باشد به عنوان مثال نیروگاه باگرداورنده های سهموی دراز کالیفرنیا با ظرفیت ۳۴۵مگاوات در مدت کارکرد ۱۰ساله خود ۵تراوات ساعت انرژی الکتریکی به شبکه تحویل داده است که ۸۰٪ کل تولید برق خورشیدی دنیا تاکنون است نیروگاههایی که با فن آوریهای دریافت کننده مرکزی و گردآورنده های بشقابی – موتورهای استرلینگ نصب شده اند دارای بازدهی معادل ۱۵- ،۲۵٪ برای تبدیل انرژی خورشیدی به برق می باشد نیروگاههای دود کش و استخر خورشیدی به دلیل کارکرد قابل اطمینان و نصب ساده قسمت های اصلی آن ها به خصوص برای کشورهای در حال توسعه مناسب به نظر میرسند در نیروگاههای حرارتی –خورشیدی نیز به دلیل تغییرات طبیعی انرژی خورشیدی امکان تولید برق مستعمر و بدون وقفه برای مصرف کنندگان با محدودیت هایی روبرو می باشد این محدودیت ها با در نظر گرفتن سیستم پشتیبان و احیانا سیستم ذخیره ساز انرژی گرمایی قابل حل میباشد برای تامین بدون وقفه برق مصرف کنندگان امکان پیوند سیستم پشتیبان سوخت فسیلی با چرخ نیروگاه های حرارتی –خورشیدی از نوع گرداورنده سهموی دراز هلیواستاتی و گرداورنده

های بشقابی وجود دارد نیروگاههای خورشیدی از نوع دودکش خورشیدی و استخر خورشیدی به یک سیستم پشتیبانی مجزا (جدا از چرخه خود) نیاز دارند.

برای پاسخ سریع به تغییرات طبیعی انرژی خورشیدی سیستم های پشتیبانی فقط از نفت یا گاز طبیعی به عنوان سوخت استفاده میکنند تاکنون چندین نوع ذخیره ساز انرژی برای نیروگاههای خورشیدی با گردآورنده های سهموی دراز و هلیواستاتی که امکان تامین برق را برای ۱۲ساعت با ظرفیت کامل دارند ساخته شده است.

استخر خورشیدی تا حدود ۲۴ساعت و دودکش خورشیدی تا حدود یک ساعت انرژی را به طور طبیعی ذخیره می کنند در نیروگاههای حرارتی- خورشیدی از نوع بشقابی-موتور استرلینگ ذخیره سازی با استفاده از باتریهای الکتروشیمیایی امکان پذیر است.

نیروگاههای خورشیدی هلیواستاتی(دریافت کننده مرکزی)

در این نیروگاهها، هلیواستاها (آینه های مسطح و متحرک تعقیب کننده خورشید) با تعداد زیاد، نور خورشید را بر روی یک دریافت کننده مرکزی که بر بالای بلندی نصب شده است ، منعکس و متمرکز می کنند. این دریافت کننده، انرژی خورشید را به انرژی حرارتی تبدیل می کند و حرارت ایجاد شده را به سیالی که در آن جریان دارد ، انتقال می دهد .

سیال پس از دریافت گرما، یا خود به بخار تبدیل می گردد و در یک سیکل رانکین تولید برق می نماید و یا با انتقال حرارت خود در یک مبدل حرارتی به سیال دیگری ، آن سیال را بخار می نماید و برای تولید انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می دهد. در این نیروگاهها، تنها تابش مستقیم خورشید قابل استفاده است، زیرا تابشهای پراکندهپراکنده قابل متمرکز کردن نمی باشند. بدین دلیل احداث چنین نیروگاههایی در مکانهایی که دارای سهم بسیاری از تابش خورشید می باشند، پیشنهاد می گردد. ضریب تمرکز (برابر نسبت سطح مسطح کننده ها به سطح دریافت کننده مرکزی می باشد) تابش خورشیدی در این نیروگاهها بین ۱۰۰تا۱۰۰۰۰ می باشد و درجه حرارتهایی تا ۱۰۰۰درجه سانتیگراد در دریافت کننده مرکزی حاصل می گردد. برای افزایش میزان

انرژی الکتریکی تولیدی در این نیروگاهها معمولاً یک سیستم ذخیره گرمایی مورد استفاده قرار می گیرد . پیوند یک سیستم پشتیبان با سوخت نفت یا گاز طبیعی به نیروگاه خورشیدی هلیواستایی نیز به عنوان یک راهکار برای تولید مستمر و بدون وقفه برق امکان پذیر است .

اجزای اصلی نیروگاههای خورشیدی هلیواستاتی

نیروگاههای خورشیدی هلیو استاتی علاوه بر اجزای مرتبط به سیلرانکین و تولید انرژی الکتریکی به طور کلی از چهار قسمت اصلی که شامل هلیواستات ها، دریافت کننده مرکزی ،سیستم انتقال حرارت و سیستم ذخیره حرارت میباشند، تشکیل میگردند.

الف) هیلواستاتها

هلیواستاتا آینه های قابل کنترلی هستند که میتوانند در تمام ساعات روز خورشید را دنبال کنند و با زاویه خاصل که هر کدام از آنها با امتداد جهت اشعه خورشید دارند تشعشع خورشیدی را به سمت دریافت کننده ثابت مرکزی در بالای برج منعکس کنند این زاویه بستگی به زمان روز ،طرز قرار گرفتن فاصله و موقعیت هر هیلواستات نسبت به دریافت کننده مرکزی دارد.

هیلواستاتها به طور کلی از ۵قسمت عمده که شامل آینه ها،سازه، فنداسیون ،سیستم محرک و سیستم کنترل کننده خورشیدی می باشد تشکیل میگردند.

کنترل مکانیکی :

در این سیستم یک دینامو موتور متصل به یک گیربکس محاصره شده متناسب با سرعت حرکت خورشید موجب حرکت هلیواستات ها در جهت تعقیب خورشید میگردد. درهنگام شروع حرکت در صبح و پایان فعالیت در عصر یک دستگاه کنترل الکترونیکی در نظر گرفته میشود .

کنترل هیدرولیکی :

در این روش کنترلی حرکت هیلواستاتها توسط یک سیلندر هیدرولیکی انجام می پذیرد. در طول روز مقداری روغن که میزان آن محاسبه شده است به دخل سیلندر پمپ میگردد و با فشاری که پمپ در سیلندر ایجاد میکند هلیواستات در طول روز به ارامی به دنبال خورشید میگردد.

کنترل مرکزی توسط سیستم کامپیوتری :

از این سیستم پرخرج ولی مطمئن در اغلب نیروگاههای خورشیدی استفاده میشود در این روش کنترلی برای هر آینه یک برنامه جداگانه به کامپیوتر داده میشود بدین صورت که موقعیت جغرافیایی آینه(فاصله آن تا برج) نسبت سایه اندازی هلیواستاتها بر روی یکدیگر و بعضی اطلاعات دیگر در اختیار کامپیوتر قرار میگیرد و سپس سیستم کنترلی مرکزی برای هر هلیواستات یک برنامه گردشی سالیانه برنامه ریزی میکند.

ب)دریافت کننده مرکزی:

دریافت کننده مرکزی برای جمع کردن ،جذب کردن و انتقال بیشترین مقدار انرژی دریافتی به سیال انتقال دهنده حرارت طراحی میشود .دریافت کننده های مرکزی در بالای برج های بلند قرار میگیرند و در معرض

حداکثر جریانات انرژی تشعشعی که حدوداً بین ۳۰۰تا ۷۰۰کیلووات بر متر مربع میباشد قرار دارند دیواره این دریافت کننده ها از یک سری لوله های موازی که در کنار هم قرار گرفته اند و در داخل آنها سیال جریان دارد تشکیل میشود انرژی خورشیدی به سطح خارجی لوله ها تابیده و انرزی جذب شده توسط لوله ها به سیال داخل آنها منتقل میشود این لوله ها از قسمت فوقانی مسدود شده اند و در نتیجه انبساط حرارتی در قسمت پایین آنها اتفاق می افتد.

پارامترهای موثر در تعیین حد ظرفیت حرارتی دریافت کننده:

پارامترهای بسیاری در تعیین حد ظرفیت حرارتی دریافت کننده مرکزی می باشند، که در ذیل به اختصار در مورد آنها توضیح داده می شود .

طول لوله های دریافت کننده

یکی از عوامل معدود کننده ظرفیت حرارتی دریافت کننده طول لوله های دریافت کننده می باشد که نمیتواند از حداکثر ۳۰متر تجاوز نماید این محدودیت باعث محدود نمودن قابلیت جذب دریافت کننده میگردد و تاثیر به سزایی در تعیین ظرفیت حرارتی دریافت کننده میگذارد.

سطح هلیواستاتها

این عامل نیز از عوامل محدود کننده ظرفیت حرارتی محسوب میگردد زیرا با توجه به سطح هلیواستاتها سطح فعال دریافت کننده و در نتیجه ظرفیت حرارتی آن مشخص میگردد.

نوع سیال:

سیالهای عامل دریافت کننده با توجه به اینکه هر کدام دارای پارامترهای فیزیکی خاصی میباشند شار حرارتی مجاز هر یک از آنها نیز محدود است در نتیجه این محدودیت ابعاد دریافت کننده نیز محدود میگردد و بنابراین بر تعیین ظرفیت حرارتی دریافت کننده تاثیر میگذارد.

ساختار دریافت کننده:

ساختار دریافت کننده نیز بر روی ظرفیت حرارتی آن تاثیر میگذارد زیرا تلفات با توجه به ساختار هر کدام از دریافت کننده ها متفاوت میباشد.

نیروگاههایی با گردآورنده های سهموی دراز

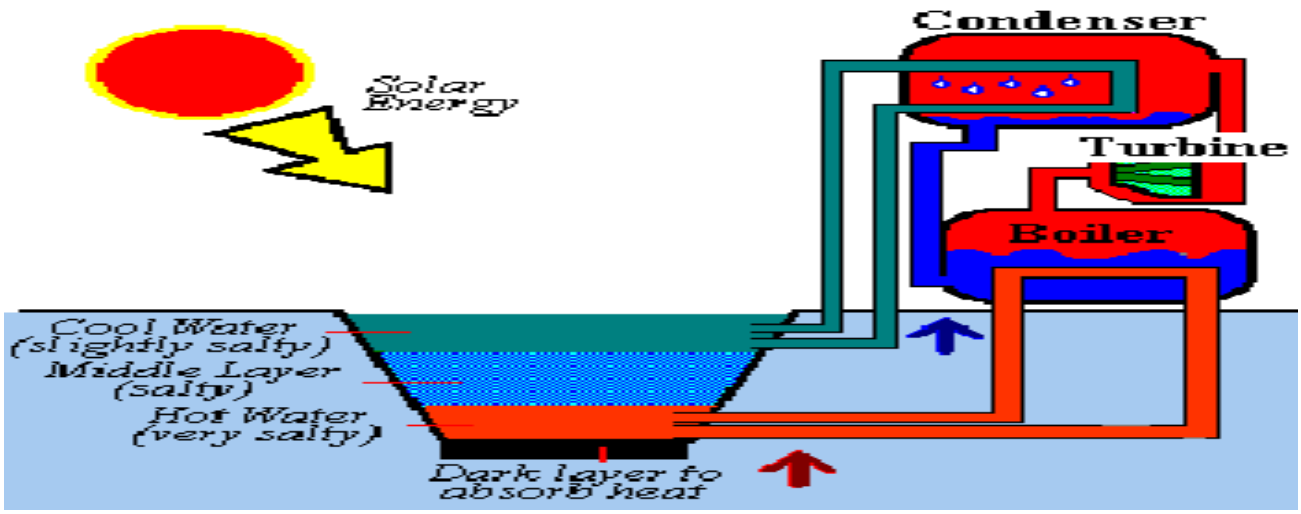
نیروگاههای تولید برق با گردآورنده های سهموی دراز در ظرفیتهای بین ۳۰تا۱۵۰مگاوات طراحی میشوند و دارای بازدهی کلی در حدود ۱۵٪ میباشند. این نیروگاهها دارای گردآورنده های سهموی شکل و درازی میباشند که با توجه به ساختار خاص خود تابش مستقیم خورشید را بر روی کانون خطی و دراز خود منعکس می نمایند.

ضریب تمرکز تابش خورشیدی در چنین نیروگاههایی بین ۲تا۴۰ می باشد و درجه حرارتهایی تا ۴۰۰درجه سانتیگراد در کانون گردآورنده ها حاصل میگردد در کانون این گرداورنده ها لوله فلزی درازی به رنگ سیاه را در داخل لوله شیشه ای خلا قرار میدهند یک سیستم تک محوری ردیاب خورشیدی سبب میشود که تابش خورشید در تمام طول روز بر روی لوله جاذب در خط کانونی گردآورنده انعکاس یابد.با اتصال موازی و یا سری تعداد بسیاری از لوله های جاذب حرارت به یکدیگر یک میدان وسیع برای دریافت انرژی خورشیدی ایجاد میگردد.

در داخل لوله های فلزی روغن جریان دارد که این روغن پس از چرخش در مسیر لوله ها تا حدود ۴۰۰درجه سانتی گراد داغ میگردد. روغن داغ به مبدلهای حرارتی میرود و آب را به بخار فوق گرم تبدیل میکند و این بخار توربین را به حرکت در میآورد. علت استفاده روغن به جای آب در این نوع نیروگاه ها بدین دلیل است که روغن در درجه حرارت های بسیار بالا هنوز به صورت مایع باقی می ماند و این امر موجب کاهش ابعاد لوله ها میگردد.

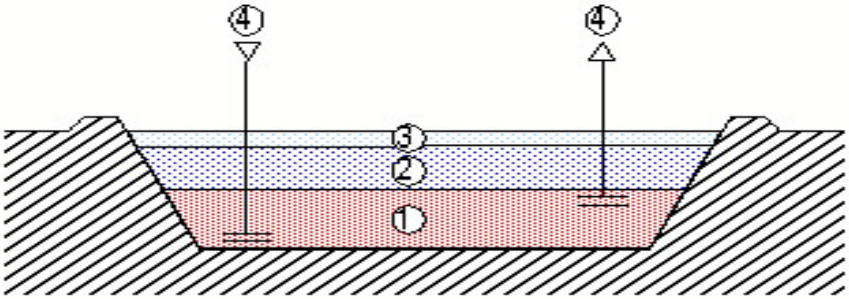
در حال حاضر این نوع نیروگاه یکی از توسعه یافته ترین فن آوریهای موجود جهت تولید برق از انرژی خورشیدی محسوب میگردد و دارای مزایای بسیاری نظیر زمان کوتاه نصب، فن آوری قابل اعتماد؛ توان تولید بالا، امکان تولید انبوه قطعات خورشیدی مشابه و امکان تولید همزمان گرما و برق میباشد

نیروگاه استخر خورشیدی



در یک استخر آب شور، اگر آب مدتی بی حرکت در مقابل آفتاب قرار بگیرد، بر اثر تابش خورشید و تبخیر آب ، به تدریج لایه ای از آب گرم و غلیظ در سطح استخر تشکیل می گردد. این لایه به دلیل جرم حجمی بیشتری نسبت به لایه های زیرین استخر دارد ، آهسته به پایین نزول می کند و به تدریج در ته استخر جمع می گردد.

با طراحی های صحیح و تحت شرایط خاص ، می توان قطر لایه آب گرم و غلیظ را در ته استخر زیاد نمود و بدین ترتیب در ته استخر یک لایه ذخیره حرارتی ایجاد کرد . از این لایه ذخیره حرارتی می توان در کاربردهای گرمایشی و تولید برق استفاده نمود. نیروگاه استخر خورشیدی با سیکل ترمودینامیکی رانکین کار می کنند و شیوه تولید برق در آنها بدین صورت است، که از حرارت لایه زیرین استخر برای تبخیر یکی از سیالات آلی نظیر فریون استفاده می کنند. بخار فریون با فشار بالا وارد توربین می شود و آن را به حرکت در می آورد و بدین ترتیب در ژنراتور کوپل شده به توربین تولید انرژی الکتریکی می گردد. بخار کم فشار خروجی از توربین به چگالنده می رود و در چگالنده آب سرد موجود در لایه های فوقانی استخر ، بخار را به مایع تبدیل می کنند و این سیکل مجددا تکرار می گردد. این نیروگاهها برای تامین بدون وقفه برق به یک سیستم پشتیبانی جدا از چرخه خود نیاز دارند.برای پاسخ سریع به تغییرات طبیعی انرژی خورشیدی ، سیستمهای پشتیبانی معمولا از نفت و یا گاز طبیعی بعنوان سوخت استفاده می کنند .



از مزایای نیروگاههای استخر خورشیدی میتوان موارد ذیل را برشمرد:

- انرژی گرمایی در لایه های زیرین استخر ذخیره میگردد و بنابراین نیازی به ذخیره سازی جداگانه انرزی گرمایی وجود ندارد
- تولید برق در این نیروگاه برای پوشش بار پایه میانی و نیز بار پیک مناسب است
- برای تولید همزمان الکتریسیته و گرما مناسب است .

علیرغم مزایای زیاد و قابل رقابت بودن برق تولیدی در این نیروگاهها در مقایسه با قیمت برق تولیدی در نیروگاههای سوخت فسیلی مشکلات متعددی در زمینه ایجاد چنین نیروگاههایی موجود میباشد که برخی از این مشکلات در ذیل آورده شده است:

- تیره شدن آب استخرها بر اثر جلبک ها و یا کثیف شدن آب
- دشواری کنترل غلظت و درجه حرارت
- مخلوط شدن آب استخر بر اثر باد و امواج (دشواری در تصویب با لایه های غلظت متغیر نمک)
- نفوذ آبهای زیر زمینی به داخل استخر
- انتخاب لوله های مناسب برای استخراج انرژی حرارتی از آب
- بازدهی پایین جهت تبدیل انرژی خورشیدی به برق (نیاز به سطح زیاد زمین)
- نیاز به مقادیر قابل ملاحظه ای آب و نمک با کیفیت خوب
- طولانی بودن دوره ساخت و دشواری در تعمیرات ونگه داری سیستم لوله کشی غوطه ور در استخر

نیروگاههای با گردآورنده های بشقابی

گردآورنده این نیروگاهها از نظر شکل ظاهری مانند یک بشقاب ماهواره ای می باشد، که سطح آن از مواد منعکس کننده ، پوشیده گردیده است . دریافت کننده در کانون این بشقاب، که یک نقطه می باشد، تعبیه می گردد. ضریب تمرکز گردآورنده های بشقابی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ می باشد و درجه حرارتهایی تا حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد در نقطه کانونی آن حاصل می گردد.

در نیروگاههای با گردآورنده های بشقابی وجود یک تعقیب کننده دو محوری برای ردیابی اشعه مستقیم خورشید توسط گردآورنره ها ضروری می باشد. با ردیابی صحیح، میزان بیشتری از تابش خورشیدی بر روی تقطه کانونی گردآورنده ها متمرکز می شود و در نتیجه کارایی سیستم افزایش می یابد. گرمای حاصل در دریافت کننده را می توان با کمک یک سیال مناسب به یک سیکل ترمودینامیکی جدا از گردآورنده منتقل

تمود و بدین ترتیب انرژی الکتریکی تولید کرد و یا در یک موتور استرلینگ کوچک که در پشت نقطه کانونی آن قرار گرفته مورد استفاده قرار داد. با انتقال گرمای دریافت کننده به شاره کارکن موتور استرلینگ که معمولا هیدروژن یا هلیم می باشد، موتور به حرکت در می آید و در نهایت در ژنراتور کوپل شده به آن تولید انرژی الکتریکی می گردد.

موتورهای استرلینگ دارای بازدهی بالا، اتشار آلودگی کم، طول عمر زیاد و کارکرد آرام هستند. هر واحد نیروگاه بشقابی_استرلینگ به تنهایی قادر به تولید ۱۰ تا ۱۵ مگاوات الکتریسیته می باشد. از مزایای نیروگاههای بشقابی_استرلینگ می توان مواردی نظیر امکان تولید مستقل برای مناطق دور افتاده، امکان اتصال به شبکه، بازدهی بالا، نصب، بهره برداری و نگهداری ساده، و امکان تولید انبوه آنها را برشمرد.

از معایب این نیروگاهها نیز موارد ذیل قابل ذکر می باشد:

سیستم پشتیبانی سوخت فسیلی پیوندی هنوز در دسترس نیست.

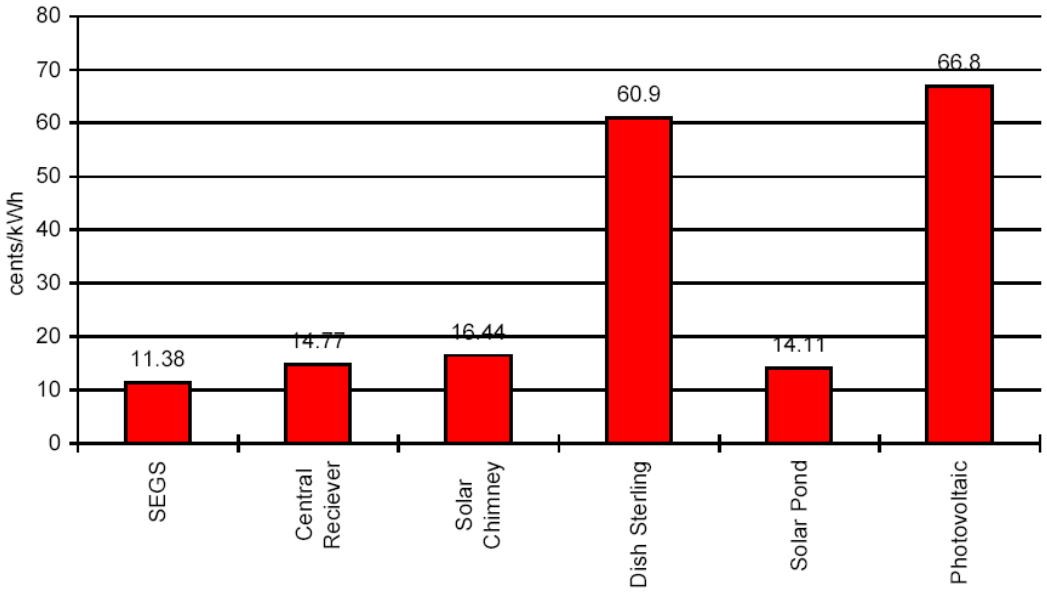
تعداد ساعاتی از سال که سیستم با ظرفیت کامل کار می کند، کم است.

ضرورت نیاز به پایه های پایدار و سیستم ردیاب خورشیدی دو محوره، موجب افزایش هزینه احداث آن می گردد.

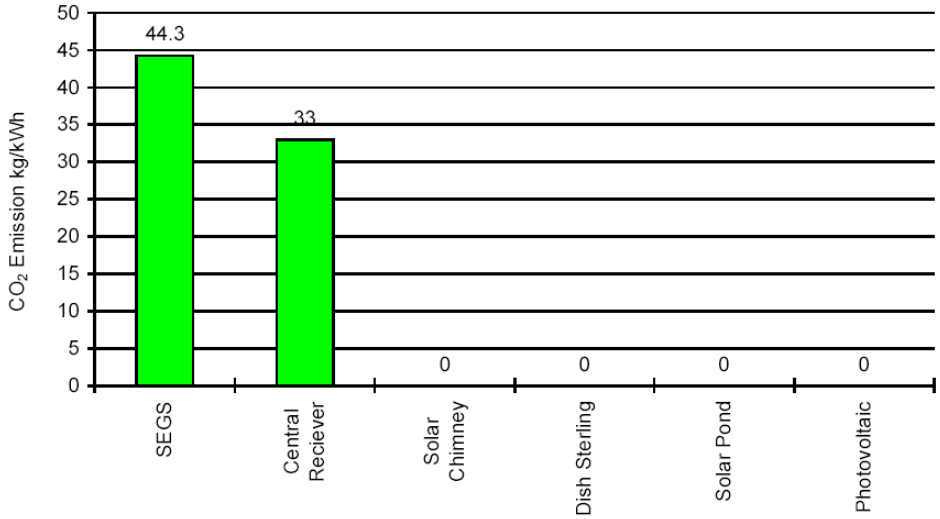
مقایسه نیروگاههای خورشیدی

مطالعات اخیر در مورد استفاده از نیروگاههای خورشیدی بیشتر بر روی دو محور اساسی هزینه تولید برق و انتشار گاز CO_2 استوار است.در نمودارهای زیر این دو مشخصه را برای انواع نیروگاههای خورشیدی و همچنین سلولهای فتوولتائیک بررسی میکنیم. همانطور که ازنمودارها مشخص است استفاده از نیروگاههای خورشیدی نسبت به سلولهای فتوولتا ئیک اقتصادی تر است اما اینکه چه نوع نیروگاهی را انتخب کنیم مستلزم در نظر گرفتن پارامترهای زیادی است.

Cost of Electricity Generation Using Various Solar Options



Environmental Impact Using Various Solar Options



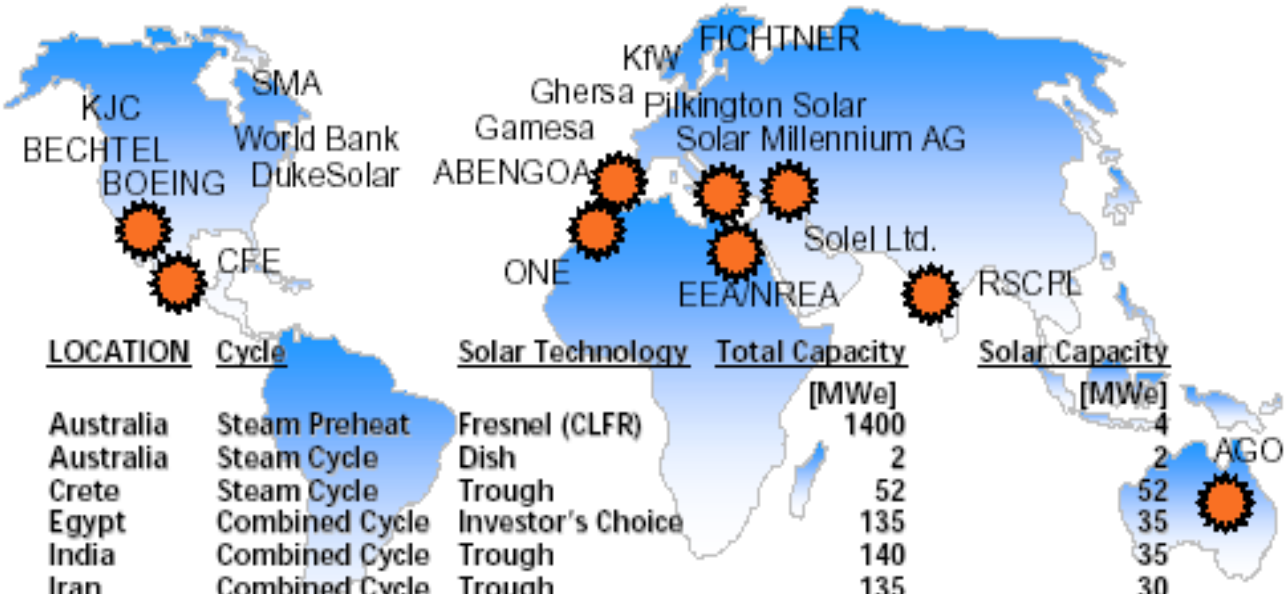
جدول زیر مقایسه است بین تکنولوژیهای موجودجهت نیروگاههای خورشیدی

	Capacity unit MW	Concen-tration	Peak solar efficiency	Annual solar efficiency	Thermal cycle efficiency	Capacity factor (solar)	Land use m^2 MWh^{-1} y^{-1}
Trough	10–200	70–80	21% (d)	10–15% (d) 17–18% (p)	30–40% ST	24% (d) 25–70% (p)	6–8
Fresnel	10–200	25–100	20% (p)	9–11% (p)	30–40% ST	25–70% (p)	4–6
Power tower	10–150	300–1000	20% (d) 35% (p)	8–10% (d) 15–25% (p)	30–40% ST 45–55% CC	25–70% (p)	8–12
Dish-Stirling	0.01–0.4	1000–3000	29% (d)	16–18% (d) 18–23% (p)	30–40% Stirl. 20–30% GT	25% (p)	8–12

(d) = demonstrated; (p) = projected; ST steam turbine; GT gas turbine; CC combined cycle.

$$\text{Solar efficiency} = \frac{\text{net power generation}}{\text{incident beam radiation}} \qquad \text{Capacity factor} = \frac{\text{solar operating hours per year}}{\text{8760 hours per year}}$$

پروژه های در حال اجرا در اقصی نقاط جهان



LOCATION	Cycle	Solar Technology	Total Capacity [MWe]	Solar Capacity [MWe]
Australia	Steam Preheat	Fresnel (CLFR)	1400	4
Australia	Steam Cycle	Dish	2	2
Crete	Steam Cycle	Trough	52	52
Egypt	Combined Cycle	Investor's Choice	135	35
India	Combined Cycle	Trough	140	35
Iran	Combined Cycle	Trough	135	30
Mexico	Combined Cycle	Investor's Choice	310	40
Morocco	Combined Cycle	Investor's Choice	150	30-50
Spain	Steam Cycle	Trough	50	50
Spain	Steam Cycle	Tower (*PS10*)	10	10
Spain	Steam Cycle	Tower (*Solar Tres*)	10	10
US, Nevada	Steam Cycle	Trough	30	30

در پایان به چند سوال مهم که در ابتدا مطرح شد پاسخ داده می شود :

اکنون در دنیا با جدی شدن بحث جایگزینی منابع انرژی های پاک به جای منابع سوخت فسیلی ، بهره گیری از انرژی خورشیدی چه جایگاهی دارد ؟

پاسخ این است که در حال حاضر ۱۸ درصد از کل انرژی تولید جهان از منابع انرژی های تجدیدپذیر تامین می شود و بسیاری از کشورها در سیاستگذاری های آتی خود، افزایش کاربرد این انرژی ها را مد نظر قرار داده اند . افزایش سرمایه گذاری های کشورهای جهان از ۵۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۶ به ۷۱ میلیلرد دلار در سال ۲۰۰۷ در زمینه انرژی های تجدید پذیر و سهم ۳۰ درصدی برق خورشیدی در این سرمایه گذاری ها، نشانگر توجه روز افزون کشورهای جهان به پتانسیل این منابع انرژی پاک و بویژه انرژی خورشیدی در این میان است.

نشانه رشد این توسعه ، افزایش ۳۰-۱۵ درصدی تولید برق و آب گرم از خورشید در فاصله سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ طبق آخرین آمار ارائه شده است . سیستم های برق خورشیدی متصل به شبکه با رشد سالانه ۵۰درصدی طی سال های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ در این میان بیشترین رشد را داشته اند که معادل استفاده ۱/۵ میلیون خانه در سال از این سیستم است . براساس این آمار تا انتهای سال ۲۰۰۷ حدود ۷/۸ گیگاوات برق جهان از این طریق تامین شده که کشور آلمان به تنهایی نیمی از سهم را داشته یا کلکتورهای حرارتی خورشیدی که هم اکنون در ۵۰میلیون ساختمان در سراسر جهان نصب شده اند و کشور چین در این میان بیشترین سهم را دارد. این سرمایه گذاری ها و پیشرفت ها بویژه در آلمان که تابشی بمراتب کمتر از میزان تابش خورشید در کشور ما دارد، لزوم توجه به این انرژی بویژه در بخش سیاستگذاری های ملی را نشان می دهد. این افزایش سرمایه گذاری ها در جهان در حالی است که علی رغم آرمان های ایده ال در نظر گرفته در این خصوص ، سهم استفاده از چنین انرژی ای در کشور نزدیک صفر است و برنامه ریزان و سیاستگذاران از پتانسیل های علمی و فنی موجود در این زمینه بوژه در بخش خصوصی استفاده نمی کنند .

آیا نیروگاه های خورشیدی با توسعه خود، در آینده نزدیک قادر به رفع مشکل تامین برق و حتی مشکل کم آبی کل مردم دنیا خواهند بود؟

در حال حاضر مهم ترین مانع توسعه فناوری خورشیدی، هزینه سرمایه گذاری اولیه نسبتا بالای آن است که جایگزین کردن این فناوری به طور کامل با سیستمهای کنونی تولید برق در آینده نزدیک را توجیه ناپذیر می سازد ، اما با توجه به روند کاهش منابع سوخت های فسیلی و بحران های تامین این منابع در بسیاری از کشورهای جهان به همراه روند رو به رشد سرمایه گذاری های تحقیقاتی در این زمینه و حرکت به سمت استفاده از فناوری هایی چون نانو در ساخت صفحات خورشیدی مولد برق که به منظور افزایش بازده و اقتصادی کردن فناوری خورشیدی در برطرف کردن بسیاری از نیازهای روز مره موفق باشد.

توسعه نیروگاه های خورشیدی تا چه اندازه به چرخه تولید برق کشورمان کمک خواهد کرد؟

اکنون بیشتر برق تولید کشور از نیروگاه های گازی و بخاری استفاده می شود که با احتساب بازده متوسط ۳۶ درصدی این نیروگاه ها و تلفات موجود در شبکه انتقال و توزیع برق ، حدود ۹۰ درصدی انرژی تولیدی به مصرف کننده از میان می رود . ضمن اینکه اثرات زیست محیطی بالای این نیروگاه ها به همراه محدودیت این منابع ، معضلات فراوانی را در پی دارد. با استفاده از نیروگاه های خورشیدی که می توان ضمن صرفه جویی در میزان منابع محدود انرژی ـ که بعضا مشکلات بسیاری در استخراج آنها وجود دارد ـ تاثیری مستقیم در کاهش اثرات زیست محیطی و لطمات اقتصادی ناشی از آن گذاشت . به عنوان مثال تولید تنها یک کیلو وات ساعت در ردوز برق خورشیدی می توتند سالانه از تولید ۰/۲ تن دی اکسید کربن که توسط نیروگاه ها در کشور تولید می شوند ، جلوگیری کند که این میزان معادل صرفه جویی سالانه ۰/۵ بشکه نفت خام است که از لحاظ اقتصادی ارزشمند است .

در پایان یادآور می شود که :

استفاده از منبع رایگان انرژی خورشیدی و نپرداختن هزینه بابت استفاده از آن همراه حفظ محیط زیست از جمله مزایای اصلی این انرژی است .

فهرست مراجع

مقالات ، کتب و مجلات

1-BP AMOCO STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY . 2000

2- Jansen P.. Energiewirtschaft. Technisch Universitiat Wien. 1990

۳ـ ترازنامه انرژی ۱۳۷۸ـ تالیف: دفتر برنامه ریزی انرژی وزارت نیرو و امور انرژی ،۱۳۷۹

۴ـ ترازنامه انرژی ۱۳۷۹ـ تالیف: دفتر برنامه ریزی انرژی وزارت نیرو و امور انرژی ، ۱۳۸۰

۵ـ ترازنامه انرژی ۱۳۸۱ـ تالیف: دفتر برنامه ریزی انرژی وزارت نیرو و امور انرژی ، ۱۳۸۲

۶ـ جایگاه انرژیهای تجدیدپذیر در ساختار انرژی ایران و جهان ـ تالیف : داریوش آزرم و مهرداد عدل ، نشریه علمی برق ، سال چهاردهم ، شماره اول ، بهار ۱۳۸۰ ، صفحه ۷۴-۹۳

۷ـ بررسی اثرات اجتماعی و زیست محیطی استفاده از انرژی زیست توده ـ تالیف : ابواقاسم علی قارداشی ، مهرداد عدل ، عبدالرضا کرباسی و کامران نائیجی ،

۸ـ توسعه کاربرد انرژیهای تجدید پذیر در ایران ـ تالیف : دکتر عبدالرزاق کعبی نژادیان، مجله صنعت برق

۹ـ کتاب انرژی ـ تالیف : دکتر مصطفی علی شیرین پور و دکتر محمود مصلحی فرد ، انتشارات نیما

۱۰ـ چشم انداز اقتصاد در ایران ـ تالیف : حسین ملک محمد ، روزنامه اطلاعات

۱۱ـ تولید برق در نیروگاهها ـ تالیف : دکتر رحمت الله هوشمند، انتشارات دانشگاه شهید چمران

۱۲ـ تولید الکتریسیته و بهره برداری ـ تالیف : A.G. Wood & B.F .WOLLENRG ، ترجمه : دکتر حسین سیفی ، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

۱۳ نیروگاههای حرارتی ـ تالیف : M.M.EL_Wakil ترجمه : کاظم ساربچی ، انتشارات : مرکز نشر دانشگاهی.

۱۴ ـ سایتهای اینترنتی