

ارائه شده در سایت بازارچه تحقیقاتی

bazar4h.ir

# نیروگاه

انواع نیروگاههایی که در سطح جهان به امر تولید برق اشتغال دارند عبارتند از:

۱) نیروگاههای بخاری

۲) نیروگاههای آبی

۳) نیروگاههای گازی

۴) نیروگاههای سیکل ترکیبی

۵) نیروگاههای اتمی

۶) نیروگاههای خورشیدی

۷) نیروگاههای بادی

۸) نیروگاههای پمپ ذخیره ای

۹) نیروگاههای جذر و مدی دریا

۱۰) نیروگاههای زمین گرمایی (ژئوترمال)

۱۱) نیروگاههای موجی (موج دریا)

۱۲) نیروگاههای دیزلی

## ۱۳) نیروگاههای مگنتو هیدرودینامیک MHD

## ۱۴) نیروگاههای بیوماس

## ۱۵) ...

به طوری که از نام این نیروگاهها بر می‌آید هریک از آنها برای تولید برق، فن آوری ویژه‌ای دارند که درجای خود توضیح خواهیم داد. در حال حاضر انواع نیروگاههایی که در کشور ما ایران دردست بهره برداری قراردارند عبارتند از: نیروگاههای آبی، گازی، دیزلی، بادی، خورشیدی، سیکل ترکیبی و به زودی نوع اتمی آن نیز شروع به کارخواهد کرد.

ولی قبل از اینکه وارد بحث نیروگاهها، تولید، انتقال و توزیع برق شویم، پیتراست کمی درباره کاربردهای گوناگون انرژی‌ها و تبدیل آنها به انرژی برق و روش‌های تولید آن سخن بگوییم.

استفاده از انرژی‌های خدادادی موجود در طبیعت، همیشه مورد نظر بوده است. مطالعات گوناگونی برای تغییر شکل انرژی، به طوری که به کارگیری آن ساده باشد، صورت گرفته است. حاصل این کوشش‌ها، انرژی الکتریکی است که از تبدیل سایر انرژی‌ها به دست می‌آید.

امروزه یکی از مهم‌ترین شکل‌های انرژی که در تمام جهان مود استفاده قرار می‌گیرد، انرژی برق است. همان طور که در کتاب‌های علوم خوانده‌ایم، انرژی‌ها قابل تبدیل به یکدیگرند . مثلاً انرژی مکانیکی را می‌توان به انرژی الکتریکی تبدیل کرد. به همین ترتیب انرژی شیمیایی و حرارتی را و برعکس.

عوامل زیرسیب می‌شوند که استفاده از برق ساده‌تر و راحت‌تر از سایر انرژی‌ها باشد:

۱) برق را می‌توان به سهولت از نقطه‌ای به نقطه دیگر انتقال داد. به عنوان مثال توسط دو رشته سیم انرژی الکتریکی به خانه ما راه می‌یابد.

۲) کارکردن با برق ساده تر است.

۳) دستگاههای متعددی می توان ساخت که با برق کار کنند.

۴) در تبدیل انرژی الکتریکی به انرژیهای دیگر مواد زاید ایجاد نمی شودو...

انرژی الکتریکی کاربردهای گوناگونی دارد که اهم آنها عبارتند از:

### مصارف صنعتی

تقریباً بیش از نصف برق تولیدی برای رفع احتیاجات صنعتی به کار می رود. موتورهای الکتریکی در اندازه های کوچک و بزرگ چرخ صنایع را به حرکت درمی آورند. الکترومغناطیس های بزرگ در جرثقیل ها کار جابه جا کردن قطعات بزرگ فلزی را به عهده دارند.

### کاربرد در کشاورزی

اگر شما فرزند یک کشاورز باشید می توانید بسیاری از کاربردهای برق در مزارع را نام ببرید. می دانیم تا چندی قبل بسیاری از کارهای مزرعه توسط کشاورزان و خانواده های آنان با کمک حیواناتی مثل اسب انجام می شد. اینک چه تغییری پیدا شده است؟ مواد غذایی با بهای کمتری از نظرهای نیروی انسانی تهیه می شود، کشاورزان از وسایل زندگی بهتر استفاده می کنند و انرژی برق در کشاورزی به کار گرفته شده است.

برق - البته نوع خاصی از آن - تراکتور کشاورز را راه می اندازد. بار او را حمل می کند. آب را به مزارع و محل مسکونی می رساند. بادبزن های الکتریکی هوای گرم تابستان را خنک می کنند. برق، گرمابخش زمستان سرد است. مانع فاسد شدن مواد غذایی می شود. صنایع غذایی را گسترش می دهد.

### کاربرد در شهرها

شهرها معمولاً ۱۰ درصد برق تولیدی را مصرف می کنند. فروشگاهها، خانه ها، هتلها، مساجد،

بیمارستانها، ادارات و دیگر مراکز شهری برق مصرف می کنند. در شهر سیستم هوای مطبوع، هوای ادارات، بیمارستانها، هتل ها و آپارتمان ها را در تابستان خنک و سالم نگه می دارد. یک بیمارستان خوب بدون داشتن دستگاههای برقی نظیر اشعة ایکس، آسانسورها، تخت های جراحی، دستگاههای استرلیزه کردن، لامپ های مخصوص و دیگر وسائل نمی تواند خدمت لازم را در اختیار بیماران قرار دهد.

روشنایی اماكن و معابر در شب، که نعمت بزرگی است فراموش نشود.

### کاربرد در حمل و نقل

حمل و نقل زمینی، دریایی، هوایی به صورت پیشرفته امروزی فقط با استفاده از نیروی برق مقدور است. ماشین های سواری، اتوبوس ها، لکوموتیوها، مستقیم یا غیر مستقیم از انرژی برق استفاده می کنند. در خطوط کشتیرانی از پختن غذا گرفته تا تهويه هوای کشتی از برق استفاده می شود.

هوایپیما های مسافربری یا نظامی، روشنایی، گرما، تهويه، کنترل فشار وقدرت خود را توسط نیروی برق تأمین می کنند.

### کاربرد ارتباطاتی (مخابرات)

تلگراف، تلفن، رادیو و برنامه های فضایی قدرت خود را از برق دریافت می کنند. بدون برق نفوذ به داخل فضا و شناخت نادیده های فضایی و ارتباط با کرات آسمانی امکان پذیر نیست. امروزه کشورهای جهان توسط دستگاههای مخابراتی به هم وصل هستند. از ایستگاههای رادیویی مختلف می توان اخبار را شنید.

فکر می کنیم همین مختصراً توضیح درباره اهمیت صنعت برق و شناخت آن کافی باشد و حال به سروقت روش های تولید برق می رویم و سپس به درون نیروگاه گاه برمی داریم.

به طوری که می دانیم، انرژی الکتریکی قابل دیدن نیست. با وجود این اطراف ما را پوشانیده است. می توان گفت الکتریسیته همه جا هست. در حقیقت قسمتی از ساختمان تمام مواد طبیعی

الکتریسیته است، تنها کاری که باید انجام دهیم این است که الکتریسیته را از درون مواد بیرون بیاوریم و به کار گیریم.

همان طور که گفتیم برق شکلی از انرژی است که از تبدیل سایر انرژی‌ها به وجود می‌آید. دستگاهی را که سایر انرژی‌ها را به انرژی برق تبدیل می‌کند، مولد می‌نامند. پیل، یک مول برق است. این مولد، انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. درباره پیل (باتری) در کتاب‌های علوم به طور مفصل بحث شده است. پیل به دو صورت، پیل خشک و پیل تر موجود است. هریک از شما برای یک بار هم که شده پیل را به کار بردید، پیل خشک از وسایل الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پیل‌های مزبور در اندازه و شکل‌های مختلف ساخته می‌شوند. این پیل‌ها پس از مدتی برق آنها تمام می‌شود و دیگر نمی‌توان از آنها استفاده کرد.

یکی دیگر از انواع مولدهای شیمیایی، انباره یا باتری اتومبیل است که آن را باتری تر نیز می‌نامند. از این باتری‌های تر امروزه علاوه بر اتومبیل، در مرکز صنعتی و از جمله در داخل نیروگاه‌ها نیز برای موارد اضطراری استفاده می‌کنند. این باتری‌ها طوری طراحی شده اند که می‌توانند در دفعات زیاد پر و خالی شوند.

برقی که به روشهای مختلف تولید می‌شود به نام برق جریان مستقیم یا برق DC و برق جریان متناوب AC نامگذاری شده است. برق DC مانند یک خیابان یک طرفه است. الکترون‌ها مانند وسایل نقلیه فقط در یک جهت حرکت دارند. برق AC یا برق جریان متناوب در صنعت و مصارف خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

دستگاهی را که برق AC تولید می‌کند، مولد یا ژنراتور می‌نامند. بر حسب اینکه انرژی لازم برای به حرکت درآوردن مولد از چه منبعی دریافت شود، مولد را با آن نام می‌خوانند. مانند نیروگاه‌هایی که قبلًاً انواع آنها را نام بردید ایم. به عنوان مثال اگر برای گرداندن مولد، از انرژی حرارتی استفاده شود، مولد را توربوژنراتور حرارتی می‌گویند که از جمله آنها

توربوجنراتورهای بخاری است.

طرز کار این نوع مولد به این ترتیب است که ابتدا آب را به وسیله سوختی مانند زغال سنگ، گاز و مواد نفتی مانند مازوت به بخار تبدیل می کنند. بخار تولید شده پس از عبور از لوله های مخصوص با فشار زیاد به پره های توربین برخورد می کند و آن را به گردش درمی آورد. چون محور توربین و محور ژنراتور به هم متصلند، درنتیجه ژنراتور شروع به چرخیدن کرده و برق تولید می کند.

مولد برقی که به وسیله موتور دیزلی به گردش درمی آید به نام دیزل ژنراتور نامیده می شود. به همین ترتیب می توان برای تولید برق از انرژی باد، خورشید، آب و همچنین از انرژی هسته ای استفاده کرد که در این باره، هنگام توضیح درباره کار این نوع نیروگاهها مفصل تر صحبت خواهیم داشت.

یادمان نرود که دینام دوچرخه هم یک ژنراتور کوچک برق است که محور آن توسط انرژی پاها یمان هنگام رکاب زدن به حرکت درمی آید و مقداری از انرژی ما به برق تبدیل می شود و ما می توانیم در روشنایی لامپ دوچرخه، به حرکت خود در شب ادامه دهیم.

### نیروگاه های بخاری

در این نوع نیروگاه ها که عموما دارای ظرفیت تولید برق بالایی میباشند، از سوخت مازوت و یا گاز طبیعی برای تولید بخار توسط بویلر جهت به حرکت درآوردن پره های توربین و روتور ژنراتور استفاده شده و در نهایت موجات برق میگردد. در این نیروگاه ها از سیستم خنک کننده خشک و تر جهت خنک کردن آب حاصل از چگالش بخار خروجی از توربین بخار استفاده میگردد. این نیروگاه ها معمولا به یکی از دو منظور ذیل مورد استفاده قرار می گیرند:

۱) نیروگاه های بخاری جهت تولید برق

۲) نیروگاه های بخاری جهت مصارف صنعتی

در شبکه سراسری برق ایران حدود ۶۵٪ از برق تولیدی توسط نیروگاه های بخار تأمین میشود.

بزرگترین نیروگاه بخاری ایران نیروگاه رامین اهواز است.

نیروگاه های بخار به منظور تأمین انرژی الکتریکی به سه نوع تبدیل انرژی نیاز دارند:

۱) انرژی شیمیایی موجود در سوخت های فسیلی به انرژی حرارتی تبدیل می شود و توسط حرارت تولید شده آب مایع به بخار تبدیل می شود. این کار در دیگ بخارانجام می شود.

۲) تبدیل انرژی حرارتی بخار به انرژی مکانیکی، این کار توسط توربین انجام می شود.

۳) تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی، این کار توسط ژنراتور انجام می شود.

در دیگ بخار با استفاده از حرارت منبع حرارتی، بخار مورد نیاز تأمین میشود. این بخار با فشار و دمای بالا وارد توربین شده و توربین را به حرکت در می آورد؛ بخار خروجی از توربین باید به نحوی وارد سیکل نیروگاه شود که از آنجایی که امکان پمپ نمودن بخار وجود ندارد، بخار خروجی توربین ابتدا در سیستم خنک کننده تبدیل به مایع شود و توسط پمپ آب مجدداً وارد سیکل نیروگاه شود.

این نوع نیروگاهها (توربین ها) از نظر فشار بخار تولیدی در بویلر و بخار مصرفی در توربین بدو دسته عمدۀ تقسیم می گردند.

در توربین های از نوع فشار ثابت (constant pressure) بویلر و توربین هیچ نوع انعطافی از خودنشان نمی دهند و لذا از این نوع توربین ها (نیروگاهها) درجهت تولید بار پایه استفاده می گردد.

در توربین های از نوع فشار متغیر (sliding pressure) می توان بر روی بویلر و توربین، تغییرات فشار را اعمال نمود. این نوع مولد ها معمولاً جهت تولید بار میانی هفته بکار میروند. قدرت قابل دسترسی این نوع مولد ها از چند مگاوات تا یک هزار مگاوات متغیر است. هزینه سرمایه گذاری برای هر کیلو وات قدرت نصب شده متناسب با حجم تجهیزات کمکی و قدرت واحد و نوع آن از پانصد تا یک هزار دلار متغیر است و مدت زمان اجرای آن معمولاً پنج سال

طول می کشد.

از آنجائی که در این نوع نیروگاهها هزینه قدرت نصب شده به ازای هر کیلو وات با افزایش قدرت واحد، کاهش می یابد، از این رو سیر افزایش قدرت قابل ساخت و نصب این نوع واحدها از سرعت بیشتری برخوردار است. لازم به توضیح است که راندمان این نوع نیروگاهها تا ۴ درصد هم می رسد.

روش تولید برق در این نوع نیروگاهها به این ترتیب است که سوخت فسیلی ( ذغالسنگ، گاز، گازوئیل، مازوت ) بوسیله مشعل های خاصی، به محفظه ای بنام کوره، پاشیده می گردد و با اشتعال آن در مجاورت هوا که بوسیله فن های بزرگی تامین می شود، حرارت قابل توجهی در این محفظه تولید می گردد. حرارت حاصله، آب ( گرمی ) را که با پمپ از داخل لوله های تعییه شده در آن عبور میکند پس از طی مراحلی به بخاری با درجه حرارت بالا و فشار زیاد که در اصطلاح به آن بخار خشک می گویند، تبدیل می نماید. بخار خشک حاصله پس از خروج از کوره وارد توربین می شود.

بخار واردہ به توربین آن را به حرکت در می آورد و ژنراتور را که با توربین هم محور و کوپله است به همراه آن به گردش در می آید و جریان برق تولید می شود. بخار ورودی به توربین با از دست دادن بخش عمدی از حرارت و فشار خود وارد محوطه ای بنام کندانسور می شود. در کندانسور این بخار به لحاظ تماس با سطح سرد، تقطیر می شود و به آب تبدیل می گردد. آب تقطیر شده مجدداً از هیتر های متعددی عبور داده شده و گرم می شود و در نهایت توسط پمپ مجدداً به درون کوره هدایت می شود و سیکل خود را دوباره طی می کند.

آب خنک کن ( آبی که جهت ایجاد سطوح سرد در کندانسور بکار می رود ) که خود ضمن سرد کن بخار خروجی از توربین، گرم شده است به برج خنک کن هدایت می شود و پس از خنک شدن دوباره به مدار خودباز می گردد.

راندمان نیروگاههای بخاری در حدود ۰.۴ درصد است. تقریباً ۱۰ درصد انرژی در اگزوز و ۵۰ درصد نیز از طریق کندانسور تلف می شود.

## سیستم آتش نشانی

آب : کلیه قسمتهای نیروگاه (ساختمان شیمی ، ماشین خانه ، بویلر ، کارگاه ، انبار و ...) و محوطه مجهز به سیستم آب آتش نشانی می باشند.

فوم : کلیه قسمتهای سوخت رسانی اعم از مخازن سوخت سبک و سنگین و ایستگاه تخلیه سوخت ، بویلر دیزل اضطراری و بویلر کمکی مجهز به سیستم فوم می باشند.

گاز CO<sub>2</sub> : کلیه سیستمهای الکتریکی از قبیل ساختمان الکتریکی و ... توسط گاز CO<sub>2</sub> حفاظت می گردد.

## نیروگاه های آبی

اینگونه مولدها در مناطقی که دارای آب جاری فراوان باشند بکار گرفته می گردد. متناسب با میزان آب جاری رودخانه در طول سال و حداقل و حداقلر دبی آب رودخانه ، سدی بر روی رودخانه احداث می گردد و این سد توسط مجاری خاصی آب را از توربین عبور می دهد و محور آن را به گردش در می آورد . این محور گردان به نوبه خود ژنراتوری را که با آن کوپله است به چرخش در می آورد و بدین ترتیب جریان الکتریسیته تولید می شود.

ظرفیت قابل برداری از نیروگاههای آبی علاوه بر عامل نگهداری صحیح ، تابعی از میزان دبی رودخانه می باشد که آنهم متاثر از میزان ریزش باران است . ارتفاع موثر نیز عامل غیر قابل انکاری در این زمینه به شمار می آید . ظرفیت نیروگاههای آبی را سریعاً - که از چند دقیقه تجاوز نمی کند - می توان در اختیار شبکه قرار داد، در حالیکه این امر در مورد نیروگاههای حرارتی به مدت زمان بیشتری نیاز دارد.

از این نیروگاهها با توجه به میزان قدرت و انرژی قابل تولید و لزوم یا عدم لزوم و چگونگی کنترل آب برای مصارف کشاورزی ، صنعتی و شهری ، به عنوان مولد یکی از بارهای پایه ، میانی و یا پیک استفاده می گردد.

هزینه احداث اینگونه نیروگاهها در حدود هزار تا هزار و پانصد دلار به ازاء هر کیلو وات قدرت نصب شده می باشد ، لیکن به لحاظ ناچیز بودن هزینه های برداری و نگهداری و تعمیرات ، هزینه تولید هر کیلو وات ساعت انرژی در این نوع نیروگاهها نصف هزینه تولید همین مقدار انرژی در نیروگاههای بخاری است . ( با احتساب کلیه هزینه های تولید همچون

هزینه استهلاک ، سود ، سوخت ، دستمزد و تعمیرات و ... )

در اینجا شایسته است مقایسه ای اجمالی پیرامون نیروگاههای حرارتی و آبی صورت پذیرد:

۱) نیروگاههای آبی به سوخت فسیلی یا هسته ای نیاز نداشته و از این رو با مشکل سوخت رسانی مواجه نمی باشند.

۲) هر چند که هزینه سرمایه گذاری اولیه در اینگونه نیروگاهها از نیروگاههای حرارتی بیشتر است ، لیکن نیروگاههای آبی بواسطه ایجاد دریاچه پشت سد ، کنترل سیلاب ، فراهم آوردن فضای سبز . مکانی برای استراحت و انجام تفریحات آبی و غیره موارد استفاده دیگری نیز در برخواهند داشت.

۳) در یک ظرفیت مشخص ، زمان اجرای پروژه نیروگاه آبی معمولاً بیشتر از نیروگاههای بخاری می باشد . علت این امر طولانی بودن فاز مطالعات هیدرولوژیکی می باشد.

۴) عمر مفید نیروگاههای آبی ، بخصوص بخش تاسیسات مربوط به سد ، بیش از نیروگاههای حرارتی است.

۵) نگهداری و بکارگیری نیروگاههای آبی در مقایسه با نیروگاههای حرارتی به پرسنل کمتری نیاز دارد.

## انرژی آب

در یک تقسیم بندی کلی از انرژی آب به سه صورت استفاده می شود:

در حالت اول با احداث سد در یک مکان مناسب ، آب را در پشت آن ذخیره می کنند و بدین ترتیب انرژی پتانسیل آن را افزایش می دهند . اگر آب پشت یک سد را به اجزاء یا المان های کوچکی با جرم ( $m$  با واحد کیلوگرم ) تقسیم کنیم انرژی پتانسیل هر المان بصورت  $h$  نشان داده می شود که در این رابطه  $g$  شتاب ثقل زمین ( برابر با  $9/81$  متر بر مجدور ثانیه ) و  $h$  ارتفاع طی شده توسط آن المان در یک فرایند خروج از سیستم بر حسب متر است .

بدیهی است که کل انرژی پتانسیل آب مجتمع در پشت یک سد ، از حاصل جمع انرژی پتانسیل این المان ها بدست می آید . بی شک هر چقدر ارتفاع آب پشت سد و یا حجم و ( در نتیجه جرم ) آن زیاد باشد می توان انرژی بیشتری از آن کسب نمود.

حالت دوم استفاده از خاصیت جاری بودن آنست . آب جاری دارای انرژی جنبشی بصورت است که در آن  $M$  جرم آب و  $V$  سرعت آب ( بر حسب متر بر ثانیه ) می باشد .

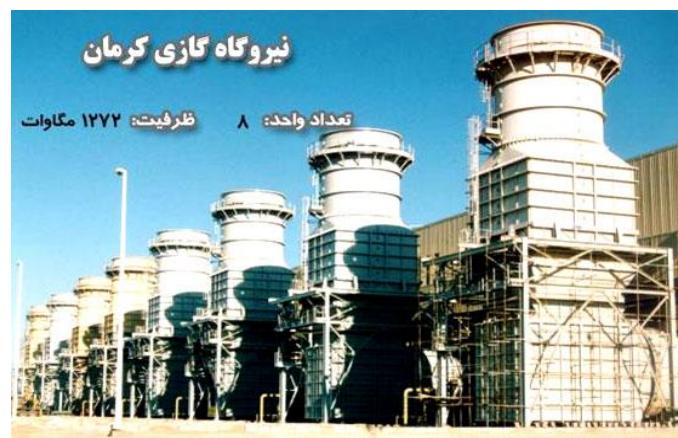
حالت سوم نیز تلیفیقی از دو حالت فوق است که نمونه بارز آنرا در سدهای کوچک و کم

ارتفاع که در آنها آب دارای سرعت بالائی است ، می توان دید .  
در هر سه حالت جهت استفاده از انرژی آب و انجام دادن کار توسط آن لازم است انرژی آب به انرژی جنبشی ( چه به فرم و چه به شکل ضربه )  $m.v$  نبدیل گردد . در سدهای مرتفع تاکید اصلی روی ضربه ( سرعت ) است و در سدهای کم ارتفاع بیشتر عامل جرم مد نظر قرار می گیرد .



### نیروگاه های گازی :

کاربرد روز افزون توربین های گازی در صنایع مختلف ، به خصوص در صنایع نفت و الکترونیک ، از قبیل به حرکت در آوردن پمپ های بزرگ در داخل خطوط لوله نفت و گاز ، تامین انرژی مورد نیاز کارخانجات و مناطق خاص جدا از شبکه بسیار چشم گیر و قابل توجه است . همچنین در صنعت تولید نیروی برق شبکه های سراسری ، با عنوان واحد هایی قادرند سریعاً در مدار قرار گیرند بسیار مورد توجه هستند .



این نوع مولدات با چند صد کیلووات تا دویست مگاوات به صورت سری سازی ساخته می شود. قدرت و مدل این نوع مولدات و مولدات دیزلی که متعاقباً، معرفی خواهند شد، تابعیت چندانی از خریدار ندارد بلکه کلیه انواع آن از قبیل طراحی شده و به صورت سری با قبول سفارش ساخت، تا حد امکان در کارخانه سازنده به صورت کامل بر روی شاسی سوار و سپس برای نصب به محل احداث حمل می گردد.

نصب این نوع مولدات پس از ورود به کارگاه بسیار سریع صورت می گیرد و سرعت راه اندازی آنها به لحاظ حداقل بودن تجهیزات کمکی بسیار زیاد است.

از آنجایی که قدرت های قابل ساخت این مولدات گستردگی می باشد، لذا متناسب با گستردگی شبکه از آن در تامین گونه های مختلف نیاز شبکه استفاده می گردد، بدین معنی که در شبکه های کوچک و متوسط به عنوان تولید کننده بار پایه و در شبکه های بزرگ به عنوان تولید کننده بار میانی و بار پیک مورد استفاده قرار می گیرد. لازم به توضیح است که در مجتمع های تولیدی بزرگ که قطع برق شبکه باعث به وجود آمدن خسارت های زیاد می شود، از این نوع مولدات به عنوان تولید کننده برق اضطراری نیز، استفاده می شود.

بطور کلی این نوع مولدات در یک تقسیم بندی کلی در سه دسته مورد مطالعه قرار می گیرند که ذیلاً بررسی می شوند:

دسته اول، مولداتی هستند که اصول کار آنها بر پایه طراحی مولدات بخار استوار است و بر این اساس تحولات لازم در طراحی با توجه به تکنولوژی های ساخت به وجود آمده است. اصولاً این نوع مولدات از نظر وزنی سنگین و تجهیزات کمکی آنها نسبت به گونه های دیگر بیشتر بوده و معمولاً قدرت های بالای آنها اقتصادی است و بدین جهت قدرت های قابل ساخت در کارخانجات سازنده این نوع مولدات معمولاً از ۳۰ مگاوات بیشتر است. سازنده‌گان این دسته از مولدات زیمنس و ABB (پراون باوری سابق) هستند. در شبکه های کوچک از این نوع واحدها به عنوان تولید کننده بار پایه و در شبکه های بزرگ به عنوان تولید کننده بار میانی و پیک و حتی اضطراری استفاده می گردد. البته این نوع مولدات در شبکه های بزرگ، ضمن ترکیب با مولدات بخاری (چرخه های ترکیبی)، می توانند در تولید بار پایه نیز به کار روند.

راندمان این نوع مولدات عموماً در قدرت های بالا بیشتر از واحدهای مشابه می باشد ولی به سبب برخورداری از تجهیزات کمکی بیشتر و نتیجتاً هزینه نگهداری و پرسنلی بالاتر، هزینه

تولید هر کیلو وات آنها با انواع دیگر توربین های گاز ، در قدرت های معادل ، برابری می کند. این نوع مولد ها معمولاً می باشند در داخل سالن نصب گردند و به سبب سنگین بودن تجهیزات ( بالا بودن متوسط وزنی نسبت به کیلو وات تولیدی ) مدت زمان نصب و راه اندازی آنها بیشترین زمان در نوع خود را دارا می باشد.

هزینه سرمایه گذاری ارزی این دسته از مولد های گازی معادل سایرین می باشد ( با احتساب عمر مفید ) لیکن هزینه های سرمایه گذاری محلی آن از دیگر انواع توربین گاز بیشتر است.

دسته دوم از توربین گازها ، توربین های نوع جتی می باشند که عمدتاً در صنایع هوایی کاربرد دارند و بعضاً نیز با اعمال تغییرات جزئی ، به صورت توربین ژنراتور به کار می روند. عمدۀ مشخصه این نوع مولد ها در اتاق های احتراق آنها می باشد که از آلبیزهای خاصی ساخته می شوند ضمن اینکه نازل سوخت آنها نیز از نوع مرکب می باشد.

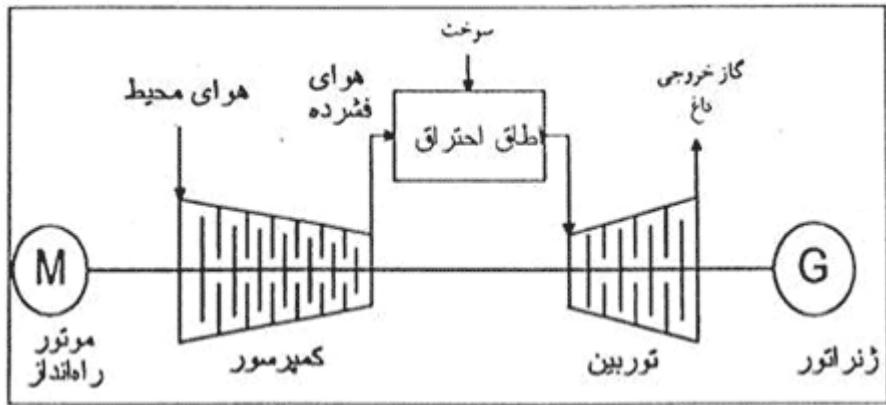
توربین از چند طبقه مجزا از هم تشکیل شده که هر یک دور گردش مخصوص به خود را دارند و بدین سبب به آنها توربین های گازی چند محوره هم گفته می شوند . دور توربینی که برای چرخاندن کمپرسور به کار می رود، به ۴۰ هزار دور در دقیقه هم می رسد . دور توربین کم دور آن معمولاً با دور ژنراتور یکی است و در حقیقت این دو با هم کوپله می باشند.

قیمت تمام شده هر کیلو وات قدرت نصب شده این نوع مولد ها ، نسبت به دیگر انواع مولد های گازی غالباً ۵ تا ۱۰ درصد کمتر می باشد لیکن به سبب تفاوت راندمان و هزینه تعمیر و نگهداری ، قیمت هر کیلو وات انرژی تولیدی آن، گرانتر از دیگر انواع می باشد.

دسته سوم، توربین های گازی صنعتی هستند که تکامل خود را از توربین های جتی آغاز کرده اند لیکن کاملاً از انواع جتی فاصله گرفته اند و تنها خصیصه ای که از جت ها دارند ، تعداد اتاق های احتراق آنهاست.

عمده سازندگان این نوع مولد های گازی خانواده جنرال الکتریک و خانواده و ستینگ هاووس می باشند که هر کدام شامل چند سازنده عمده هستند.

مدل عمومی کارکرد دسته اول و سوم مولد های گازی در شکل زیر به تصویر کشیده شده است:

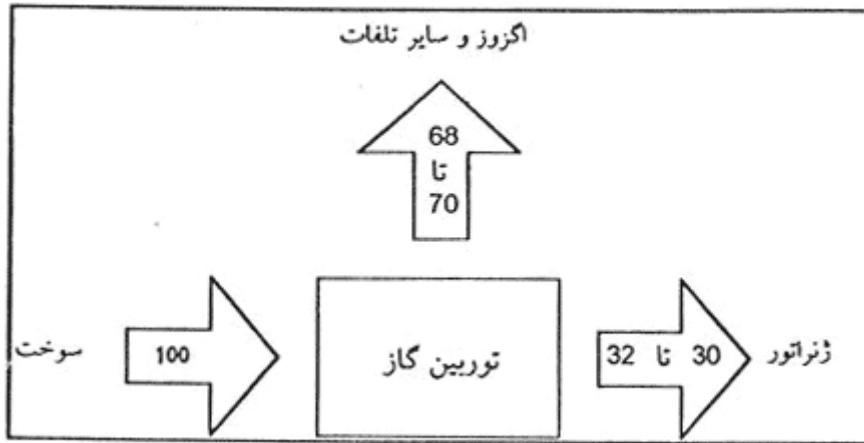


نحوه کارکردهای گازی بدین ترتیب است که کمپرسور در حال گردش با دور زیاد ، هوای محیط را مکیده و فشار آن را به چندین برابر فشار محیط ( حدود ۱۰ برابر ) می رساند ، ضمن اینکه نسبتاً درجه حرارت آن نیز افزایش می یابد . هوای فشرده شده از کمپرسور خارج و به درون محفظه یا محفظه های احتراق هدایت می شوند . در داخل اتاق احتراق شعله دائمی برقرار است و سوخت ( گاز ، گازوئیل و یا بعضاً مازوت ) نیز با فشار مناسبی به درون آن پاشیده می شود .

سوخت به همراه هوای فشرده در مجاورت شعله ، آتش می گیرد و گاز داغی با حجم زیاد که دمای آن به ۱۸۰۰ درجه سانتیگراد می رسد تولید می گردد . گاز حاصل که نتیجه یک احتراق کامل بدون تولید دوده است ، به سبب محدودیت های تکنولوژیکی مستقیماً قابل ارسال به توربین نمی باشد و لازم است خنک گردد . این کار توسط هوای اضافی ورودی به اتاق احتراق ، از طریق کمپرسور ، انجام می گیرد .

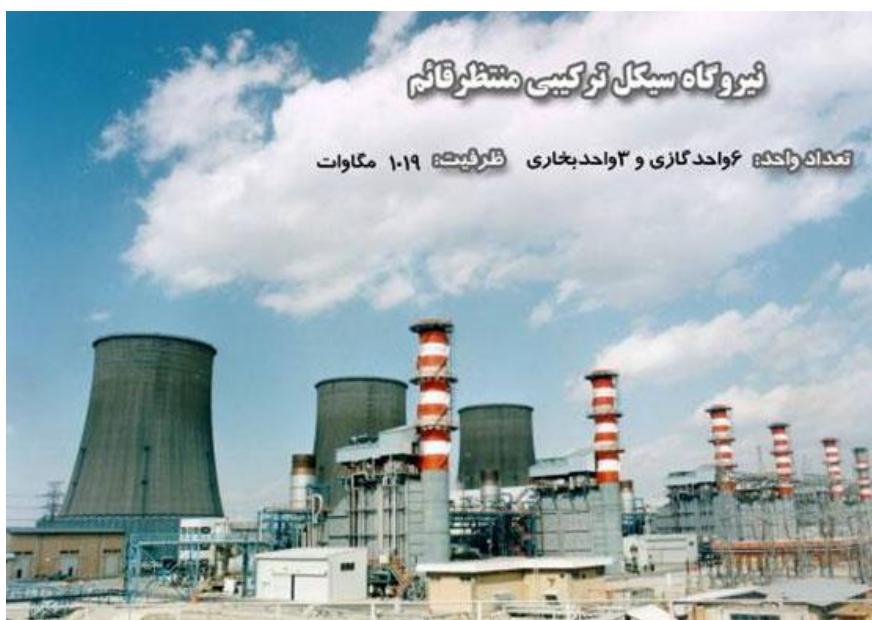
گاز داغ مناسب از نظر درجه حرارت ، وارد توربین شده و بخش اعظم انرژی خود را به صورت انرژی مکانیکی دورانی ، به توربین منتقل می کند و خود از طریق اگزوژ خارج می گردد . حدود دو سوم ( $\frac{2}{3}$ ) انرژی دورانی حاصله از توربین به مصرف گرداندن کمپرسور ، و یک سوم ( $\frac{1}{3}$ ) آن برای گردش ژنراتور به کار می رود . ژنراتوری که یا به صورت مستقیم و یا از طریق جعبه دندنه با توربین هم محور و کوپله است ، با میدان الکتریکی گردان خود ، در استاتور ، جریان الکتریسته با ولتاژ از پیش طراحی شده تولید می کند .

شمای حرارتی نیروگاههای گازی در شکل زیر آمده است :

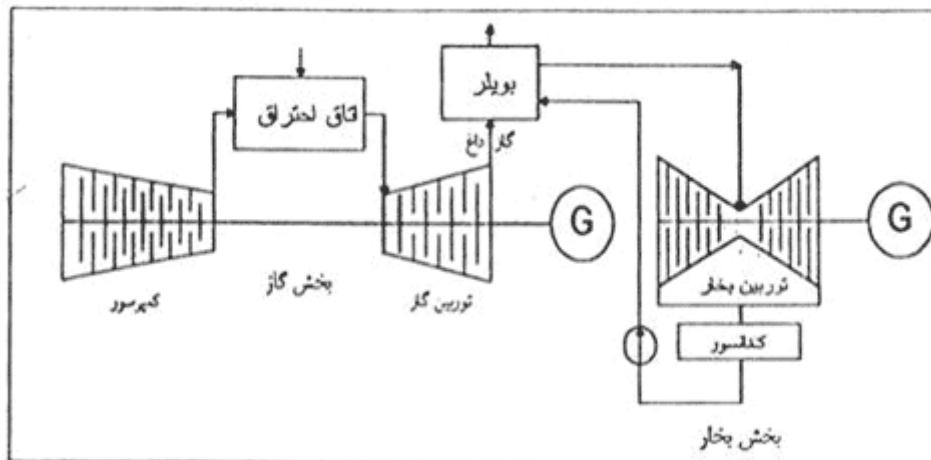


## نیروگاه های سیکل ترکیبی

در توربین گاز جهت کنترل درجه حرارت در اتاق احتراق ضروری است که احتراق با هوای بسیار زیاد صورت پذیرد. دود خروجی از اگزوژن توربین گاز، علاوه بر اینکه دارای درجه حرارت بالایی است، اکسیژن کافی نیز جهت احتراق دارد ولی در نیروگاههای سیکل ترکیبی از انرژی گاز خروجی از اگزوژن به روش های مختلفی جهت تولید بخار استفاده می شود که در بخش های آتی به آن اشاره خواهیم کرد.



شکل زیر شمای عمومی نیروگاههای سیکل ترکیبی را نشان می‌دهد:

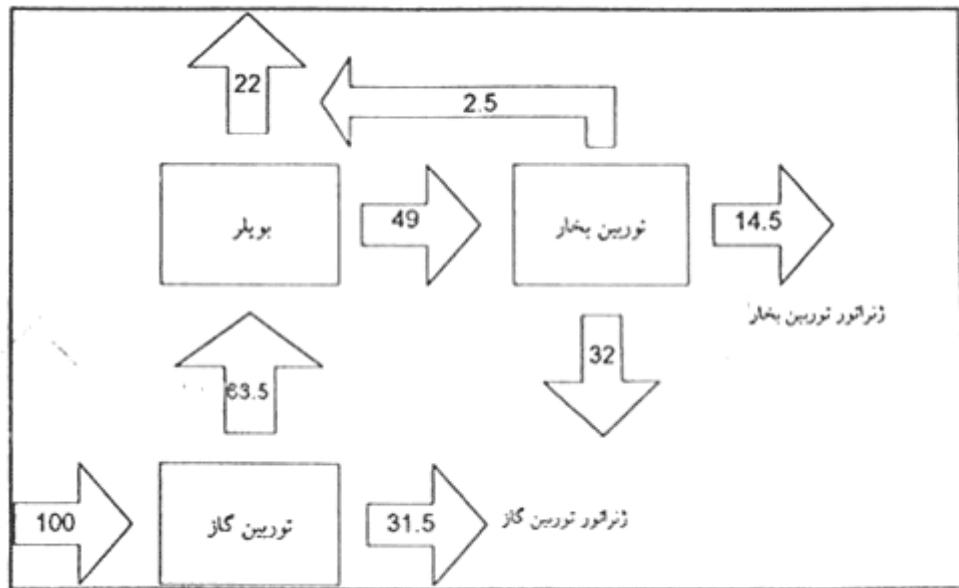


بر اساس نحوه استفاده از گاز خروجی، نیروگاههای سیکل ترکیبی به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند.

۱) نیروگاههای سیکل ترکیبی بدون مشعل در این نوع، دود خروجی از اگزوژن توربین گاز که حجم بالا و دمای زیادی (دمای گاز خروجی در بار اسمی در حدود ۵۰۰ درجه سانتی گراد است) دارد به بویلری هدایت می‌شود و به جای مشعل و سوخت در واحدهای بخاری، جهت تولید حرارت به کار می‌رود. بخار تولید شده نیز توربین بخار را به چرخش در می‌آورد. این امر باعث بالا رفتن راندمان مجموعه نیروگاهی می‌گردد، ضمن آنکه هزینه های سرمایه گذاری به ازای هر کیلو وات تا حد قابل ملاحظه ای کاهش پیدا می‌کند. این مجموعه برای تولید برق پایه استفاده می‌شود و کارآیی آن در صورتی که فقط برای تولید برق به کار رود تا ۵ درصد هم بالا می‌رود.

در مناطق سردسیر با بکارگیری توربین بخار با فشار خروجی زیاد (Back pressure) به جای کندانسور و برج خنک کن در تامین آب گرم و بخار مصرفی گرمایش مناطق شهری و صنعتی نیز استفاده می‌شود که در این صورت راندمان تا ۸۰ درصد هم افزایش می‌یابد.

در شکل زیر شمای حرارتی نیروگاههای سیکل ترکیبی بدون مشعل آورده شده است:

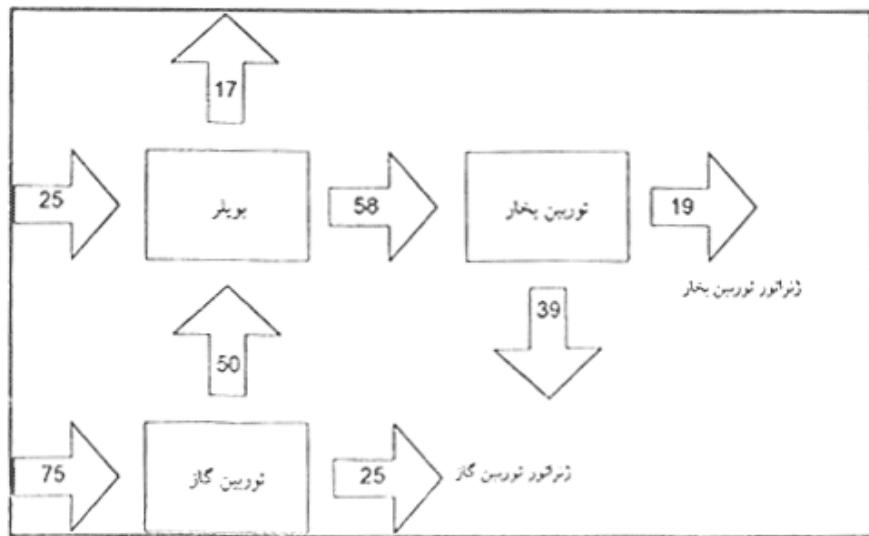


### ۲) نیروگاههای سیکل ترکیبی با سوخت اضافی (مشعل)

در نیروگاههای سیکل ترکیبی بدون مشعل ، کارکرد بخش بخار وابستگی کامل به کارکرد توربین گاز دارد . در مواردی که نیاز به کارکرد دائمی بخش بخار وجود دارد با تعییه مشعل در بویلر ، به گونه ای که در صورت توقف بخش گاز کارکرد قسمت بخار با اشکال مواجه نگردد ، عملکرد مستقل این دو بخش تامین می شود و بدین ترتیب ، این نوع نیروگاههای سیکل ترکیبی شکل گرفته اند .

این نوع سیکل ترکیبی عموماً به منظور بالا بردن قدرت و جلوگیری از نوسانات قدرت توربین بخار با تغییر بار توربین گاز به کار گرفته می شود . امکان کارکرد واحد بخار در نقطه کار مناسب تر با تعییه مشعل ساده ، به کارگیری سوخت مناسب و استفاده از گاز داغ خروجی توربین گاز به عنوان هوای دم عملی است . قدرت واحد گاز و واحد بخار در حداکثر بار سیستم مساوی است . راندمان این نوع سیکل ترکیبی از واحد بخاری ساده بیشتر و از سیکل ترکیبی بدون مشعل کمتر می باشد . این نوع واحد ها غالباً در مواردی که علاوه بر تامین انرژی الکتریکی ، تامین آب مصرفی و یا بخار مورد نیاز واحدهای صنعتی نیز مد نظر باشد ، به کار می رود .

شکل زیر شمای حرارتی عمومی نیروگاههای سیکل ترکیبی با مشعل را نمایش می دهد :



### ۳) نیروگاههای سیکل ترکیبی جبک تامین هوای دم کوره بویلر

این نوع سیکل ترکیبی مشابهت زیادی با توربین بخار معمولی دارد با این تفاوت که در نیروگاه بخاری ساده از سیستم پیش گرم کن هوا و فن تامین کننده هوای دم که خود مصرف کننده انرژی است استفاده می گردد . لیکن در این گونه سیکل ترکیبی، سیستم گرمایش و فن دمنده هوای احتراق کوره را توربین گاز بر عهده گرفته است . بدین ترتیب راندمان واحد بخاری ساده با جانشین کردن سیستم تامین هوای دم با توربین گاز ، بطور نسبی بهبود می یابد . معمولا این نوع سیکل ترکیبی در نیروگاههای بخاری بزرگ که سوخت آن ذغال سنگ و یا مازوت می باشد ، به کار می رود . قدرت تولیدی توربین گاز در این نوع سیکل حداقل ۲۰ درصد قدرت تولید کل نیروگاه است .

### بررسی بیشتر نیروگاههای سیکل ترکیبی

کاربرد گونه های مختلف سیکل های ترکیبی متفاوت می باشد ولی از آنجایی که سیکل های ترکیبی بدون مشعل در ارتباط با تولید بار پایه و میانی از اولویت بیشتری برخوردار است (هزینه سرمایه گذاری کمتر، مدت زمان نصب و راه اندازی کمتر ، راندمان بالاتر و قابلیت انعطاف بیشتر )، ذیلاً به تشریح این نوع چرخه ها می پردازیم :

### سیکل های ترکیبی بدون مشعل

هدف اصلی در این نوع سیکل های ترکیبی ، استفاده مجدد از حرارت تلف شده اگزوژن توربین

گاز به منظور بالا بردن بهره وری سوخت می باشد.

جهت حصول به هدف فوق و به حداقل رساندن هزینه ها ، سه رویه اجرایی در ابتداء نظر قرار گرفت و بر اساس آن سازندگان مختلف و تولید کنندگان انرژی الکتریکی نسبت به نصب هر سه گونه سیکل اقدام نمودند که ذیلاً معرفی و تشریح می شوند:

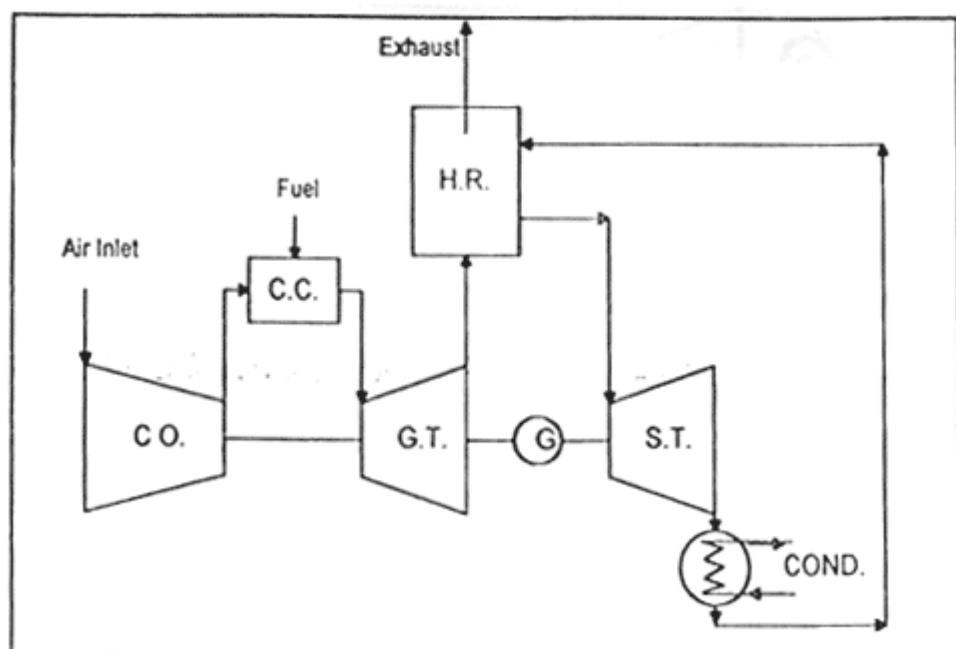
یک توربین گاز ، یک بویلر و یک توربین بخار

آرایش این گونه سیکل های ترکیبی بر پایه تقلیل هزینه سرمایه گذاری اولیه می باشد و حاصل تجارت اولیه در زمینه کاربرد چند توربین گاز با یک ژنراتور می باشد.

در این روش محور توربین گاز و محور توربین بخار و محور ژنراتور مشترک بوده و بصورت مجموعه واحد عمل می کند.

طرز کار کلی سیستم به این صورت است که گاز حاصل از احتراق توربین گاز ، قسمتی از انرژی مکانیکی خود را جهت به چرخش در آوردن توربین گاز مصرف می کند . گاز داغ خروجی از توربین گاز ، ضمن عبور از بویلر و تولید بخار وارد اتمسفر می گردد. بخار تولیدی در بویلر ، در توربین بخار منبسط شده و قسمتی دیگر از نیروی مکانیکی لازم جهت تولید انرژی الکتریکی در ژنراتور را تامین می کند.

طرح کلی این سیستم در شمای زیر منعکس می باشد:



در این روش به سبب اینکه غالباً ضریب قابلیت بھرہ برداری توربین گاز از بویلر و توربین بخار کمتر می باشد ، اگزوژ کمکی برای توربین گاز بکار نمی رود و قابلیت بھرہ برداری کل مجموعه معادل توربین گاز خواهد بود و انجام بازدیدها و تعمیرات بویلر و توربین بخار منطبق با برنامه تعمیرات توربین گاز می باشد . به سبب عدم کاربرد اگزوژ کمکی و نیز استفاده از ژنراتور مشترک ، هزینه سرمایه گذاری پایین است . ضمناً در مواردی که تامین آب گرم مصرفی و یا گرمایش شهری مورد نظر باشد معمولاً ژنراتور مستقل برای واحد بخار ملاحظه می شود .

بطور کلی محاسن و معایب این گونه سیستم ها به صورت زیر است:

الف) محاسن:

- ۱) هزینه سرمایه گذاری کمتر
- ۲) سادگی زیاد و معالاً تجهیزات بھرہ برداری کمتر
- ۳) هزینه تعمیرات و بھرہ برداری کمتر
- ۴) تلفات کمتر
- ۵) زمان نصب سریعتر

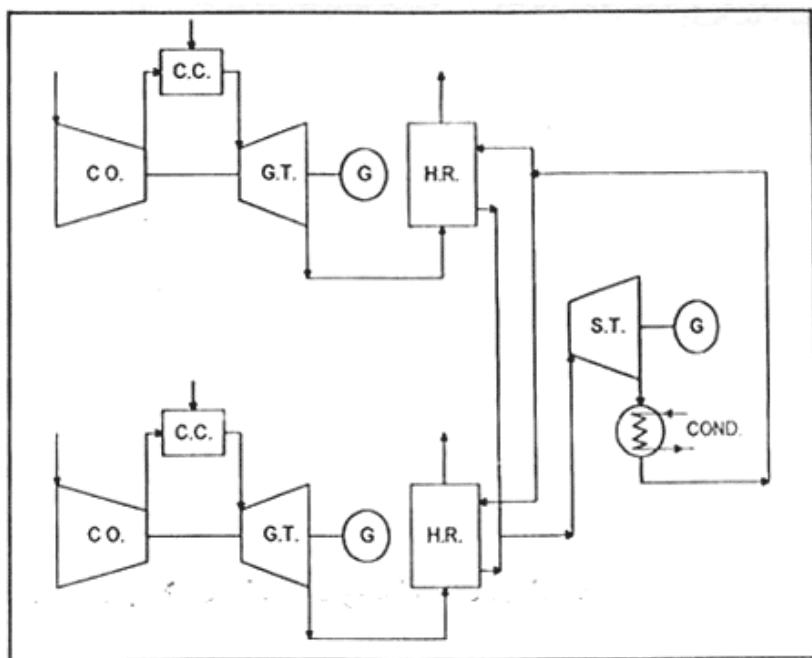
ب) معایب:

- ۱) عدم امکان بھرہ برداری از توربین گاز در صورت وجود عیب بر روی تجهیزات بخار (عدم قابلیت انعطاف)
- ۲) وجود تلفات زیاد انرژی در نیم بار بدین ترتیب معمولاً این گونه آرایش در سیکل ترکیبی به کار می رود که هدف از احداث آن تولید و تامین بار پایه باشد.

چند توربین گاز ، چند بویلر و یک توربین بخار

الف) دو یا چند توربین گاز ، دو یا چند بویلر و یک توربین بخار بجز حالات استثنای متدائل ترین گونه در این نحوه آرایش ، دو توربین گاز با بویلر های مربوطه و یک توربین بخار می باشند .

نحوه آرایش این نوع واحدها به شکل زیر است:



در این روش معمولاً  $\frac{1}{3}$  از انرژی الکتریکی را به توربین بخار و  $\frac{2}{3}$  آن را توربین گاز تولید می نماید.

گاز داغ خروجی از هر توربین گاز وارد مستقیماً وارد بویلر مخصوص به خود می گردد. بخار خروجی از بویلر نیز وارد هدر (Header) مشترک شده و توربین بخار را تغذیه می نماید. از آنجایی که قابلیت بهره برداری بویلر و توربین بخار بیش از توربین گاز می باشد در این آرایش این امکان وجود دارد که در صورت توقف یک واحد گازی، واحدهای گازی دیگر بتوانند به همراه توربین بخار کار کنند.

قدرت ژنراتور واحدهای گازی و واحد بخار دو توربین گاز مشابه می باشد . متناسب با سلیقه بهره برداری می توان با تعییه اگزووز کمکی در حد فاصل توربین گاز و بویلر ، کار کرد مستقل توربین گاز را ( در صورت توقف توربین بخار یا بویلر ) فراهم نمود.

در این روش ایجاد امکان تعمیرات بر روی بویلر ضروری می باشد که مستلزم تعییه دمپرهای مناسب است . ( دمپر وسیله ای است که در محل خروج گاز داغ از توربین گاز قرار می گیرد و با ایستادن در وضعیت های مختلف ، امکان انتقال گاز داغ را به اگزووز و یا بویلر فراهم می آورد ). البته وجود دمپر مستلزم انجام تعمیرات خاص و بازدیدهای ویژه می باشد که این امر

به نوبه خود باعث کاهش قابلیت بهره برداری می گردد. همچنین وجود دمپر پس از مدتی بهره برداری باعث تلفات گاز داغ می گردد که نهایتاً کاهش راندمان را در پی خواهد داشت. برخی سازندگان و تولید کنندگان انرژی الکتریکی جهت ایجاد امکان بهره برداری غیر هم زمان توربین گاز و بخار، به جای اگزوژ کمکی کندانسور کمکی را توصیه می نماید. حسن این روش در این است که ضمن ایجاد امکان بهره گیری از توربین گاز در موقع توقف توربین بخار و جلوگیری از تلفات گاز داغ از طریق اگزوژ کمکی، راه اندازی سریع بویلر و توربین بخار را باعث می گردد. این روش بیشتر در مواردی که فروش بخار و یا آب گرم مصرف شهری و صنعتی نیز مدنظر باشد مورد استفاده قرار می گیرد.

محاسن و معایب سیستم دو یا چند بویلر و یک توربین بخار در قیاس با واحد بخاری ساده به صورت زیر است:

الف) محاسن:

- ۱) هزینه سرمایه گذاری کمتر
- ۲) امکان اجرای مرحله ای طرح
- ۳) زمان نصب کوتاه تر
- ۴) قابلیت انعطاف بیشتر و امکان بهره برداری جزء به جزء
- ۵) راندمان بیشتر در حالت نیم بار

ب) معایب:

- ۱) نیاز به سوخت مرغوب تر
- ۲) عوامل کنترل بیشتر

این گونه آرایش در مواردی که هدف تامین بار پایه و میانی است به کار می رود.

ب) چند توربین گاز، یک بویلر و یک توربین بخار

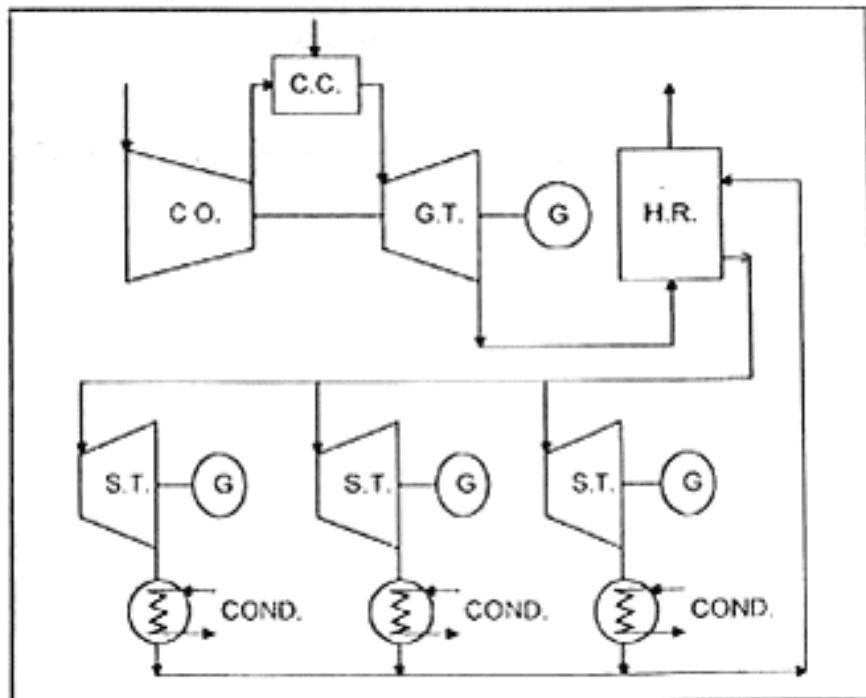
علت اصلی مطالعه بر روی این چنین آرایشی تحلیل هزینه سرمایه گذاری به حداقل ممکن می باشد در ابتدای امر به سبب عدم تقارن نوع سه توربین گاز و یک بویلر و عدم امکان توزیع یکنواخت گاز داغ به داخل بویلر، خوردنگی و فرسودگی های ایجاد شده ناشی از آن باعث شد مطالعه بر روی این نوع آرایش ها مردود شناخته شود. در صورت موفقیت در بهره گیری از

این نوع آرایش ، در واقع ضریب آمادگی سیستم وابستگی کامل به بویلر پیدا می کرد . در عمل به علت اینکه امکان کارکرد همزمان توربین های گازی ، بویلر و توربین بخار کم است و نیز گاز داغ را نمی توان در حالات مختلف به طور یکنواخت در بویلر توزیع نمود ، این روش تولیدی با اقبال مواجه نگردید .

یک توربین گاز ، یک بویلر و چند توربین بخار  
قدمت زیاد واحدهای بخاری و امکان باز سازی مجدد آنها و شرایط کار این گونه واحدهای  
باعث شد که غالب تولید کنندگان انرژی الکتریسیته به فکر بازسازی این گونه واحدهای با  
استفاده از واحدهای گازی بیفتند . در این روش ضمن ایجاد امکان به کار گیری مجدد از  
سرمایه گذاری انجام شده ، می توان نسبت به افزایش راندمان واحدهای قدیمی تر نیز اقدام  
کرد .

این روش بازسازی و نوسازی تنها برای واحدهای گازسوز و یا با سوخت مایع امکان پذیر است . این روش بدان جهت قوت گرفت که غالباً قسمت حساس واحدهای بخاری یعنی بویلر آنها ،  
معمولًا پس از مدتی کارکرد نیاز به بازسازی کامل دارد در صورتی که توربین و سایر متعلقات  
آن با انجام تعمیرات جزئی قابل استفاده مجدد می باشند . بدین ترتیب با تلفیق تکنولوژی  
قدیمی (توربین بخار ) که دارای شرایط کار قابل انطباق با شرایط تکنولوژی جدید توربین گاز  
می باشد ، شرایط بهره برداری مناسبی از توربین گاز جدید و توربین بخار قدیمی فراهم می  
آید . به عنوان مثال در صورتی که هدف بازسازی سه واحد بخار ۲۰ مگاواتی باشد ، می توان  
به جای نوسازی سه بویلر ، با نصب یک واحد توربین گاز ۱۲۰ مگاواتی و یک بویلر بدون مشعل  
، ضمن افزایش قدرت مجموعه به ۱۸۰ مگاوات ، با جزئی سرمایه گذاری بیشتر راندمان  
مجموعه را از ۳۰ درصد ، که در صورت کارکرد مستقل هر کدام حاصل می شود ، به بیش از  
۴۰ درصد افزایش داد که البته این افزایش ۱۰ درصدی در راندمان هزینه های سوخت را به  
میزان ۱/۳ کاهش خواهد داد .

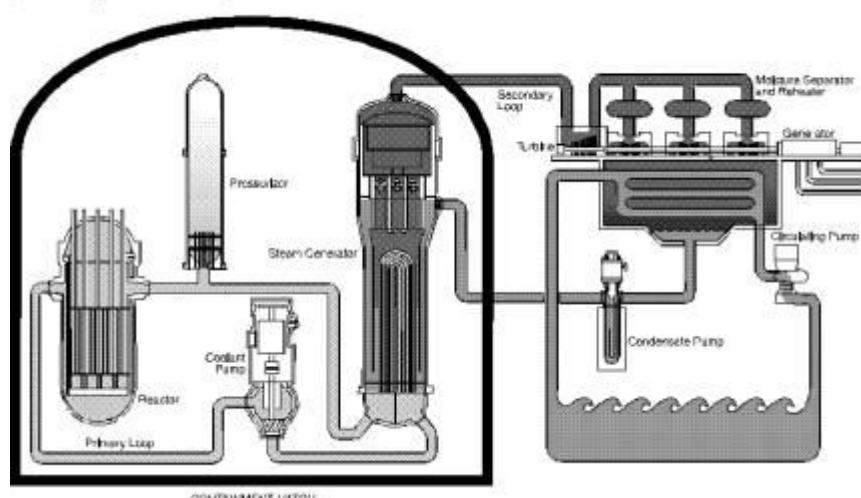
مدل مربوط به این طرح در شکل زیر آورده شده است:



### ساختار نیروگاه های اتمی جهان

بر حسب نظریه اتمی عنصر عبارت است از یک جسم خالص ساده که با روش های شیمیایی نمی توان آن را تفکیک کرد. از ترکیب عناصر با یکدیگر اجسام مركب به وجود می آیند. تعداد عناصر شناخته شده در طبیعت حدود ۹۲ عنصر است.

Figure FE1. Nuclear Steam Supply System  
(U-bend Design Steam Generator)



هیدروژن اولین و ساده ترین عنصر و پس از آن هلیم، کربن، ازت، اکسیژن و... فلزات روی، مس، آهن، نیکل و... و بالاخره آخرین عنصر طبیعی به شماره ۹۲، عنصر اورانیوم است. بشر توانسته است به طور مصنوعی و به کمک واکنش های هسته ای در راکتورهای اتمی و یا به کمک شتاب دهنده های قوی بیش از ۲۰ عنصر دیگر بسازد که تمام آن ها ناپایدارند و عمر کوتاه دارند و به سرعت با انتشار پرتوهایی تخریب می شوند. اتم های یک عنصر از اجتماع ذرات بنیادی به نام پرتوون، نوترون و الکترون تشکیل یافته اند. پرتوون بار مثبت و الکترون بار منفی و نوترون فاقد بار است.

تعداد پرتوون ها نام و محل قرار گرفتن عنصر را در جدول تناوبی (جدول مندلیف) مشخص می کند. اتم هیدروژن یک پرتوون دارد و در خانه شماره ۱ جدول و اتم هلیم در خانه شماره ۲، اتم سدیم در خانه شماره ۱۱ و... و اتم اورانیوم در خانه شماره ۹۲ قرار دارد. یعنی دارای ۹۲ پرتوون است.

## ایزوتوپ های اورانیوم

تعداد نوترون ها در اتم های مختلف یک عنصر همواره یکسان نیست که برای مشخص کردن آنها از کلمه ایزوتوپ استفاده می شود. بنابراین اتم های مختلف یک عنصر را ایزوتوپ می گویند. مثلاً عنصر هیدروژن سه ایزوتوپ دارد: هیدروژن معمولی که فقط یک پرتوون دارد و فاقد نوترون است. هیدروژن سنگین یک پرتوون و یک نوترون دارد که به آن دوتریم گویند و نهایتاً ترتیم که از دو نوترون و یک پرتوون تشکیل شده و ناپایدار است و طی زمان تجزیه می شود.

ایزوتوپ سنگین هیدروژن یعنی دوتریم در نیروگاه های اتمی کاربرد دارد و از الکترولیز آب به دست می آید. در جنگ دوم جهانی آلمانی ها برای ساختن نیروگاه اتمی و تهیه بمب اتمی در سوئد و نروژ مقادیر بسیار زیادی آب سنگین تهیه کرده بودند که انگلیسی ها متوجه منظور آلمانی ها شده و مخازن و دستگاه های الکترولیز آنها را نابود کردند.

غالب عناصر ایزوتوپ دارند از آن جمله عنصر اورانیوم، چهار ایزوتوپ دارد که فقط دو ایزوتوپ آن به علت داشتن نیمه عمر نسبتاً بالا در طبیعت و در سنگ معدن یافت می شوند. این دو ایزوتوپ عبارتند از اورانیوم ۲۳۵ و اورانیوم ۲۳۸ که در هر دو ۹۲ پرتوون وجود دارد

ولی اولی ۱۴۳ و دومی ۱۴۶ نوترون دارد. اختلاف این دو فقط وجود ۳ نوترون اضافی در ایزوتوپ سنگین است ولی از نظر خواص شیمیایی این دو ایزوتوپ کاملاً یکسان هستند و برای جداسازی آنها از یکدیگر حتماً باید از خواص فیزیکی آنها یعنی اختلاف جرم ایزوتوپ‌ها استفاده کرد. ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۵ شکست پذیر است و در نیروگاه‌های اتمی از این خاصیت استفاده می‌شود و حرارت ایجاد شده در اثر این شکست را تبدیل به انرژی الکتریکی می‌نمایند. در واقع ورود یک نوترون به درون هسته این اتم سبب شکست آن شده و به ازای هر اتم شکسته شده ۲۰۰ میلیون الکترون ولت انرژی و دو تکه شکست و تعدادی نوترون حاصل می‌شود که می‌توانند اتم‌های دیگر را بشکنند. بنابراین در برخی از نیروگاه‌ها ترجیح می‌دهند تا حدی این ایزوتوپ را در مخلوط طبیعی دو ایزوتوپ غنی کنند و بدین ترتیب مسئله غنی‌سازی اورانیوم مطرح می‌شود.

### ساختمان نیروگاه اتمی

به طور خلاصه چگونگی کارکرد نیروگاه‌های اتمی را بیان کرده و ساختمان درونی آنها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

طی سال‌های گذشته اغلب کشورها به استفاده از این نوع انرژی هسته‌ای تمایل داشتند و حتی دولت ایران ۱۵ نیروگاه اتمی به کشورهای آمریکا، فرانسه و آلمان سفارش داده بود. ولی خوشبختانه بعد از وقوع دو حادثه مهم تری میل آیلند (Three Mile Island) در ۲۸ مارس ۱۹۷۹ و فاجعه چرنوبیل (Chernobyl) در روسیه در ۲۶ آوریل ۱۹۸۶، نظر افکار عمومی نسبت به کاربرد اتم برای تولید انرژی تغییر کرد و ترس و وحشت از جنگ اتمی و به خصوص امکان تهیه بمب اتمی در جهان سوم، کشورهای غربی را موقتاً مجبور به تجدیدنظر در برنامه‌های اتمی خود کرد.

نیروگاه اتمی در واقع یک بمب اتمی است که به کمک میله‌های مهارکننده و خروج دمای درونی به وسیله مواد خنک کننده مثل آب و گاز، تحت کنترل درآمده است. اگر روزی این میله‌ها و یا پمپ‌های انتقال دهنده مواد خنک کننده وظیفه خود را درست انجام ندهند، سوانح متعددی به وجود می‌آید و حتی ممکن است نیروگاه نیز منفجر شود، مانند فاجعه نیروگاه چرنوبیل شوروی. یک نیروگاه اتمی متشکل از مواد مختلفی است که همه آنها نقش اساسی و مهم در تعادل و ادامه حیات آن را دارند. این مواد عبارت اند از:

۱) ماده سوخت متسلسل از اورانیوم طبیعی، اورانیوم غنی شده، اورانیوم و پلوتونیم است.

عمل سوختن اورانیوم در داخل نیروگاه اتمی متفاوت از سوختن زغال یا هر نوع سوخت فسیلی دیگر است. در این پدیده با ورود یک نوترون کم انرژی به داخل هسته ایزوتوپ اورانیوم  $^{235}$  عمل شکست انجام می‌گیرد و انرژی فراوانی تولید می‌کند. بعد از ورود نوترون به درون هسته اتم، ناپایداری در هسته به وجود آمده و بعد از لحظه بسیار کوتاهی هسته اتم شکسته شده و تبدیل به دوتکه شکست و تعدادی نوترون می‌شود. تعداد متوسط نوترون‌ها به ازای هر  $100$  اتم شکسته شده  $247$  عدد است و این نوترون‌ها اتم‌های دیگر را می‌شکنند و اگر کنترلی در مهار کردن تعداد آنها نباشد واکنش شکست در داخل توده اورانیوم به صورت زنجیره‌ای انجام می‌شود که در زمانی بسیار کوتاه منجر به انفجار شدیدی خواهد شد.

در واقع ورود نوترون به درون هسته اتم اورانیوم و شکسته شدن آن توام با انتشار انرژی معادل با  $200$  میلیون الکترون ولت است این مقدار انرژی در سطح اتمی بسیار ناچیز ولی در مورد یک گرم از اورانیوم در حدود صدها هزار مگاوات است. که اگر به صورت زنجیره‌ای انجام شود، در کمتر از هزارم ثانیه مشابه بمثابه عمل خواهد کرد. اما اگر تعداد شکست‌ها را در توده اورانیوم و طی زمان محدود کرده به نحوی که به ازای هر شکست، اتم بعدی شکست حاصل کند شرایط یک نیروگاه اتمی به وجود می‌آید. به عنوان مثال نیروگاهی که دارای  $1$  تن اورانیوم طبیعی است قدرتی معادل با  $100$  مگاوات خواهد داشت و به طور متوسط  $10.5$  گرم اورانیوم  $^{235}$  در روز در این نیروگاه شکسته می‌شود و همان طور که قبل از گفته شد در اثر جذب نوترون به وسیله ایزوتوپ اورانیوم  $^{238}$  اورانیوم  $^{239}$  به وجود می‌آمد که بعد از دو بار انتشار پرنوہای بتا (یا الکترون) به پلوتونیم  $^{239}$  تبدیل می‌شود که خود مانند اورانیوم  $^{235}$  شکست پذیر است. در این عمل  $70$  گرم پلوتونیم حاصل می‌شود. ولی اگر نیروگاه سورثریاتور باشد و تعداد نوترون‌های موجود در نیروگاه زیاد باشند مقدار جذب به مراتب بیشتر از این خواهد بود و مقدار پلوتونیم‌های به وجود آمده از مقدار آنهایی که شکسته می‌شوند بیشتر خواهد بود. در چنین حالتی بعد از پیاده کردن میله‌های سوخت می‌توان پلوتونیم به وجود آمده را از اورانیوم و فرآورده‌های شکست را به کمک واکنش‌های شیمیایی بسیار ساده جدا و به منظور تهیه بمثابه اتمی ذخیره کرد.

۲) نرم کننده‌ها موادی هستند که برخورد نوترون‌های حاصل از شکست با آنها الزامی است و

برای کم کردن انرژی این نوترون‌ها به کار می‌رond. زیرا احتمال واکنش شکست پی در پی به ازای نوترون‌های کم انرژی بیشتر می‌شود. آب سنگین (D2O) یا زغال سنگ (گرافیت) به عنوان نرم کننده نوترون به کار برده می‌شوند.

(۳) میله های مهارکننده: این میله ها از مواد جاذب نوترون درست شده اند و وجود آنها در داخل رآکتور اتمی الزامی است و مانع افزایش ناگهانی تعداد نوترون ها در قلب رآکتور می شوند. اگر این میله ها کار اصلی خود را انجام ندهند، در زمانی کمتر از چند هزار م ثانیه قدرت رآکتور چند برابر شده و حالت انفجاری یا دیورژانس رآکتور پیش می آید. این میله ها می توانند از جنس عنصر کادمیم و یا بور باشند.

۴) مواد خنک کننده یا انتقال دهنده انرژی حرارتی: این مواد انرژی حاصل از شکست اورانیوم را به خارج از رآکتور انتقال داده و توربین های مولد برق را به حرکت در می آورند و پس از خنک شدن مجدداً به داخل رآکتور بر می گردند. البته مواد در مدار بسته و محدودی عمل می کنند و با خارج از محیط رآکتور تماسی ندارند. این مواد می توانند گاز  $\text{CO}_2$  ، آب، آب سنگین، هلیم گازی و یا سدیم مذاب باشند.

غنى سازی اور انیم

سنگ معدن اورانیوم موجود در طبیعت از دو ایزوتوپ ۲۳۵ و ۲۳۸ به مقدار ۹۹/۳ درصد تشکیل شده است. سنگ معدن را ابتدا در اسید حل کرده و بعد از تخلیص فلز، اورانیوم را به صورت ترکیب با اتم فلئور (F) و به صورت مولکول اورانیوم هکزا فلوراید  $\text{UF}_6$  تبدیل می‌کنند که به حالت گازی است. سرعت متوسط مولکول های گازی با جرم مولکولی گاز نسبت عکس دارد این پدیده را گراهان در سال ۱۸۶۴ کشف کرد. از این پدیده که به نام دیفوژیون گازی مشهور است برای غنی سازی اورانیوم استفاده می‌کنند. در عمل اورانیوم هکزا فلوراید طبیعی گازی شکل را از ستون هایی که جدار آنها از اجسام متخلخل (خلل و فرج دار) درست شده است عبور می‌دهند. منافذ موجود در جسم متخلخل باید قدری بیشتر از شعاع اتمی یعنی در حدود ۲/۵ انگشترم (۰.....۰۵ سانتیمتر) باشد. ضریب جداسازی متناسب با اختلاف جرم مولکول ها است. روش غنی سازی اورانیوم تقریباً مطابق همین اصولی است که در اینجا گفته شد. با وجود این می‌توان به خوبی حدس زد که پخرچ ترین مرحله تهیه سوخت اتمی همین مرحله غنی سازی ایزوتوپ ها است زیرا از هر

هزاران کیلو سنگ معدن اورانیوم ۱۴ کیلوگرم اورانیوم طبیعی به دست می آید که فقط یک کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ خالص در آن وجود دارد. برای تهیه و تغليظ اورانیوم تا حد ۵ درصد حداقل ۲۰۰ برج از اجسام خلل و فرج دار با ابعاد نسبتاً بزرگ و پی درپی لازم است تا نسبت ایزوتوپ ها تا از برخی به برج دیگر به مقدار ۱/۰ درصد تغییر پیدا کند. در نهایت موقعی که نسبت اورانیوم ۲۳۵ به اورانیوم ۲۳۸ به ۵ درصد رسید باید برای تخلیص کامل از سانتریفوژهای بسیار قوی استفاده نمود. برای ساختن نیروگاه اتمی، اورانیوم طبیعی و یا اورانیوم غنی شده بین ۱ تا ۵ درصد کافی است. ولی برای تهیه بمب اتمی حداقل ۵ تا ۶ کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ صدرصد خالص نیاز است.

عملای در صنایع نظامی از این روش استفاده نمی شود و بمب های اتمی را از پلوتونیوم ۲۳۹ که سنتز و تخلیص شیمیایی آن بسیار ساده تر است تهیه می کنند. عنصر اخیر را در نیروگاه های بسیار قوی می سازند که تعداد نوترون های موجود در آنها از صدها هزار میلیارد نوترون در ثانیه در سانتیمتر مربع تجاوز می کند. عملای کلیه بمب های اتمی موجود در زراد خانه های جهان از این عنصر درست می شود. روش ساخت این عنصر در داخل نیروگاه های اتمی به صورت زیر است: ایزوتوپ های اورانیوم ۲۳۸ شکست پذیر نیستند ولی جاذب نوترون کم انرژی (نوترون حرارتی) هستند. تعدادی از نوترون های حاصل از شکست اورانیوم ۲۳۵ را جذب می کنند و تبدیل به اورانیوم ۲۳۹ می شوند. این ایزوتوپ از اورانیوم بسیار ناپایدار است و در کمتر از ده ساعت تمام اتم های به وجود آمده تخریب می شوند. در درون هسته پایدار اورانیوم ۲۳۹ یکی از نوترون ها خودبه خود به پروتون و یک الکترون تبدیل می شود. بنابراین تعداد پروتون ها یکی اضافه شده و عنصر جدید را که ۹۳ پروتون دارد نپتونیم می نامند که این عنصر نیز ناپایدار است و یکی از نوترون های آن خود به خود به پروتون تبدیل می شود و در نتیجه به تعداد پروتون ها یکی اضافه شده و عنصر جدید که ۹۴ پروتون دارد را پلوتونیم می نامند. این تجربه طی چندین روز انجام می گیرد.

## نیروگاههای خورشیدی

### مقدمه

خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سرآغاز حیات و منشاء تمام انرژیهای دیگر است. طبق برآوردهای علمی در حدود ۶۰۰۰ میلیون سال از تولد این گوی آتشین می گذرد

و در هر ثانیه  $\frac{1}{4}$  میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳ هزار برابر وزن زمین است. این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع عظیم انرژی نا  $5$  میلیارد سال آینده به حساب آورد.



قطر خورشید  $1/\text{۳۹} \times 61$  کیلومتر است و از گازهایی نظیر هیدروژن ( $86/8$  درصد) هلیوم ( $3$  درصد) و  $63$  عنصر دیگر که مهم‌ترین آنها اکسیژن - کربن - نئون و نیتروژن است تشکیل شده‌است.

میزان دما در مرکز خورشید حدود  $10$  تا  $14$  میلیون درجه سانتیگراد می‌باشد که از سطح آن با حرارتی نزدیک به  $5600$  درجه و به صورت امواج الکترو مغناطیسی در فضا منتشر می‌شود. زمین در فاصله  $150$  میلیون کیلومتری خورشید واقع است و  $8$  دقیقه و  $18$  ثانیه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد. بنابراین سهم زمین در دریافت انرژی از خورشید حدود از کل انرژی تابشی آن می‌باشد.

جالب است بدانید که سوختهای فسیلی ذخیره شده در اعمق زمین، انرژیهای باد و آبشار و امواج دریاهای و بسیاری موارد دیگر از جمله نتایج همین مقدار انرژی دریافتی زمین از

خورشید می‌باشد.

### تاریخچه

شناخت انرژی خورشیدی و استفاده از آن برای منظورهای مختلف به زمان ماقبل تاریخ باز می‌گردد. شاید به دوران سفالگری، در آن هنگام روحانیون معابد به کمک جامهای بزرگ طلائی صیقل داده شده و اشعه خورشید، آتشدانهای محراجها را روشن می‌کردند. یکی از فراعنه مصر معبدی ساخته بود که با طلوع خورشید درب آن باز و با غروب خورشید درب بسته می‌شد.

ولی مهم‌ترین روایتی که درباره استفاده از خورشید بیان شده داستان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم می‌باشد که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید گفته می‌شود که ارشمیدس با نصب تعداد زیادی آئینه‌های کوچک مربعی شکل در کنار یکدیگر که روی یک پایه متحرک قرار داشته‌است اشعه خورشید را از راه دور روی کشتیهای رومیان متمرکز ساخته و به این ترتیب آنها را به آتش کشیده‌است. در ایران نیز معماری سنتی ایرانیان باستان نشان دهنده توجه خاص آنان در استفاده صحیح و مؤثر از انرژی خورشید در زمان‌های قدیم بوده‌است.

با وجود به آنکه انرژی خورشید و مزایای آن در قرون گذشته به خوبی شناخته شده بود ولی بالا بودن هزینه اولیه چنین سیستمهایی از یک طرف و عرضه نفت و گاز ارزان از طرف دیگر سد راه پیشرفت این سیستمهای شده بود تا اینکه افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد که کشورهای پیشرفت‌های صنعتی مجبور شدند به مسئله تولد انرژی از راههای دیگر (غیر از استفاده سوختهای فسیلی) توجه جدی‌تری نمایند.

### کاربردهای انرژی خورشید

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که عبارت‌اند از:

- ۱) استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی.
- ۲) تبدیل مستقیم پرتوهای خورشید به الکتریسیته بوسیله تجهیزاتی به نام فتوولتایک.

استفاده از انرژی حرارتی خورشید این بخش از کاربردهای انرژی خورشید شامل دو گروه نیروگاهی و غیر نیروگاهی می‌باشد.

## کاربردهای نیروگاهی

تأسیساتی که با استفاده از آنها انرژی جذب شده حرارتی خورشید به الکتریسیته تبدیل می‌شود نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می‌شود این تأسیسات بر اساس انواع متumer کز کننده‌های موجود و بر حسب اشکال هندسی متumer کز کننده‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- \* نیروگاههایی که گیرنده آنها آینه‌های سهموی ناودانی هستند
- \* نیروگاههایی که گیرنده آنها در یک برج قرار دارد و نور خورشید توسط آینه‌های بزرگی به نام هلیوستات به آن منعکس می‌شود. (دریافت کننده مرکزی)
- \* نیروگاههایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی (دیش) می‌باشد

قبل از توضیح در خصوص نیروگاه خورشیدی بهتر است شرح مختصری از نحوه کارکرد نیروگاههای تولید الکتریسیته داده شود. بهتر است بدانیم در هر نیروگاهی اعم از نیروگاههای آبی، نیروگاههای بخاری و نیروگاههای گازی برای تولید برق از ژنراتورهای الکتریکی استفاده می‌شود که با چرخیدن این ژنراتورها برق تولید می‌شود. این ژنراتورهای الکتریکی انرژی دورانی خود را از دستگاهی بنام توربین تأمین می‌کنند. بدین ترتیب می‌توان گفت که ژنراتورها انرژی جنبشی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. تأمین کننده انرژی جنبشی ژنراتورها، توربین‌ها هستند توربینها انواع مختلف دارند در نیروگاههای بخاری توربینهایی وجود دارند که بخار با فشار و دمای بسیار بالا وارد آنها شده و موجب به گردش در آمدن پره‌های توربین می‌گردد. در نیروگاههای آبی که روی سدها نصب می‌شوند انرژی پتانسیل موجود در آب موجب به گردش در آمدن پره‌های توربین می‌شود.

بدین ترتیب می‌توان گفت در نیروگاههای آبی انرژی پتانسیل آب به انرژی جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود، در نیروگاههای حرارتی بر اثر سوختن سوختهای فسیلی مانند مازوت، آب موجود در سیستم بسته نیروگاه داخل دیگ بخار (بویلر) به بخار تبدیل می‌شود و بدین ترتیب انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود در نیروگاههای گازی توربینهایی وجود دارد که بطور مستقیم بر اثر سوختن گاز به حرکت درآمده و ژنراتور را می‌گرداند و انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود. و اما در نیروگاههای حرارتی خورشیدی وظیفه اصلی بخش‌های خورشیدی تولید بخار مورد نیاز برای تغذیه توربینها است یا به عبارت دیگر می‌توان گفت که این نوع نیروگاهها شامل دو قسمت هستند:

\* سیستم خورشیدی که پرتوهای خورشید را جذب کرده و با استفاده از حرارت جذب شده تولید بخار می‌نماید.

\* سیستم موسوم به سیستم سنتی که همانند دیگر نیروگاههای حرارتی بخار تولید شده را توسط توربین و ژنراتور به الکتریسیته تبدیل می‌کند.

### نیروگاههای حرارتی خورشید از نوع سهموی خطی

در این نیروگاهها، از منعکس کننده‌هایی که به صورت سهموی خطی می‌باشند جهت تمرکز پرتوهای خورشید در خط کانونی آنها استفاده می‌شود و گیرنده به صورت لوله‌ای در خط کانونی منعکس کننده‌ها قرار دارد. در داخل این لوله روغن مخصوصی در جریان است که بر اثر حرارت پرتوهای خورشید گرم و داغ می‌گردد.

روغن داغ از مبدل حرارتی عبور کرده و آب را به بخار به مدارهای مرسوم در نیروگاههای حرارتی انتقال داده می‌شود تا به کمک توربین بخار و ژنراتور به توان الکتریکی تبدیل گردد.

برای بهره‌گیری بیشتر و افزایش بازدهی لوله دریافت کننده سطح آن را با اکسید فلزی که ضریب بالایی دارد پوشش می‌دهند و همچنین در محیط اطراف آن لوله شیشه‌ای به صورت لفاف پوشیده می‌شود تا از تلفات گرمایی و افت تشعشعی جلوگیری گردد و نیز از لوله دریافت کننده محافظت بعمل آید.

ضمناً بین این دو لوله خلاصه بوجود می‌آوردند برای آنکه پرتوهای تابشی خورشید در تمام طول روز به صورت مستقیم به لوله دریافت کننده برسد.

در این نیروگاهها یک سیستم ردیاب خورشید نیز وجود دارد که بوسیله آن آینه‌های شلجمی دائمًا خورشید را دنبال می‌کنند و پرتوهای آن را روی لوله دریافت کننده متمرکز می‌نمایند.

تغییرات تابش خورشید در این نیروگاهها توسط منبع ذخیره و گرمکن سوخت فسیلی جبران می‌شوند. در چند کشور نظیر ایالات متحده آمریکا - اسپانیا - مصر - مکزیک - هند و مراکش از نیروگاههای سهموی خطی استفاده شده است که این نیروگاهها یا در مرحله ساخت و یا در مرحله بهره‌برداری قرار دارند. در ایران نیز تحقیقات و مطالعاتی در زمینه این

نیروگاهها انجام شده و پروژه یک نیروگاه تحقیقاتی با ظرفیت ۳۵۰ کیلووات توسط سازمان انرژیهای نو ایران در شیراز در حال انجام می‌باشد و انتظار می‌رود تا پایان سال ۸۳ به بهره‌برداری برسد.

کلیه مراحل مطالعاتی، طراحی و ساخت این نیروگاه به طور کامل توسط مختصین و مهندسان ایرانی انجام می‌پذیرد.

بدیهی است که با افزایش ظرفیت فنی و علمی که در اثر اجرای پروژه نیروگاه خورشیدی شیراز عابد محققین مجرب ایرانی می‌شود ایران در زمرة محدود کشورهای سازنده نیروگاه‌های خورشید از نوع متمرکز کننده‌های سهمی خطا قرار خواهد گرفت.

### نیروگاههای حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی

در این نیروگاه‌ها پرتوهای خورشیدی توسط مزرعه‌ای متشکل از تعداد زیادی آینه منعکس کننده بنام هلیوستات بر روی یک دریافت کننده که در بالای برج نسبتاً بلندی استقرار یافته‌است متمرکز می‌گردد. در نتیجه روی محل تمثیرها انرژی گرمایی زیادی بدست می‌آید که این انرژی بوسیله سیال عامل که داخل دریافت کننده در حرکت است، جذب می‌شود و بوسیله مبدل حرارتی به سیستم آب و بخار مرسوم در نیروگاه‌های سنتی منتقل شده و بخار فوق گرم در فشار و دمای طراحی شده برای استفاده در توربین ژنراتور تولید می‌گردد.

این سیال عامل در مبدل‌های حرارتی در کنار آب قرار گرفته و موجب تبدیل آن به بخار با فشار و حرارت بالا می‌گردد. در برخی از سیستم‌ها سیال عامل آب است و مستقیماً در داخل دریافت کننده به بخار تبدیل می‌شود.

برای استفاده دائمی از این نوع نیروگاه در زمانی که تابش خورشید وجود ندارد مثلاً ساعت‌ابری یا شبها از سیستم‌های ذخیره کننده حرارت و یا احیاناً از تجهیزات پشتیبانی که ممکن است از سوخت فسیلی استفاده کنند جهت ایجاد بخار برای تولید برق کمک گرفته می‌شود.

مطالعات و تحقیقات در زمینه فناوری و سیستم‌های این نیروگاه‌ها ادامه دارد و آزمایشگاهها و مؤسسات متعددی در سراسر دنیا در این زمینه فعالیت می‌کنند.

مطالعات ساخت اولین نیروگاه خورشیدی ایران از نوع دریافت کننده مرکزی توسط سازمان انرژیهای نو ایران و با کمک شرکتهای مشاور و سازنده داخلی با ظرفیت یک مگاوات و سیال عامل آب و بخار در طالقان جریان دارد. کلیه مطالعات اولیه و پتانسیل سنگی و طراحی نیروگاه به انجام رسیده و یک نمونه هلیوستات نیز ساخته شده است.

### نیروگاههای حرارتی از نوع بشقابی

در این نیروگاهها از منعکس کننده‌هایی که به صورت شلجمی بشقابی می‌باشد جهت تمرکز نقطه‌ای پرتوهای خورشیدی استفاده می‌گردد و گیرنده‌هایی که در کانون شلجمی قرار می‌گیرند به کمک سیال جاری در آن انرژی گرمایی را جذب نموده و به کمک یک ماشین حرارتی و ژنراتور آن را به نوع مکانیکی و الکتریکی تبدیل می‌نماید.

### دودکش‌های خورشیدی

روش دیگر برای تولید الکتریسیته از انرژی خورشید استفاده از برج نیرو یا دودکش‌های خورشیدی می‌باشد در این سیستم از خاصیت دودکش‌ها استفاده می‌شود به این صورت که با استفاده از یک برج بلند به ارتفاع حدود ۲۰۰ متر و تعداد زیادی گرم خانه‌های خورشیدی که در اطراف آن است هوای گرمی که بوسیله انرژی خورشیدی در یک گرمخانه تولید می‌شود و به طرف دودکش یا برج که در مرکز گلخانه‌ها قرار دارد، هدایت می‌شود.

این هوای گرم بعلت ارتفاع زیاد برج با سرعت زیاد صعود کرده و با عث چرخیدن پروانه و ژنراتوری که در پایین برج نصب شده است می‌گردد و بوسیله این ژنراتور برق تولید می‌شود هم اکنون یک نمونه از این سیستم در ۱۶ کیلومتری جنوب مادرید احداث گردیده که ارتفاع برج آن به ۲۰۰ متر می‌رسد.

### مزایای نیروگاههای خورشیدی

نیروگاههای خورشیدی که انرژی خورشید را به برق تبدیل می‌کنند امید است در آینده با مزایای قاطعی که در برابر نیروگاههای فسیلی و اتمی دارند به خصوص اینکه سازگار با محیط زیست می‌باشند، مشکل برق بخصوص در دوران انجام ذخائر نفت و گاز را حل نمایند. تأسیس

و بکارگیری نیروگاههای خورشیدی آیندهای پر ثمر و زمینهای گستردۀ را برای کمک به خودکفایی و قطع وابستگی کشور به صادرات نفت فراهم خواهد کرد. اکنون شایسته است که به ذکر چند مورد از مزایای این نیروگاهها بپردازیم.

الف) تولید برق بدون مصرف سوخت

نیروگاههای خورشیدی نیاز به سوخت ندارند و برخلاف نیروگاههای فسیلی که قیمت برق تولیدی آنها تابع قیمت نفت بوده و همیشه در حال تغییر می‌باشد. در نیروگاههای خورشیدی این نوسان وجود نداشته و می‌توان بهای برق مصرفی را برای مدت طولانی ثابت نگهداشت.

ب) عدم احتیاج به آب زیاد

نیروگاههای خورشیدی بخصوص دودکشی‌ای خورشیدی با هوای گرم احتیاج به آب ندارند لذا برای مناطق خشک مثل ایران بسیار حائز اهمیت می‌باشند. نیروگاههای حرارتی سنتی هنگام فعالیت نیاز به آب مصرفی زیادی دارند

پ) عدم آلودگی محیط زیست

نیروگاههای خورشیدی ضمن تولید برق هیچگونه آلودگی در هوا نداشته و مواد سمی و مضر تولید نمی‌کنند در صورتی که نیروگاههای فسیلی هوا و محیط اطراف خود را با مصرف نفت - گاز و یا ذغال سنگ آلوده کرده و نیروگاههای اتمی با تولید زباله‌های هسته‌ای خود که بسیار خطرناک و رادیواکتیو هستند محیط زندگی را آلوده و مشکلات عظیمی را برای ساکنین کره زمین بوجود می‌آورند.

ت) امکان تأمین شبکه‌های کوچک و ناحیه‌ای

نیروگاههای خورشیدی می‌توانند با تولید برق به شبکه سراسری برق نیرو برسانند و در عین امکان تأمین شبکه‌های کوچک ناحیه‌ای، احتیاج به تأسیس خطوط فشار قوی طولانی جهت انتقال برق ندارند و نیاز به هزینه زیاد احداث شبکه‌های انتقال نمی‌باشد.

ث) استهلاک کم و عمر زیاد

نیروگاههای خورشیدی بدلایل فنی و نداشتن استهلاک زیاد دارای عمر طولانی می‌باشند در حالی که عمر نیروگاههای فسیلی بین ۱۵ تا ۳۰ سال محاسبه شده است.

#### ج) عدم احتیاج به متخصص

نیروگاههای خورشیدی احتیاج به متخصص عالی ندارند و می‌توان آنها را بطور اتوماتیک بکار اندخت، در صورتی که در نیروگاههای اتمی وجود متخصصین در سطح عالی ضروری بوده و این دستگاهها احتیاج به مراقبتهای دائمی و ویژه دارند.

### کاربردهای غیر نیروگاهی

کاربردهای غیر نیروگاهی از انرژی حرارتی خورشید شامل موارد متعددی می‌باشد که اهم آنها عبارت‌اند از: آبگرمکن و حمام خورشیدی - سرمایش و گرمایش خورشیدی - آب شیرین کن خورشیدی - خشک کن خورشیدی - اجاق خورشیدی - کوره‌های خورشیدی و خانه‌های خورشیدی.

#### الف) آبگرمکن‌های خورشیدی و حمام خورشیدی

تولید آب گرم مصرفی ساختمانها اقتصادی‌ترین روش‌های استفاده از انرژی خورشیدی است می‌توان از انرژی حرارتی خورشید جهت تهیه آب گرم بهداشتی در منازل و اماكن عمومی به خصوص در مکانهایی که مشکل سوخت رسانی وجود دارد استفاده کرد. چنانچه ظرفیت این سیستم‌ها افزایش یابد می‌توان از آنها در حمام‌های خورشیدی نیز استفاده نمود. تاکنون با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران تعداد زیادی آب گرمکن خورشیدی و چندین دستگاه حمام خورشیدی در نقاط مختلف کشور از جمله استان‌های خراسان - سیستان و بلوچستان و یزد نصب و راه اندازی شده است.

#### ب) گرمایش و سرمایش ساختمان و تهویه مطبوع خورشیدی

((اولین خانه خورشیدی در سال ۱۹۳۹ ساخته شد که در آن از مخزن گرمایی فصلی برای بکارگیری گرمای آن در طول سال استفاده شده است.)) گرمایش و سرمایش ساختمانها با استفاده از انرژی خورشید، ایده تازه‌ای بود که در سالهای ۱۹۳۰ مطرح شد و در کمتر از یک

دهه به پیشرفت‌های قابل توجهی رسید. با افزودن سیستمی معروف به سیستم تبرید جذبی به سیستم‌های خورشیدی می‌توان علاوه بر آب گرم مصرفی و گرمایش از این سیستم‌ها در فصول گرما برای سرمایش ساختمان نیز استفاده کرد.

#### پ) آب شیرین کن خورشیدی

هنگامی که حرارت دریافت شده از خورشید با درجه حرارت کم روی آب شور اثر کند تنها آب تبخیر شده و املاح باقی می‌ماند.

سپس با استفاده از روش‌های مختلف می‌توان آب تبخیر شده را تنظیم کرده و به این ترتیب آب شیرین تهیه کرد. با این روش می‌توان آب بیداشتی مورد نیاز در نقاطی که دسترسی به آب شیرین ندارند مانند جزایر را تأمین کرد.

آب شیرین خورشیدی در دو اندازه خانگی و صنعتی ساخته می‌شوند. در نوع صنعتی با حجم بالا می‌توان برای استفاده شهرها آب شیرین تولید کرد.

#### ت) خشک کن خورشیدی

خشک کردن مواد غذایی برای نگهداری آنها از زمانهای بسیار قدیم مرسوم بوده و انسان‌های نخستین خشک کردن را یک هنر می‌دانستند.

خشک کردن عبارت است از گرفتن قسمتی از آب موجود در مواد غذایی و سایر محصولات که باعث افزایش عمر انباری محصول و جلوگیری از رشد باکتریها می‌باشد. در خشک کن‌های خورشیدی بطور مستقیم و یا غیر مستقیم از انرژی خورشیدی جهت خشک نمودن مواد استفاده می‌شود و هوانیز به صورت طبیعی یا اجباری جریان یافته و باعث تسريع عمل خشک شدن محصول می‌گردد. خشک کن‌های خورشیدی در اندازه‌ها و طرح‌های مختلف و برای محصولات و مصارف گوناگون طراحی و ساخته می‌شوند.

#### ث) اجاق‌های خورشیدی

دستگاه‌های خوراک پز خورشیدی اولین بار بوسیله شخص بنام نیکلاس ساخته شد. اجاق او

شامل یک جعبه عایق بندی شده با صفحه سیاهرنگی بود که قطعات شیشه‌ای درپوش آنرا تشکیل می‌داد اشعه خورشید با عبور از میان این شیشه‌ها وارد جعبه شده و بواسیله سطح سیاه جذب می‌شد سپس درجه حرارت داخل جعبه را به ۸۸ درجه افزایش می‌داد. اصول کار اجاق خورشیدی جمع آوری پرتوهای مستقیم خورشید در یک نقطه کانونی و افزایش دما در آن نقطه می‌باشد. امروزه طرحهای متنوعی از این سیستم‌ها وجود دارد که این طرحها در مکانهای مختلفی از جمله آفریقای جنوبی آزمایش شده و به نتایج خوبی نیز رسیده‌اند. استفاده از این اجاقها به ویژه در مناطق شرقی کشور ایران که با مشکل کمبود سوخت مواجه می‌باشند بسیار مفید خواهد بود.

### ج) کوره خورشیدی

در قرن هجدهم نوتورا اولین کوره خورشیدی را در فرانسه ساخت و بواسیله آن یک تل چوبی را در فاصله ۶۰ متری آتش زد.

بسمر پدر فولاد جهان نیز حرارت مورد نیاز کوره خود را از انرژی خورشیدی تأمین می‌کرد. متداولترین سیستم یک کوره خورشیدی متشکل از دو آینه یکی تخت و دیگری کروی می‌باشد. نور خورشید به آینه تخت رسیده و توسط این آینه به آینه کروی بازتابیده می‌شود. طبق قوانین اپتیک هر گاه دسته پرتوی موازی محور آینه با آن برخورد نماید در محل کانون متمرکز می‌شوند به این ترتیب انرژی حرارتی گسترده خورشید در یک نقطه جمع می‌شود که این نقطه به دماهای بالایی می‌رسد. امروزه پروژه‌های متعددی در زمینه کوره‌های خورشید در سراسر جهان در حال طراحی و اجراء می‌باشد.

### چ) خانه‌های خورشیدی

ایرانیان باستان از انرژی خورشیدی برای کاهش مصرف چوب در گرم کردن خانه‌های خود در زمستان استفاده می‌کردند. آنان ساختمانها را به ترتیبی بنا می‌کردند که در زمستان نور خورشید به داخل اتاقهای نشیمن می‌تابید و لی در روزهای گرم تابستان فضای اتاق در سایه قرار داشت. در اغلب فرهنگ‌های دیگر دنیا نیز می‌توان نمونه‌هایی از این قبیل طرحها را مشاهده نمود. در سالهای بین دو جنگ جهانی در اروپا و ایالات متحده طرحهای فراوانی در زمینه خانه‌های خورشیدی مطرح و آزمایش شد. از آن زمان به بعد تحول خاصی در این

زمینه صورت نگرفت. حدود چند سالی است که معماران بطور جدی ساخت خانه‌های خورشیدی را آغاز کرده‌اند و به دنبال تحول و پیشرفت این تکنولوژی به نتایج مفیدی نیز دست یافته‌اند مثلاً در ایالات متحده در سال ۱۸۹۰ به تنهایی حدود ۱۰ تا ۲۰ هزار خانه خورشیدی ساخته شده‌است. در این گونه خانه‌ها سعی می‌شود از انرژی خورشید برای روشنایی - تهیه آب گرم بهداشتی - سرمایش و گرمایش ساختمان استفاده شود و با بکار بردن مصالح ساختمانی مفید از اتلاف گرما و انرژی جلوگیری شود.

در ایران نیز پروژه ساخت اولین ساختمان خورشیدی واقع در ضلع شمالی دانشگاه علم و صنعت و به منظور مطالعه و پژوهش در خصوص بهینه سازی مصرف انرژی و امکان بررسی روش‌های استفاده از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه انرژی خورشیدی اجرا گردیده است.

### سیستمهای فتوولتایک

به پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیزم‌های محرک، الکتریسیته تولید کند پدیده فتوولتایک و به هر سیستمی که از این پدیده‌ها استفاده کند سیستم فتوولتایک گویند. سیستم‌های فتوولتایک یکی از پر مصرف‌ترین کاربرد انرژی‌های نو می‌باشند و تاکنون سیستم‌های گوناگونی با ظرفیت‌های مختلف (۵/۰ وات تا چند مگاوات) در سراسر جهان نصب و راه اندازی شده‌است و با توجه به قابلیت اطمینان و عملکرد این سیستم‌ها هر روزه بر تعداد متقارضیان آنها افزوده می‌شود. از سری و موازی کردن سلول‌های آفتابی می‌توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. در نتیجه به یک مجموعه از سلول‌های سری و موازی شده پنل (Panel) فتوولتایک می‌گویند. امروزه اینگونه سلول‌ها عموماً از ماده سیلیسیم تهیه می‌شود و سیلیسیم مورد نیاز از شن و ماسه تهیه می‌شود که در مناطق کویری کشور، به فراوانی یافت می‌گردد. بنابراین از نظر تأمین ماده اولیه این سلول‌ها هیچگونه کمبودی در ایران وجود ندارد. سیستمهای فتوولتایک را می‌توان بطور کلی به سه بخش اصلی تقسیم نمود که بطور خلاصه به توضیح آنها می‌پردازیم.

۱) پنلهای خورشیدی:

این بخش در واقع مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی بدون واسطه مکانیکی

می باشد. لازم به این بخش در واقع کلیه مشخصات سیستم را کنترل کرده و توان ورودی پنهان را طبق طراحی انجام شده و نیاز مصرف کننده به بار یا باتری تزریق و کنترل می کند لازم به ذکر است که در این بخش مشخصات و عناصر تشکیل دهنده با توجه به نیازهای بار الکتریکی و مصرف کننده و نیز شرایط آب و هوایی محلی تغییر می کند.

## ( ۲ ) مصرف کننده یا بار الکتریکی :

با توجه به خروجی DC پنهانی فتوولتائیک، مصرف کننده می تواند دو نوع DC یا AC باشد، همچنین با آرایشی‌های مختلف پنهانی فتوولتائیک می توان نیاز مصرف کنندگان مختلف را با توانهای متفاوت تأمین نمود. با توجه به کاهش روز افزون ذخایر سوخت فسیلی و خطرات ناشی از بکارگیری نیروگاههای اتمی، گمان قوی وجود دارد که در آیندهای نه چندان دور سلولهای خورشیدی به انرژی برق به عنوان جایگزین مناسب و بی خطر برای سوختهای فسیلی و نیروگاههای اتمی توسط بشر بکار گرفته شود.

## مصارف و کاربردهای فتوولتائیک

\* مصارف فضانوردی و تأمین انرژی مورد نیاز ماهواره‌ها جهت ارسال پیام

\* روشنایی خورشیدی:

در حال حاضر روشنایی خورشیدی بالاترین میزان کاربرد سیستم‌های فتوولتائیک را در سراسر جهان دارد و سالانه دهها هزار نمونه از این سیستم در سراسر جهان نصب و راه اندازی می گردد، مانند برق جاده‌ها و تونلهای بخصوص در مناطقی که به شبکه برق دسترسی ندارند، تأمین برق پاسگاههای مرزی که دور از شبکه برق هستند، تأمین برق مناطقی شکاربانی و مناطق حفاظت شده نظیر جزیره‌های دور افتاده که جنبه نظامی دارند.

\* سیستم تغذیه کننده یک واحد مسکونی:

انرژی مورد نیاز کلیه لوازم برقی منازل (شهری و روستایی) و مراکز تجاری را می توان با استفاده از پنهانی فتوولتائیک و سیستم‌های ذخیره کننده و کنترل نسبتاً ساده، تأمین نمود.

#### \* سیستم پمپاژ خورشیدی:

سیستم پمپای فتوولتائیک قابلیت استحصال آب از چاهها، قنوات، چشمه‌ها، رودخانه‌ها و ..... را جهت مصارف متنوعی دارا می‌باشد.

#### \* سیستم تغذیه کننده ایستگاههای مخابراتی و زلزله نگاری:

اغلب ایستگاههای مخابراتی و یا زلزله نگاری در مکانهای فاقد شبکه سراسری و صعب العبور و یا در محلی که احداث پست فشار قوی به فشار ضعیف و تأمین توان الکتریکی ایستگاه مذکور صرفه اقتصادی و حفاظت الکتریکی ندارد نصب شده‌اند.

\* ماشین حساب، ساعت، رادیو، ضبط صوت و وسایل بازی کودکانه یا هر نوع وسیله‌ای که تاکنون با باطری خشک کار می‌کرده‌است یکی دیگر از کاربردهای این سیستم می‌باشد.

مثلًاً ژاپن در سال ۱۹۸۳ حدود ۳۰ میلیون ماشین حساب خورشیدی تولید کرده‌است که سلولهای خورشیدی بکار گرفته در آنها مساحتی حدود ۲۰/۰۰۰ متر مربع و توان الکتریکی معادل ۵۰۰ کیلووات داشته‌اند.

#### \* نیروگاههای فتوولتائیک:

هم‌زمان با استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک در بخش انرژی الکتریکی مورد نیاز ساختمانها اطلاعات و تجربیات کافی جهت احداث واحدهای بزرگ‌تر حاصل گردید و همه اکنون در بسیاری از کشورهای جهان نیروگاه فتوولتائیک در واحدهای کوچک و بزرگ و به صورت اتصال به شبکه و یا مستقل از شبکه نصب و راه اندازی شده‌است ولی این تأسیسات دارای هزینه ساخت، راه اندازی و نگهداری بالایی می‌باشند که فعلًاً مقررین به صرفه و اقتصادی نیست.

#### \* یخچالهای خورشیدی:

از یخچالهای خورشیدی جهت سرویس دهی و ارائه خدمات بهداشتی و تغذیه‌ای در مناطق دور افتاده و صعب العبور استفاده می‌گردد. عملکرد مناسب یخچالهای خورشیدی تا حدی

بوده است که در طی ۵ سال گذشته بیش از ۱۰۰۰ یخچال خورشیدی برای کاربردهای بهداشتی و درمانی در سراسر آفریقا راه اندازی شده است.

\* سیستم تغذیه کننده پرتابل یا قابل حمل:

قابلیت حمل و نقل و سهولت در نصب و راه اندازی از جمله مزایای این سیستم‌ها می‌باشد بازده توان این سیستم‌ها از ۱۰۰ وات الی یک کیلو وات تعییر شده است. از جمله کاربردهای آن می‌توان به تأمین برق اضطراری در موقع بروز حادث غیر متربه، سیستم تغذیه کننده یک چادر عشايری و کمپ‌های جنگلی اشاره نمود.

## بیروگاه های بادی

کشور ایران از لحاظ منابع مختلف انرژی یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌گردد، چرا که از یک سو دارای منابع گسترده سوختهای فسیلی و تجدید ناپذیر نفت و گاز است و از سوی دیگر دارای پتانسیل فراوان انرژی‌های تجدید پذیر از جمله باد می‌باشد. با توسعه نگرشهای زیست محیطی و راهبردهای صرفه جویانه در بهره برداری از منابع انرژی‌های تجدید ناپذیر، استفاده از انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی مطرح در بسیاری از کشورهای جهان رو به فزونی گذاشته است. استفاده از تکنولوژی توربینهای بادی به دلایل زیر می‌تواندیک انتخاب مناسب در مقایسه با سایر منابع انرژی تجدید پذیر باشد.



\* قیمت پایین توربینهای برق بادی در مقایسه با دیگر صور انرژی های نو

\* کمک در جهت ایجاد اشتغال در کشور

عدم آلودگی محیط زیست در کشورهای پیشرفته نظیر آلمان، دانمارک، آمریکا، اسپانیا، انگلستان، و بسیاری کشورهای دیگر، توربینهای بادی بزرگ و کوچک ساخته شده است و برنامه هایی نیز جهت ادامه پژوهشها و استفاده بیشتر از انرژی باد جهت تولید برق در واحدهایی با توان چند مگاواتی مورد مطالعه می باشد.

در ایران نیز با توجه به وجود مناطق بادخیز طراحی و ساخت آسیابهای بادی از ۲۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح رایج بوده و هم اکنون نیز بستر مناسبی جهت گسترش بهره برداری از توربینهای بادی فراهم می باشد. مولدهای برق بادی می تواند جایگزین مناسبی برای نیروگاه های گازی و بخاری باشند. مطالعات و محاسبات انجام شده در زمینه تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران نشان داده اند که تنها در ۲۶ منطقه از کشور (شامل بیش از ۴۵ سایت مناسب) میزان ظرفیت اسمی سایتها، با در نظر گرفتن یک راندمان کلی ۳۳٪ در حدود ۶۵۰۰ مگاوات می باشد و این در شرایطی است که ظرفیت اسمی کل نیروگاه های برق کشور، (در حال حاضر) ۳۴۰۰۰ مگاوات می باشد. در توربینهای بادی، انرژی جنبشی باد به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد.

استفاده فنی از انرژی باد وقتی ممکن است که متوسط سرعت باد در محدوده ۵/الی ۲۵ باشد. پتانسیل قابل بهره برداری انرژی باد در جهان ۱۱۰ اگازول (هر اگازول معادی ۱۰ اژول) برآورد گردیده است که از این مقدار ۴۰ مگاوات ظرفیت نصب شده تا اواخر سال ۲۰۰۳ میلادی (۱۳۸۲.ش.) در جهان می باشد.

از مزایای استفاده از این انرژی عدم نیاز توربین بادی به سوخت، تامین بخشی از تقاضاهای انرژی برق، کمتر بودن نسبی انرژی باد نسبت به انرژی فسیلی در بلند مدت، تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی، قدرت مانور زیاد در بهره برداری (از چند وات تا چندین مگاوات)، عدم نیاز به آب و نداشتن آلودگی محیط زیست می باشد.

### توربینهای بادی کوچک

از توربینهای بادی کوچک جهت تامین برق جزیره های مصرف و یا مناطقی که تامین برق از طریق شبکه سراسری برق مشکل می باشد استفاده می شود. این توربینها تا قدرت ۱۰ کیلووات توان تولید برق را دارا می باشند.

## توربینهای بادی متوسط

عموماً تولید این توربینها بین ۱۰-۲۵ کیلووات است. از این توربینها جهت تامین مصارف مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی استفاده می‌شود.

## توربینهای بادی بزرگ (مزارع بادی)

این نوع توربینها معمولاً شامل چند توربین بادی متمرکز با توان تولیدی ۲۵ کیلووات به بالا می‌باشد که به صورت متصل به شبکه و یا جدا از شبکه طراحی می‌گردند.

## انرژی ژئوترمال و کاربردهای آن

انرژی زمین گرمایی به گرمای موجود در زیر سطح کره‌ی زمین گفته می‌شود. مقدار این انرژی به مراتب بیشتر از مصرف فعلی انرژی در جهان است ولی تولید آن به جز در نواحی ای که به عنوان محل آتش فشان یا زلزله شناخته می‌شوند بسیار کم است. ژئوترمال از کلمه‌ی یونانی "ژئو" به معنی زمین، و (ترمال) به معنی گرما و گرمایی گرفته شده است. بنابراین، انرژی ژئوترمال به معنای (انرژی زمین گرمایی) یا انرژی با منشا درونی زمین است. این انرژی، به شکل گرمای محسوس، از بخش درونی زمین است. این انرژی، به شکل گرمای محسوس، از بخش درونی زمین منشا می‌گیرد و این انرژی در سنگ‌ها و آب‌های موجود در شکاف‌ها و منافذ داخل سنگ در پوسته‌ی زمین وجود دارد. مشاهدات به عمل آمده از معادن عمیق و چاه‌های حفاری شده نشان می‌دهد که درجه‌ی حرارت سنگ‌ها به طور پیوسته با عمق زمین افزایش می‌یابد، هر چند نرخ افزایش درجه‌ی حرارت ثابت نیست. با این روند، درجه‌ی حرارت در قسمت بالایی جبه به مقادیر بالایی می‌رسد و سنگ‌ها در این قسمت به نقطه‌ی ذوب خود نزدیک می‌شوند. منشا این گرما در پوسته و جبه‌ی زمین، به طور عمده تجزیه‌ی مواد رادیواکتیو است. در طول عمر زمین، این گرمای درونی به طور آرام تولید شده و در درون زمین محفوظ و محبوس مانده است. همین امر موجب شده است که منبع انرژی مهمی فراهم شود و امروزه به عنوان انرژی نامحدودی در مقیاس انسانی مورد توجه قرار گیرد. از طرف دیگر، نظریه‌های موجود در خصوص تکامل زمین نیز مبنای برای توضیح وجود گرما در داخل زمین هستند. مطالعات نشان می‌دهد که زمین در زمان پیدایش (حدود ۴/۵ میلیارد سال قبل) حالت مذاب داشته، تدریجاً سرد شده و بخش خارجی آن به صورت جامد درآمده است. اما بخش‌های داخلی آن، به دلیل کندی از دست

دادن گرما، حالت مذاب خود را حفظ کرده و دارای درجه‌ی حرارت بالایی است و می‌تواند منبع گرمایی درونی پوسته باشد که از هسته به طرف خارج منتقل می‌شود. چگونگی انتقال گرمای زمین به سطح زمین: گرما از هسته‌ی زمین به طور پیوسته به طرف خارج حرکت می‌کند. این جریان از طریق انتقال و هدایت گرمایی، گرما را به لایه‌های سنگی مجاور (جیه) می‌رساند. وقتی درجه‌ی حرارت و فشار به اندازه‌ی کافی بالا باشد، بعضی از سنگ‌های جیه ذوب می‌شوند و ماقماً به وجود می‌آید. سپس به دلیل سبکی و تراکم کمتر نسبت به سنگ‌های مجاور، ماقماً به طرف بالا منتقل می‌شود و گرما را در جریان حرکت، به طرف پوسته‌ی زمین حمل می‌کند. گاهی اوقات، ماقماً داغ به سطح زمین می‌رسد و گدازه را به وجود می‌آورد. اما بیشتر اوقات، ماقماً در زیر سطح زمین باقی می‌ماند و سنگ‌ها و آب‌های مجاور را گرم می‌کند. این آب‌ها بیشتر منشاء سطحی دارند و حاصل آب بارانی هستند که به اعماق زمین نفوذ کرده است. بعضی از این آب‌های داغ از طریق گسل‌ها و شکسته‌های زمین به طرف بالا حرکت می‌کنند و به سطح زمین می‌رسند که به عنوان چشم‌های آب گرم و آبغشان شناخته می‌شوند. اما بیشتر این آب‌ها در اعماق زمین، در شکاف‌ها و سنگ‌های متخلخل محبوس می‌مانند و منابع زمین گرما را به وجود می‌آورند. مکان‌های مناسب برای بهره برداری از انرژی زمین گرمایی: مناطق دارای چشم‌های آب گرم و آبغشان‌ها، اولین مناطقی هستند که در آن‌ها انرژی زمین گرمایی مورد بهره برداری قرار گرفته و توسعه یافته است. در حال حاضر، تقریباً تمام نیروی الکتریسیته حاصل از انرژی زمین گرمایی از چنین مکان‌هایی به دست می‌اید. در بعضی از مناطق، تزریق ماقماً به درون پوسته‌ی زمین، به اندازه‌ی کافی جدید و هنوز خیلی داغ است. در این نواحی، درجه‌ی حرارت سنگ ممکن است به ۳۰۰ درجه‌ی سانتی گراد برسد و مقادیر عظیمی انرژی گرمایی فراهم کند. بنابراین، انرژی زمین گرمایی در مکان‌هایی که فرایندهای زمین شناسی اجازه داده اند ماقماً تا نزدیکی سطح زمین بالا بباید، یا به صورت گدازه جریان یابد، می‌تواند تشکیل شود. ماقماً نیز در سه منطقه می‌تواند به سطح زمین نزدیک شود: ۱- محل برخورد صفحات قاره‌ای و اقیانوسی (فرورانش)، مثلاً حلقه‌ی آتش دور اقیانوس آرام. ۲- مراکز گسترش؛ محلی که صفحات قاره‌ای از هم دور می‌شوند، نظیر ایسلند و دره‌ی کافتی آفریقا-۳- نقاط داغ زمین؛ نقاطی که ماقماً را پیوسته از جیه به طرف سطح زمین می‌فرستند و ردیفی از آتش‌فشان را تشکیل می‌دهند. کاربرد انرژی زمین گرمایی: از زمان‌های دور، مردم از آب زمین گرمایی که آزادانه در سطح زمین به صورت چشم‌های گرم جاری بودند، استفاده کرده‌اند. رومی‌ها برای مثال از این آب برای درمان امراض پوستی و چشمی بهره می‌گرفتند. در (پمپئی) برای گرم کردن

خانه ها از آن استفاده می شد. بومی های آمریکا نیز از آب زمین گرمایی برای پختن و مصارف دارویی بهره می گرفتند. امروزه، با حفر چاه به درون مخازن زمین گرمایی، و مهار آب داغ و بخار، از آن برای تولید نیروی الکتریسیته در نیروگاه زمین گرمایی و یا مصارف دیگر بهره برداری می کنند. در نیروگاه زمین گرمایی، آب داغ و بخار خارج شده از مخازن زمین گرمایی، نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می آورد و انرژی الکتریسیته تولید می کند. آب مورد استفاده، از طریق چاه های تزریق به مخزن برگشت داده می شود تا دوباره گرم شود و در عین حال، فشار مخزن حفظ، و تولید آب داغ و بخار تقویت شود و ثابت باقی بماند. سه نوع نیروگاه زمین گرمایی برای تولید برق وجود دارد: ۱-

نیروگاه خشک: این نیروگاه روی مخازن ژئوترمالی که بخار خشک با آب خیلی کم تولید می کنند، ساخته می شوند. در این روش، بخار از طریق لوله به طرف نیروگاه هدایت می شود و نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می کند. این گونه مخازن با بخار خشک کمیاب است. بزرگترین میدان بخار خشک در دنیا، آب گرم حیزرز در ۹۰ مایلی شمال کالیفرنیاست که تولید الکتریسیته در آن، از سال ۱۹۶۲ شروع شده است و امروزه به عنوان یکی از موفق ترین پروژه های تولید انرژی جایگزین محسوب می شود. ۲- نیروگاه بخار حاصل از آب داغ: این نوع نیروگاه روی مخازن دارای آب داغ احداث می شود. در این مخازن با حفر چاه، آب داغ به سطح می آید و به دلیل آزاد شدن از فشار مخازن، بخشی از آن به بخار تبدیل می شود. این بخار برای چرخاندن توربین به کار می رود. چنین نیروگاه هایی عمومیت بیشتری دارند، زیرا بیشتر مخازن زمین گرمایی حاوی آب داغ هستند. فناوری مذبور برای اولین بار در نیوزیلند به کار گرفته شد. ۳- نیروگاه ترکیبی (بخار و آب داغ): در این سیستم، آب گرم از میان یک مبدل گرمایی می گذرد و گرما را به یک مایع دیگر می دهد که نسبت به آب در درجه حرارت پائین تری می جوشد. مایع دوم در نتیجه ی گرم شدن به بخار تبدیل می شود و پره های توربین را می چرخاند. سپس متراکم می شود و مایع حاصله دوباره مورد استفاده قرار می گیرد. آب زمین گرمایی نیز دوباره به درون مخازن تزریق می شود. این روش برای استفاده از مخازنی که به اندازه ی کافی گرم نیستند که بخار با فشار تولید کنند، به کار می رود. نیروگاه تولید برق از انرژی زمین گرمایی مزایای استفاده از انرژی گرمایی برای تولید الکتریسیته: ۱- تمیز بودن: در این روش همانند نیروگاه بادی و خورشیدی، نیازی به سوخت نیست، بنابراین سوخت های فسیلی حفظ می شوند و هیچگونه دودی وارد هوا نمی شود. ۲- بدون مشکل بودن برای منطقه: فضای کمتری برای احداث نیروگاه نیاز دارد و عوارضی چون ایجاد تونل، چاله های رو باز، کپه های آشغال و یا نشت نفت و روغن را به دنبال

ندارد. ۳- قابل اطمینان بودن نیروگاه می تواند در طول سال فعال باشد و به دلیل قرار گرفتن روی منبع سوخت، مشکلات مربوط به قطع نیروی محرکه در نتیجه ی بدی هوا، بلایای طبیعی و یا نتش های سیاسی را ندارد. ۴- تجدید پذیری و دائمی بودن ۵- صرفه جویی ارزی: هزینه ای برای ورود سوخت از کشور خارج نمی شود و نگرانی های ناشی از افزایش هزینه ی سوخت وجود نخواهد داشت. ۶- کمک به رشد کشورهای در حال توسعه: نصب آن در مکان های دور افتاده می تواند، استاندارد و کیفیت زندگی را با آوردن نیروی برق بالا ببرد. با توجه به فوایدی که بر شمردیم، انرژی زمین گرمایی به رشد کشورهای در حال توسعه بدون آلودگی کمک می کند. مصارف دیگر انرژی زمین گرمایی: آب زمین گرمایی در سرتاسر دنیا، حتی زمانی که به اندازه ی کافی برای تولید برق داغ نیست، مورد استفاده قرار می گیرد. آب های زمین گرمایی که درجه ی حرارت آنها بین ۵۰ تا ۳۰۰ درجه ی فارنهایت است، مستقیماً مورد استفاده قرار می گیرند که موارد مصرف آنها به شرح زیر است: ۱- برای تسکین درد عضلات در چشمeh های داغ و درمان با آب معده (آب درمانی). ۲- گرم کردن داخل ساختمان های منفرد و حتی منطقه ای که مجاور چشمeh های گرم است. در این روش، سیستم های گرم کننده، آب زمین گرمایی را از طریق یک مبدل گرمایی پمپ می کنند و گرما را به آب شهری انتقال می دهند و آب شهری گرم شده، از طریق لوله کشی به ساختمان های شهر منتقل می شود. در داخل ساختمان ها نیز، یک مبدل گرمایی دیگر گرما را به سیستم گرمایی ساختمان ها منتقل می کند (شکل ۹). ۳- برای کمک به رشد گیاهان، سبزیجات و محصولات دیگر در گلخانه (زراعت). ۴- برای کوتاه کردن زمان مورد نیاز رشد و پرورش ماهی، میگو، نهنگ و تمساح (آبزی پروری). ۵- برای پاستوریزه کردن شیر، خشک کردن پیاز، الوارکشی و برای شستن پشم (استفاده صنعتی). بزرگترین واحد این سیستم گرمایی در دنیا، در (ریکیاویک) در ایسلند قرار دارد. از زمانی که این سیستم برای تامین گرمای شهر مذکور به کار می رود، ریکیاویک به یکی از تمیزترین شهرهای دنیا تبدیل شده است؛ در صورتی که قبل از آن بسیار آلوده بود. موارد مصرف دیگری نیز از گرمای زمین گرمایی وجود دارد. برای مثال، در (کلامث فالز) در اورگن آمریکا، زیر جاده ها و پیاده روهای آب ژئوترمال لوله کشی می شود، تا از یخ زدن آن ها در شرایط هوای یخ‌بندان جلوگیری شود. در نیومکزیکو، ردیفی از لوله ها که زیر خاک دفن شده اند، آب زمین گرمایی را انتقال می دهند تا گل ها و سبزیجات پرورش یابند. با این شیوه، اطمینان حاصل می شود که زمین یخ نمی زند. به علاوه، فصل رویش طولانی تر می شود و روی هم رفته، محصولات کشاورزی سریع تر رشد می کنند و بدون استفاده از گلخانه محافظت می شوند. کشورهایی که در حال حاضر از مخازن زمین گرمایی

برای تولید الکتریسیته استفاده می کنند، عبارتند از ک آمریکا، نیوزیلند، ایسلند، مکزیک، فیلیپین، اندونزی و ژاپن. استفاده از این انرژی در بسیاری از کشورها در حال گسترش است. راه حل استفاده‌ی بیشتر از انرژی زمین گرمایی، افزایش آگاهی عمومی و تقویت فناوری مرتبط با زمین گرمایی است.

## انرژی زمین گرمایی یا ژئوتermal

در حقیقت زمین منبع عظیمی از انرژی حرارتی می باشد. هر چه به اعمق زمین نزدیکتر می شویم حرارت آن افزایش می یابد بطوریکه این حرارت در هسته زمین به بیش از پنج هزار درجه سانتیگراد می رسد. این حرارت به طریقه های متفاوتی از جمله فورانهای آتشفسانی، آبهای موجود در درون زمین و یا بواسطه خاصیت رسانایی از بخش هایی از زمین به سطح آن هدایت می شود. در یک سیستم زمین گرمایی حرارت ذخیره شده در سنگها و مواد مذاب اعماق زمین بواسطه یک سیال حامل به سطح زمین منتقل می شود. این سیال عمدتاً نزولات جوی می باشد که پس از نفوذ به اعماق زمین و مجاورت با سنگهای داغ حرارت آنها را جذب نموده و در اثر کاهش چگالی مجدداً به طرف سطح زمین صعود می نماید و موجب پیدایش مظاهر حرارتی مختلفی از قبیل چشمehای آب گرم، آبغشانها و گل فشانها در نقاط مختلف سطح زمین می گردد.

استفاده از حرارت توسط انسان به زمانهای بسیار دور بر می گردد. وقتی که انسانهای ما قبل تاریخ در جستجوی پناهگاه در ته غارها اقدام به گریز از سرمای یخندان کردند. با دور شدن از سطح زمین خود را در پناه تغییرات فصول قرار داده و در حقیقت از انرژی زمین گرمایی استفاده می کردند.

چشمehای آب گرم، چشمehای آب گرم جهنده و فوارههای بخار، صور نمایشی از گرمای زمین هستند. که در هر زمان مورد استفاده مردمان بوده است و امروزه سعی در بهره برداری از این انرژی بصورت مدرن و در اندازههای بیشتر است. چشمehای شناخته شده با دمای بالا از مدت‌ها پیش مورد بهره برداری قرار گرفته است، ولی اشکال عمدۀ آن وجود چشمehایی در نقاط کمیاب و مشخص از زمین است.

در حقیقت دو نوع انرژی تشخیص داده می شود:

\* انرژیهای پایین

\* انرژی های بالا

با وجود این مرز بین این دو بطور آشکار مشخص نیست، ولی انرژی پایین آن دمایی است که تولید الکتریسته با آن ممکن نبوده یا عملأ قابل استفاده نیست. مقادیر مساعد بین ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد نوسان می کند.

توزیع دما در زیر زمین تابعی از دو فرآیند است:

\* نیروگاههای برق سیکل بخار خشک

\* نیروگاههای برق زمین گرمایی تبخیر آنی یک مرحله ای آب داغ

\* نیروگاههای برق زمین گرمایی تبخیر آنی دو مرحلهای آب داغ

\* نیروگاههای برق زمین گرمایی دو مداره

\* نیروگاههای برق زمین گرمایی ترکیبی زمین گرمایی - فسیلی

۱) نیروگاه خشک:

این نیروگاه روی مخازن ژئوترمالی که بخار خشک با آب خیلی کم تولید می کنند، ساخته می شوند در این روش، بخار از طریق لوله به طرف نیروگاه هدایت می شود و نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می کند این گونه مخازن با بخار خشک کمیاب است بزرگترین میدان بخار خشک در دنیا، آب گرم جیزرز در ۹۰ مایلی شمال کالیفرنیاست که تولید الکتریستیه در آن، از سال ۱۹۶۲ شروع شده است و امروزه به عنوان یکی از موفق ترین پروژه های تولید انرژی جایگزین محسوب می شود.

۲) نیروگاه بخار حاصل از آب داغ:

این نوع نیروگاه روی مخازن دارای آب داغ احداث می شود در این مخازن با حفر چاه، آب داغ به سطح می آید و به دلیل آزاد شدن از فشار مخازن، بخشی از آن به بخار تبدیل می

شود این بخار برای چرخاندن توربین به کار می رود چنین نیرگاه هایی عمومیت بیشتری دارند، زیرا بیشتر مخازن زمین گرمایی حاوی آب داغ هستند فناوری مذبور برای اولین بار در نیوزیلند به کار گرفته شد.

### ۳) نیروگاه ترکیبی بخار و آب داغ :

در این سیستم، آب گرم از میان یک مبدل گرمایی می گذرد و گرما را به یک مایع دیگر می دهد که نسبت به آب در درجه حرارت پائین تری می جوشد مایع دوم در نتیجه‌ی گرم شدن به بخار تبدیل می شود و پره‌های توربین را می چرخاند سپس متراکم می شود و مایع حاصله دوباره مورد استفاده قرار می گیرد آب زمین گرمایی نیز دوباره به درون مخازن تزریق می شود این روش برای استفاده از مخازنی که به اندازه‌ی کافی گرم نیستند که بخار با فشار تولید کنند، به کار می رود.

### ۴) نیروگاه زمین گرمایی تبخیر آنی:

در این نیروگاه‌ها سیالی که معمولاً به حالت دوفاز مایع و بخار از اعمق زمین واژ طریق چاه‌های زمین گرمایی استخراج می شود به مخزن جدا کننده هدایت شده و بدینوسیله فاز بخار از فاز مایع جدا می شود. بخار جدا شده وارد توربین شده و باعث چرخش پره‌های توربین می شود. پره‌ها نیز به نوبه خود محور توربین و در نتیجه محور ژنراتور رابه حرکت وارد می شوند که باعث بوجود آمدن قطب‌های مثبت و منفی در ژنراتور شده و در نتیجه برق تولید می شود.

### ۵) نیروگاه زمین گرمایی با چرخه دو مداره(باینری):

در این نوع نیروگاه‌ها نیاز به مخزن جدا کننده در تجهیزات نیروگاه وجود ندارد زیرا آب گرم استخراج شده وارد مبدل حرارتی شده و حرارت خود را به سیال عامل دیگری که معمولاً ایزوپنتان می باشد و نقطه جوش پایینتری نسبت به آب دارد منتقل می‌کند. در این فرآیند ایزوپنتان به بخار تبدیل شده و به توربین منتقل می شود که در اینجا توربین و ژنراتور طبق توضیحات فوق می توانند برق تولید کنند.

از کاربردهای مستقیم انرژی زمین گرمایی میتوان به مواردی همچون احداث مراکز آب درمانی و تفریحی-توریستی، گرمایش انواع گلخانه، احداث مراکز پرورش آبزیان و طیور، پیش گیری از یخ زدگی معابر در فصل سرما، تامین گرمایش و سرمایش ساختمانها توسط

پمپهای حرارتی زمین گرمایی اشاره نمود.

در کنفرانس جهانی زمین گرمایی در سال ۱۹۹۲ هشدار داده شده است که استفاده بی رویه از سوختهای فسیلی باعث صدمات جبران ناپذیری بر محیط زیست می شود و برآورده شده است که به ازاء هر کیلووات ساعت برق تولید شده از سوخت ذغال سنگ حدود ۱/۲ کیلو گرم گاز دی اکسید کربن  $\text{CO}_2$  ایجاد و به اتمسفر راه میابد. این مقدار گاز دی اکسید کربن با جایگزین کردن ذغال سنگ توسط نفت به ۹/۰، توسط گاز طبیعی به ۴/۰ و توسط انرژی ژئوتermal به ۱۳/۰ کیلو گرم تقلیل میابد.

کمیسیون Public Service of Nevada هزینه های جانبی سوختهای فسیلی را برآورد کرده است. این هزینه ها شامل هزینه های رفع آلودگی های مختلف ناشی از سوختهای فسیلی از جمله ۲ گازهای  $\text{CO}$ ،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{NO}_2$ ،  $\text{CH}_4$  و ... است. اگر این هزینه ها به هزینه تولید الکتریسته از سوختهای فسیلی اضافه شود در این صورت تولید برق از ژئوتermal مقرر به صرفه خواهد بود.

در کل هزینه سرمایه گذاری اوایله نیروگاههای ژئوتermal در حدود هزینه نیروگاههای فسیلی می باشد. هزینه تولید الکتریسته  $\text{G/KWH}$  ژئوتermal کمتر از هزینه تولید الکتریسته از انرژیهای فسیلی است. این هزینه در حدود ۴ تا ۶ سنت برای هر کیلو وات ساعت برق تولیدی است. حدود ۴ درصد کل هزینه سرمایه گذاری به عملیات شناسایی و اکتشاف مخزن، حفاری اکتشافی و توسعه ای مربوط می شود. ۵ درصد مربوط به هزینه تهیه دستگاهها و لوله کشی در نیروگاه و ۱۰ درصد به سایر فعالیتها مربوط می شود.

## تکنیک حفر چاه

یکی از اشکالات عمدۀ ژئوتermal این است که چشمۀ ها یا در نقاط مشخص و کمیاب است و یا در مناطقی که قبلا آتشگشان فعال بوده، وجود دارند. اگر بیاییم در این مناطق زمین را تا عمق ۲ الی ۳ کیلومتری حفر کنیم، دمایی به اندازه ۳۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد پیدا می شود. دسترسی به زمین گرمایی در همه نقاط زمین مقرر به صرفه نیست. همانند کمرنند زلزله، مناطقی که مقرر به صرفه است ژئوتermal نامیده می شود.

### \* روش اول:

استفاده از بخار داغ محبوس شده در داخل زمین: بخار داغ  $250^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد است و با فشار زیاد قابل دسترس است. بخار داغ آب معمولا در عمق  $2000$  متری زمین قرار دارد.

### \* روش دوم:

این روش درحالت خشک است یعنی با تزریق آب به صخره‌های زیر زمینی که بسیار داغ هستند، می‌توان آب داغ یا بخار داغ تولید کرد. بیره کار در این روش  $10$  الی  $17$  است. آب لازم برای تولید  $1\text{KWh}$  کیلو وات ساعت برق  $363$  کیلوگرم می‌باشد. در صورتی که بخار آب لازم برای تولید  $1\text{KWh}$  کیلو وات ساعت برق  $5.9$  کیلوگرم می‌باشد.

### معایب استفاده از انرژی ژئوترمال:

عیب استفاده از انرژی زمین گرمایی، ایجاد آلودگی محیط زیست می‌باشد. گازهایی که از درون زمین خارج می‌شوند، هوا را آلوده می‌کنند و رسوبات حاصله زمین را آلوده می‌کنند. گازهایی که در اثر زمین گرمایی از آن خارج می‌شوند عبارتند از: آمونیاک، متان، دی‌اکسید کربن، نیتروژن، هیدروژن و گوگرد

### مکان‌های مناسب برای بیره برداری از انرژی زمین گرمایی:

- ۱) محل برخورد صفحات قاره‌ای و اقیانوسی فروزانش؛ مثلاً حلقه‌ی آتش دور اقیانوس آرام.
- ۲) مراکز گسترش؛ محلی که صفحات قاره‌ای از هم دور می‌شوند، نظیر ایسلند و دره‌ی کافتی آفریقا.
- ۳) نقاط داغ زمین؛ نقاطی که مagma را پیوسته از جبهه به طرف سطح زمین می‌فرستند و ردیفی از آتشگشان را تشکیل می‌دهند.

### انرژی زمین گرمایی، کاربردها و مزیت‌ها

از زمان‌های دور، مردم از آب زمین گرمایی که آزادانه در سطح زمین به صورت چشممه‌های گرم جاری بودند، استفاده کرده‌اند رومی‌ها برای مثال از این آب برای درمان امراض پوستی و چشمی بیره می‌گرفتند در پمپی برای گرم کردن خانه‌ها از آن استفاده می‌شد

بومی های آمریکا نیز از آب زمین گرمایی برای پختن و مصارف دارویی بهره می گرفتند امروزه، با حفر چاه به درون مخازن زمین گرمایی، و مهار آب داغ و بخار، از آن برای تولید نیروی الکتریسیته در نیروگاه زمین گرمایی و یا مصارف دیگر بهره برداری می کنند.

در نیروگاه زمین گرمایی، آب داغ و بخار خارج شده از مخازن زمین گرمایی، نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می آورد و انرژی الکتریسیته تولید می کند آب مورد استفاده، از طریق چاه های تزریق به مخزن برگشت داده می شود تا دوباره گرم شود و در عین حال، فشار مخزن حفظ، و تولید آب داغ و بخار تقویت شود و ثابت باقی بماند انرژی زمین گرمایی در رآکتورهای هسته ای طبیعی در داخل زمین براثر تجزیه رادیو ایزوتوپها عناصر ناپایدار مانند اورانیوم، توریوم، پتاسیم و... وجود می آید. درجه حرارت داخل زمین به ازای هر ۱۰۰ متر عمق حدود ۳ درجه سانتیگراد افزایش میابد. استفاده از این گرما به صورت مستقیم امکانپذیر نیست و انسان تا کنون از گرمایی توانسته استفاده کند که در آبهای زیر زمینی وجود دارد و در حال حاضر بهره برداری از انرژی گرمایی درون زمین تنها به صورت آب گرم و بخار آب امکانپذیر است.

از گرمای درون زمین تنها در مکانهای میتوان استفاده کرد که شرایط زمین شناسی ژئوتermal را داشته باشند مناطقی که در کمربند آتشگشانی و زلزله قراردارند . در کل کشورهایی میتوانند از انرژی گرمایی درون زمین استفاده کنند که چشمeh های آب گرم و آبهای معدنی فراوان دارند.

هم اکنون از گرمای درون زمین کشورهای آمریکا، روسیه، ایتالیا، فرانسه، ژاپن، ایسلند، نیوزلند، مجارستان، مکزیک، فیلیپین ، السالوادور و..... استفاده میکنند و از این میان بزرگترین تولیدکنندگان برق از انرژی زمین کشورهای آمریکا، فیلیپین، مکزیک، ژاپن و ایتالیا هستند. ایتالیا نخستین کشوری است که برای شبکه راه آهن برقی خود از انرژی ژئوتermal استفاده کرده است. ایتالیا در نزدیک شهر پیزا حدود ۶۰۰ kW کیلو وات برق از این طریق تولید می کند. فرانسه از سال ۱۹۷۱ استفاده از انرژی زمین گرمایی را شروع کرده است. ۶۶۰ واحد زمین گرمایی، آب گرم و گرمای مورد نیاز ۲۰۰ هزار واحد مسکونی را در این کشور تامین میکنند. نروژ اولین کشوری است که از انرژی زمین گرمایی برای گرم کردن باند فرودگاه ها و جلوگیری از یخزدگی آنها استفاده کرده است. ایسلند ۸۵ درصد انرژی مورد نیاز خود را از منابع زمین گرمایی تامین می کند.

در خصوص ظرفیتهای نصب شده جهان برای استفاده از انرژیهای زمین گرمایی، نظریهای مختلفی وجود دارد. یک تحقیقی محافظه کارانه صحبت از تولید ۹۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ MW مگاوات برق در ۴ کشور جهان می کند. در نیروگاههای زمین گرمایی از آبهای داغ و نیز بخارهای داغ طبیعی که از چاههای حفر شده از اعمق زمین بالا آورده شده است برای به حرکت در آوردن توربینهای بخار و تولید برق استفاده می شود.

از انرژی زمین گرمایی در دو بخش کاربردهای نیروگاهی (غیر مستقیم) و غیر نیروگاهی (مستقیم) استفاده می شود. تولید برق از منابع زمین گرمایی هم اکنون در ۲۲ کشور جهان صورت میگیرد که مجموع قدرت اسمی کل نیروگاههای تولید برق از این انرژی بیش از ۸۰۰۰ مگاوات می باشد. این در حالی است که بیش از ۶۴ کشور جهان نیز با مجموع ظرفیت نصب شده بیش از ۱۵۰۰۰ مگاوات حرارتی از این منبع انرژی در کاربردهای غیر نیروگاهی بهره برداری می نمایند.

### نیروگاههای دیزلی

دیزل کاپرد وسیعی در کلیه زمینه های صنعت دارد و از قدیمی ترین محرک های مکانیکی به شمار می رود و از این رو تا قدرت معینی بی رقیب می باشد . اصولاً دیزل ژنراتورها تا قدرت ۲ الی ۳ مگاوات و به خصوص به عنوان دیزل ژنراتورهای اضطراری بیمارستان ها ، هتل ها و مناطقی که دارای مصرف محدود می باشد کاربرد گسترده دارد.



یک مولد دیزلی

دیزل ها اصولاً از نظر طراحی به دو دسته تقسیم می شوند. دسته اول دیزل های 7 تایپ (خورجینی هستند که در آنها آرایش سیلندرها به صورت حرف 7 انگلیسی می باشد).

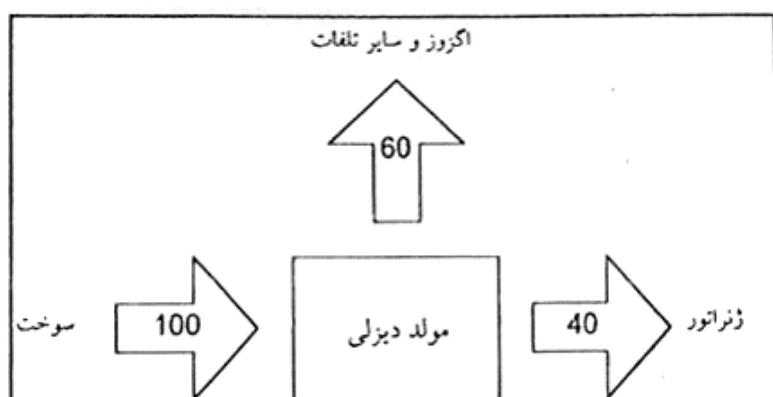
دسته دوم دیزل های I تایپ (I Type) یا خطی هستند که محور کلیه سیلندرهای آن یکی است و با استقبال خوبی در ایران مواجه شده اند و متخصصان ایرانی در زمینه بهره برداری، نگهداری و تعمیرات آنها از تجارب بالایی برخوردار هستند.

کلیه دیزل ها از دیدگاه سرعت به سه دسته تقسیم می شوند. دسته اول دیzel های پر دور هستند که دور در دقیقه آنها معمولاً از ۱۵۰۰ تا ۷۵۰ متغیر است. نسبت وزن به قدرت این نوع دیzel ها در قیاس با سایر گروهایی که متعاقباً معرفی می شوند کوچک است و قیمت آنها نیز نسبت به سایر انواع کمتر است. سرعت راه اندازی و بارگیری این نوع دیzel ها از سایر انواع به مراتب بیشتر است.

گروه دوم، دیzel های دور متوسط هستند که سرعت آنها حدوداً ۴۵۰ دور در دقیقه است. گروه سوم نیز دیzel های کم دور می باشند که دور آنها معمولاً از ۴۰۰ دور در دقیقه کمتر است. قانون کلی حاکم بر دیzel ها این گونه است: هر چه دور دیzel کمتر باشد نسبت واحد وزن آن بیشتر، قیمت آن بالاتر، مدت زمان رسیدن به بار کامل بیشتر و قدرت آن افزایش می یابد.

صرف دیzel در تامین انرژی الکتریکی نیز از گستردگی نسبتاً خوبی برخوردار است. موارد به کارگیری دیzel ژنراتورها متناسب با نیاز تغییر می کند. دیzel ژنراتورهای پر دور به عنوان واحدهای تولید کننده بار اضطراری و به صورت آماده به خدمت عمل می کنند و دیzel در ژنراتورهای کم دور تامین کننده بار پایه هستند.

شمای حرارتی مولدات دیzel به صورت زیر می باشد:





دانلود "تحقیقات و مقالات برتر"

[www.bazar4h.ir](http://www.bazar4h.ir)