(بررسی روشهای تولید انرژی الکتریکی در آینده)

به‌توسط
دکتربوذرجمهر قاسمی
استادیار گروه فیزیک دانشگاه اصفهان

چکیده:

باتوجه به‌ازدیاد روزانهٔ جمعیت ، کمبود انرژی در جهان به‌تدریج ابعاد گسترده‌ای پیدا می‌کند . درصورتی که قرار باشد متوسط سطح زندگی افراد بشر بهبود یابد و یا حتی در وضع فعلی باقی بماند ، اجبارا" باید به‌موازات برنامه‌های صرفه‌جویی ، بغیر از سوختهای سنگواره‌ای و اتمی از منابع جدید انرژی نیز استفاده بعمل آید . بدین‌دلیل است که هم‌اکنون نظرها از روشهای متداول تولید الکتریسیته (توربوژنراتورها) به‌سمت روشهای دیگر معطوف گردیده است .

دراین مقاله روشهای احتمالی تولید الکتریسیته که در دست تحقیق می‌باشند و احتمالا" درآینده‌ای نزدیک ، درحدود سالهای ۹۹۰ الی ۲۰۰۰ به‌کار گرفته خواهند شد . موردبررسی قرار می‌گیرد .

انتخاب این فاصلهٔ زمانی برای روشهایی که بیشتر در مراحل تکمیل نظریه هستند ممکن است کافی نباشد ، لیکن برای تکمیل و توسعهٔ روشهای شناخته شده کفایت می‌کند .

دراین مقاله باتوجه به‌منابع مختلف انرژی ، نحوهٔ کار ، قابل‌اعتماد بودن و بهره‌دهی مولدهای گرمایونی[1] ، مولدهای ذرات آلفا و بتا ، طرز استفاده از انرژی خورشید ، امواج دریا و جزر و مد انرژی داخل زمین و مولدهای برقابی[2] موردبررسی قرار می‌گیرند و سیکلهای ترکیبی که برای بالابردن بهرهٔ حرارتی لازم به‌نظر می‌رسند موردبحث واقع می‌شوند . بررسی‌فوق به‌این نتیجه منتج می‌گردد که باتوجه به‌روند فعلی ازدیادبهای‌انرژی ، دلایل اقتصادی‌دایر به‌سرمایه‌گذاریهای‌متوسط در جهت استفاده از انرژی خورشیدی‌برای استفاده‌های‌محلی دیده‌می‌شود ،اما قسمت‌اعظم انرژی‌الکتریکی‌دنیا از نیروگاههای مجهزبه‌توربوژنراتورها خواه سوخت‌سنگواره‌ای مصرف نمایند یا اتمی ، تامین‌می‌گردد ، ولی به‌منظور بهبود بهرهٔ حرارتی این نیروگاهها ، استفاده از مولدهای آب پویایی مغناطیسی[3] در سیکلهای ترکیبی متداول خواهد گردید .

روشهای تولید الکتریسیته

۱ ــ توربوژنراتورهای معمولی :

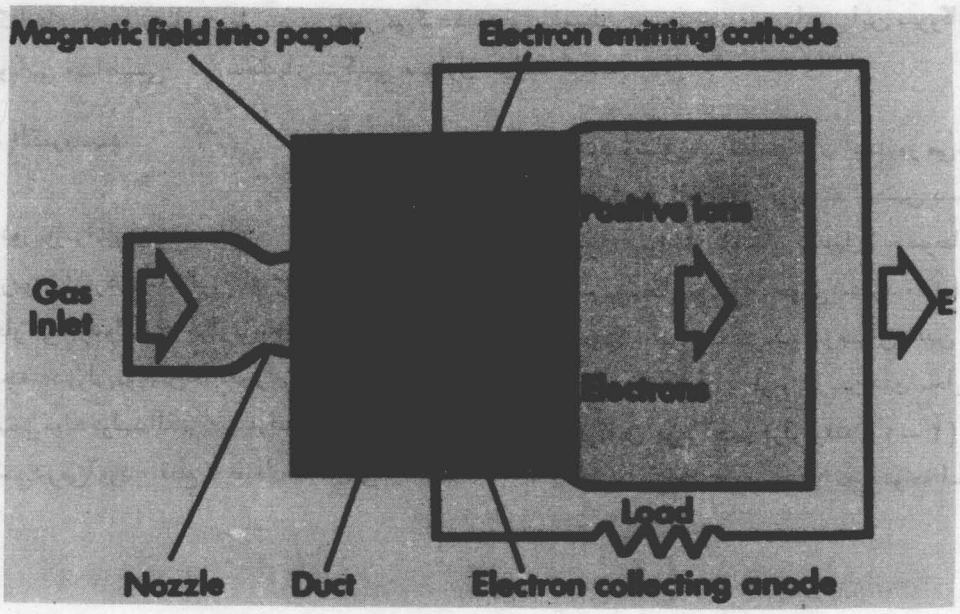
درتوربوژنراتورهای‌معمولی ، انرژی شیمیایی‌سوخت ، صرف‌تولید بخار می‌شودوانرژی حرارتی‌بخار به‌انرژی‌جنبشی تبدیل‌و درنتیجه‌به‌دوران‌توربین‌ها منجرمی‌گردد . توربین ، چرخنده‌مغناطیسی‌مولدتولیدالکتریسیته‌رادرمقابل‌هادی‌های استاتور به‌حرکت درمی‌آورد . قطع خطوط مغناطیسی منجر به ایجاد ولتاژی در هادی‌های استاتور می‌شود که نتیجهٔ آن تولیدانرژی‌الکتریکی می‌باشد .چنین دستگاهی‌به‌دلیل‌تلفات انرژی‌درمراحل مختلف تبدیل (خصوصا" تبدیل‌انرژی حرارتی‌به‌کار) بهرهٔ خوبی ندارد ،امابااین‌وجودبیش از ۹۶ درصدکل انرژی‌الکتریکی درجهان‌به‌این روش تولید می‌گردد . تاریخچهٔ تکامل و طرح توربین‌های بخار در نشریات مختلف بطورکامل موردبحث قرارگرفته (۱ ــ ۲) اما دوجنبهٔ این ماشین‌ها برای دههٔ ۱۹۹۰ موردتوجه است .

1- Thermionic 2- Hydroelectric 3- Magnetohydrodynamic(MHD)

منابع اصلی انرژی

منابع اصلی انرژی را بطورخلاصه می‌توان بشرح زیر تقسیم بندی نمود :

منابع اولیه	منابع ثانوی
خورشید	حرارت مستقیم خورشید زغال ـ چوب نفت ـ ئیدروکربورها گاز طبیعی زباله‌های طبیعی (شاخ‌وبرگها ، کاه و غیره) بادها امواج رودخانه‌ها فعل‌وانفعال‌های شیمیائی
ماه	جزر و مد
زمین	انرژی حرارتی هسته مرکزی



شکل (۱)

لوازمی که تاکنون برای تبدیل انرژی‌های فوق به‌الکتریسیته مورداستفاده قرارگرفته‌است نیز بدین‌صورت تقسیم می‌شود .

منابع انرژی	لوازم تبدیل‌کننده
سوختهای سنگواره‌ای	۱ ــ تورپوژنراتورهای معمولی ۲ ــ مولدهای گرمابرقی [1] ۳ ــ مولدهای گرمایونی
سوخت اتمی	۱ ــ توربوژنراتورهای معمولی ۲ ــ مولدهای MHD (آب‌پویایی‌مغناطیسی) [2] ۳ ــ مولدهای الکترودینامیک ۴ ــ مولدهای ذرات آلفا و بتا ۵ ــ مولدهای گرمابرقی ۶ ــ مولدهای گرمایونی
انرژی خورشیدی	۱ ــ توربوژنراتورهای معمولی ۲ ــ مولدهای دریائی ۳ ــ قمرهای خورشیدی ۴ ــ مولدهای فوتوولتیک ۵ ــ مولدهای گرمابرقی ۶ ــ مولدهای گرمایونی
باد	۱ ــ توربین‌های بادی
رودخانه‌ها	توربین‌های آبی
جزر و مد دریاها	توربین‌های آبی
امواج	مولدهای دریایی
گرمای داخلی زمین	لوازم زمین‌گرمایی [3] همراه‌با توربوژنراتورها
انرژی شیمیایی	سلها باطری‌ها

1- Thermoelectric 2- Magnetohydrodynamics 3- Geothermal

الف ــ انتخاب بهترین اندازهٔ این واحدها و نتایج ناشی از تغییراتی که در طرح مولدها احیانا "بایستی به عمل آید .

ب ــ بررسی راههایی برای بالاتر بردن بهرهٔ کل چنین واحدها از حد متوسط ۳۵ درصد متداول (۳) .

۲ ــ مولدهای MHD (آب پویایی مغناطیسی)

از سالهای قبل (۴) به منظور بهبود بهرهٔ تبدیل انرژی حرارتی به انرژی الکتریکی توربوژنراتورهای معمولی پیشنهاد گردیده است که در آنها به جای هادی های فلزی که خطوط فلوی مغناطیسی را قطع می نمایند از گازهای داغ شده استفاده شود . با اجرای پیشنهاد فوق قسمتهایی از سیکل بخار که بهرهٔ کمی دارند حذف می گردد .

در این مولدها گازهای داغ حاصل از سوختهای سنگوارهای یا اتمی که ذرات باردار در آن ایجاد گردیده مورد استفاده واقع می شوند . این گازها ، که هادی الکتریسته می باشند ، از شیپوره های[1] واقع در میدان مغناطیسی عبور می نمایند . هنگام عبور مقداری از انرژی حرارتی به انرژی جنبشی ، و در اثر قطع خطوط فلوی مغناطیسی به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد . شکل (۱)

بهرهٔ حرارتی این مولدها خیلی پایین و در حدود ۸ الی ۱۰ درصد می باشد ، لیکن درصورتی که این مولدها به عنوان مکمل توربوژنراتورهای معمولی ، همراه با آنها مورد استفاده قرار گیرند بهرهٔ حرارتی کل دستگاه را تا حد ۴۵ الی ۵۰ در صد بالا خواهند برد (۴) .

هم اکنون تحقیقات زیادی در این مورد در روسیهٔ شوروی و امریکا در جریان است . در روسیهٔ شوروی یک واحد ۷۵ مگاواتی در حال آزمایش است که ۲۵ مگاوات آن از مولد MHD تولید می گردد . بسیاری از مسائل اصلی این دستگاه مانند آلودگی محیط (۱) از گازهای خروجی ، خارج نمودن ذرات پاشیده شده در گاز به منظور هادی نمودن (۲) آنها از گازهای خروجی هنوز حل نگردیده است (۵) .

گواینکه چنین دستگاهی از نظر بالا بردن بهرهٔ حرارتی فوق العاده مورد توجه است اما مشکل بتوان پیش بینی نمود که این گونه واحدها در اندازه های بزرگ تا دههٔ ۲۰۰۰ آماده کار شوند .

۳ ــ مولدهای پویابرقی[2]

مولدهای پویابرقی نوعی مولد ایستابرقی مشابه " ماشین وان درگراف " هستند که در آنها بجای تسمه متحرک از گاز متحرک استفاده می شود (۶) . یون های مثبت به وسیله گاز داغ حمل و به توسط یک گیرنده فلزی جمع آوری شده و به ولتاژ بالا خواهند رسید ، از آن به بعد یون های مثبت بر اثر اختلاف سطح ، به سمت گیرنده فلزی حرکت می کنند . عملا " در این روش انرژی جنبشی گاز به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد .

معایب این مولدها همانند معایب مولدهای MHD می باشند مانع بزرگی که در سر راه مولدهای پویابرقی برای تولید انرژی زیاد وجود دارد این است که در هر واحد ، مقدار کمی از انرژی مکانیکی را می توان به الکتریسیته تبدیل نمود . در نتیجه برای تولید الکتریسیته در مقیاسهای بزرگ اجبارا " به تعداد فوق العاده زیادی واحدهای مشابه احتیاج پیدا می شود . اگرچه این مولدها الکتریسیته با ولتاژهای بالا مناسب برای انتقال به راه دور ، تولید می نمایند . با این وجود مسائل حل نشده آنها سدی است در مقابل کاربرد آنها در یکی دو دهه آینده . بررسی کامل این مولدها و مولدهای ایستابرقی در (۷ و ۸) گزارش گردیده .

۴ ــ مولدهای ذرات آلفا و بتا

فکر به کاربردن ذرات بتا (الکترونها) که از اجسام رادیواکتیو ساطع می شوند ، برای تولید الکتریسیته چندان جدید نیست ، مولدهای کوچکی برای تولید مقدار جزئی الکتریسیته نیز ساخته شده و همچنین روشی که در آن ، از ذرات آلفا (هسته هلیوم) برای تولید الکتریسیته استفاده به عمل می آید مورد بررسی قرار گرفته است (۹) . این مولدها ، هردو محدود به تولید مقادیر جزئی الکتریسیته بوده و به نظر نمی رسد که برای واحدهای بزرگ قابل استفاده باشند .

۵ ــ انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی را در مقیاسهای عادی شاید بتوان پایان ناپذیر دانست . وانگهی استفاده از آن محیط زیست را آلوده نکرده و از نظر مقدار نیز برای هر مقدار مصرف قابل تصور کافی می باشد . مقدار انرژی خورشید که در هر سال به سطح زمین می تابد معادل انرژی ۴۵×۱۰^{۱۲} تن زغال برآورد

1- Nozzles

2- Electrodynamic

گردیده است، ۱۰ % این انرژی برای‌رفع احتیاج‌انرژی‌مصرفی در سطح‌فعلی‌در دنیاکافی می‌باشد. درحدود۸۵ درصدانرژی مصرفی خانگی جهت دستگاه گرمایش و تهیهٔ آب گرم است، استفاده از انرژی خورشید برای چنین مصارفی نیز به‌سادگی امکان‌پذیرمی‌باشد، جایگزینی‌این‌انرژی جهت‌مصارف خانگی از میزان مصرف انرژی الکتریکی‌خواهد کاست.

راه‌عملی‌برای‌تولیدانرژی‌الکتریکی‌از انرژی‌خورشیدی در مقیاسهای صنعتی تاکنون پیشنهاد نشده و اشکال اساسی آن نیز همان مسائلی است که در تکمیل سایر روشها موجود و اهم آن‌مسایل اقتصادی است. زیرا، هزینهٔ تولید یک واحد انرژی الکتریکی به‌وسیلهٔ استفاده از انرژی خورشیدی بیش از ۱۰ برابر دستگاههای متداول با توربوژنراتور است.

برای‌استفاده‌و ذخیرهٔ‌انرژی خورشیدی طرق‌مختلفی پیشنهادگردیده‌که از آن‌جمله استفاده ازباطری‌های شیمیایی (بکمک‌تغییرفاز)، کاشت‌گیاهان‌و یا استفادهٔ‌مستقیم‌از انرژی حرارتی خورشید مانند کاربرد سطوح گسترده برای جمع‌آوری انرژی حرارتی خورشید برای تولید بخار توربوژنراتورها، مولدهای دریایی، قمرهای خورشیدی و بالاخره سلولهای فوتوولتیک[1] است که در زیر بطور اختصار تشریح می‌گردد.

الف ــ سطوح‌گسترده برای‌جمع‌آوری انرژی‌حرارتی خورشید

بزرگترین طرحی که برای‌استفاده‌ازانرژی خورشیدی در دست‌اجراست طرح‌سطح‌گسترده (شکل ۲) برای‌جمع‌آوری انرژی حرارتی خورشید به‌منظورایجاد بخار برای استفاده در توربوژنراتورها می‌باشد. این‌طرح برای اواخر سال ۱۹۹۰ در امریکا آمادهٔ‌بهره‌برداری خواهد شد (۱۰). دراین‌طرح دستگاههای‌خودکار، اشعه‌منعکس‌شده‌ازیک‌رشته ۷۰۰۰عددی آینه‌را به‌یک‌کلکتورکروی که‌در بالای برجی به‌ارتفاع ۴۵۰ متر قرار داردمی‌تابانند. گرمای‌ناشی‌ازاین‌دستگاه ($1/6\ MW/m^2$) صرف تولیدبخاربرای‌به‌گردش‌درآوردن‌توربوژنراتورخواهدشد.

ب ــ مولد دریایی[2]

درجه‌حرارت قشربالای آب بعضی‌از دریاهای مناطق حاره، بین ۲۴ الی ۳۲ درجه‌سانتیگراداست، درحالی‌که قشر پائین، در ۳۰۰ الی ۴۰۰ متری، درجهٔ حرارتی درحدود ۴ الی ۷ درجه سانتیگراد دارا می‌باشد. باتوجه به‌این‌اختلاف درجهٔ حرارت، پیشنهاد شده‌است‌که‌ازاین دو منبع حرارتی برای تولید نیرو استفاده بعمل آید (۱۱).

در مولدهای دریائی (شکل ۳) آب‌گرم سطح دریا برای جوشاندن سیال واسط تحت‌فشار (مانند: پروپان یا آمونیاک) بکار برده می‌شود، و از انبساط بخار سیال واسط روی‌پره‌های‌توربین کارایجاد می‌گردد. بخارمنبسط شده‌سپس در چگالنده[3] که با آب سرد طبقه تحتانی خنک می‌گردد به مایع تبدیل می‌گردد، به‌منظورسبک‌کردن وزن دیگ بخار محل آن عموما" در ارتفاعی درنظر گرفته می‌شود که فشار آب خارجی تقریبا" مساوی فشار داخلی دیگ باشد.

برآوردهای‌اولیه‌نشان‌داده‌است‌که‌برای‌تولید MW ۱۰۰، انرژی به‌روش فوق، احتیاج به $500\ m^3/sec$ آب‌گرم می‌باشد، و ضمنا" هزینه سوخت و نگهداری آن نیز پائین‌تر از انرژی معادل نیروگاههای‌اتمی است (۱۱).

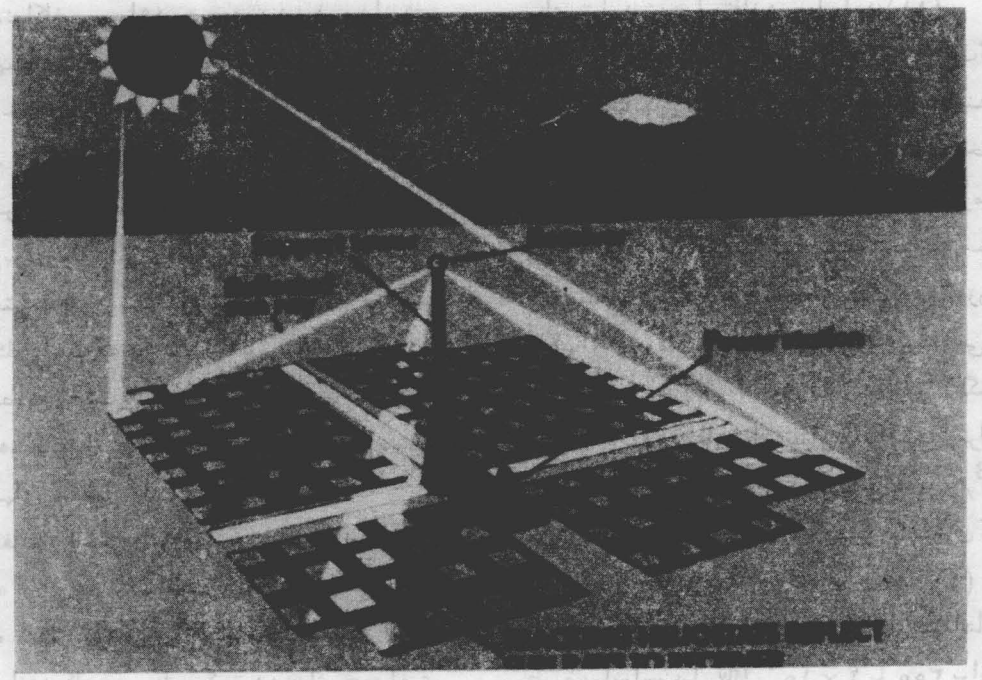
برآوردجمع انرژی‌تولیدی از دریاهای‌آب گرم‌ازاین طریق‌برابراست‌با 2×10^9 MW یا ۳۰۰ برابر انرژی مصرفی در سطح فعلی درجهان. استفاده از چنین روشی در دههٔ ۱۹۹۰ کاملا" تابع حل رضایت‌بخش مسائل مهندسی مربوط به‌هزینه‌های انتقال انرژی به‌نقاط مصرف و همچنین مشکلات مهندسی‌مربوط به‌طرح می‌باشدکه آنهم ریشه اقتصادی‌دارد.

ج ــ قمرهای خورشیدی

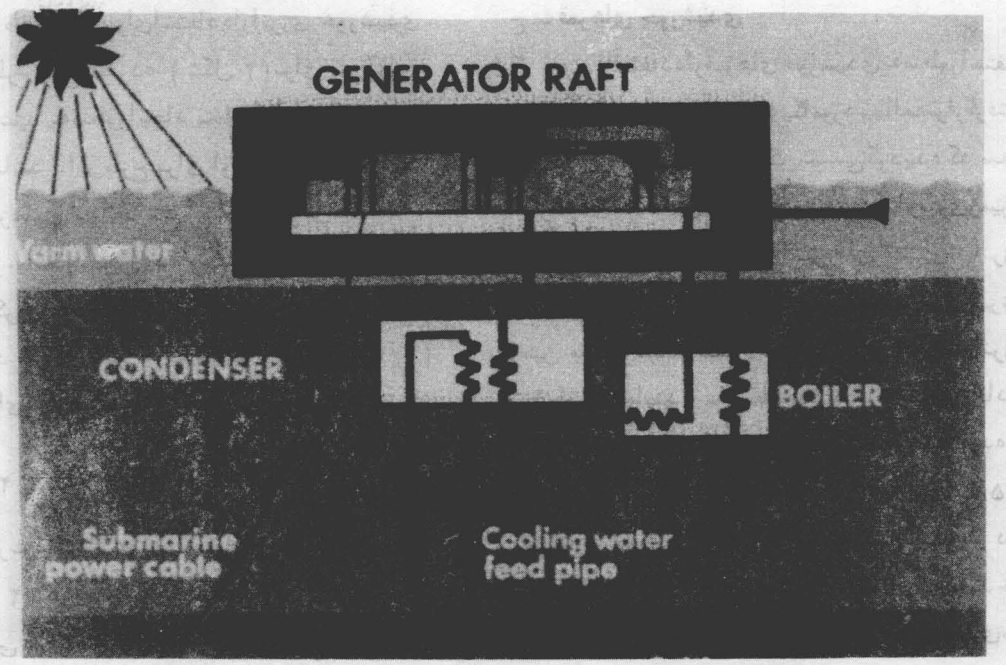
استفاده‌ازقمرهای‌خورشیدی به‌منظوراستفادهٔ‌مستقیم‌از نورخورشید به‌طورجدی‌درامریکا مورد مطالعه‌قرارگرفته‌است (۱۲).

دراین‌دستگاه پیش‌بینی‌گردیده که مبدل انرژی خورشیدی‌درمداری‌درفاصله ۳۵۸۸۰ کیلومتری‌زمین‌قرارگیرد. مولدهای‌امواج ریز موج[4] و آنتن‌های انتقال، انرژی خورشید را دریافت‌می‌کنند و به‌صورت‌ریز موج به‌آنتن گیرنده‌ای که در زمین مستقر شده انتقال داده و سپس آن‌را به‌انرژی الکتریکی تبدیل می‌نمایند. یک‌سطح ۴۰ کیلومترمربعی قادر به‌دریافت $8/5 \times 10^7$ KW از انرژی تابشی خورشید بوده، که بابهره تبدیل ۱۸ درصد، قادر به‌تولید $1/5 \times 10^7$ KW انرژی‌به صورت‌ریز موج می‌باشد. آنتنی بقطر ۷ کیلومتر در زمین‌قادر به‌تبدیل ۵ الی 10×10^6 کیلووات انرژی‌مفیدخواهد بود. چنین‌ایستگاهی‌قادربه‌تامین‌انرژی‌موردنیازشهری‌مانندنیویورک یا $\frac{1}{7}$ انرژی موردنیاز کشوری مانند انگلستان می‌باشد.

1- Photovoltaic
2- Sea Plant
3- Condenser
4- Microwave



شـــکل (۲) ــ طرح استفاده از انرژی خورشید به کمک سطوح گسترده



شـــکل (۳) ــ مولد دریایی برای استفاده از انرژی حرارتی آب دریا

این ایستگاه تقریبا" ۸۰روز در سال ۷۴۰ دقیقه‌در روز درسایهٔ زمین‌قرار می‌گیرد وزن عظیم این ایستگاه هوایی و هزینه‌های زیاداین‌طرح، اجرای آن‌را باتوجه به‌بهای‌فعلی انرژی تقریبا" غیرممکن می‌سازد.

د ـ مولدهای فوتوولتیک

مولدهای فوتوولتیک مستقیما" "تشعشع" خورشیدی را به‌نیروی الکتریک تبدیل می‌نماید. دراین روش تشعشع خورشید به‌ورقه‌هایی از اجسام (معمولا" سیلیکون پرورده[1]) تابیده‌ودرنتیجه‌بارالکتریکی‌آزاد، بصورت‌جریان الکتریسیته درمدارخارجی ظاهر می‌گردد. بهرهٔ تبدیل چنین دستگاهی تاحد ۲۰درصدنیز می‌رسد، لیکن‌به‌علت‌بالابودن‌هزینهٔ‌ساخت این سلولهاو همچنین پایین‌بودن نیروی تولیدی آن، هزینه سرمایه‌گذاری‌برای‌واحدهای‌بزرگ بالا بوده و برآوردانجام‌شده نشان می‌دهد که درحدود ۸۰۰۰۰ دلار برای هرکیلووات تولید می‌باشد (۱۳).

۶ ـ مولدهای گرمابرقی[2]

نیمه‌هادی‌هایی از نوع p,n به‌ترتیب دارای بارآزاد الکتریکی مثبت و منفی می‌باشند. در مولدهای گرمابرقی، نیمه‌هادی‌های n,p را بصورت سری به‌دنبال یکدیگر متصل و به‌ترتیب‌یک‌درمیان محل اتصال آنها را گرم‌و سرد می‌نمایند، بالنتیجه‌یک‌اختلاف‌سطح‌الکتریکی‌در دوسر آنها ایجاد می‌شود که متناسب باتعداد اجزاء تشکیل‌دهنده مدار و اختلاف درجه حرارت بین نقاط‌اتصال گرم و سرد می‌باشد. منبع حرارتی مورداستفاده، می‌تواند انرژی حرارتی خورشید و یا هر منبع گرمایی دیگر باشد.

تولید الکتریسیته به‌این‌طریق 10^2 الی 10^5 مرتبه گران‌تر ازتولید توسط توربوژنراتورهای معمولی پیش‌بینی شده و از این‌رو کاربرد چنین دستگاهی تنها برای استفاده‌های خاص‌مانندلوازم‌کنترل‌دریانوردی یا فضا بکار گرفته‌شده‌است.

۷ ـ مولدهای گرمایونی[3]

یک مولد گرمایونی اصولا" یک لامپ دیود است که از کاتد گرم الکترون‌ها به‌سمت آند که درفاصلهٔ کمی‌ازکاتد واقع شده، جریان می‌یابد. بارهای فضای بین کاتد و آند به‌وسیلهٔ یک میدان کمکی خارج، یا توسط یون‌های مثبت گاز پلاسمای رقیق (مانند بخار سزیم) خنثی می‌شوند مولدهای گرمایونی‌جدید بافاصلهٔ‌بین آند ـ کاتد ۰/۱ میلیمتربابهرهٔ تا ۲۰ درصد نیز ساخته شده‌اند که تا $10 Kw/m^2$ بادرجهٔ حرارت $1500^\circ C$ انرژی‌الکتریسیته‌تولیدمی‌نمایند. پیش‌بینی نمی‌شود که بااین دستگاه بتوان الکتریسیته در مقیاسهای صنعتی تولید نمود (۱۴). زیرا کوچکترین تغییرشکلی که در آند.ویا کاتد پدیدآید باعث‌اتصال‌آنود به‌کاتود شده‌و تولید قطع می‌گردد. تحقیقات دامنه‌داری درجهت بهبود بهرهٔ این‌مولدها درجریان است. چنانچه‌مسائل‌ساختمانی آن‌حل گردد، می‌توان‌ازآن‌به‌عنوان تکمیل کننده سیکل حرارتی توربوژنراتورهای معمولی استفاده نمود دراین‌صورت بهرهٔ حرارتی‌کل‌دستگاه‌تاحدود۵۵درصدافزایش‌خواهدیافت (۱۴).

یادآوری یکی از مسائل مهم این مولدها، که تولید نیروی الکتریسیته آن باشدت جریان بالا و ولتاژ خیلی‌پائین است، ضروری می‌باشد.

۸ ـ مولدهای بادی

عامل تولید باد، انرژی خورشید بوده و مانند آن موسمی یا فصلی‌می‌باشد و در اکثر مناطق، در مواقع احتیاج، کمتر موجود است. بااین‌وجود در اکثر کشورهای اروپایی‌از زمانهای‌قدیم برای‌مصارف‌جزئی‌ناحیه‌ای ازاین‌انرژی استفاده به‌عمل‌می‌آمده‌است، اما میزان این انرژی جوابگوی احتیاجات صنعتی‌نخواهدبود، به‌عنوان‌مثال، درصورت حداکثر استفاده از این انرژی درانگلستان تاحدود ۱۰ درصد انرژی موردنیاز تامین می‌شود (۱۵).

هزینه سرمایه‌ای برای تولید ۱Kw انرژی از باد، درحدود۵برابرهزینهٔ‌واحدمشابه‌آن برای سوختهای معمولی برآوردشده‌است (نفت بشکه‌ای ۲۰دلار)، پیش‌بینی می‌گردد که درصورت بالارفتن بهای انرژی، واحدهای کوچک به‌منظور رفع احتیاجات ناحیه‌ای در سالهای آینده گسترش یابند. لیکن، به‌علل‌مسائل‌مربوط‌به‌ذخیره و یاانتقال‌انرژی تولیدی ازنقاط‌تولید به‌مصرف، تولید این واحدها در مقیاس‌های صنعتی محدود خواهد بود (۱۵).

1- Doped Silicon

2- Thermoelectric

3- Thermionic

۹ ــ مولدهای برقابی [1]

بررسی سازمان ملل در سال ۱۹۷۵ نشان داد که ۲۴ درصد کل نیروی الکتریسیته درجهان به‌وسیلهٔ طرحهای برقابی تامین می‌گردد . دراین‌روش انرژی جریان آب رودخانه‌ها یا مخازن به‌توسط مولدهای برقابی به‌انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد برآورد کل نیروی حاصل از این طریق رقمی بین ۷ الی ۲۰ برابر مقدار تولید فعلی را نشان می‌دهد . کشورهای صنعتی اروپا تاکنون حداکثر استفاده را از منابع انرژی آبی نموده‌اند ، در کانادا نیز طرحهای بزرگی در دست اجرا است که تا اواسط دهه ۱۹۸۰ به‌مرحلهٔ تکمیل خواهد رسید . در روسیه شوروی ۶ طرح برای تولید Mw ۶۰۰۰ ــ ۴۰۰۰ هرکدام در دست اجرا است .

بیش از نیمی از کل انرژی آبی جهان درکشورهای در حال رشد قرار دارد که مقدار کمی از آن تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است و طرحهایی نیز هم که در دست اجرا دارند در مقیاسهای جهانی ناچیز می‌باشند . افزایش بهای سوخت در سالهای اخیر نظرها را به‌استفاده از آب دریاها که در سطح بالاتری از خشکی‌های مجاور آن قرار گرفته است نیز معطوف داشته است .

دراین‌روش آب دریا را به‌سمت مناطقی که ازسطح دریا بقدر کافی پایین‌تر است هدایت می‌کنند و انرژی آن را مورد استفاده قرار می‌دهند . این روش محدود به‌نواحی خاصی از جهان می‌باشد . یک خط لوله بطول ۸۰ کیلومتر در جنوب اسرائیل می‌تواند آب دریای مدیترانه را به‌بحرالمیت [2] که در حدود ۳۶۰ متر پایین‌تر از سطح دریای مدیترانه است ، منتقل و از انرژی آن استفاده نماید . هزینهٔ چنین طرحی در حدود ۴۵۰ میلیون دلار پیش‌بینی شده که درعوض قادر است سالانه درحدود ۲۲ الی ۲۷ میلیون دلار از هزینهٔ انرژی اسرائیل ، کسر نماید . محل مناسب دیگری که در دست مطالعه است گودهای قطارا " [3] در غرب مصر است که درحدود ۱۵۰ متر از سطح دریا پایین‌تر است و امکان تولید انرژی از این محل بیش از تاسیسات آسوان پیش‌بینی شده است .

۱۰ ــ انرژی جزر و مد

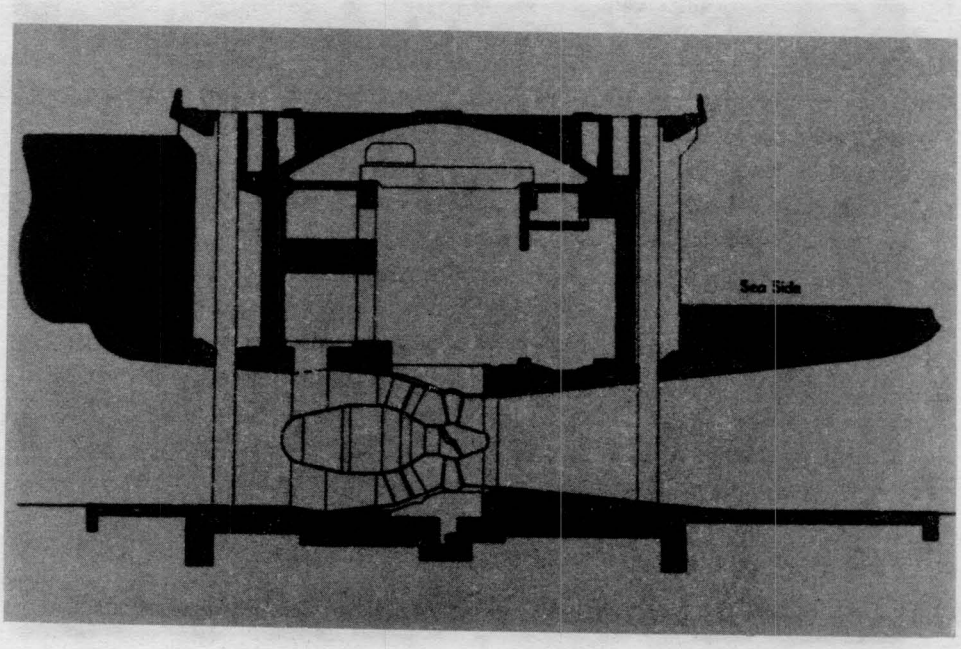
انرژی جزر و مد درگذشته با سیستم‌های مشابه آسیاهای آبی برای استفاده‌های جزئی بکار گرفته شده است . برای استفاده از آن انرژی عموما " احتیاج به‌سواحلی است که به‌علت شکل خاص منطقه ارتفاع بالا آمدن آب به‌میزان قابل ملاحظه‌ای برسد . ضمن اینکه درچنین مناطقی احتیاج به‌ساختن سدهای طویل و پرخرج برای کنترل آب نباشد .

ازعوامل عمدهٔ دیگر نیز احتیاج به‌مقدار الکتریسیتهٔ تولید شده درهمان منطقه است تا هزینه‌های انتقال کاهش یابد . اگر متوسط بالا آمدن آب دریا را درحدود ۷ متر درنظر بگیریم تنها بعضی از سواحل کانادا ، انگلستان ، فرانسه و شانگهای سه عامل فوق را دارا می‌باشند و سایر مناطق یا احتیاج به‌خطوط انتقال پرخرج یا ساختن سدهای ساحلی طویل دارند . به‌عنوان مثال در چندین منطقه از سواحل استرالیا می‌توان چنین نیروگاههای باظرفیت کل ۳۰۰ میلیون کیلووات ایجاد نمود . لیکن مناطق نزدیک این سواحل یا دارای منابع زیرزمینی غنی هستند به‌نحوی که نمی‌توان آنها را زیرآب نگه داشت ، و یا فوق‌العاده از مناطق مصرف دور می‌باشند . درحال حاضر تنها دو نیروگاه مدرن برای استفاده از انرژی جزر و مد درحال کار است ، یکی در خلیج رانس [4] درفرانسه ، و دیگری درکلزکی [5] در نزدیکی مومانسک درشوروی . شکل (۴) طرح نیروگاه نصب شده در فرانسه را نشان می‌دهد .

دراین‌طرح توربین در محفظه‌ای باشکل خاص درداخل کانال هدایت آب نصب گردیده است . توربین دارای پره‌های متحرک به‌منظور استفاده از حرکت آب در هردو سو می باشد ، ضمنا " توربین را می‌توان درجهت معکوس نیز به‌حرکت واداشت تا درمواقع کمبود مصرف الکتریسیته به‌عنوان تلمبه کار نموده وآب دریا را به‌مخزن سد هدایت نماید . در این نیروگاه ۲۴ واحد Mw ۱۰ نصب گردیده . هزینه طرح فوق ۳ برابر هزینه یک نیروگاه حرارتی معادل بوده که ۳۰ درصد این هزینه مربوط به‌هزینه‌های خاکبرداری بوده است .

نیروگاه دوم در کلزکی شوروی است ، این نیروگاه ۴۰۰ کیلوواتی آزمایشی مشابه طرح نیروگاه فرانسه بوده که پس از آزمایش احتمالا " یک نیروگاه به‌ظرفیت Mw ۶۰۰۰ ساخته می‌شود . خلیج سورن در انگلستان نیز پتانسیل نصب نیروگاه جزرومدی را داشته وبرآورد اولیه نشان می‌دهد که با هزینه‌های معادل ۴۲۵۰ میلیون دلار می‌توان معادل ۱۰ درصد کل انرژی الکتریسیته موردنیاز انگلستان را تامین نمود این طرح به‌علت

1- Hydroelectric Generators
2- Dead Sea
3- Gattara
4- Rance
5- Kolskiy



شـــــکل (۴) ــ مقطع نیروگاه طرح‌شده برای‌استفاده از انرژی جزر و مد در خلیج رانـــــس

بالابودن هزینه آن نسبت به‌تولید و طولانی بودن زمـــــان ساختمان آن هنوز در مرحله بحث است.

۱۱ ــ مولدهای موجی

انرژی امواج، ناشی از تغییر ارتفاع تناوبی آب بوده ومتناسب‌بادوره‌تناوب‌موج‌می‌باشد. اطلاعات‌مربوط به‌تغییرات ارتفاع‌ودوره تناوب امواج دریاهای مختلف از زمان‌های قدیم تاکنون ضبط‌و در دسترس می‌باشد. برطبق این اطلاعـــات، متوسط‌انرژی‌دردریای‌اطراف جزایرارکنی [1] در شمال‌انگلستان، برابر ۷۷ Kw/m می‌باشد (۱۷). ماگزیمم این انرژی برخلاف انرژی‌خورشیددرزمستان (فصل‌حداکثرمصرف) عایدمی‌گردد. یک‌برآورد تقریبی نشان داده که فاصله‌ای بطول ۸۴۰ کیلومتر قادر به‌تامین‌تمام‌انرژی‌موردنیازکشوری‌مانند انگلستان‌است، لیکن نامنظم بودن وضع این امواج در ساعات مختلف روز و روزهای مختلف‌سال، داشتن نیروگاه‌های حرارتی را به‌عنوان پشتوانه اجباری می‌کند. طرق مختلفی برای استفاده از ایـــن امواج از سالهای‌قبل پیشنهاد گردیده فقط درطی ۱۰۰ ســـال گذشته درحدود ۳۵۰ روش مختلف در انگلستان دراین مورد به‌ثبت رسیده‌است، دربیشتر این روش‌ها از بازوهای‌شناوری استفاده شده که یا به‌کف دریا متصل شده‌اند یا برروی امواج قرار داده می‌شوند و کار مکانیکی ناشی از حرکت تناوبی این بازوها می‌تواند مورداستفاده واقع شود.

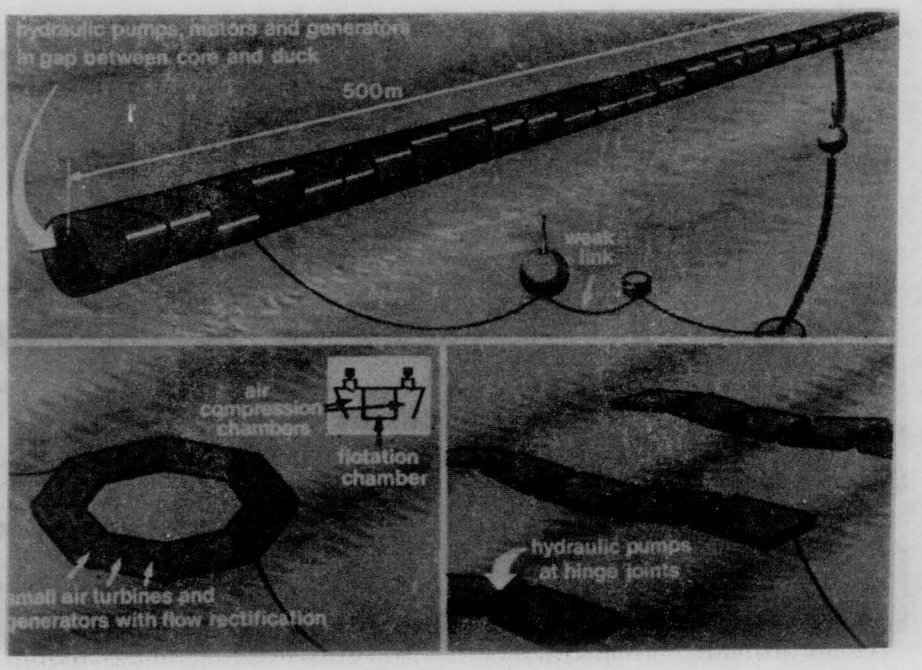
به‌عنوان‌مثال‌سه‌وسیله‌شناورکه‌درسالهای‌اخیربه‌توسط کوکرل [2] ماسودا [3] و سالتر [4] پیشنهادشده خاطرنشان‌می‌گردد.

درماشین موجی کوکرل (شکل ۵) صفحات شناور به همدیگر لولا شده‌اند. طول هرصفحه متناسب با کوتاه‌تریـــن موج و طول کلی صفحات متناسب باطول بلندترین موجی که انرژی آن بایستی تبدیل گرددرنظرگرفته شده‌است.

انرژی موج به‌توسط پمپ‌های پیستونی که در محـــل اتصالات‌صفحه‌ها قراردارد بکارمکانیکی و سپس الکتریسته‌ها تبدیـــل می‌گـــردد.

آزمایش یک الگوی آن در آزمایشگاه بهره‌ٔ ۷۰درصد را عاید نمود که این بهره ازروی‌نسبت‌انرژی‌داده‌شده بـــرای ایجادموج به‌انرژی‌دریافتی محاسبه‌گردیده‌است (۱۸).

1- Orkney 2- Cockerell 3- Masoda
4- Salter



شـــکل (۵) ـ ماشین موجی کوکرل ، ماسودا و سالتر

قسمت اصلی مولد موجی ماسودا یک توربین است که باهوای فشرده کار می‌نماید . هوای فشردهٔ موردلزوم به‌توسط نیمهٔ استوانه‌های که بطور وارونه در آب معلق گردیده ، و به وسیله شیرهای یک‌طرفه به‌هوای آزاد و توربین متصـــل‌اند تامیـن می‌شـــود .

بهره اندازه‌گیری‌شدهٔ چنین ماشینی کمتر از ۱۰ درصد گزارش شده است . بااین‌وجود نمونه‌هایی از چنین وسیـله‌ای برای روشن نگاهداشتن چراغهای دریایی ساخته‌اند و بـرای مدت‌زیادی‌بدون هیچ‌گونه‌تغییری‌کار نموده‌اند . مولد موجی سالتر (شکل ۵) از تعدادی مرغک تشکیل شده است که حول یک محور دایره‌ای نوسان می‌نماید . این مولد ازنظر تبدیـل انرژی موج‌به‌کارمکانیکی ، بیشتر ازهمه توجه‌سازندگان‌را به‌خود جلب نموده است . بهرهٔ انرژی دراین نوع مولد تا ۹۰ درصد نیز اندازه‌گیری شده است (۱۸) .

مولدهای موجی اگرچه دارای بهرهٔ خوبی از نظـر تبدیل انرژی می‌باشند . اما ازنظر نامنظم بودن شدت امواج ، نیروی این گونه نیروگاهها بایستی توسط نیروگاههای حرارتی منظم گردد . ازنقطهٔ نظرهزینه‌ساختمان‌نیزدقیقا "برآوردنشده ، اماهزینه آن بیش از چند برابر هزینه نیروگاههای حرارتـــی خواهد بود . ضمنا " این نیروگاهها چون‌طول زیادی از سطح دریارا اشغال می‌نمایند امنیت محل‌آنها نیز بایستی ازنقطه نظر دریانوردی درنظر گرفته شود .

۱۲ ـ انرژی داخل زمین

گرما باشدت $0/063\ W/m^2$ از داخل کره زمین‌به سمت سطح زمین منتقل می‌شود . دربعضی نقاط ،که‌به‌علت، حرکات‌داخلی‌زمین ، سنگهای داغ به‌سطح‌نزدیک‌تر شده‌انـد ، این‌مقدار گرمابه ۱۰ الی ۲۰ برابر مقدار ذکر شده‌هم خواهد رسید . باتوجه‌به‌نحوهٔ انتقال‌گرما بین‌لایه‌های زمین ، گرفتن انرژی حرارتی تابع زمان بوده و نتیجتا " عمر چاههایی کـه احتمالا " برای آن منظور حفر می‌گردند کمتر از ۳۰ ســـال بـــرآورد شـــده‌انـــد .

کلیه‌تاسیسات‌موجودکه برای‌استفاده‌از انرژی‌داخلی زمین‌نصب شده‌انداز منابع طبیعی آب که در داخل صخره‌ها نفوذکرده‌اندتغذیه می‌گردند ، این آب‌یابصورت بخار آب یا آب گرم بادرجه‌حرارت بین ۸۲ ـ ۵۰ درجه سانتیگراد بـــه سطح‌زمین‌می‌رسد . منابع آب گرم در حدود ۲۰ مرتبه بیشتر از چشمه‌های بخار می‌باشند .

اولین نیروگاههایی که به‌وسیله بخار چنین منابعی مورد بهره‌برداری قرار گرفت در سال ۱۹۰۴ در ناحیهٔ لاردرلو[1] ایتالیا گزارش گردیده (۱۹). استفادهٔ مستقیم از این آب گرم به‌منظور تامین گرمای مورد نیاز منازل یا حرارت مورد نیاز کارخانجات، و حتی راه‌انداختن دستگاههای خنک‌کننده به‌وسیله سیستم جذبی[2]، بهرهٔ بهتری عاید می‌نماید تا تبدیل آن به الکتریسیته و مصرف آن. جمع نیروی تولیدی نیروگاههایی که از حرارت داخل زمین استفاده می‌نمایند تا سال ۱۹۷۲ برابر ۱۰۰ Mw بوده، به‌علاوه ظرفیت تولیدی طرح منظه‌گیزر[3] در کالیفرنیا در حدود ۳۰۰۰ Mw، امپریال ولی[4] در حدود ۳۰۰۰۰ Mw پیش‌بینی شده. بررسی سازمان ملل در کنیا و اتیوپی که به‌کمک عکس‌برداری اشعهٔ ماوراء قرمز انجام شده نشان می‌دهد که ناحیهٔ افار[5] در اتیوپی دارای ظرفیت کافی برای تولید اکتریسیته به‌اندازهٔ مصرف تمام قارهٔ افریقا است.

گواینکه به‌نظر می‌رسد که با حفر چاهها و تزریق آب به‌داخل آنها می‌توان بخار به‌منظور تغذیه نیروگاه تولید نمود. لیکن حفر یک جفت چاه به‌عمق ۸ کیلومتر برای تولید ۱۰۰ — ۲۵۰ Mw الکتریسیته در حدود ۱۰ میلیون دلار و هزینه تولید هر کیلووات الکتریسیته برابر ۸۵۰ تا ۱۰۰ دلار خواهد بود، واضح است درصورت ناموفق بودن چاهها هزینه تولید حداقل ۲ برابر افزایش خواهد یافت.

بالابردن بهرهٔ حرارتی

بالابردن بهرهٔ حرارتی یا استفاده بیشتر از انرژی حرارتی سوخت به‌دوصورت زیر پیش‌بینی می‌گردد.

الف ــ تکمیل توربوژنراتورها و کاربرد نظریه "مجموع انرژی"[6]

علاوه برپیشرفت عملیات طراحی جهت بهبود بهرهٔ توربوژنراتورها، به‌نظر می‌رسد که پیشرفت اصلی در جهت بالا بردن بهرهٔ تبدیل انرژی سوخت، ناشی از کاربرد طرح "مجموع انرژی" و سیکلهای ترکیبی باشد (۲۰).

اصطلاح مجموع انرژی در اواخر دهه ۱۹۶۰ مرسوم گردیده و آن تاکیدی است براین حقیقت که تمام انرژی‌هایی که در یک مجموعه موردنیاز است مانند گرمای مورد نیاز فعل‌وانفعالات تبدیلی در صنایع، یا حرارت لازم برای گرم و سرد کردن مجموعه‌ای از خانه‌ها، برق و یا هوای فشرده مورد نیاز کارخانه‌ها و یا بطور کلی تمام انرژی موردنیاز یک مجموعه را ممکن است از یک نوع سوخت مانند نفت، گاز، زغال وغیره دریافت نمود. "اصطلاح" مجموع انرژی "اخیرا" با صرفه‌جویی در مصرف سوخت نیروگاهها و بهبود بخشیدن به‌بهرهٔ تبدیل آن همراه شده است. ازاین‌رو سعی می‌گردد از گرمای دفع شده به‌محیط (منبع سرد) به‌نحوی استفاده شود. جزئیات دستگاه‌هایی که باتوجه به "مجموع انرژی" طراحی شده معمولا "کاملا" متفاوت از یکدیگر و تابع احتیاجات هر مجموعه خواهد بود. مجموعه‌های صنعتی عموما" احتیاج به‌نیروی الکتریسیته داشته‌واین‌رو می‌توان از گرمای دفع شده. ازواحدهای مولد برای تولید بخار مصرفی و آب‌گرم موردنیاز ادارات مربوط و منازل مسکونی اطراف، واحتمالا "گرمای مورد نیاز واحدهای جذبی برای خنک کردن ساختمانهای مجموعه، استفاده بعمل آورد.

باتوجه به‌کاربرد "مجموع انرژی" در شهرک‌های کم جمعیت برق و حرارت موردنیاز را می‌توان ازنیروگاههای دیزلی تامین نمود. این‌نوع طرح‌ها در کشورهای اروپایی مانند هلند و سوئد که علاقمند به‌گرمایش ناحیه‌ای هستند باموفقیت آزمایش شده‌اند، دراین‌روش‌ها بیش‌از ۷۵ درصد از انرژی حرارتی سوخت مورداستفاده واقع می‌شود.

افزایش بهای سوخت و فشارهای اقتصادی ناشی‌ازآن به رواج استفاده‌از "مجموع انرژی" درآینده نزدیک کمک خواهد نمود.

ب ــ سیکلهای ترکیبی

سیکلهای ترکیبی که به‌موازات بالابردن بهرهٔ حرارتی باعث افزایش هزینه ایجاد نیروگاهها خواهد گردید در چهل سال گذشته به‌تناوب موردتوجه قرار گرفته‌اند.

نام سیکلهای ترکیبی بیشتر به‌دلیل ترکیب دو سیکل مختلف مثلا "سیکل ژول، مربوط به‌توربین‌های گازی، و سیکل رانگین، مربوط به‌توربین‌های بخار می‌باشد.

تنها سیکل ترکیبی که عملا "موردبهره‌برداری مطمئن قرارگرفته سیکلی است که از ترکیب سیکل توربین گازی و توربین

1- Lardello
2- Absorbtion
3- Gayser
4- Imperial Valley
5- Afar
6- Total Energy

بخاری که هرکدام جداگانه مولدهای خود را به حرکت درمی‌آورند . تشکیل گردیده‌است : در نیروگاههایی که با سیکل‌های ترکیبی کار می‌نمایند دوهدف جداگانه زیر موردنظر می‌باشد :

۱ ــ بالابردن بهرهٔ حرارتی نیروگاه

۲ ــ بازیابی مقدار قابل‌توجهی از انرژی حرارتی

سیکل توربین‌گازی (شکل ۶) هردو این هدفها را که بالاخرهٔ منجر به‌بهرهٔ‌بهتر از انرژی حرارتی می‌گردد . تامین می‌نماید . توربین گازی دراین سیکل بدین‌دلیل به‌کار می‌رود که‌به‌علت تکنیک ساخت آن می‌تواند در درجهٔ حرارت بالاتراز توربین‌های‌بخار (۶۰۰°C) کار نمایدازاین‌رو خواستهٔ اول کارنو ، یعنی بالابودن درجهٔ حرارت را داراو ضمنا" به منظور دادن کلیه گرمای موردنیاز دراین‌درجه‌حرارت احتیاج به‌دیگ‌بخار ، لوازم زیرگرما[1] و گرمکن‌ها یا به‌عبارت‌دیگربهترین لوازم ممکن در نیروگاههای بخار نمی‌باشد .

سیکل‌بازیابی‌از طرف‌دیگردرابتدا به‌صورت‌یک‌الگوی حرارتی ساده درانتهای دود خروجی‌توربین گازی ، به‌منظور استفاده از گرمای خروجی بدون صرف هزینه زیاددرنظرگرفته شده بود . اما بتدریج این سیکل بااضافه کردن دستگاههای خارجی ثانوی‌به‌دیگ بخار به‌منظوربالابردن درجهٔ حرارت بخار تولید شده و دستگاههای ریرگرما پیچیده‌گردیده . شکل (۷) یک سیکل بخار با فشار ۱۴۰ بار و درجه حرارت °C ۵۵۰ است‌که‌میزان‌مصرف‌انرژی‌حرارتی‌راتا ۵ درصد تقلیل‌می‌دهد . ازطرفی چون هزینهٔ نصب هرکیلووات توربین گازی درحدود ۲۵ درصدتوربین‌بخار بوده اما درمجموع هزینهٔ‌نصب‌هرکیلو وات‌نیروگاه‌باسیکل‌ترکیبی درحدود ۵ درصد بیشتر از نیروگاه بخاری‌معادل‌است . درصورت‌افزایش بهای‌انرژی‌امکان‌استقبال زیادتراز این‌دستگاه زیاد بوده‌وجبران هزینه بیشتر نگهداری و مخارج تعمیر آن را خواهد نمود .

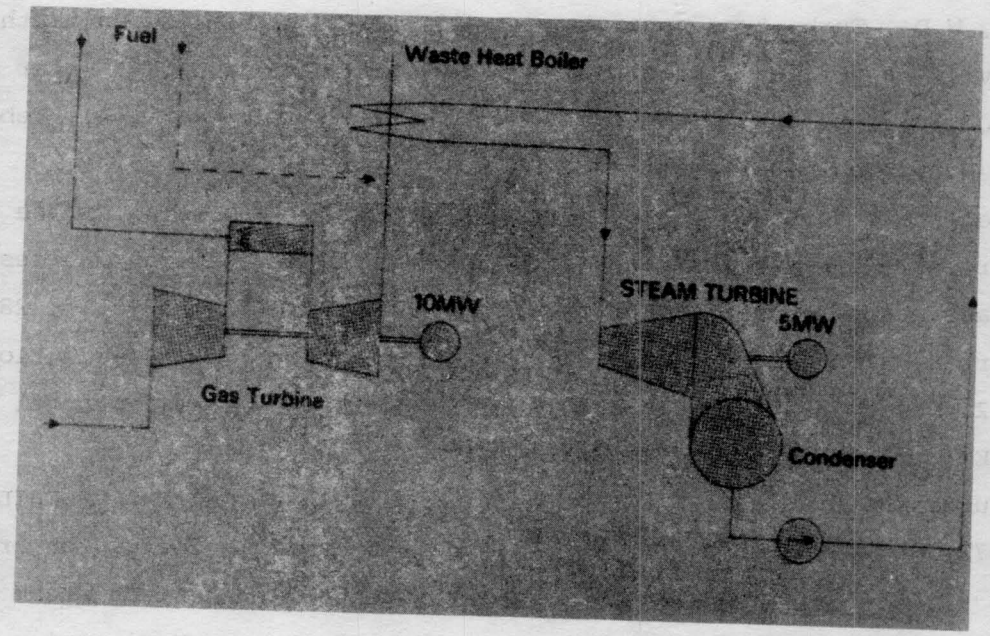
نتیجـــــه

درشرایط موجود ، باتوجه به‌روندفعلی ازدیادبهای انرژی ، هیچگونه دلایل اقتصادی دایر به‌سرمایه‌گذاری‌هـای سنگین‌درجهت‌استفاده‌از انرژی‌خورشیدی ، باد یاانرژی‌امواج دریادرمقیاس‌های‌بزرگ‌صنعتی‌دیده‌نمی‌شود ، مگر استفاده‌های کم‌ومحلی ، و قسمت‌اعظم‌انرژی‌الکتریکی دنیا از نیروگاههای مجهز به‌توربوژنراتورهاخواه سوخت‌سنگواره‌ای مصرف نمایند و یا اتمی ، تامین خواهد شد .

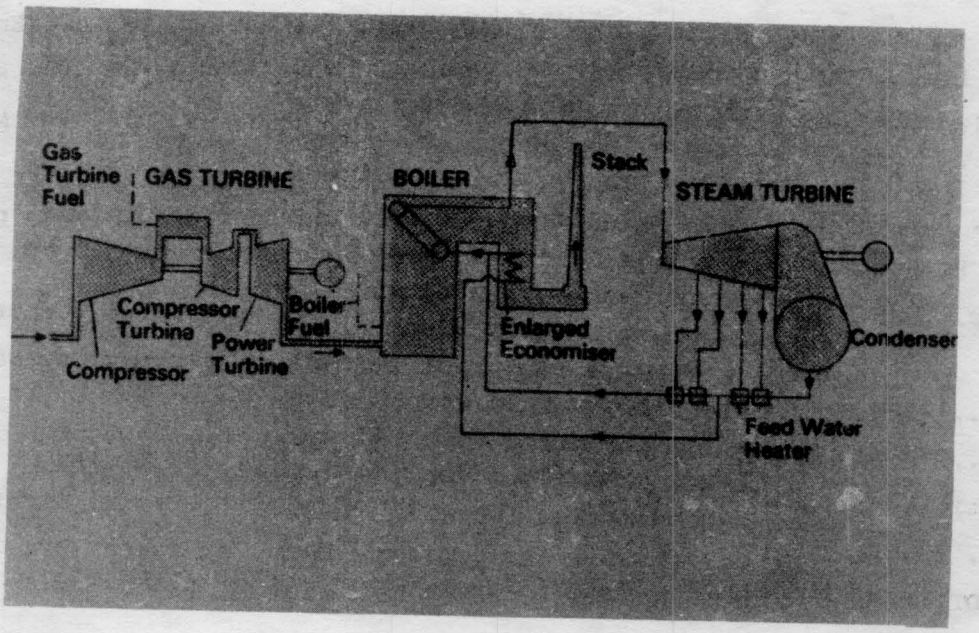
بمنظور بهبود بهرهٔ حرارتی این نیروگاهها باتوجه به‌افزایش بهای انرژی ، استفاده از مولدهای آب‌پویایـــی مغناطیسی[2] در سیکل‌های ترکیبی رایج خواهد شد . درضمن باتوجه به‌مفهوم " مجموع انرژی" بمنظور استفاده بیشتر از انرژی‌حرارتی سوخت ، استفاده از نیروگاههای دیزلی کوچک محلی ، بخصوص‌در مناطق پراکنده‌که فواصل زیادی از یکدیگر دارند ، متداول‌تر خواهد شد .

1- Superheat

2- Magnetohydrodynamic (MHD)



شـــــکل (۶) ــ سیکل ترکیبی ساده توربین بخار و توربین گازی



شکل (۷) ــ سیکل ترکیبی توربین‌بخار و توربین‌گازی بابهره‌حرارتی بالاتر

فهرست منابع

(1) Horsley, W.D., Turbo-type generators-a review of progress, proc. IEE Vol. 110, 1963, p. 695.

(2) PARSON, N.C.,"The development of large wet-steam turbines", Sir Charles Parsons Memorial Lecture 1972, North East Coast Institution of Engineers & Shipbuilders Tran.,Vol. 89. No.2. December 1972, PP. 31-42.

(3) B-GHASSEMI, F-BAKTAR, High Pressure Steam Turbine I.M.E. Design Conference 1979, Steam Turbines for the 1980.

(4) GAWLEY, R."Magnetohydrodynamic Power generator", Research, 1960 Vol. 11, p. 466.

(5) R-GAWLEY, "Power Generation in the future", Reyrolle Parsons Review 1976.

(6)"Electrostatics and its applications", A.D. Moore, John Wiley & Sons 1973.

(7) MUSGROVE, P.J., "Enegy from electrogasdynamics", Electronics and Power, Vol. 19, 1973, p. 327.

(8) HAWLEY, R. and GRAIK, R.L., "Electrostatic Power generation", Electical Time, 10th January 1963, p. 43.

(9) HAWLWY, R., ZIEN ELDNE, M.E. and ZAKY, A.A., "Power generation from alpha particles", Electrical Time, 2nd April, 1964, p. 541.

(10) HILDEBRANDT, A.F. and VANT-HULL, L. L.,"A tower-top focus solar energy collector", Mechanical Engineering, September 1974, p. 23.

(11) MAYER, D.F., "Ocean depths provide access to abundant solar energy" Energy International, February 1976, p. 24.

(12) DENTON, J.D. etal., "The potential of natural energy sources" CEGB Research, May 1975. p, 28.

(13) GARDNER, J.W., "The outlook for solar power", Electrical Equipment, October 1974, p.20.

(14) HENNE, R. and KNOERNSCHILD, E.M., "Thermionic energy convertes as topping stages for steam power plants", Energy Engineering convention, 1975, VDI Verlag Gmbh, Dusseldrof.

(15) SFORZA, P.M.,"Harnessing a tornado, Mechanical Engineering", October, 1975, p. 65.

(16) "United Kingdom energy statistics 1974". Goverment statistical Service, Department of Energy.

(17) WOOLY, M. and PLATT, J.,"Energy on the crest of a wave", New scientist, Vol. 66, No. 847, 1st May 1975.

(18) SALTER, S.H. "Wave Power". Nature, Vol. 249, No. 5459, 1974, pp. 720-724.

(19) Chauncey starr et-al.,"Energy and Power", W.H. Freeman Co. San Francisco 1971.

(20) HAWLEY, R., "Future trends in electricity generation", Electronics and Power, 7th March 1974, p.134.