مجتمع آموزش عالی گناباد

به نام خدا

تولید انرژی

استاد درس: دکتر امین رنجبران

عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی گناباد

فهرست مطالب

۱ نیروگاه بخاری

۲ نیروگاه گازی و سیکل ترکیبی

۳ تولید همزمان برق و حرارت CHP

۴ نیروگاه آبی

۵ نیروگاه‌بادی و خورشیدی و پیل سوختی

مراجع

۱- منبع توليد انرژي الكتريكي در قرن بيست و يكم تألیف: دكتر سيد مسعود مقدس تفرشي

۲- توليد و بهره‌برداري تألیف: دكتر مسعود سلطاني

۳- توليد برق نيروگاه‌ها تألیف: دكتر هوشمند

4- Power Plant technology by MoM El. Wakil

5- Advanced Gas Turbine cycles by J.H.Horlock

6- Power Generation Handbook

بارم

- میان ترم: ۲ نمره
- پروژه: ۵ نمره متن
  - ۱- پروژه: ۳ نمره
  - ۲- ارائه : ۲ نمره
- پایان ترم: ۱۳ نمره

دیسپاچینگ

کلمه دیسپاچینگ از کلمه dispatch به معنی "پخش" گرفته شده است و به معنی تقسیم توان مورد نیاز روی واحدهای مختلف می باشد.

وظیفهٔ اصلی یک سیستم انرژی الکتریکی:

۱-تامین انرژی الکتریکی مصرف کنندگان مختلف

۲- حفظ کیفیت مطلوب انرژی کیفی و قابلیت اطمینان مورد نیاز

۳- اقتصادی بودن و بصورت بهینه بهره برداری کردن

ضرورت وجود مراکز دیسپاچینگ

۱- هماهنگی بین تولید، انتقال و توزیع در بهره برداری

۲- همزمانی تولید و مصرف در انرژی الکتریکی

۳- نظارت بر عملکرد سیستم و انجام عملیات مانور و کنترل مناسب

۴- جمع آوری اطلاعات به هنگام از مشخصه های سیستم

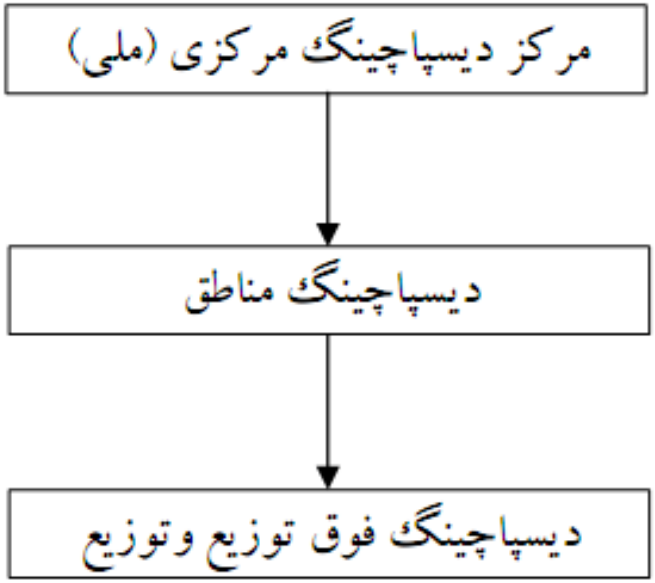
۵- گستردگی جغرافیایی و دور بودن مراکزتولید و مصرف

۶- حجم بسیار بالای اطلاعات از پست ها و نیروگاهها

۷- به هم پیوستگی شبکه ها

رده بندی مراکز دیسپاچینگ

تا قبل از دهه هفتاد شمسی یک مرکز دیسپاچینگ به نام مرکز دیسپاچینگ ملی در ایران و جود داشت

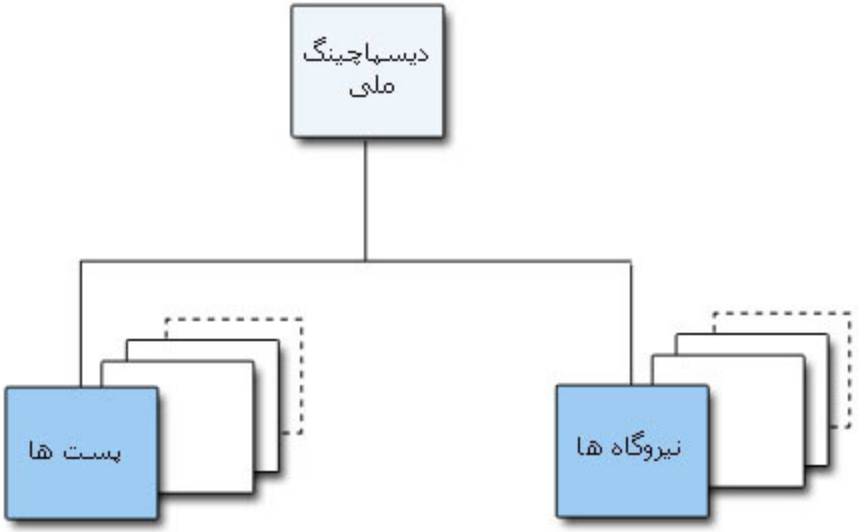


1- System Control Center (SCC)

2- Area Operation System (AOC)

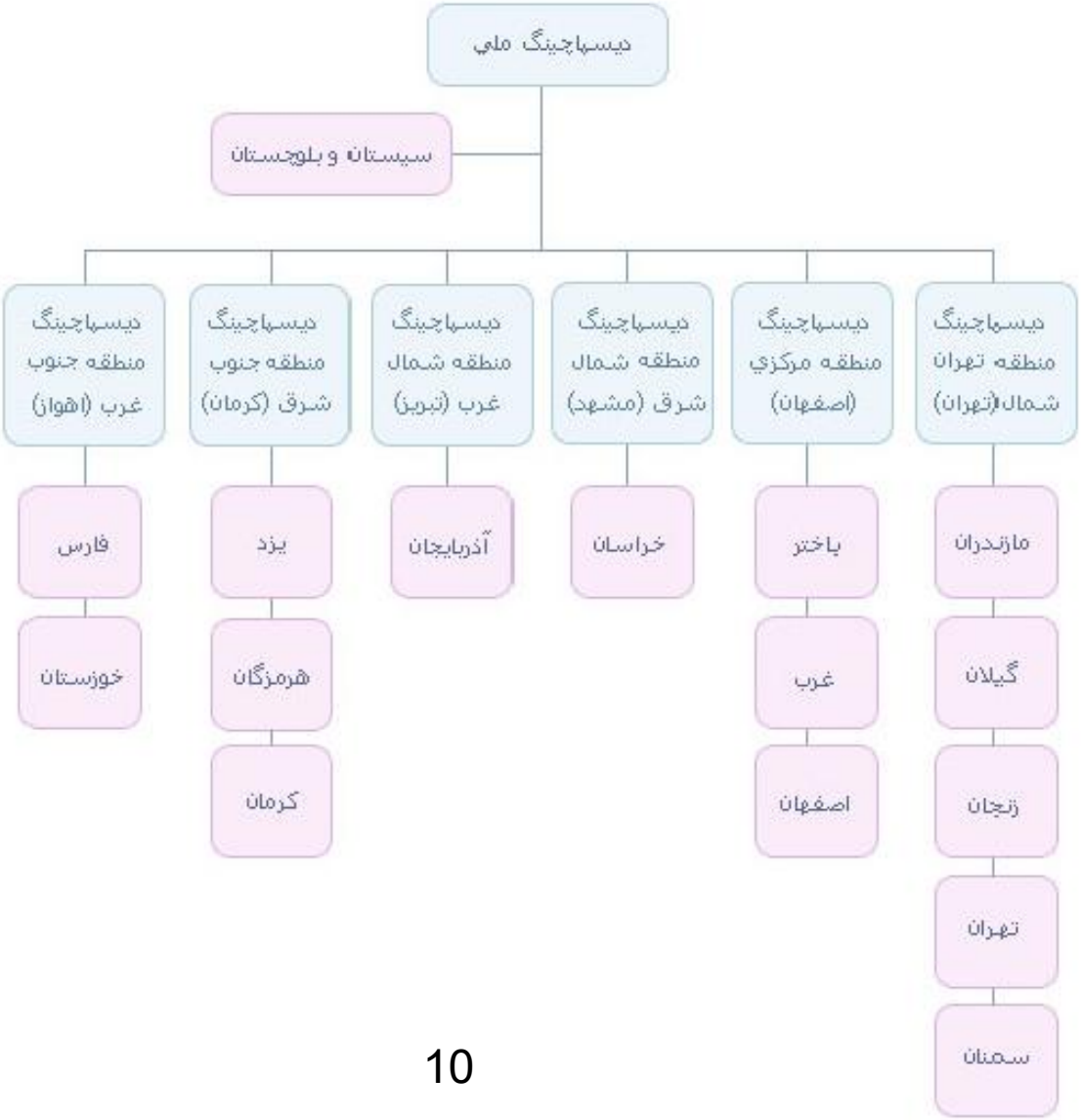
3- Distribution Control Center (DCC)

تاریخچه دیسپاچینگ



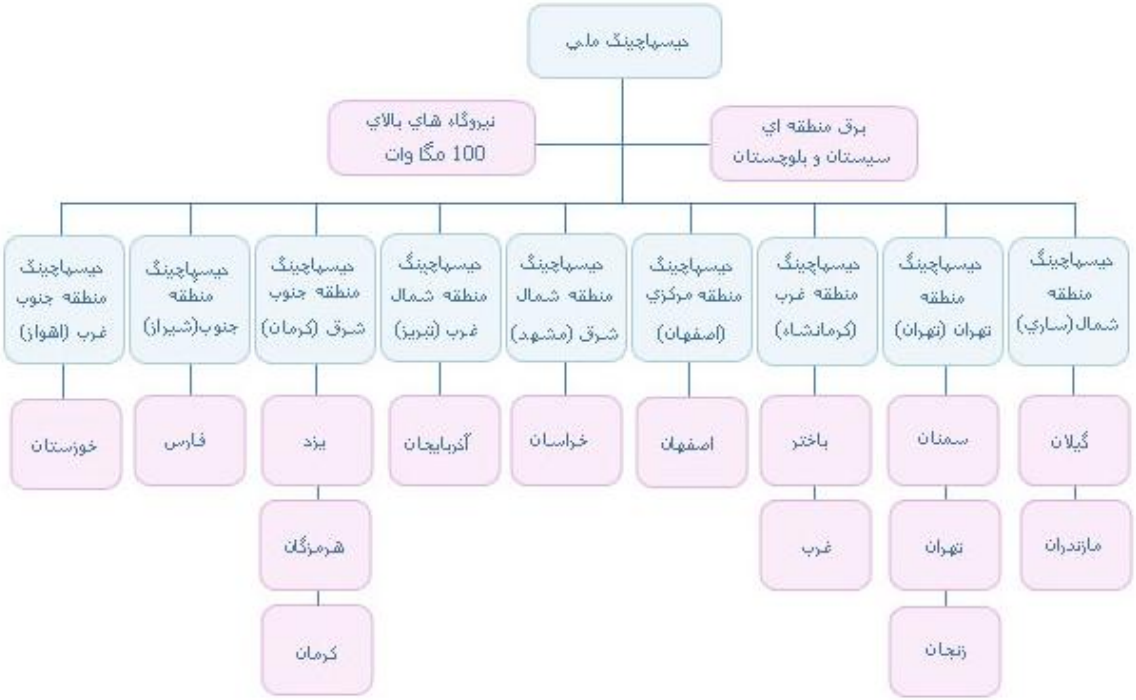
در آذر ماه سال ۱۳۷۳ بهره برداری از مرکز فعلی آغاز شد و با راه اندازی شش مرکز دیسپاچینگ منطقه ای راهبری شبکه از حالت متمرکز به ساختار هرمی تبدیل گردید.

❖ ساختار هرمی و شبکه تحت پوشش دیسپاچینگ های هرمی (از ۱۳۷۳ تا ۱۳۸٤)



ساختار هرمی و تسلسل دیسپاچینگ غیر متمرکز(از ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۴)

ساختار هرمی و حوزه مسئولیتی دیســـپاچینگ ملی و مناطق پس از تفویض اختیار به مراکز جدید الاحداث



محدوده جغرافیایی دیســـپاچینگ های مناطـــق (نه گانه)

لوازم مراکز دیسپاچینگ

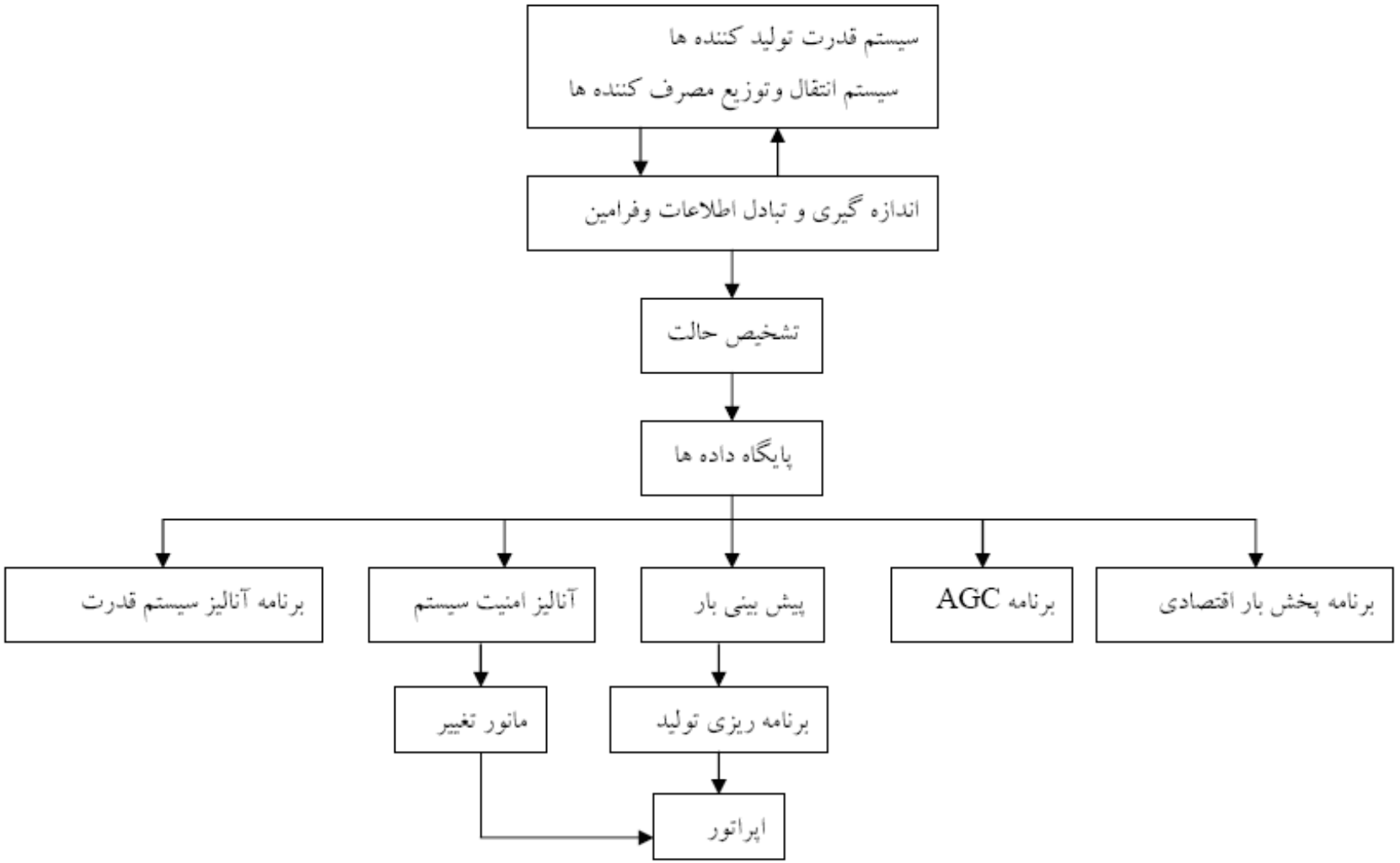
لوازم مراکز دیسپاچینگ:

۱- کانالهای ارتباطی جهت انتقال فرامین و اطلاعات از قبیل تلفن ، فیبر نوری ، مایکرو ویو ، PLC و ...

۲- سیستم های رابط: در پست ها و نیروگاهها جهت اندازه گیری مقادیرو دریافت فرامین از قبیل LRTU , EMTU و ...

۳- نرم افزارهای کامپیوتری: جهت دسته بندی ، آرشیوبندی ، آنالیز اطلاعات دریافت شده

برنامه‌ها و نرم افزارهای کامپیوتری در مراکز دیسپاچینگ



SCADA

scada شامل سه بخش است: واحد اصلی یا مرکزی ، RTUها ، خطوط ارتباطی

الف- واحد اصلی یا سرپرستی

مغز یا قلب یک سیستم scada است که شامل :

۱- یک کامپیوتر بزرگ و قوی با توانایی بالا

۲- میز کنترل

۳- تجهیزاتی جهت واردنمودن اعدادو فرامین (keyboard)

۴- صفحه تلویزیون

۵- صفحه نمایش دیواری

۶- چاپگر

۷- مدل DIA

توانایی و کاربردهای دیگر سیستم SCADA

۱- کنترل خودکار

۲- در صورتی که سیستم در حالت اضطراری باشد آلارم هایی هشداردهنده بهره بردارررا متوجه می نماید .

۳- تحلیل ایمنی دائمی

۴- تخمین حالت ایستا، مقادیری که اندازه گیری نشده یا اطلاعاتش به مرکز نیامده تخمین می زند .

۵- پخش بار onlineدر سیستم

۶- گزارش بهره برداری

۱- گزارشات معمول(در شرایط عادی سیستم)دسته بندی و جهت اعمال کنترلی منتقل می شود .

۲- گزارشات اضطراری

۳- گزارشات محاسباتی که به طور خودکار محاسباتی را که باید انجام شود و قبلاً به وسیله دست انجام گرفته است به صورت خودکار انجام می دهد .

روش بهره‌برداری از سوی مرکز

این روش به عنوان روش انتخاب پیش از بهره برداری معروف است :

۱- بهره بردار یک ایستگاه راانتخاب می کند.

۲- پست برگزیده شده اعلام آمادگی می کند .

۳- بهره بردار وسیله یا تجهیز موردنظر را انتخاب می کند .

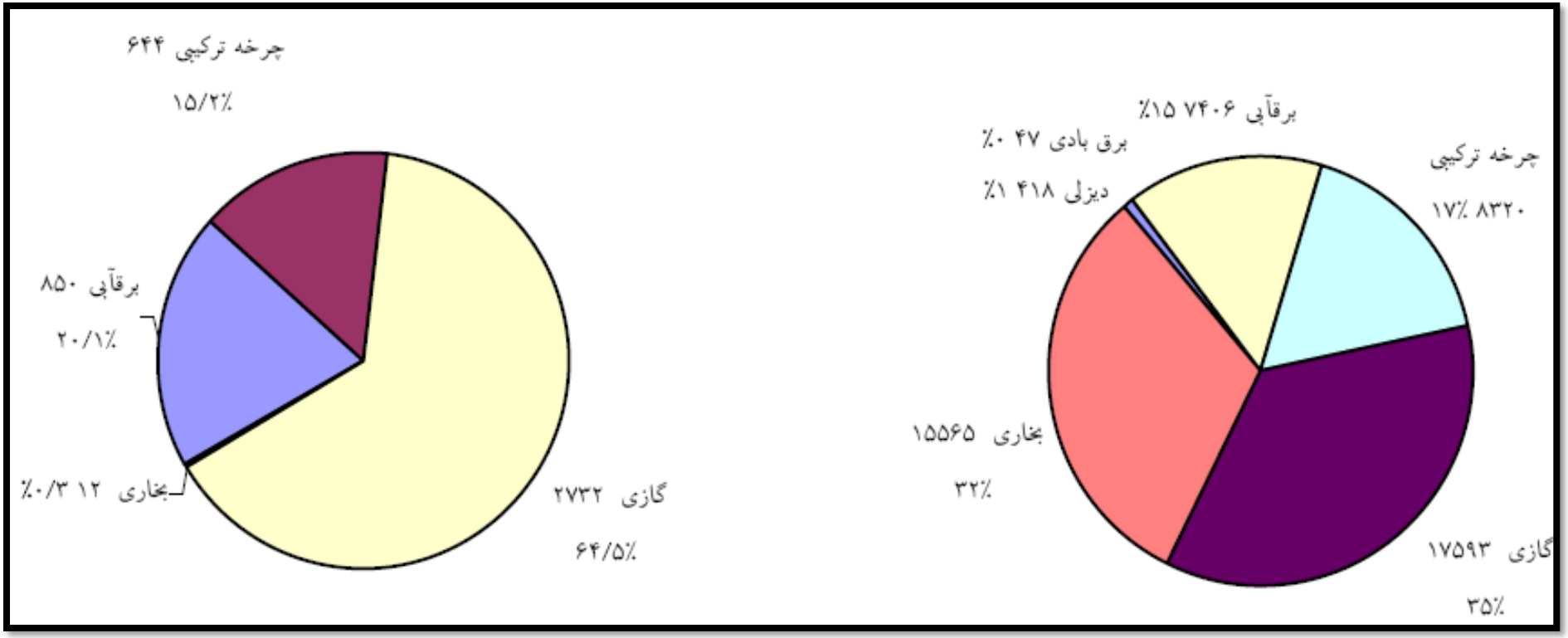
۴- واحد دور اعلام آمادگی جهت اقدام برای عمل کنترلی می نماید .

۵- توسط بهره بردار فرمان داده می شود .

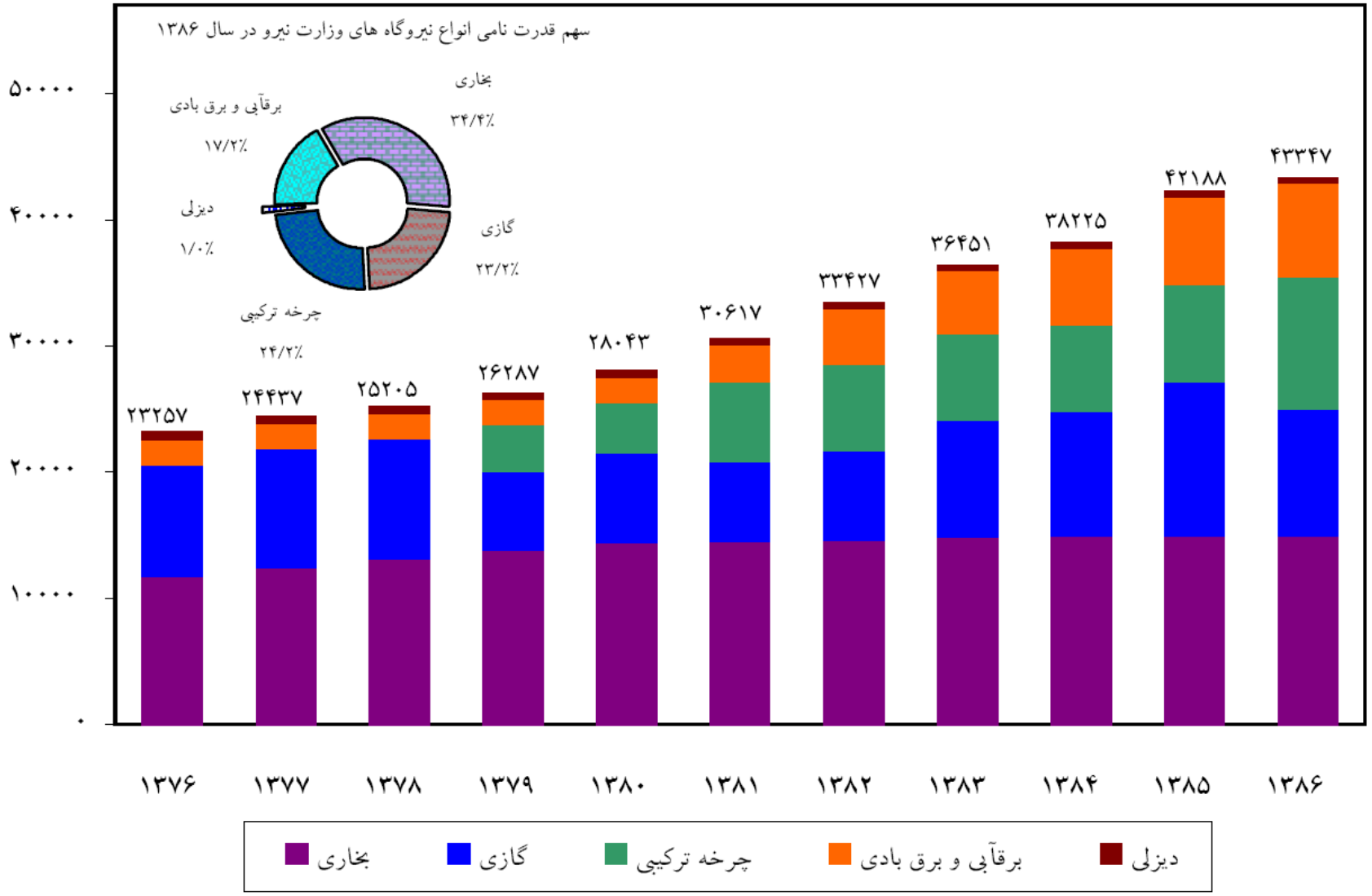
۶- عمل مورد نظر انجام و با تغییر رنگ در صفحه نمایش گر انجام عمل تایید می شود.

مقدار و سهم ظرفیت نامی انواع نیروگاه‌های بهره‌برداری شده تا پایان سال ۱۳۸۶ (مگاوات)

مقدار و سهم ظرفیت نامی انواع نیروگاه‌های بهره‌برداری شده در سال ۱۳۸۶ (مگاوات)



قدرت نامی نیروگاه‌های وزارت نیرو در طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۶



ترکیب نیروگاه های بهره برداری شده در پایان سال ۱۳۸۷ به شرح زیر است :

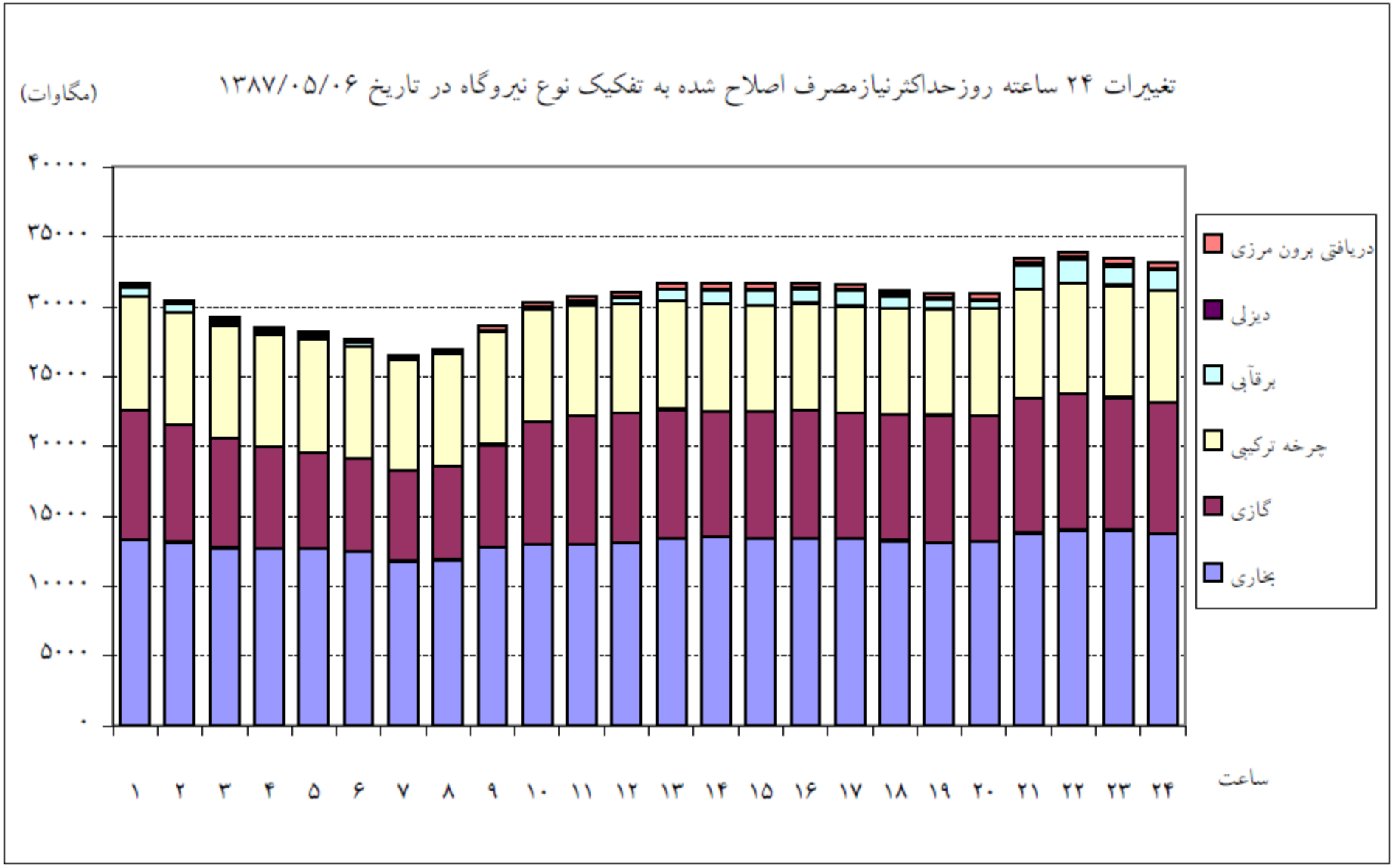
- نیروگاه های بخاری ۱۵۵۹۸ مگاوات معادل ۲۹/۵ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- نیروگاه های گازی ۱۸۰۷۷ مگاوات معادل ۳۴/۱ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- نیروگاه های چرخه ترکیبی ۱۱۱۱۷ مگاوات معادل ۲۱/۰ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- نیروگاه های برقآبی ۷۶۷۲ مگاوات معادل ۱۴/۵ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- نیروگاه های دیزلی و بادی ۴۸۰ مگاوات معادل ۰/۹ درصد از مجموع قدرت نامی کشور

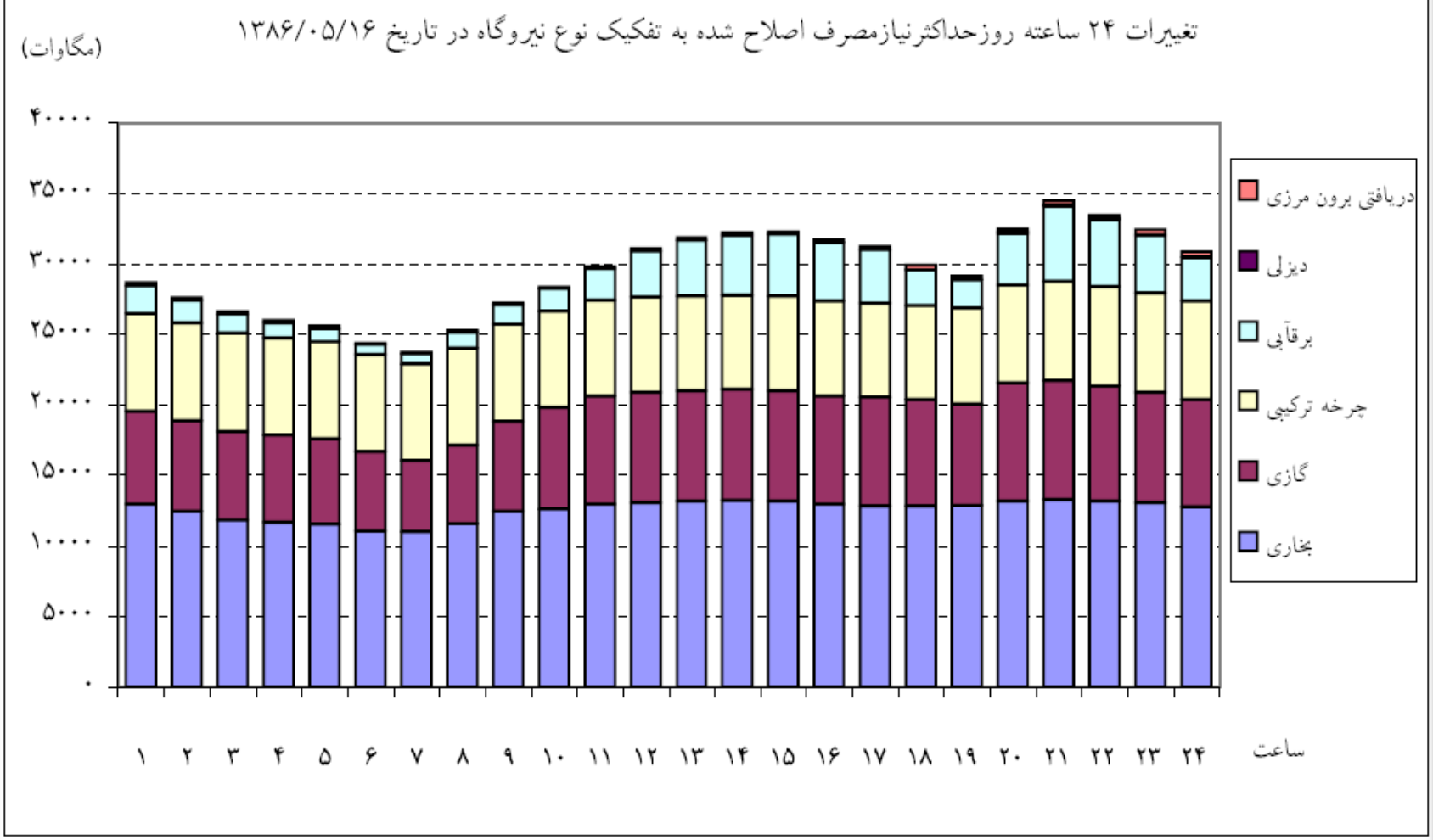
سهم تولید از نیروگاه های مختلف کشور به شرح زیر است :

- تولید نیروگاه های بخاری ۹۷۲۰۱ میلیون کیلووات ساعت معادل۴۵/۴ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه های گازی ۵۴۹۱۱ میلیون کیلووات ساعت معادل ۲۵/۶ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه های چرخه ترکیبی ۵۷۰۱۵ میلیون کیلووات ساعت معادل ۲۶/۶ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه های برقآبی ۴۷۵۳ میلیون کیلووات ساعت معادل ۲/۲ درصد از کل تولید
- تولید نیروگاه های دیزلی و برق بادی ۴۰۰ میلیون کیلووات ساعت معادل ۰/۲ درصد از کل تولید

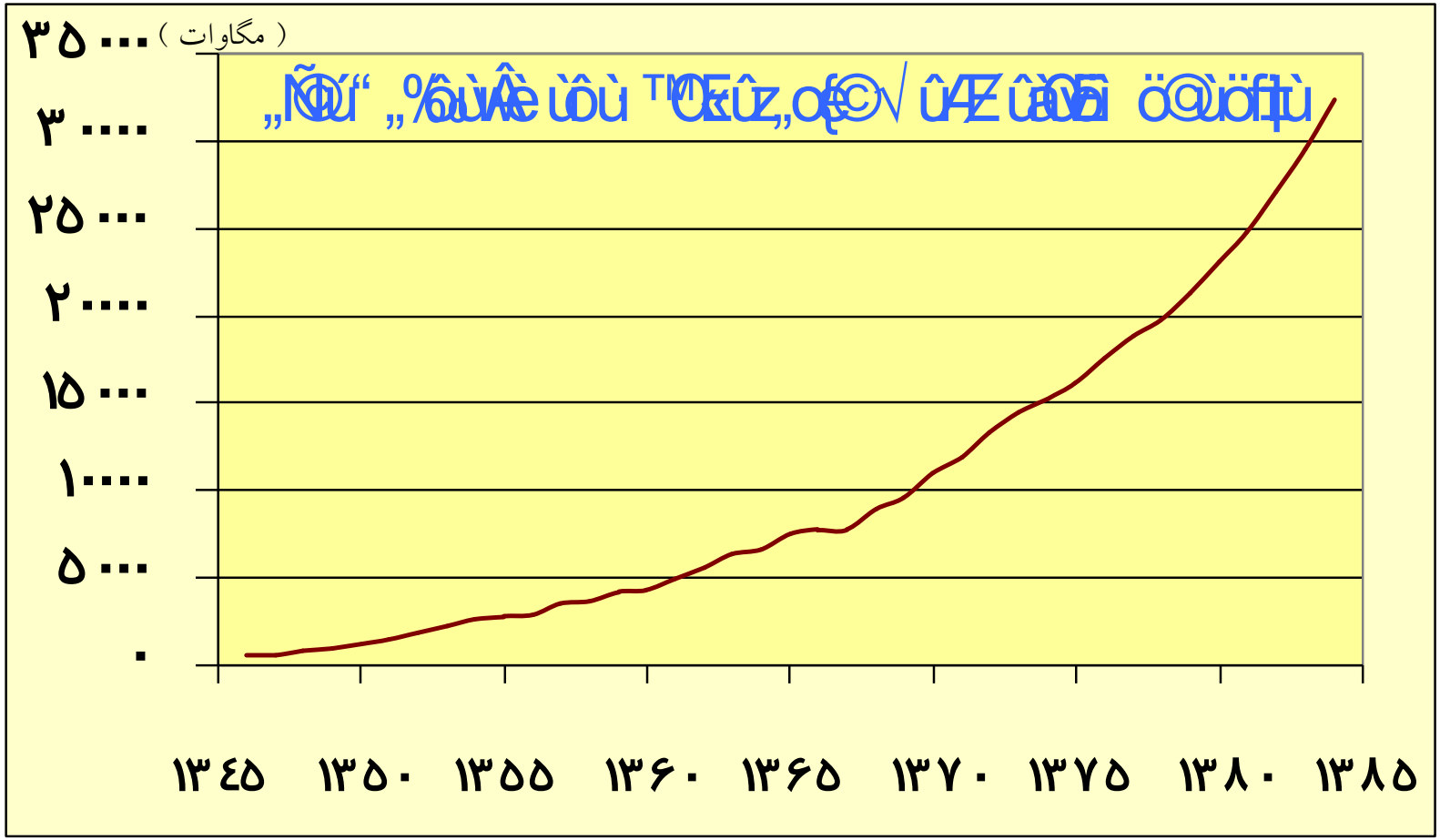
سوخت مصرفی نیروگاه های کشور در سال مزبور به شرح زیر است :

- گاز ۴۳۴۱۱ میلیون مترمکعب (معادل ۷۶/۰ درصد از کل سوخت)
- گازوئیل ۴۳۹۸ میلیون لیتر (معادل ۷/۶ درصد از کل سوخت)
- نفت کوره ۸۹۱۱ میلیون لیتر (معادل ۱۶/۴ درصد از کل سوخت)

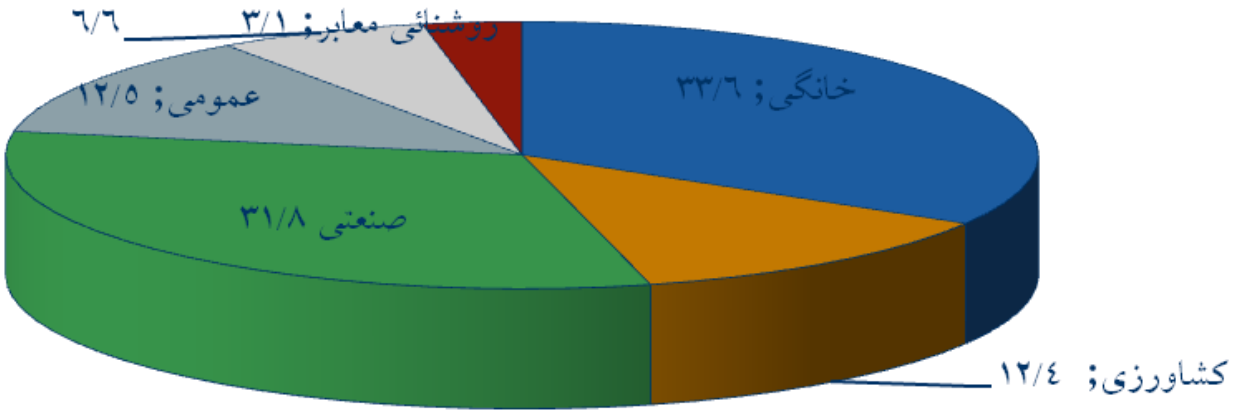

تغییرات ۲۴ ساعته روزحداکثرنیازمصرف اصلاح شده به تفکیک نوع نیروگاه در تاریخ ۱۳۸۷/۰۵/۰۶
(مگاوات)
۴۰۰۰۰
۳۵۰۰۰
۳۰۰۰۰
۲۵۰۰۰
۲۰۰۰۰
۱۵۰۰۰
۱۰۰۰۰
۵۰۰۰
۰
۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴
ساعت
دریافتی برون مرزی
دیزلی
برقآبی
چرخه ترکیبی
گازی
بخاری


تغییرات ۲۴ ساعته روزحداکثرنیازمصرف اصلاح شده به تفکیک نوع نیروگاه در تاریخ ۱۳۸۶/۰۵/۱۶
(مگاوات)
۴۰۰۰۰
۳۵۰۰۰
۳۰۰۰۰
۲۵۰۰۰
۲۰۰۰۰
۱۵۰۰۰
۱۰۰۰۰
۵۰۰۰
۰
۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰ ۲۱ ۲۲ ۲۳ ۲۴
ساعت
دریافتی برون مرزی
دیزلی
برقآبی
چرخه ترکیبی
گازی
بخاری

روند رشد مصرف

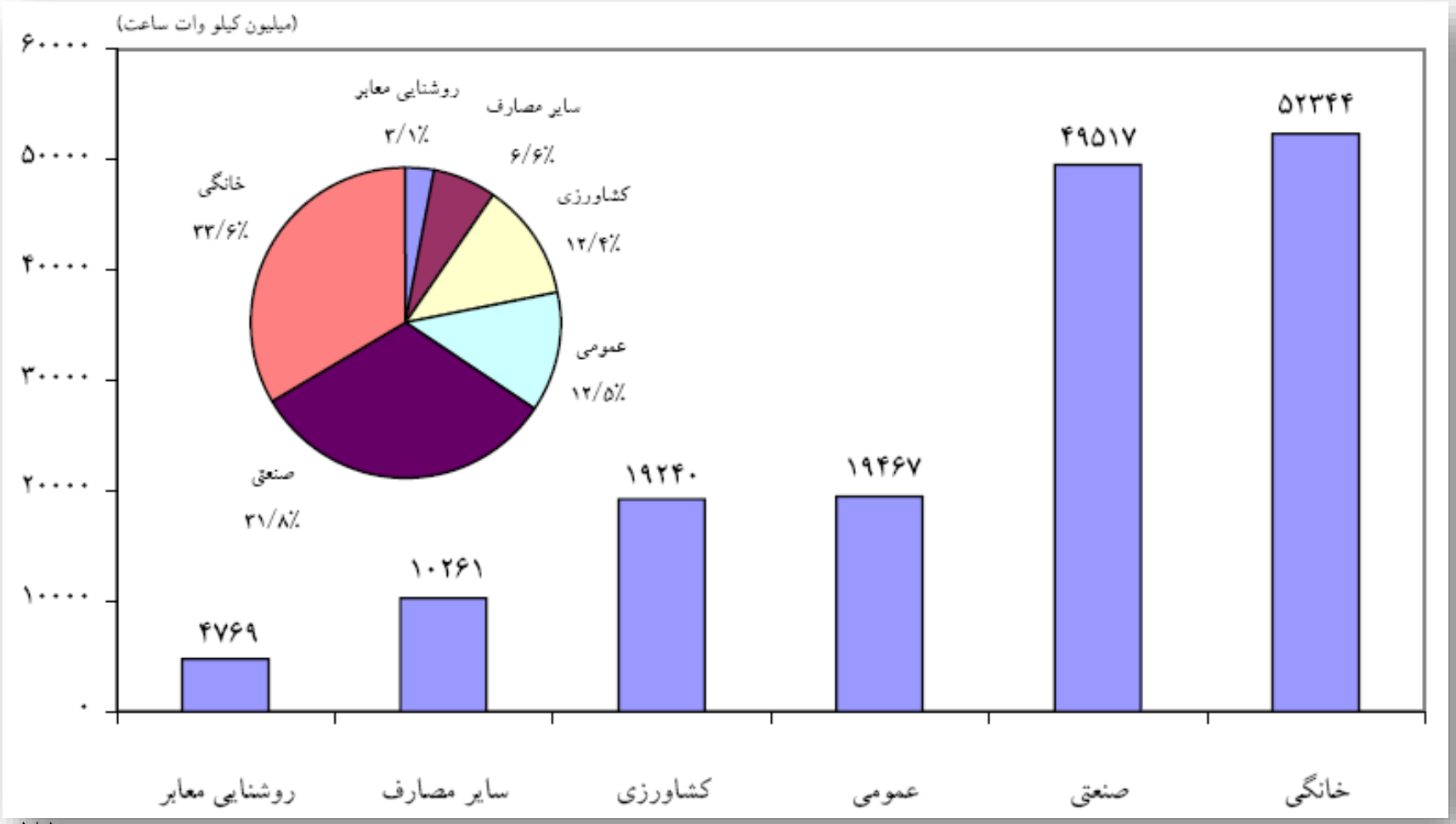


توزیع نیروی برق



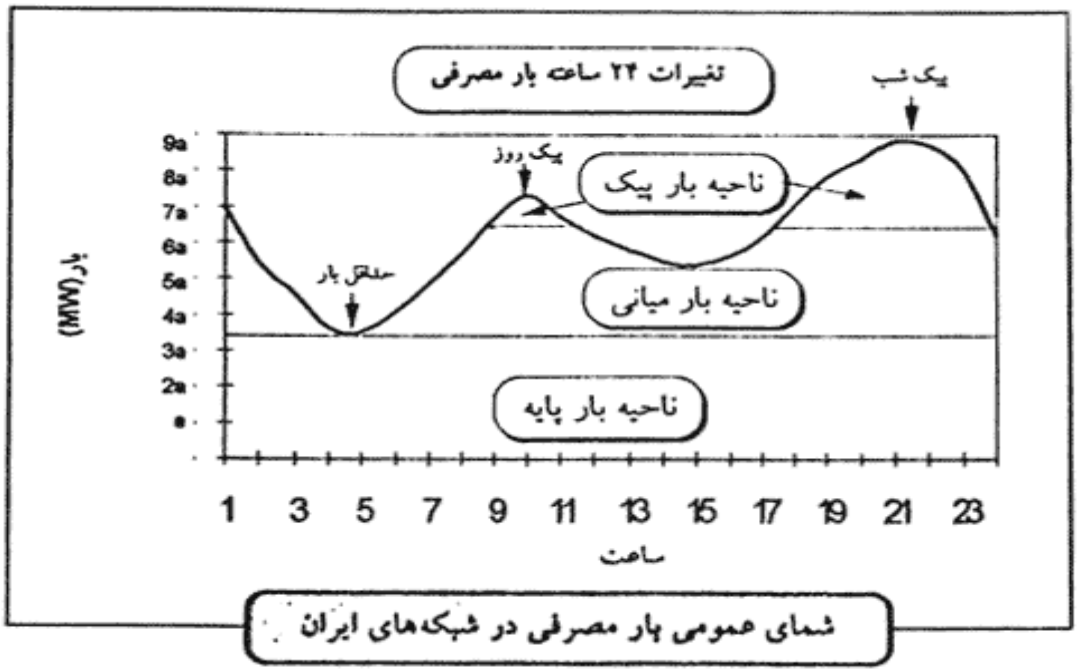
خانگی	٪۳۳/۶
صنعتی	٪۳۱/۸
عمومی	٪۱۲/۵
کشاورزی	٪۱۲/۴
روشنایی معابر	٪۳/۱

فروش انرژي برق به تفكيك تعرفه‌ها در سال ۱۳۸۵



مدل بار منحنی

- سطح زیر این منحنی که میزان مصرف انرژی الکتریکی را در طول زمان معین می کند، به سه ناحیه تقسیم می گردد . این نواحی راناحیه بار پایه ، ناحیه بار میانی و ناحیه بار پیک می نامیم که به آنها بار پایه ، با



انواع نیروگاهها

- با توجه به مطالب فوق و مفهوم مدل بار، نیروگاهها از نظر تولید الکتریسیته به چهار دسته عمده تقسیم بندی می شوند که عبارتند از :

۱- نیروگاههائی که برای تامین بار پایه واحداث می گردند.

۲- نیروگاههائی که برای تامین بار میانی بکار می روند.

۳- نیروگاههائی که برای تامین بار پیک ساخته می شوند .

٤- نیروگاههائی که جهت تولید برق اضطراری مجتمع ها مورد استفاده قرار می گیرد

نیروگاه بخاری

نیروگاه های حرارتی

- نیروگاه هایی که در حین پروسه تبدیل انرژی اولیه به انرژی الکتریکی در آنها، انرژی حرارتی نقش یک واسط را ایفا می کند.

- نیروگاه های بخاری ، گازی ، سیکل ترکیبی ، شکافت هسته ای زمین گرمایی ، گداخت هسته ای ،حرارتی - خورشیدی ،

نیروگاه‌های بخاری

- راندمان بالا ⟵ بین ۳۰ تا ۴۵ درصد (قسمت اعظم تلفات حرارتی در کندانسور

- **بعنوان نیروگاه همیشه در مدار (تأمین بار پایه) دلایل ==>**

۱- تحمل حرارتي پائين تجهيزات نيروگاه بخار نظير مولد بخار و يا توربين

۲- هزينه بالاي سرمايه گذاري براي احداث

۳- ارزان بودن سوخت مصرفي

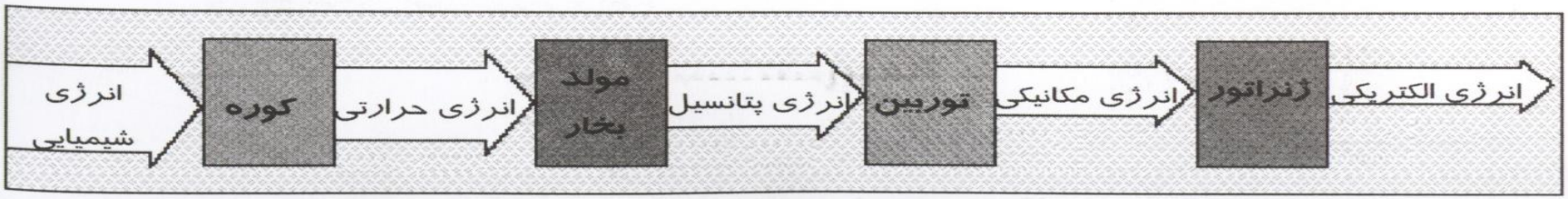
۴- هزينه بالا جهت راه‌اندازي نيروگاه

هزینه نصب تجهیزات زیست محیطی در حدود ۳۰ درصد از هزینه کل نیروگاه را شامل می شود

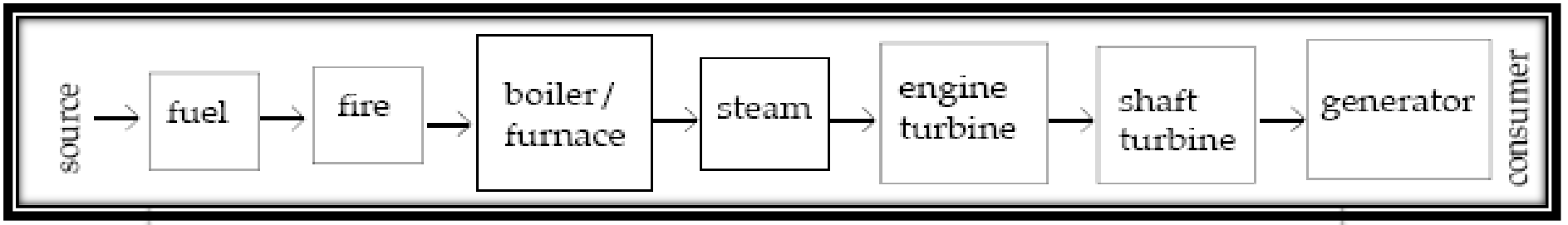
مشخصات نیروگاه های بخاری ایران

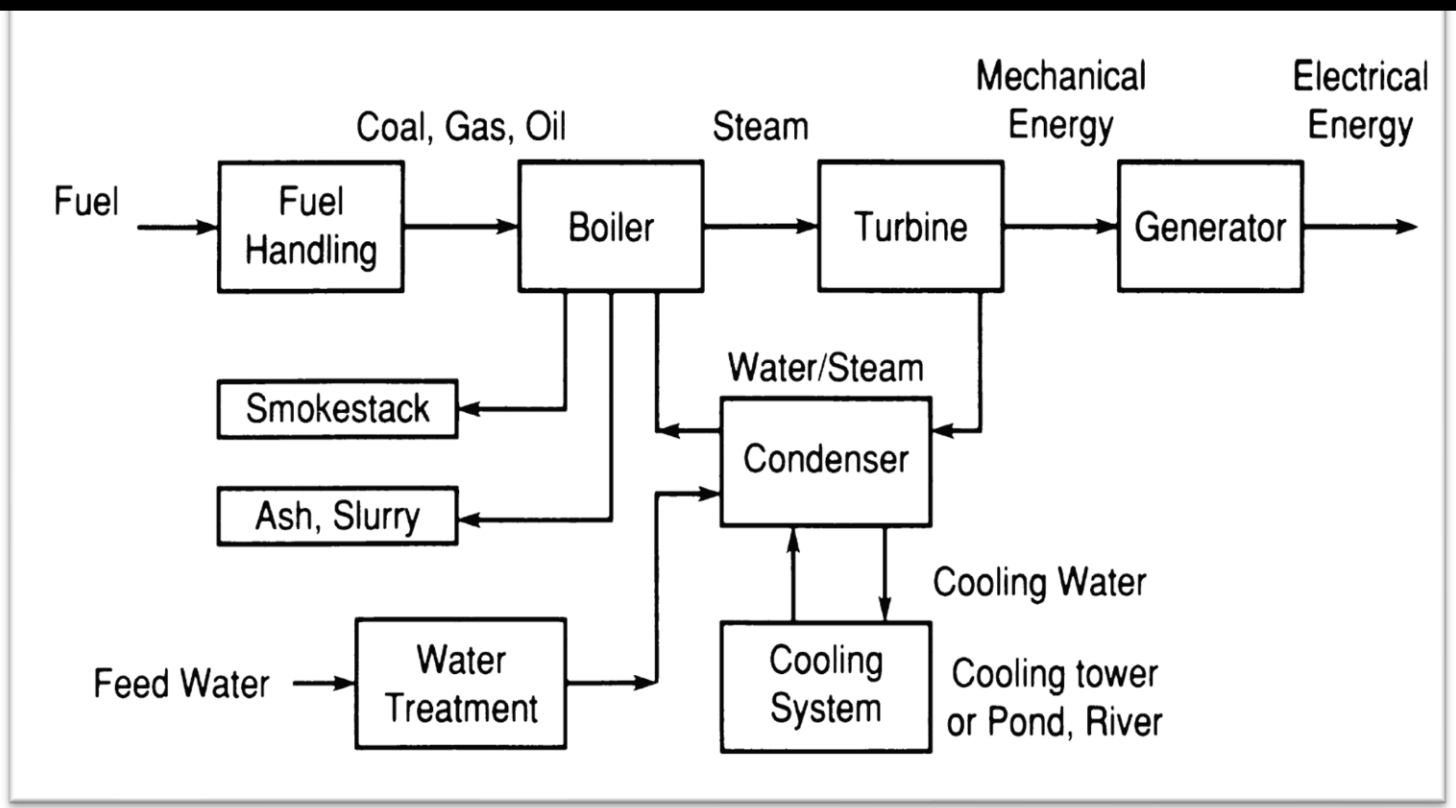
نیروگاه	محل جغرافیایی	زمان بهره برداری	تعداد واحدها	قدرت نامی هر واحد MW	مجموع تولید
رامین	اهواز	۱۳۵۸-۷۸	۶	۳۱۵	۱۸۹۰
شهید سلیمی	نکا	۱۳۵۸-۶۰	۴	۴۴۰	۱۷۶۰
شهید منتظری	اصفهان	۱۳۶۳-۷۸	۸	۲۰۰	۱۶۰۰
بندر عباس	بندر عباس	۱۳۵۹-۶۴	۴	۳۲۰	۱۲۸۰
شهید رجایی	قزوین	۱۳۷۱	۴	۲۵۰	۱۰۰۰
مفتح غرب	همدان	۱۳۷۳	۴	۲۵۰	۱۰۰۰
اسلام آباد	اصفهان	۱۳۴۸-۶۷	۵	۲*۳۲۰ ۱*۱۲۰ ۲*۳۷/۵	۸۳۵
تبریز	تبریز	۱۳۶۵-۶۸	۲	۳۶۸	۷۳۶
بیستون	کرمانشاه	۱۳۷۳	۲	۳۲۰	۶۴۰
شهید منتظر قائم	کرج	۱۳۵۰-۵۲	۴	۲۵/۱۵۶	۶۲۵
طوس	مشهد	۱۳۶۵	۴	۱۵۰	۶۰۰
شهید مد حج	اهواز	۱۳۵۴	۲	۱۴۵	۲۹۰
بعثت	طهران	۱۳۶۴-۴۷	۳	۸۲/۵	۲۴۷/۵
شهید بهشتی	لوشان	۱۳۵۲	۲	۱۲۰	۲۴۰
مشهد	مشهد	۱۳۴۷ ۱۳۵۳	۳	۱*۱۳ ۶۰*۲	۱۳۳
ایرانشهر	ایرانشهر	۱۳۵۷-۷۶	۲	۶۴	۱۲۸
زرند	کرمان	۱۳۵۲	۲	۳۰	۶۰
شهید فیروزی	طهران	۱۳۳۸	۴	۱۲/۵	۵۰

Schematic Diagram of Energy Conversion

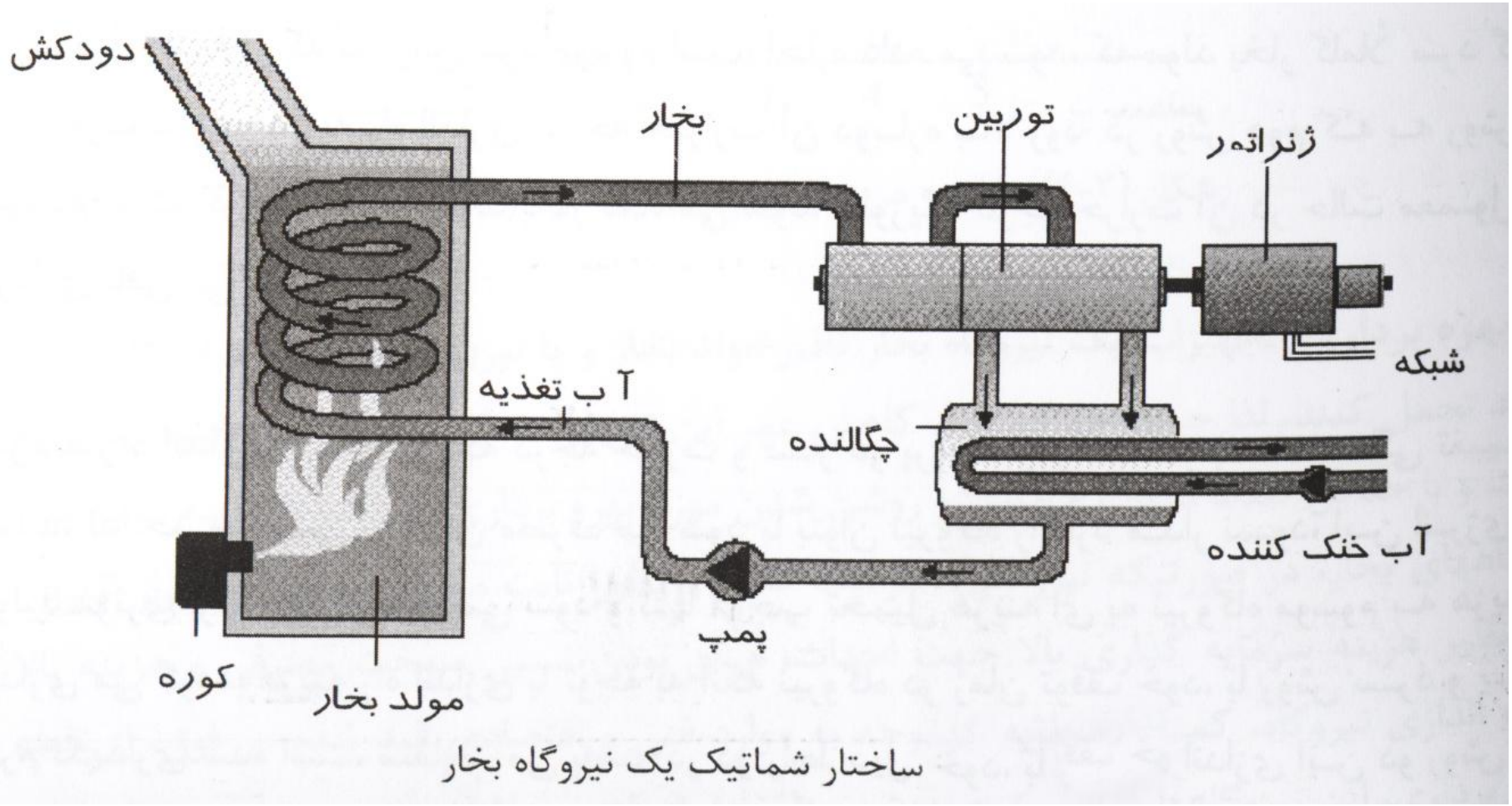


مراحل تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی در یک نیروگاه بخار

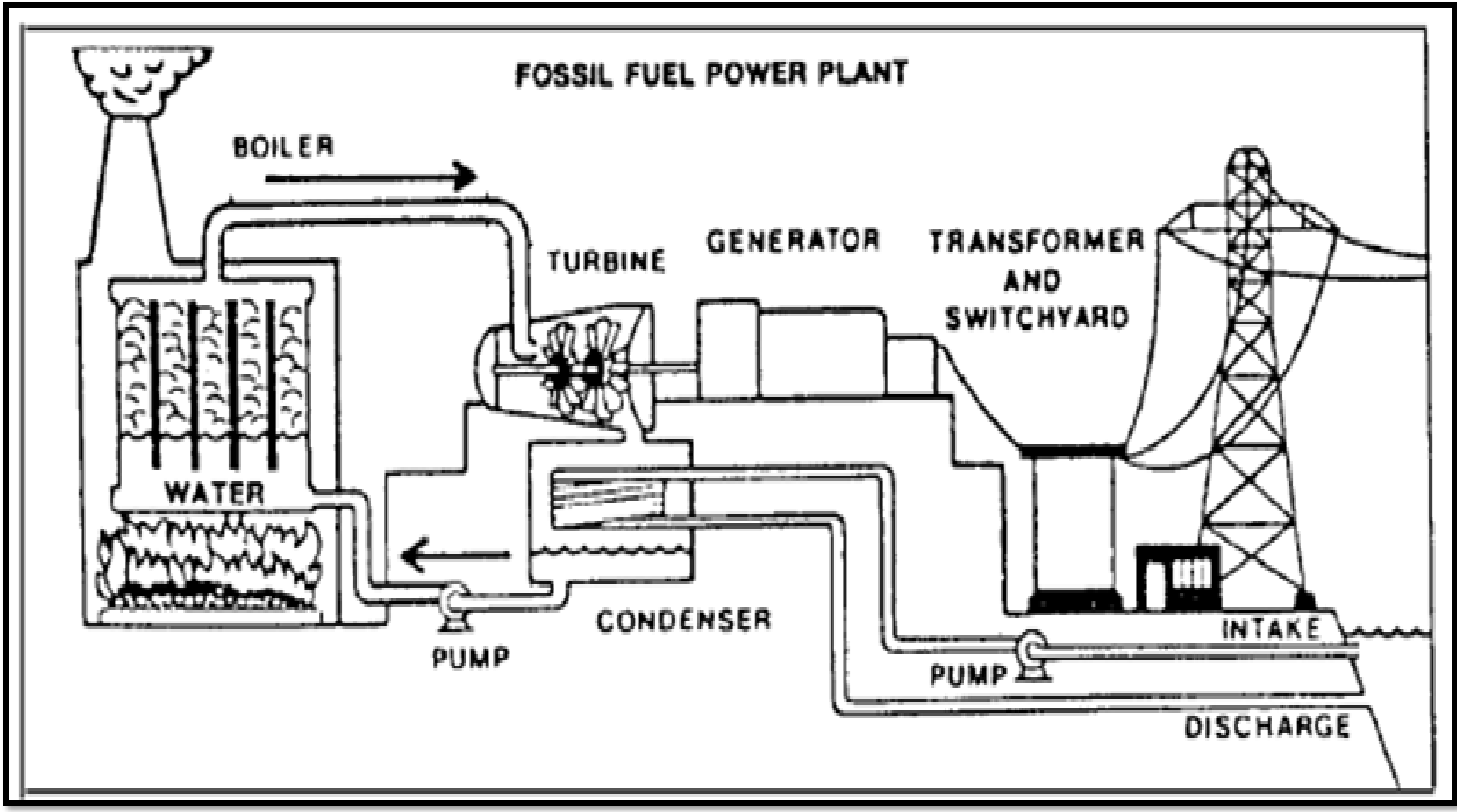




ساختار شماتیک یک نیروگاه بخار

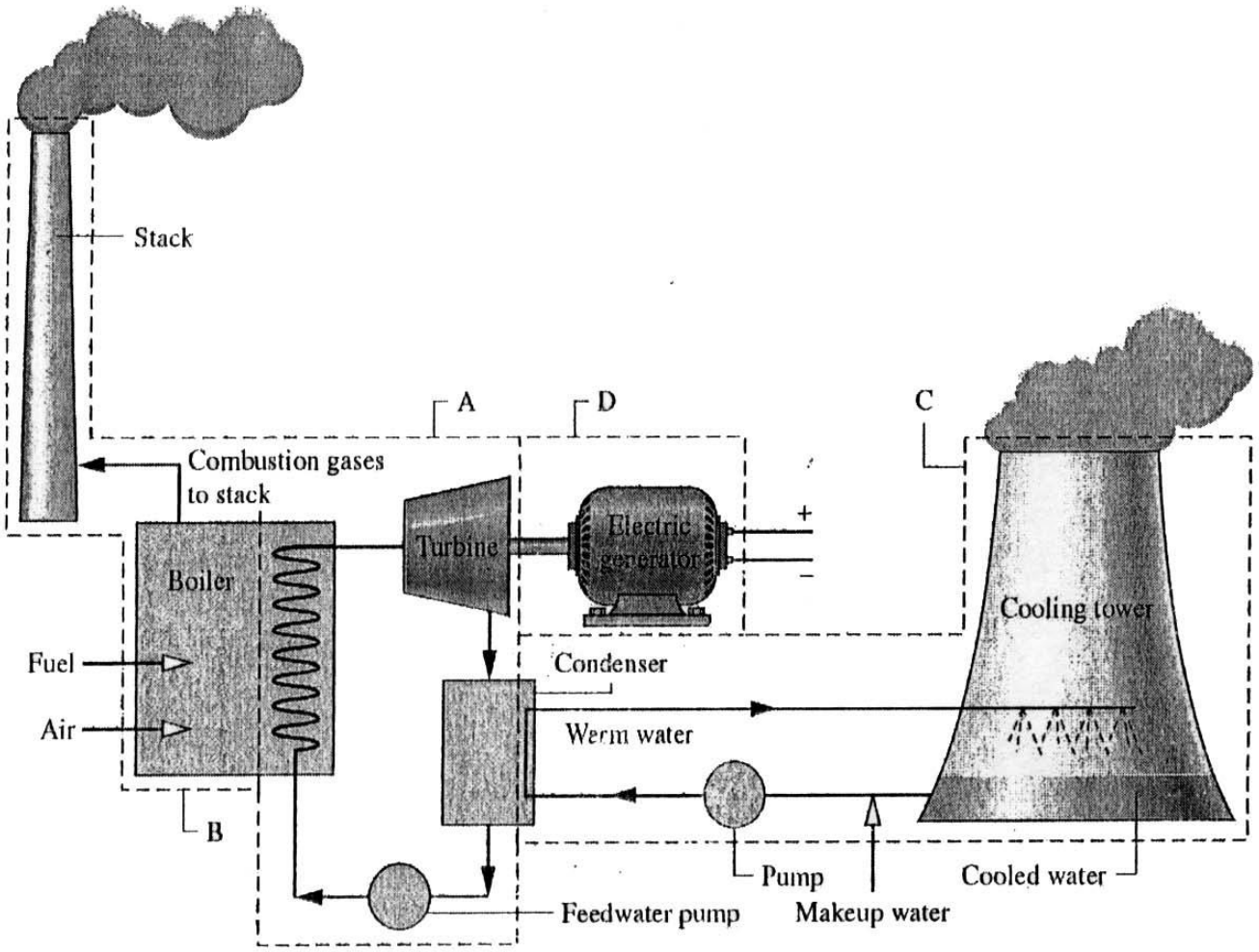


ساختار شماتیک یک نیروگاه بخار


FOSSIL FUEL POWER PLANT
BOILER
TURBINE
GENERATOR
TRANSFORMER
AND
SWITCHYARD
WATER
CONDENSER
PUMP
PUMP
INTAKE
DISCHARGE

چرخه نیروگاه بخاری را بعنوان چرخه رانکین یا سیکل رانکین (Rankin cycle) می‌شناسند.

این سیکل از ۴ تحول شامل: ۲ تحول آدیاباتیک یا بی‌دررو و ۲ تحول ایزو بار یا فشار ثابت تشکیل شده‌است.



چرخه های کار نیروگاه بخار

۱) چرخه اشباع رانکین

۲) چرخه فوق گرم رانکین

۳) چرخه رانکین تحت تاثیر بازگرمایش بخار

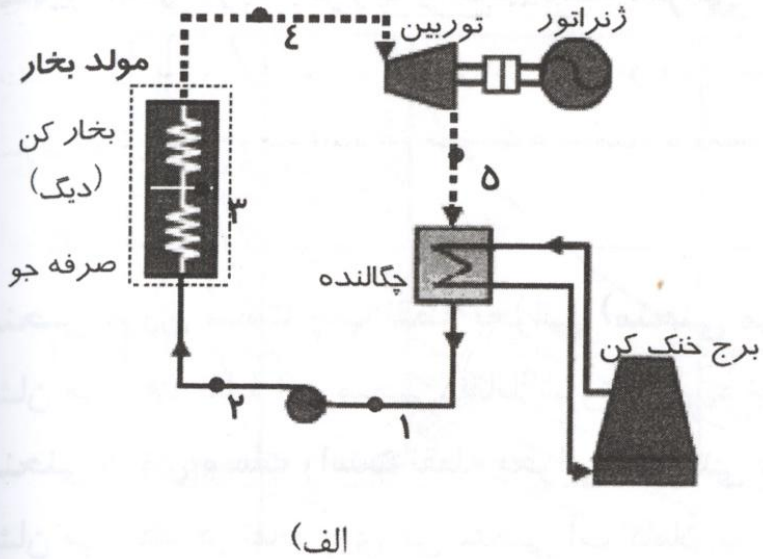
ویژگی چرخه آب – بخار

۱– درجه جوش آب با افزایش فشار، افزایش می یابد.

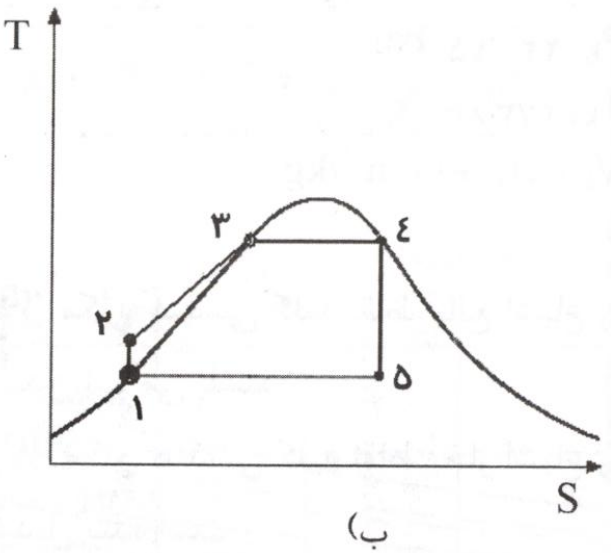
۲– انرژی حرارتی برای بخار نمودن آب با افزایش فشار، کاهش می یابد.

چرخه اشباع رانکین

نیروگاهها بر اساس این چرخه دارای ظرفیت نامی پایین و مولد بخار کوچک (شامل دو قسمت صرفه جو و بخارکن)



الف)



ب)

الف) نمودار جریان شاره کارکن ب) نمودار (T_S)

چرخه ایده ال اشباع رانکین

۱-۲ : افزایش فشار به وسیله پمپ آب تغذیه

۲-۳ : تبدیل آب به آب اشباع (بخش صرفه جو)

۳-۴ : آب اشباع تحت فشار و دمای ثابت به بخار اشباع (بخش دیگ)

۴-۵ : انبساط بخار در توربین

۵-۱ : دفع گرما در فشار و دمای ثابت

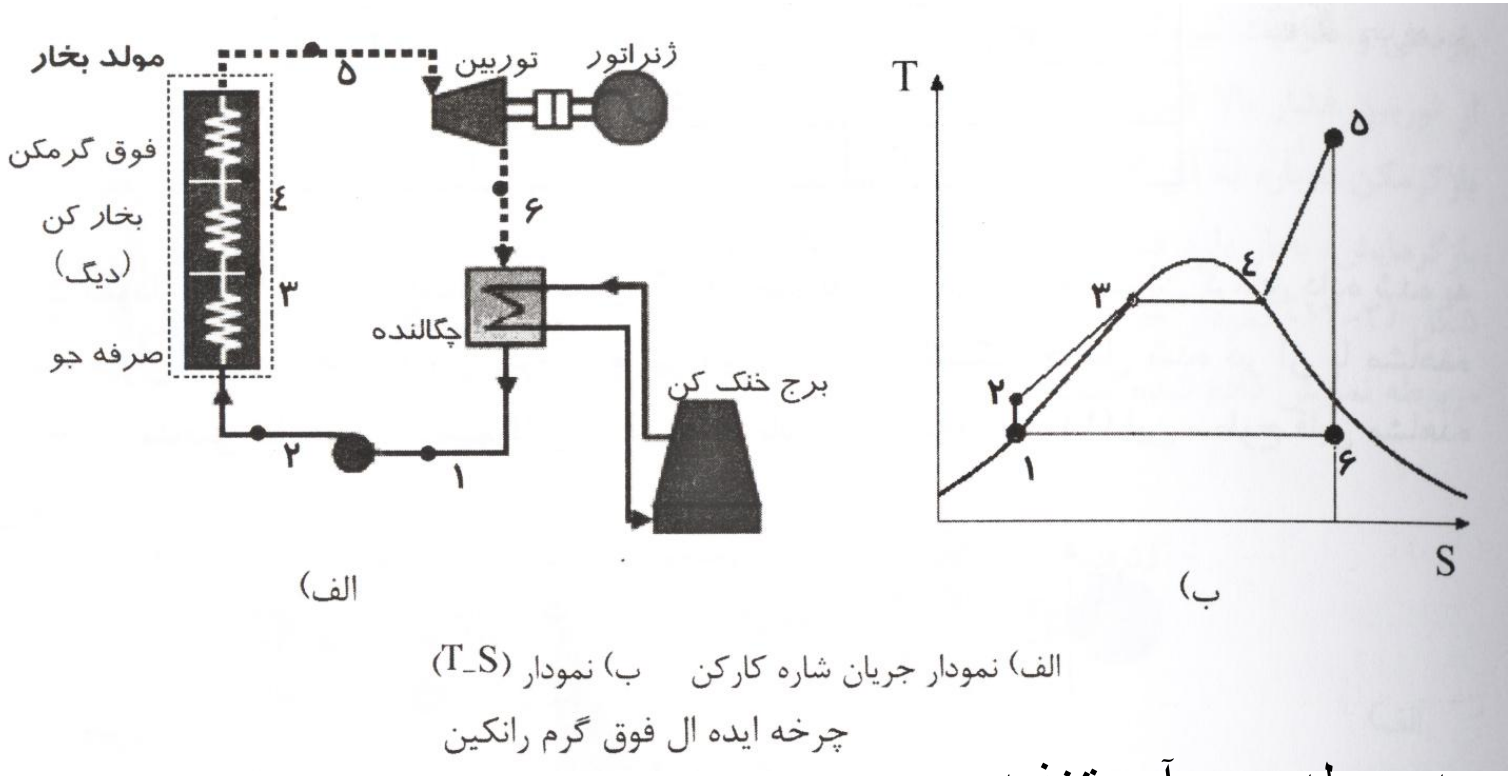
چرخه فوق گرم رانکین

اضافه کردن فوق گرمکن به مولد بخار به منظور رفع معایب چرخه اشباع رانکین

ویژگی ها:

۱) افزایش دمای بخار ورودی به توربین
۲) افزایش بازدهی چرخه
۳) رفع نسبی محدودیت در ظرفیت نامی نیروگاه
۴) کاهش میزان رطوبت در آخر توربین

چرخه فوق گرم رانکین



الف) نمودار جریان شاره کارکن ب) نمودار (T_S)

چرخه ایده ال فوق گرم رانکین

۱-۲ : افزایش فشار به وسیله پمپ آب تغذیه

۲-۳ : تبدیل آب به آب اشباع (بخش صرفه جو)

۳-۴ : آب اشباع تحت فشار و دمای ثابت به بخار اشباع (بخش دیگ)

۴-۵ : فوق گرمایش بخار اشباع در فشار ثابت (بخش فوق گرمکن)

۵-۶ : انبساط بخار در توربین

۶-۱ : دفع گرما در فشار و دمای ثابت

حدود فشار و درجه حرارت در چرخه فوق گرم رانکین

نقاط	درجه حرارت [C]	فشار [bar]
۱	۳۰	۰/۰۴
۲	۳۵	۲۰۰
۳	۳۵۰	۲۰۰
۴	۳۵۰	۲۰۰
۵	۵۵۰	۲۰۰
۶	۳۰	۰/۰۴

چرخه رانکین تحت تاثیر بازگرمایش بخار

اضافه کردن یک مرحله به چرخه رانکین برای بر طرف کردن رطوبت بخار

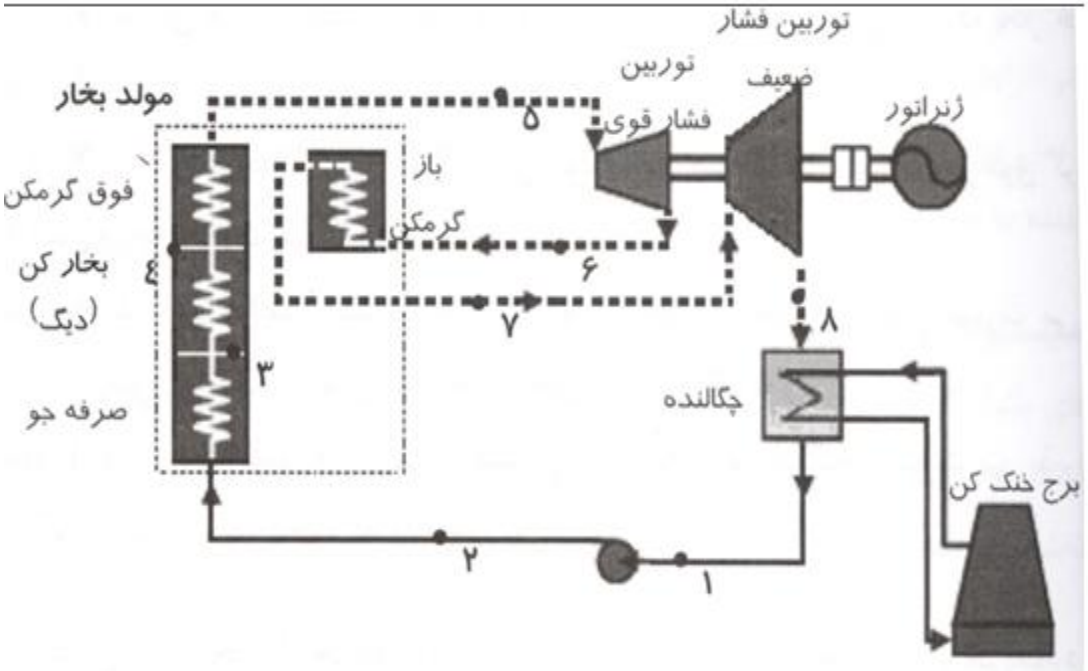
۱) افزایش دمای بخار ورودی به توربین

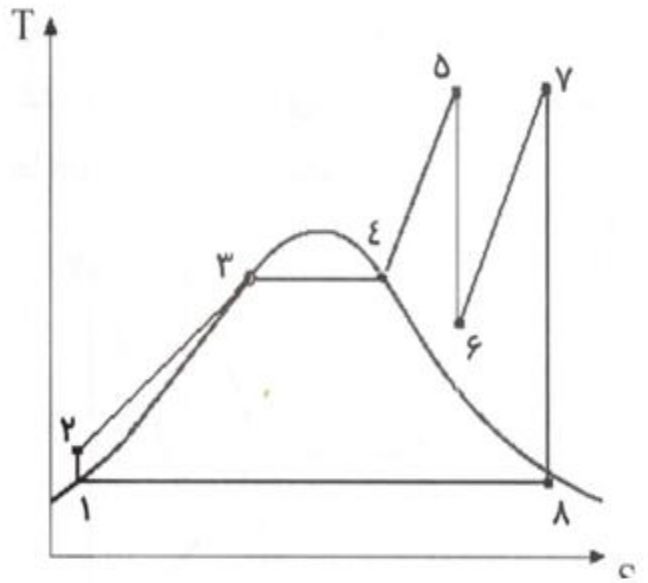
۲) افزایش بازدهی چرخه

۳) رفع نسبی محدودیت در ظرفیت نامی نیروگاه

۴) به حداقل رساندن رطوبت در آخر توربین

چرخه رانکین تحت تاثیر بازگرمایش بخار





۱-۲ : افزایش فشار به وسیله پمپ آب تغذیه

۲-۳ : تبدیل آب به آب اشباع (بخش صرفه جو)

۳-۴ : آب اشباع تحت فشار و دمای ثابت به بخار اشباع (بخش دیگ)

۴-۵ : فوق گرمایش بخار اشباع در فشار ثابت (بخش فوق گرمکن)

۵-۶ : انبساط بخار در توربین فشار قوی

۶-۷ : افزایش دمای بخار در فشار ثابت

۷-۸ : انبساط بخار در توربین فشار ضعیف

۸-۱ : دفع گرما در فشار و دمای ثابت

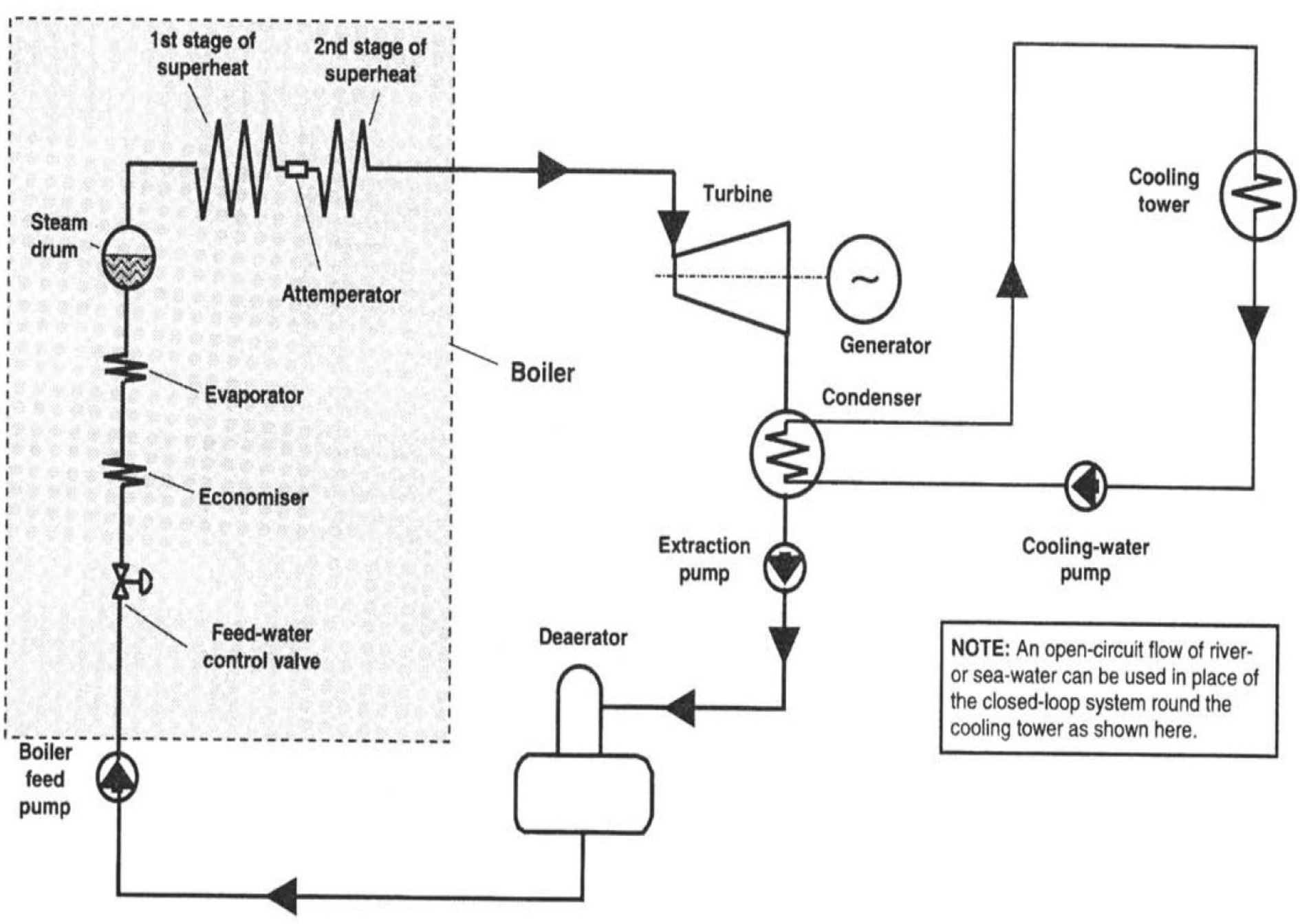


Figure 8.1 The steam and water circuits of a boiler/turbine unit

عوامل موثر در ازدیاد راندمان نیروگاه بخار

- **۱– بالا بردن درجه حرارت ماکزیمم سیکل**
- مزایا: الف) بالا بردن راندمان ب) کاهش رطوبت بخار در اگزوز
- معایب: الف) ازدیاد بخار در دماي بالا ب) کاهش مقاومت فلز بکار برده شده در توربین ج) ازدیاد قیمت اولیه خرید توربین
- **۲– ازدیاد فشار ماکزیمم**
- معایب: الف) ازدیاد رطوبت بخار در اگزوز ب) انتخاب مصالح بهتر بکار رفته
- **۳– کاهش فشار خروجی توربین(یا درجه حرارت)**
- معایب: الف) رطوبت بخار خروجي اضافه در نتیجه مسئله خوردگي
- ب) خریدن دستگاه‌هاي خلاساز براي ایجاد فشار کم و افزایش هزینه‌هاي اولیه
- **۴– استفاده از پیش گرمایش**

سیال در گردش در نیروگاه بخار آب می‌باشد.

- **دلایل کاهش میزان آب در سیکل بخار**

۱) خروجي بخار آب از منافذ احتمالي سيستم
۲) خروجي بخار آب از داخل شيرهاي سيستم
۳) خروجي بخار آب در داخل توربين
۴) خروجي بخار آب از سوپاپ‌هاي اطمينان

- سوخت‌ها:
  - زغال سنگ
  - مازوت
  - گاز طبيعي
  - گازوئيل

قیود واحدهای حرارتی

۱- حداقل زمان کار Min up time: زماني كه واحد فعال باشد نمي‌توان آنرا فوراً متوقف كرد.

۲- حداقل زمان فعالیت Min down time: زماني كه واحد از مدار خارج شده حداقل زماني لازم استتا بتوان آنرا وارد مدار كرد.

۳- قیود تعداد خدمه crew constrain: اگر نيروگاهي از دو يا تعداد بيشتري واحد تشكيل شده باشد هر دو را نمي توان بطور همزمان راه اندازي كرد.

راه اندازی واحد

- استارت و گرم کردن قسمت های مختلف واحد
- در مدار قرار دادن واحد پس از گرم شدن اجزا
- کنترل درجه حرارت در حد مجاز برای جلوگیری از تغییر شکل پوسته توربین

روشهای راه اندازی واحد

- راه اندازی واحد از حالت سرد
- راه اندازی واحد از حالت گرم
- راه اندازی واحد از حالت داغ

راه اندازی واحد از حالت سرد

استفاده در زمانی که واحد به مدت طولانی غیر فعال بوده و حرارت تمام قسمت ها کم است

برای گرم کردن واحد زمان زیادی لازم است

راه اندازی واحد از حالت گرم

هنگامیکه درجه حرارت پوسته توربین بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد باشد واحد گرم تلقی می شود

- گرم کردن سیستم ری هیت و قسمتهای ورودی بخار به توربین
- آبگیری درام تا سطح راه اندازی
- باز کردن درین های سوپر هیتر قبل از روشن کردن مشعل ها
- روشن کردن بویلر مانند حالت سرد
- در سرویس قرار دادن سیستم گرم کن درام
- راه اندازی توربین مانند حالت سرد

راه اندازی واحد از حالت داغ

هنگامیکه درجه حرارت پوسته توربین بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد باشد و یا بویلر و توربین تریپ اضطراری داده شده باشند واحد داغ تلقی می شود

- احتیاج به گرم کردن مسیر ری هیت و درام نمی باشد
- در سرویس قرار دادن ژونگستروم و F.D.FAN
- استارت فیدپمپ ها
- آبگیری درام تا سطح راه اندازی
- راه اندازی بویلر هنگام رسیدن خلا کندانسور به حد مجاز
- تنظیم درجه حرارت بخار در دی سوپر هیترها بوسیله اسپری آب
- دور دادن و بارگیری از واحد مانند راه اندازی حالت سرد طبق منحنی های راه اندازی

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

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

هزینه راه‌اندازی

$$\text{Start-up cost when cooling} = C_c\left(1 - e^{\frac{-t}{\propto}}\right) \times F + C_f$$

where

C_c = cold-start cost (MBtu)

F = fuel cost

C_f = fixed cost (includes crew expense, maintenance expenses) (in ₹)

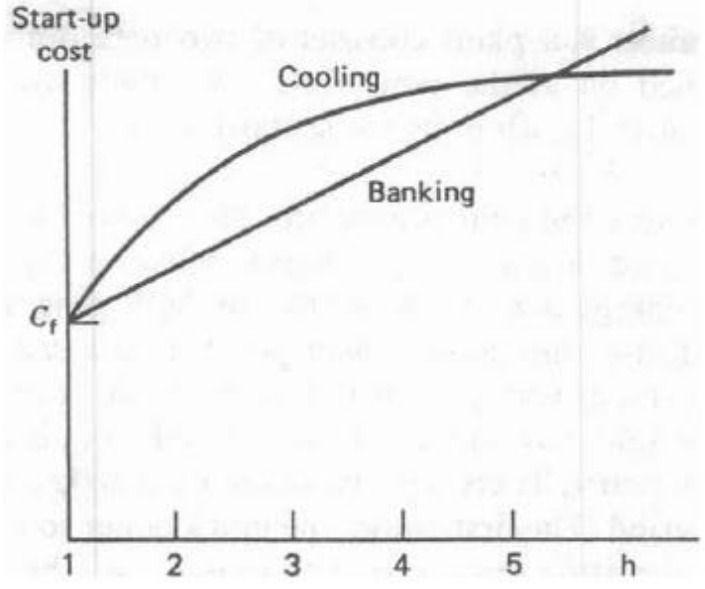
a = thermal time constant for the unit

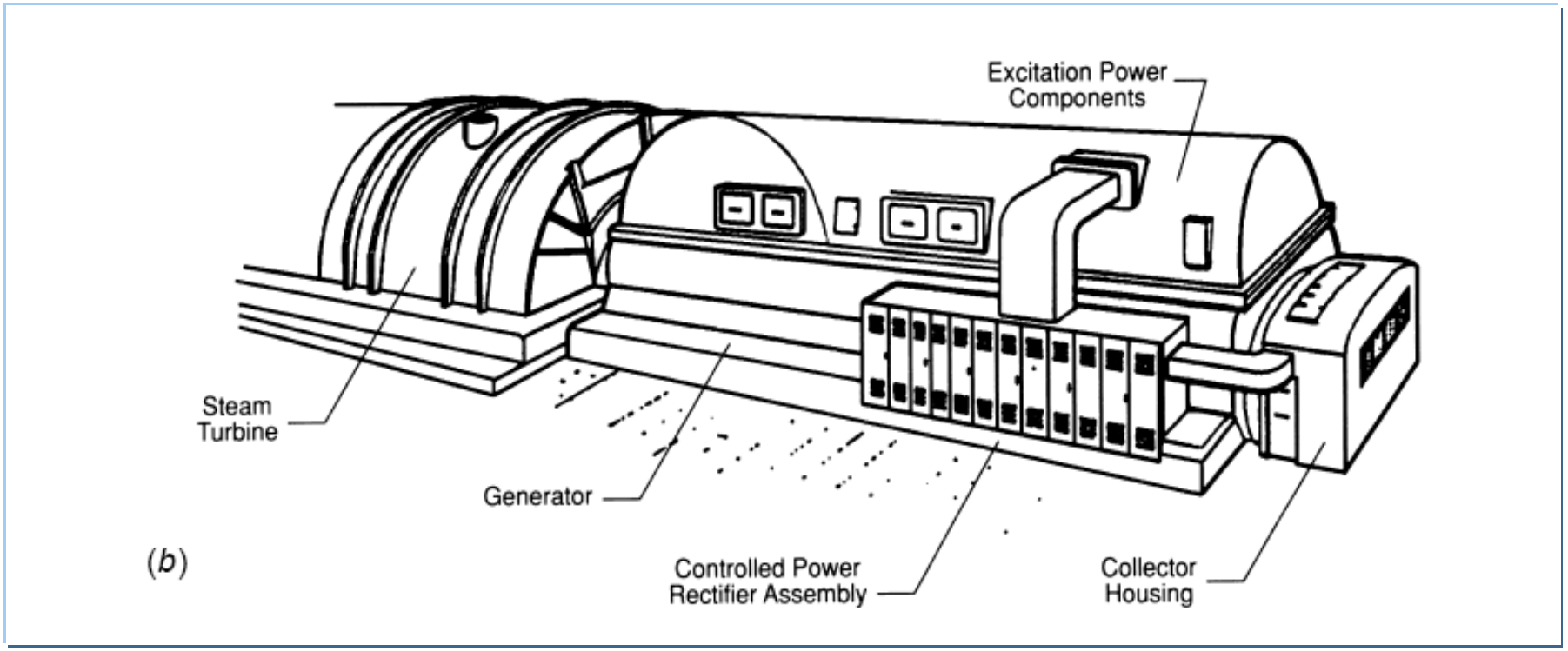
t = time (h) the unit was cooled

$$\text{Start-up cost when banking} = C_t \times t \times F + C_f$$

where

C_t = cost (MBtu/h) of maintaining unit at operating temperature




Excitation Power
Components
Steam
Turbine
Generator
(b)
Controlled Power
Rectifier Assembly
Collector
Housing

سیستم های خنک کننده نیروگاه بخار

- تامین آب خنک کننده چگالنده
- دفع گرمای چرخه بخار به محیط
- عملکرد خوب این سیستم باعث افزایش بازده نیروگاه

انواع :

۱) سیستم های یکبار گذر

۲) سیستم های بسته

۳) سیستم های نیمه بسته

سیستم‌های خنک کننده نیروگاه بخاری

- سیستم خنک‌کننده آب خنک کن مورد نیاز چگالنده را تأمین می‌کنند.
- **انواع سیستم‌های خنک کننده**

نوع اول

سیستم‌های یکبار گذر

نوع دوم

سیستم‌های بسته

نوع سوم

سیستم‌های نیمه بسته

۱– سیستم‌های یکبار گذر

- آب از یک منبع طبیعی مانند دریاچه، رودخانه و یا اقیانوس گرفته می‌شود
- بوسیله پمپ در لوله‌های چگالنده جریان می‌یابد و ضمن عبور از لوله‌ها گرم می‌شود

نیروگاه نکا آب خنک کننده را از دریای خزر تأمین می‌کند.

نیروگاه زرگان آب خنک کننده را از رودخانه کارون تأمین می‌کند

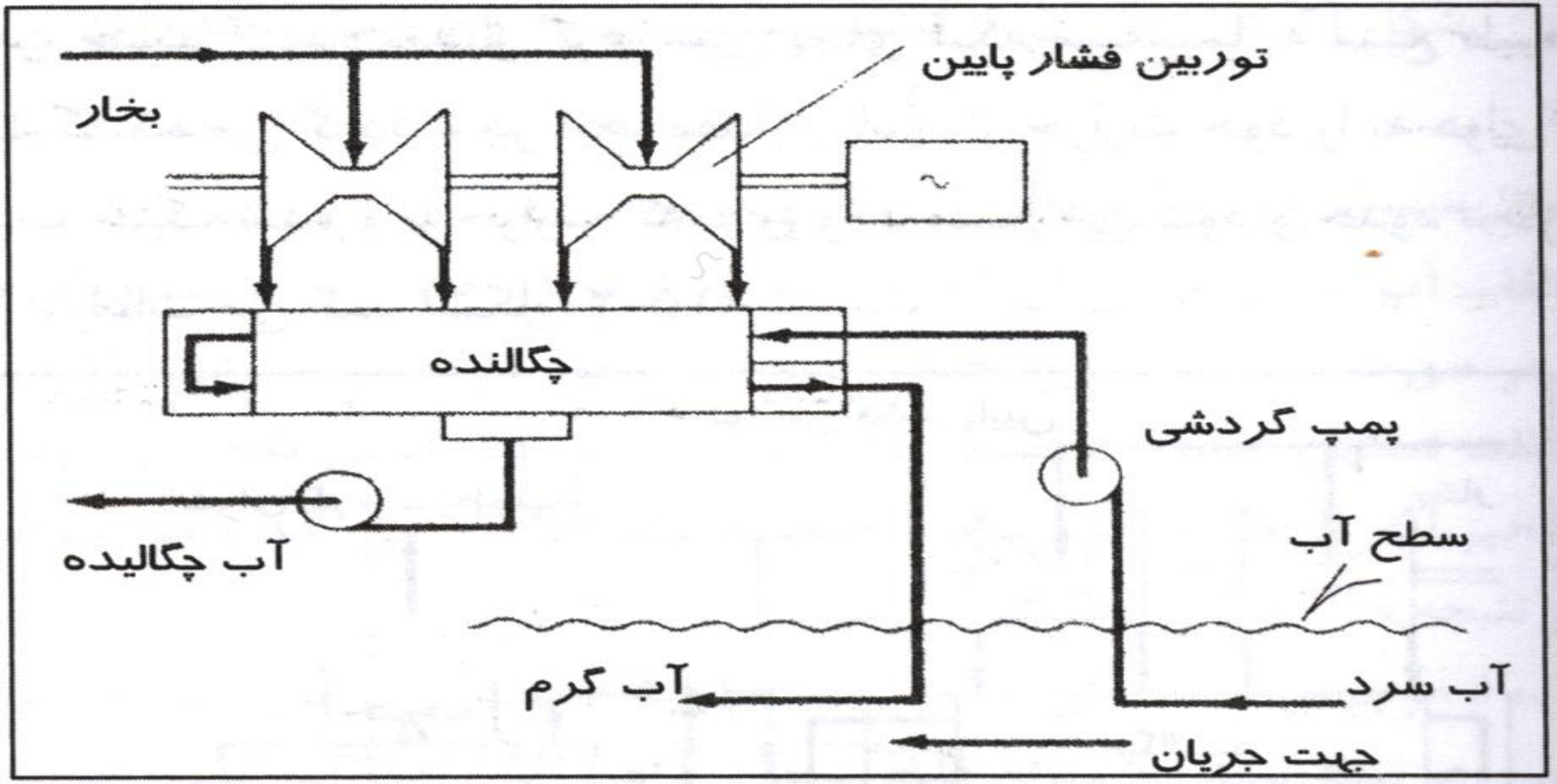
تخلیه آب گرم شده به منبع طبیعی

۱- تخلیه سطحی

۲- تخلیه عمقی

۳- تخلیه پخشی

۱– سیستم‌های یکبار گذر



طرحی از یک سیستم یکبارگذر

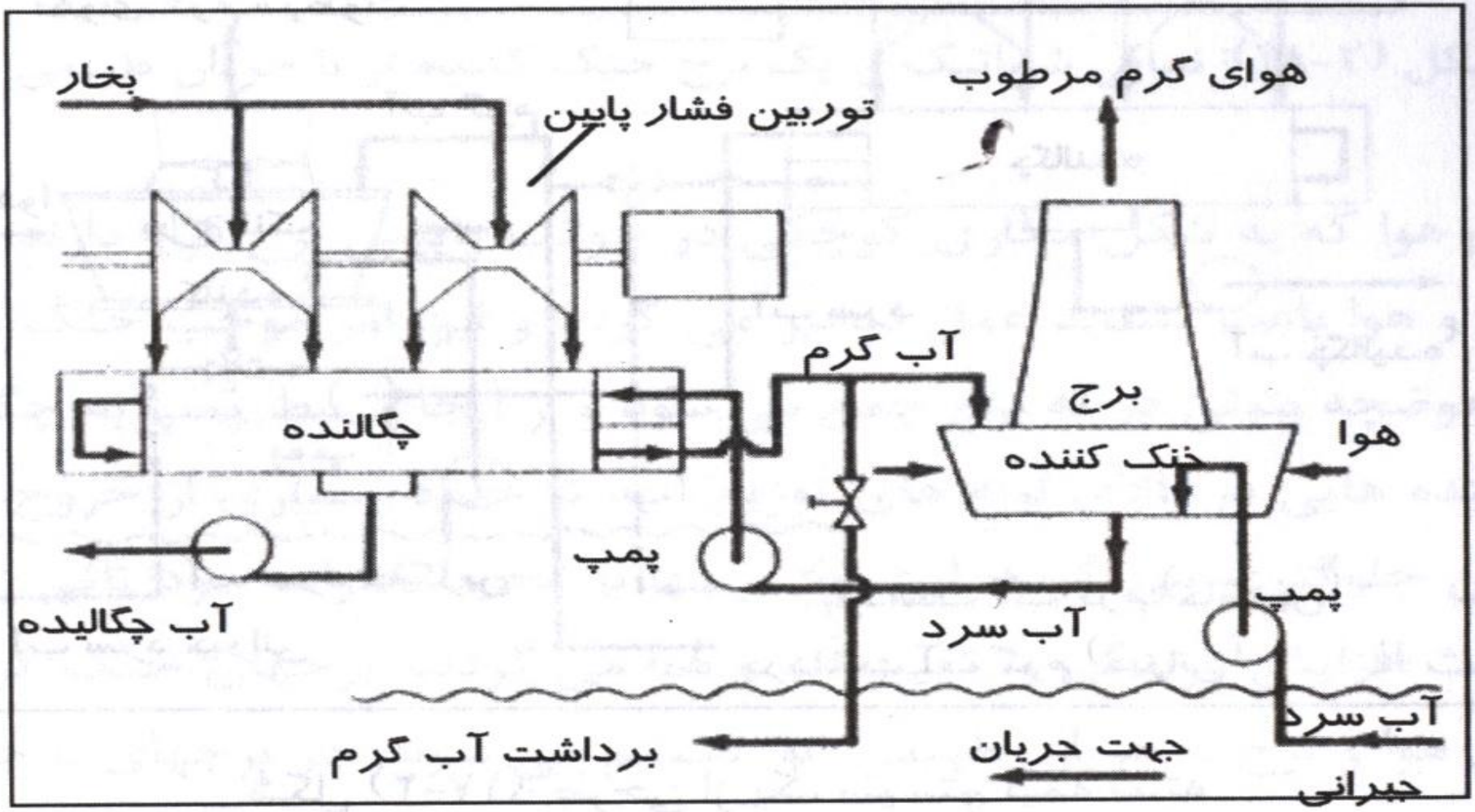
ویژگی های سیستم یکبارگذر

- تصفیه آب خنک کن
- آسانترین و ارزان‌ترین روش چگالش
- بطور تقریبی برای هر ۱۰۰ مگاوات تولید به ۲ یا ۳ متر مکعب در ثانیه نیاز است
- محدود بودن مرز بالایی توان نیروگاه(بخاطر گرم شدن آب منبع و مشکلات زیست محیطی)
- متأثر بودن توان نیروگاه به میزان آب منبع (کم آبی رودخانه‌ها)
- قابل استفاده بودن این روش در همه جا بدلیل عدم دسترسی به منابع آب

۲- سیستم‌های بسته

- در مواردی که با کمبود آب و مشکلات زیست محیطی برخورد کنیم
- کارایی کمتر نسبت به سیستم‌های یکبارگذر
- آب از چگالنده گرفته می‌شود ← عبور از برج خنک‌کننده ← دوباره به چگالنده باز می‌گردد.
- به دو صورت مورد استفاده قرار می‌گیرد:
  - با برج خنک کننده تر
  - با برج خنک کننده خشک

سیستم‌های بسته



طرحی از یک سیستم بسته با برج خنک کننده تر

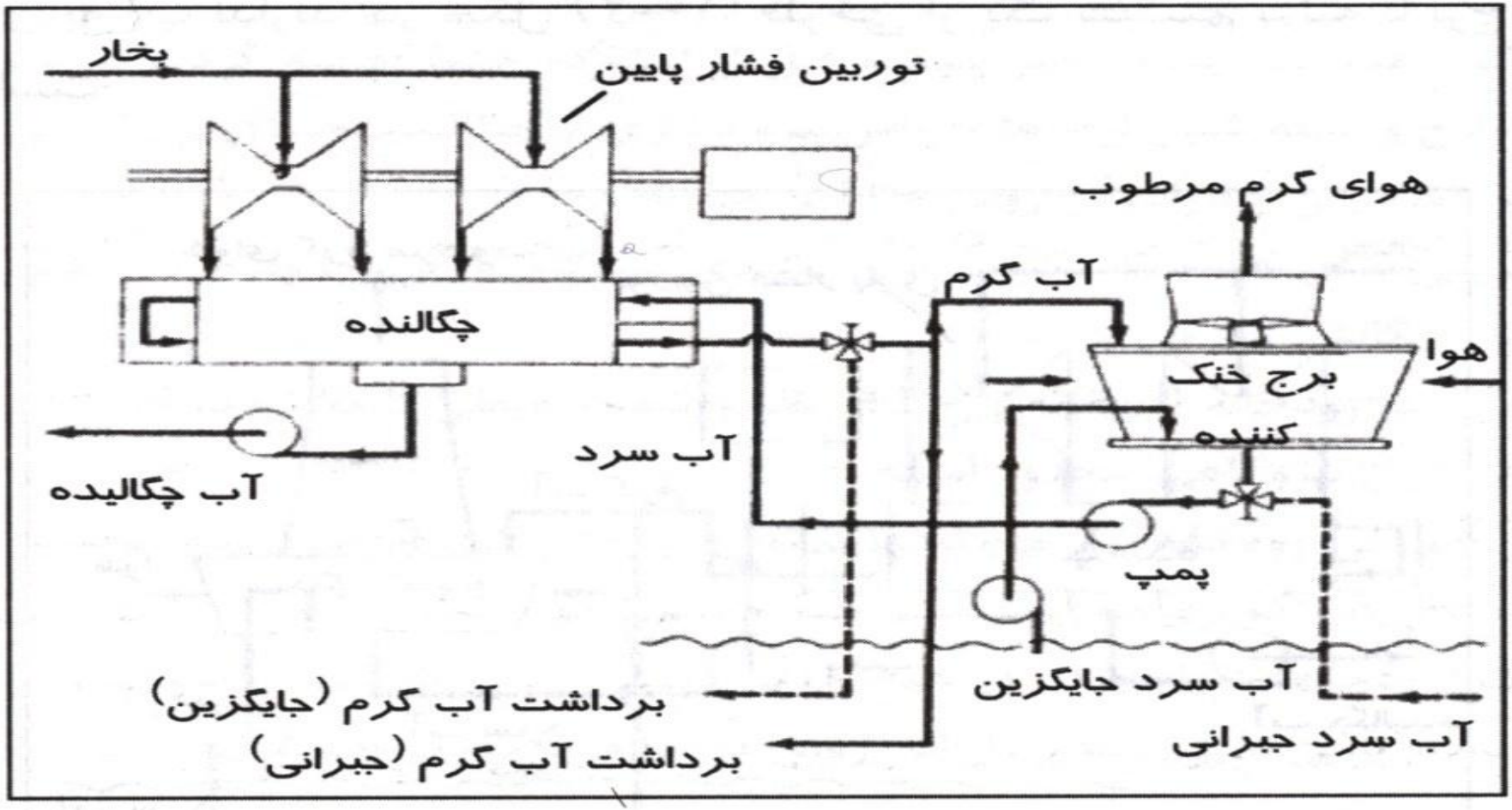
ویژگی های سیستم‌های بسته

- در صورت استفاده از برج خنک کننده تر نیاز به آب جبرانی می‌باشد
- میزان آب مورد نیاز این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های یکبار گذر تا $\frac{1}{75}$ حدود است.
- سیستم‌های بسته در مقایسه با سیستم‌های یکبارگذر
  - ملزم به سرمایه‌گذاری بیشتر
  - هزینه‌های بهره‌برداری بیشتر
  - زمین برای احداث بیشتر

۳- سیستم‌های نیمه بسته

- سیستم یکبارگذر و بسته هر دو در وظیفه خنک سازی سهیم می‌باشند.
- در مواردی که منبع آب به صورت فصلی باشد یا با محدودیت‌های ناشی از دمای آب رودخانه مواجه باشیم، استفاده می‌شود.
- برج خنک کننده می‌تواند بار سرمایشی را از صفر تا ۱۰۰ درصد برعهده بگیرد.
- بطور متوسط برای یک واحد ۶۰۰ مگاواتی هر ساعت ۲۴۰۰ متر مکعب آب تازه مورد نیاز است.

سیستم‌های نیمه بسته



طرحی از یک سیستم نیمه بسته

کندانسور یا چگالنده

- الله

- **۱– مخلوط شدن بخار و مایع:**
- **۲– انتقال گرمای نهان بخار:**

بر این اساس دو نوع کندانسور داریم:

۱- کندانسور فواره‌ای (Jet condenser):

- **۱- آتمسفریک:** Barometric condenser
- **۲- فواره‌ای فشار پائین:** low level jet type

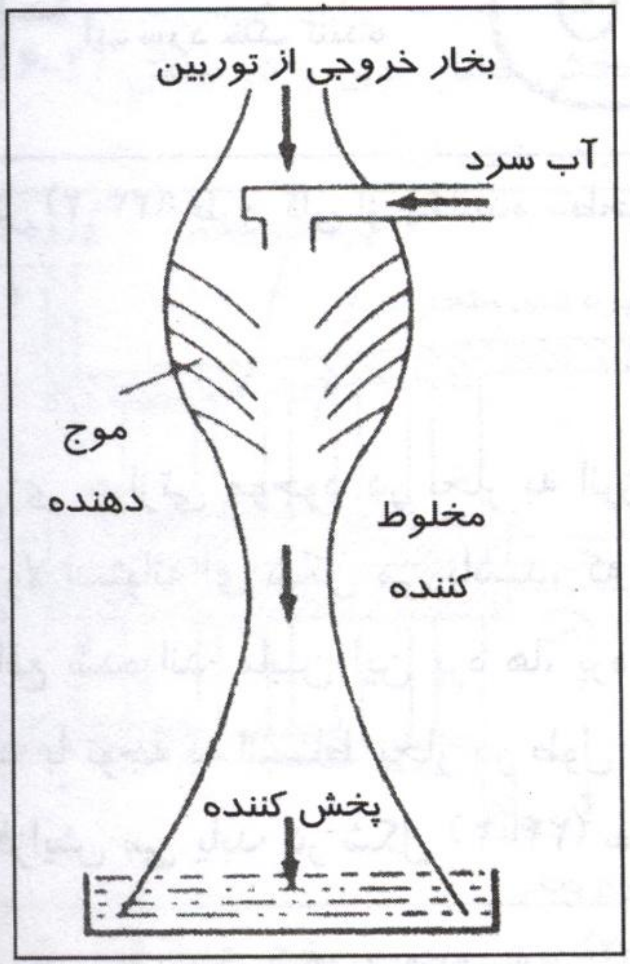
۲- کندانسور سطحی (Surface condenser):

- ۱
- ۲

هزینه اولیه کندانسور فواره‌ای کمتر است.

ولی با مخلوط شدن آب سیکل و آب خنک کننده هزینه پالایش آب بیشتر می‌شود

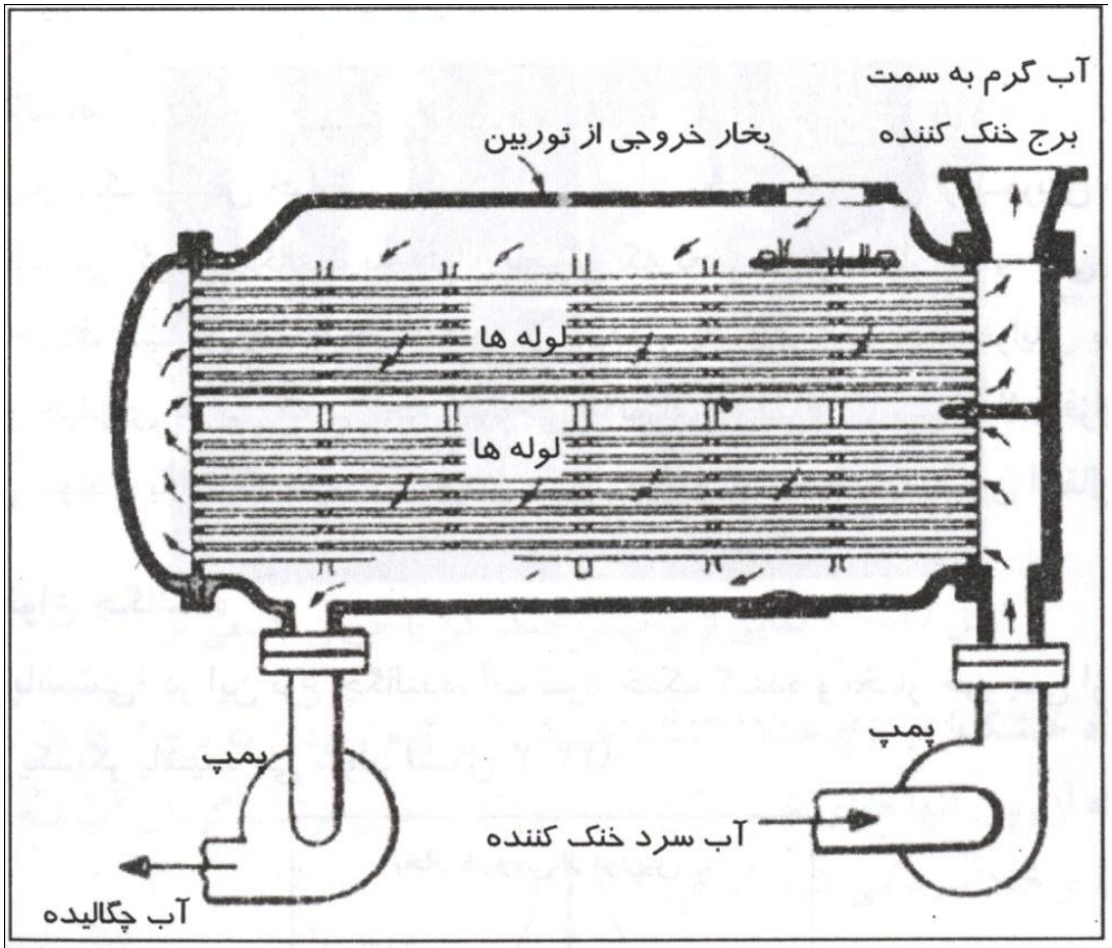
چگالنده پاششی



شکل شماتیک یک چگالنده پاششی

- برخورد مستقیم آب سرد کننده با بخار خروجی از توربین
- لزوم استفاده از آب مقطر به عنوان آب سرد کننده
- مناسب نبودن به علت مصرف زیاد آب مقطر

چگالنده سطحی

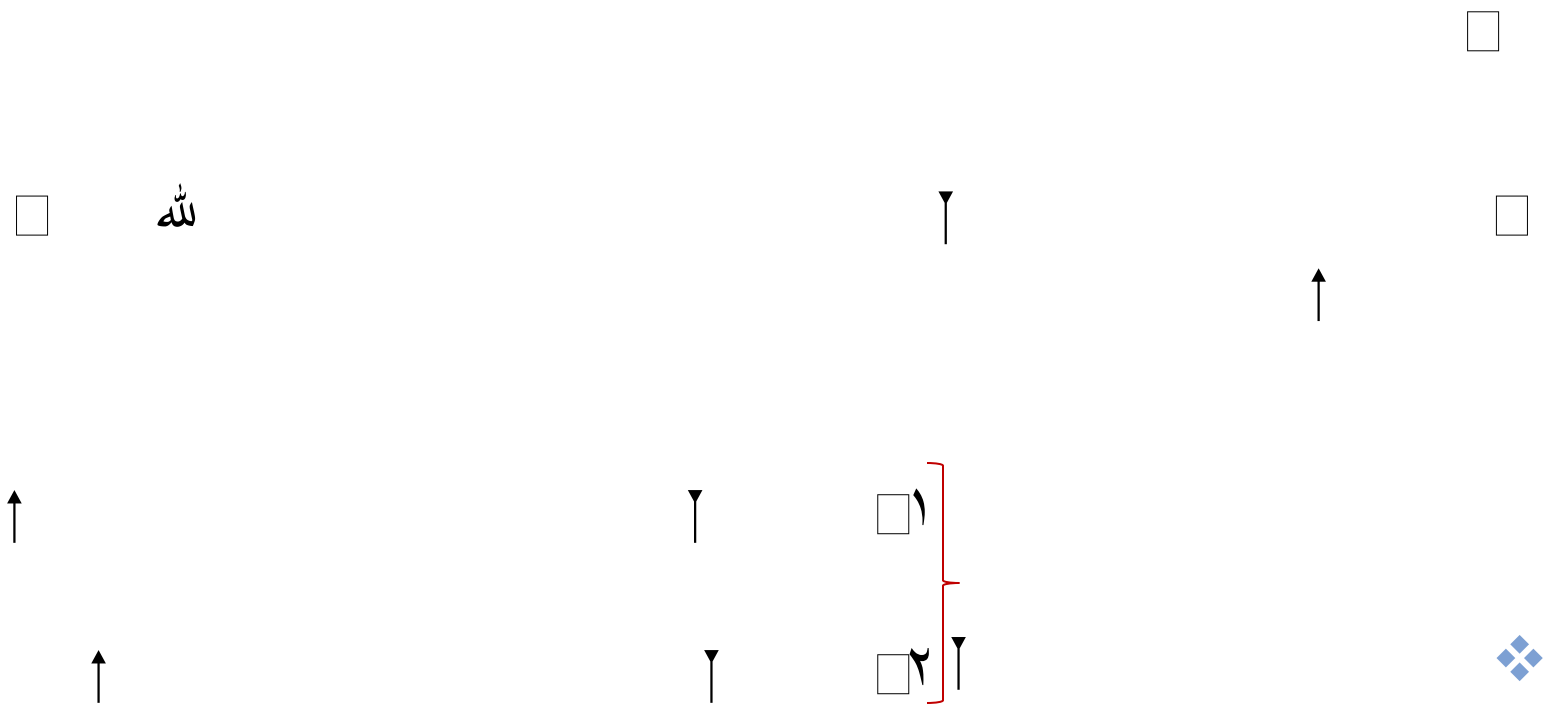


طرح کلی از چگالنده سطحی

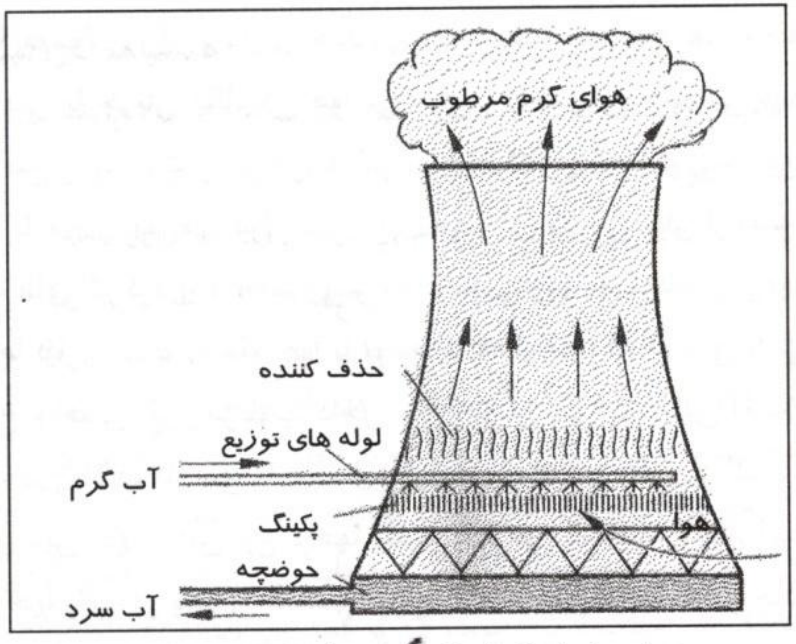
دلایل استفاده از کندانسور Steam Power Plants

- ۱□
- ۲□ الله □
- ۳□
- ۴□
- ۵□

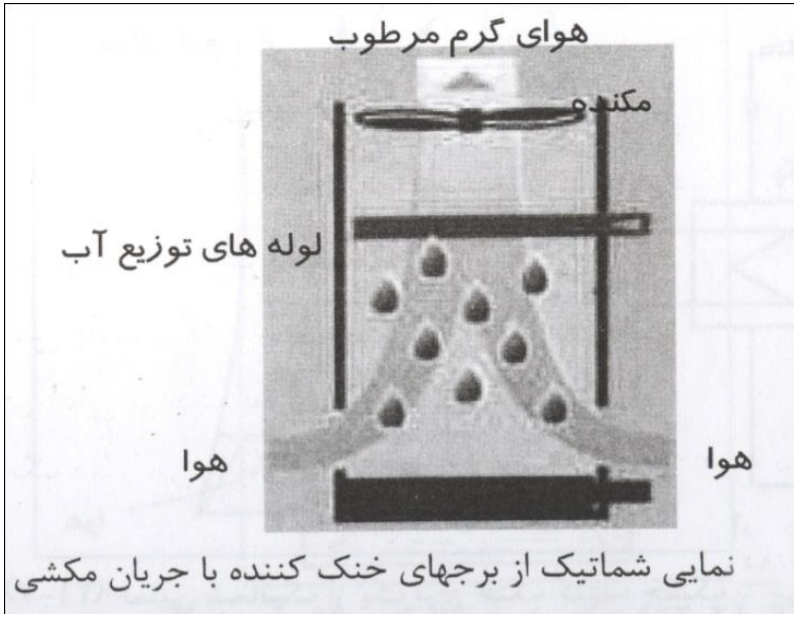
برج خنک کننده تر



برج خنک کننده مرطوب



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



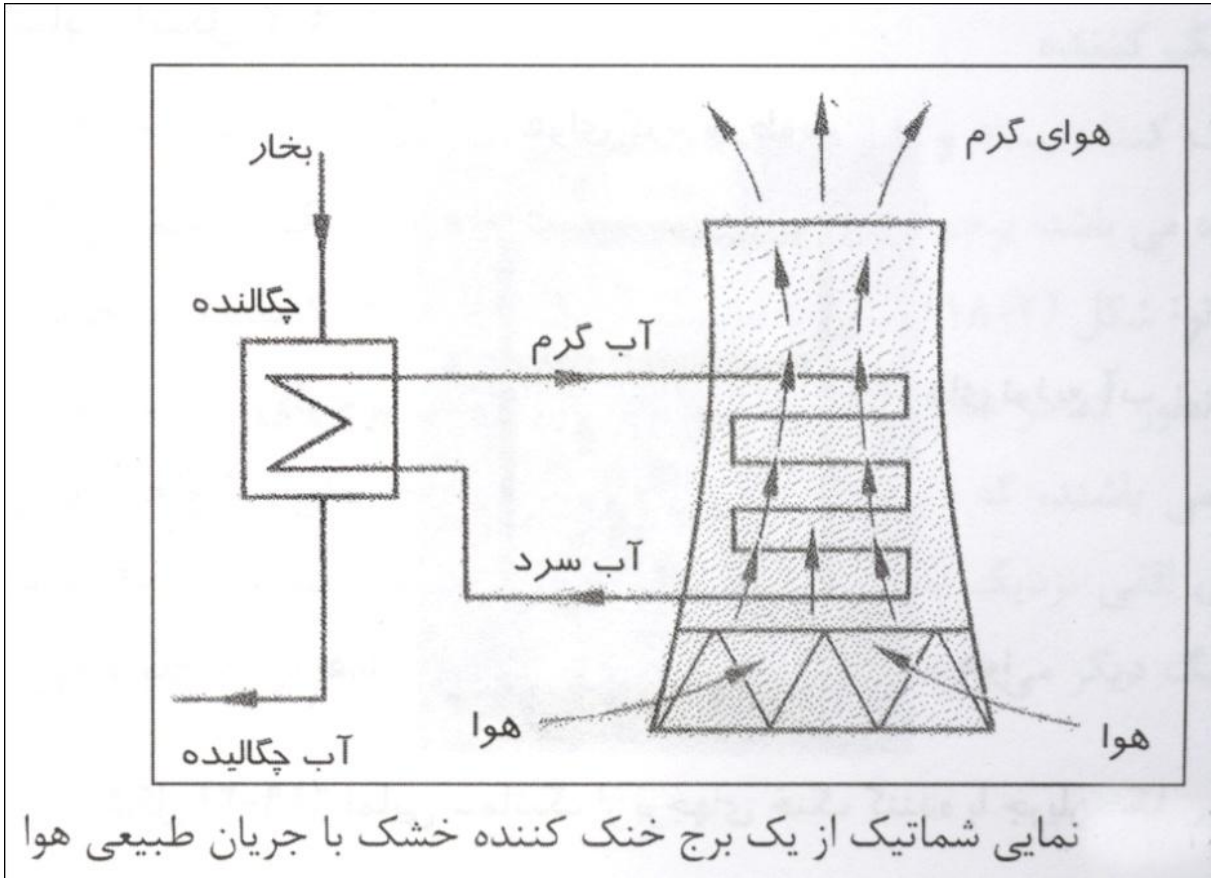
نمایی شماتیک از برجهای خنک کننده با جریان مکشی

(۱
(۲
(a
(b

ویژگی‌های برج خنک کننده خشک

- ↑
- ↑
- ↑
- ↑
- ↑ ۳ ۲/۵

برج خنک کننده خشک



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

انتخاب برج و کندانسور

۱- در مکان‌های پرآب معمولاً از کندانسور سطحی و برج تر استفاده می‌شود.

۲- در مکان‌های کم آب از کندانسور فواره‌ای و برج خشک استفاده می‌شود.

تلفات آب در حالت اول ۲۰ برابر حالت دوم است.

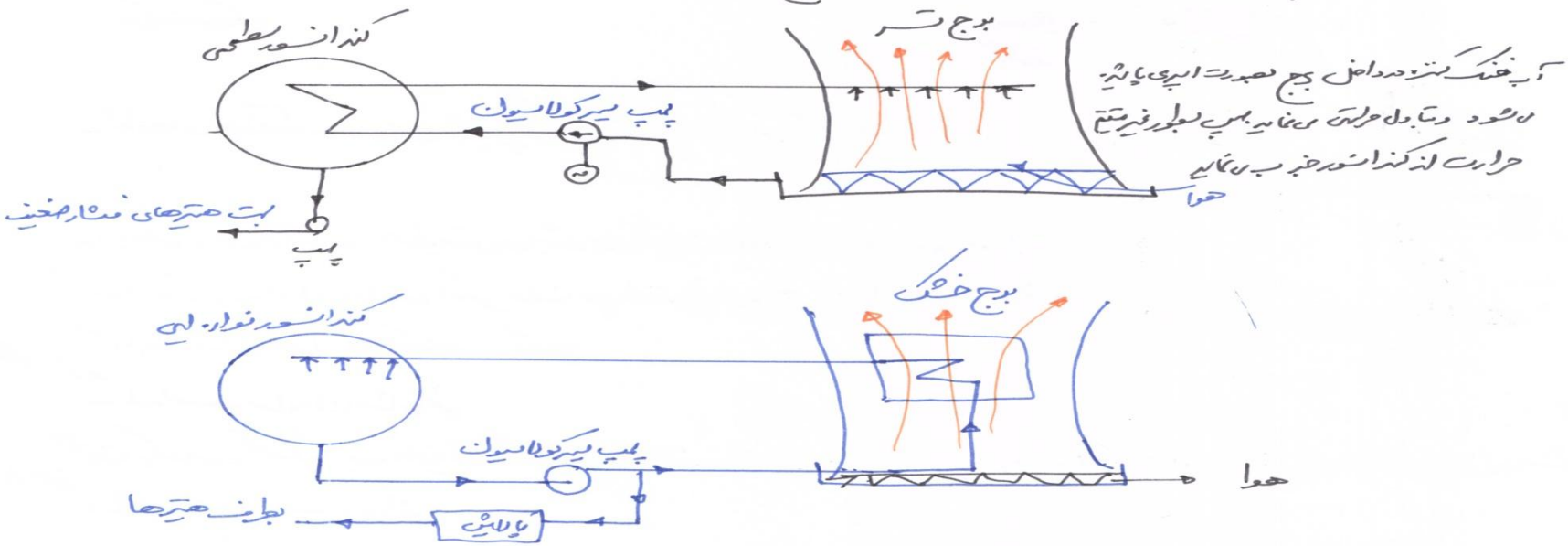
- طرز عمل برج و کندانسور :

چگونگی انتخاب برج و کندانسور بستگی مستقیم به مقدار آب در دسترس نیروگاه دارد.

۱ - در مکان های پرآب معمولاً از کندانسور سطحی و برج تر استفاده می شود.

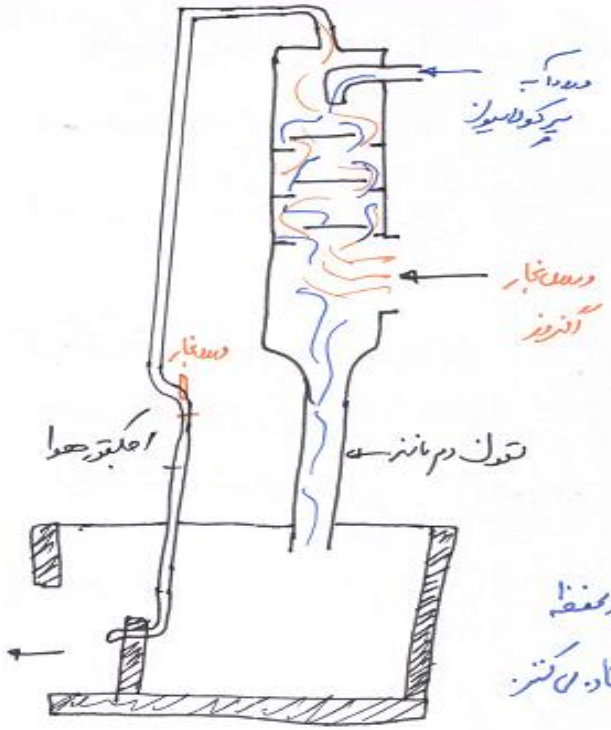
۲ - " " کم آب " " " فواره ای و برج خشک "

تلفات آب ۲۵ برابر حالت ۲ است.



- هزینه نگهداری آن نسبت به برج تر کمتر است و مانند برج تر نیازی به تمیز کردن ها ندارد.
- استفاده برج خنک کن خشک بالغ بر ۲/۵ تا ۳ برابر برج خنک کن تر می باشد.
- هزینه آن نسبت به برج تر کمتر است و مانند برج تر نیازی به تمیز کردن ها ندارد.

کندانسور آتمسفریک Barometric Condencer



- بخار از پایین وارد کندانسور شده و به بالا حرکت می‌کند.
- آب سیرکولاسیون از بالای کندانسور وارد شده و بوسیله موانع مطابق شکل می‌رود و بر اساس نیروی ثقل به پایین و در جهت خلاف جریان بخار حرکت می‌کند.

- گازهای محلول در آب نیز توسط پمپ احلیقور هوا از سیستم خارج می‌شوند.

- از آنجایی که خروجی کندانسور به محیط متصل می‌باشد برای جبران اختلاف فشار این محیط با محفظه کندانسور که در فشار پایین قرار دارد از یک تنوان دم ماننده (Tail Pipe) استفاده می‌کنند که باعث فشرده شدن میان کندانسور می‌گردد.

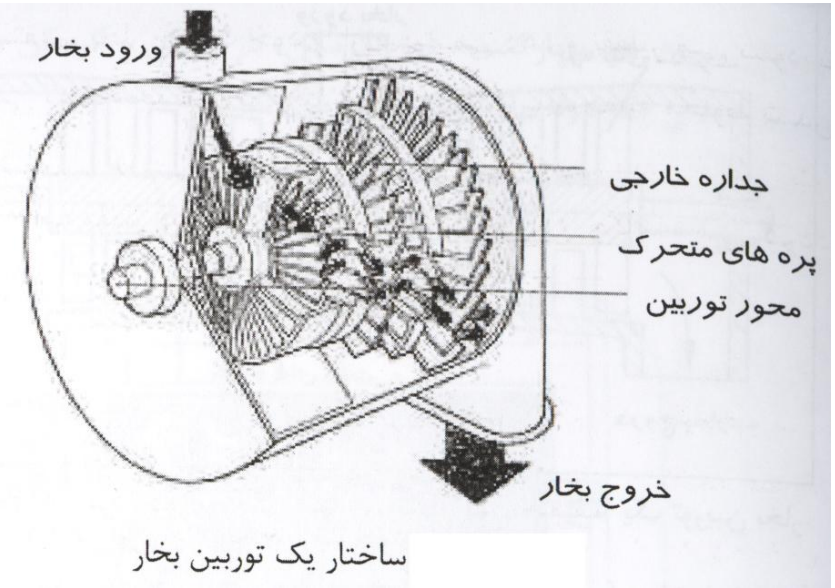
کندانسور فواره ای فشار پایین:

مشابه کندانسور آتمسفریک بوده با این تفاوت که تنوان دم ماننده ندارد. برای تأمین فشار خروجی مساوی یک آتمسفر در این حالت از تبدیل انرژی جنبشی (استاتیک لایپ) استفاده می‌نمایند.

کندانسور سطحی با خنک کننده هوا:

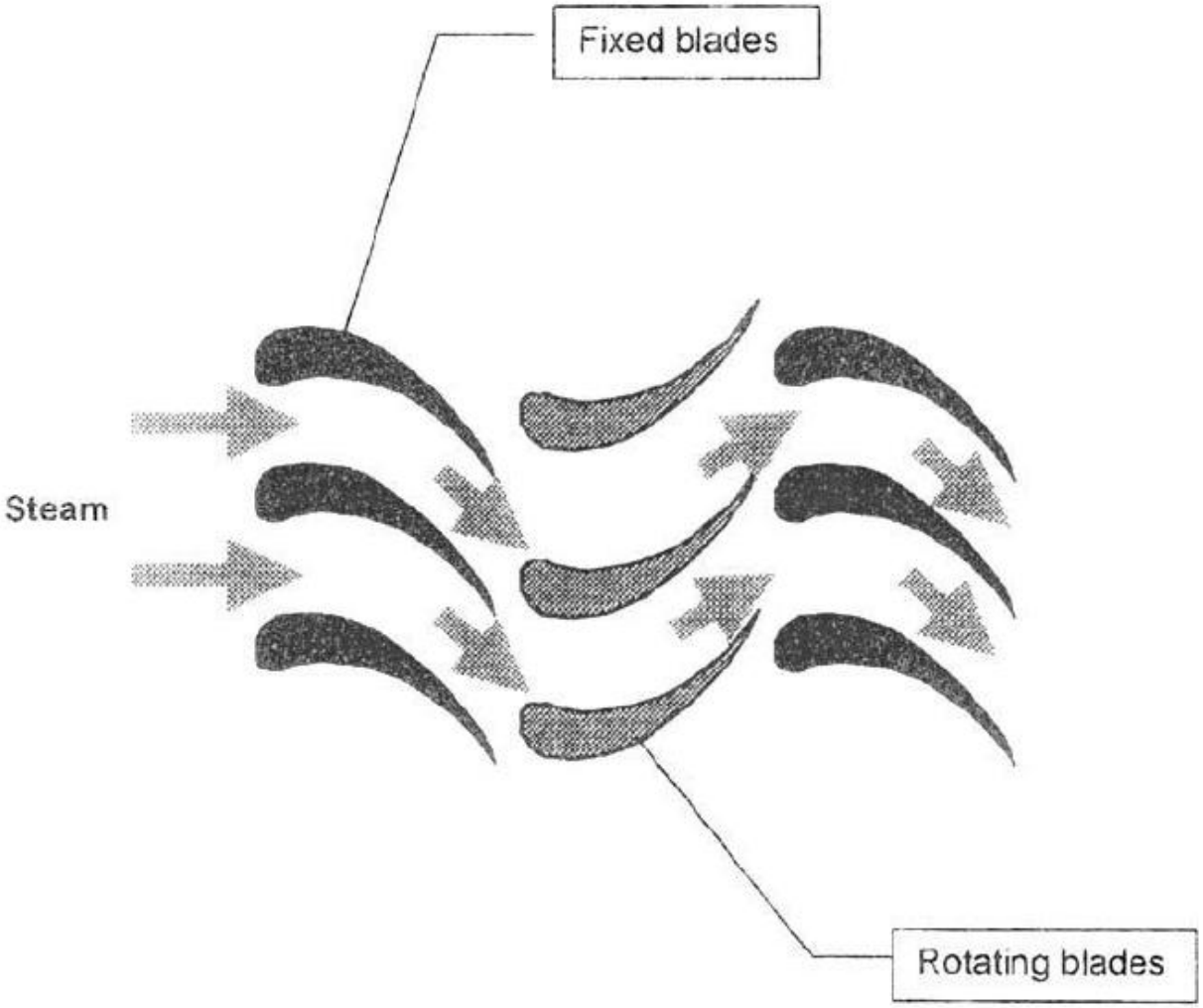
هوای ورودی بسیم توسط فن‌های سرعت متغیر کنترل می‌شود. این عمل برحسب تغییر درجه حرارت محیط و بار وارده صورت می‌گیرد.

توربین بخار Steam Turbine

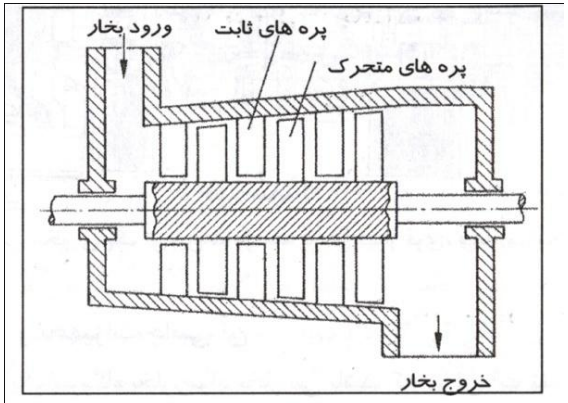


ساختار یک توربین بخار

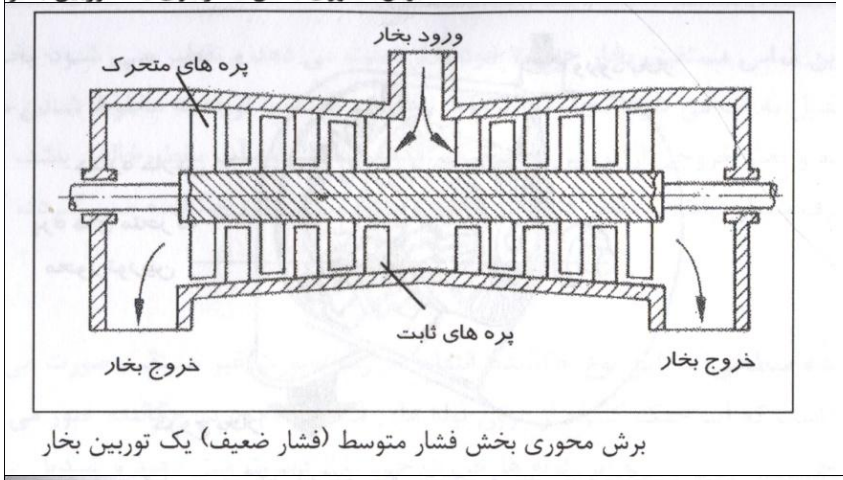
توربین



انواع توربین بخار

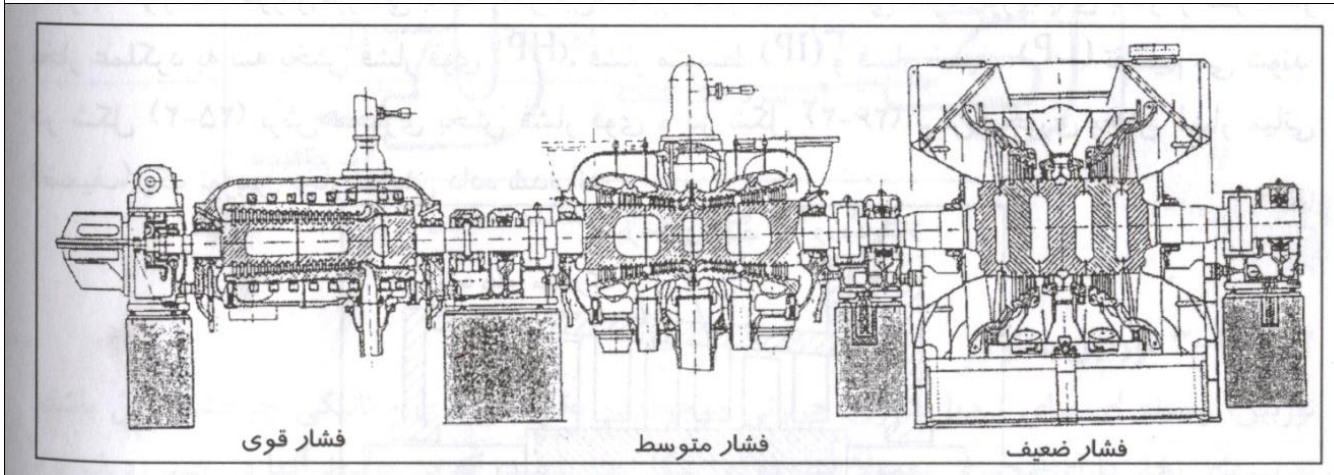


برش محوری بخش فشار قوی یک توربین بخار



برش محوری بخش فشار متوسط (فشار ضعیف) یک توربین بخار

- HP
- IP
- LP



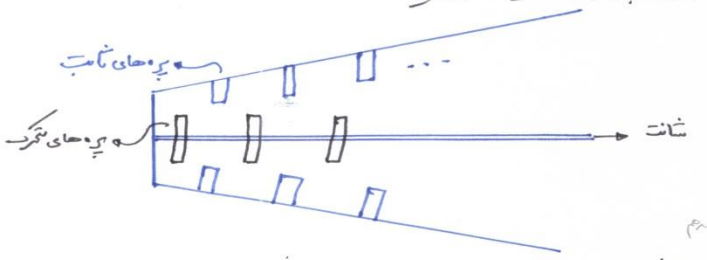
برش محوری یک توربین شامل سه بخش فشار قوی، فشار متوسط و فشار ضعیف

توربین واحدهای بخاری: (کتاب کنترل پایداری و کنترل سیستم‌های قدرت صفحه ۵۰۱)

- انرژی ذخیره شده بخار با فشار و دمای بالا ← توربین ← انرژی جنبشی می‌کند ← ژنراتور ← انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

- این توربین‌ها معمولاً شامل دو یا تعداد بیشتری بخش توربین هستند، بطور سری بهم مرتبطند.

- هر بخش توربین:
  - متغیرهای متحرک Bucket (یا دلو) ← متصل به روتور هستند.
  - ثابت: ← که نازل‌هایی را که بخار با سرعت زیاد از آن عبور می‌کند



توربین‌های چند بخشی:
۱- ترکیب سری Tandem-Compound (تاندم)
تمام بخش‌ها روی یک محور واقع هستند و فقط یک ژنراتور وجود دارد.
۲- ترکیب متقاطع Cross-Compound: ظرفیت بیشتر و راندمان بیشتر ← گرانتر
دو محور وجود دارد که هر یک به یک ژنراتور متصل هستند ← هر مجموعه با هم هستند و دارای یک مجموعه کنترل و طراحی و هزینه برداری است.

اکثر واحدهای نیروگاهی گرمایی از نوع ترکیب سری هستند.

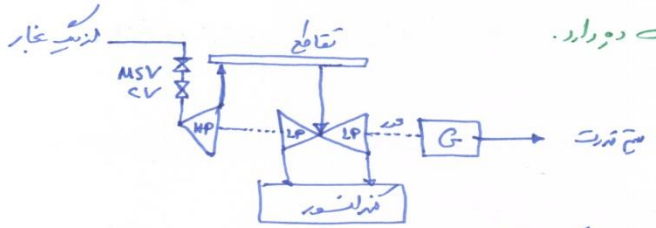
سرعت واحدهای ترکیب سری معمولاً ۳۶۰۰ rpm دور بر دقیقه می‌باشد. واحدهای ترکیب متقاطع هر دو می‌توانند ۳۰۰۰ دور بر دقیقه باشند یا معمولتر آنست که سری ۳۰۰۰ rpm و دیگری ۱۸۰۰ rpm باشد.

ترکیب توربین:
۱- فشار قوی HP High Pressure
۲- فشار متوسط IP Intermediate "
۳- فشار ضعیف LP Low "

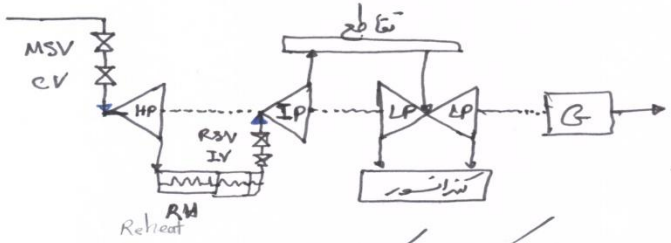
توربین:
۱- بازگرمایی Reheat: بخار پس از خروج از بخش فشار قوی HP توربین به دیگ بخار بازمی‌گردد و قبل از بازگشت به بخش فشار متوسط، از یک هیتر بازگرمایی عبور می‌کند.
۲- غیر بازگرمایی non-Reheat

کتاب کنفرانس ۵۰۵

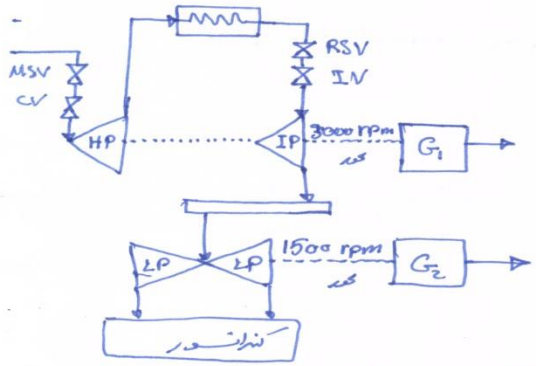
بعضی واحدها نه بخش فشار متوسط و نه بازجرارت دو دارند که در این حالت بخار مستقیم به بخش فشار ضعیف منتقل می‌شود. لذا طرف دیگر بعضی واحدها نه بخش بازجرارت دو دارد.



توربین بخار تک محور تک بدنه بازجرارت دو



توربین بخار تک محور بدنه بازجرارت



توربین ترکیبی تقاطع بازجرارت دو

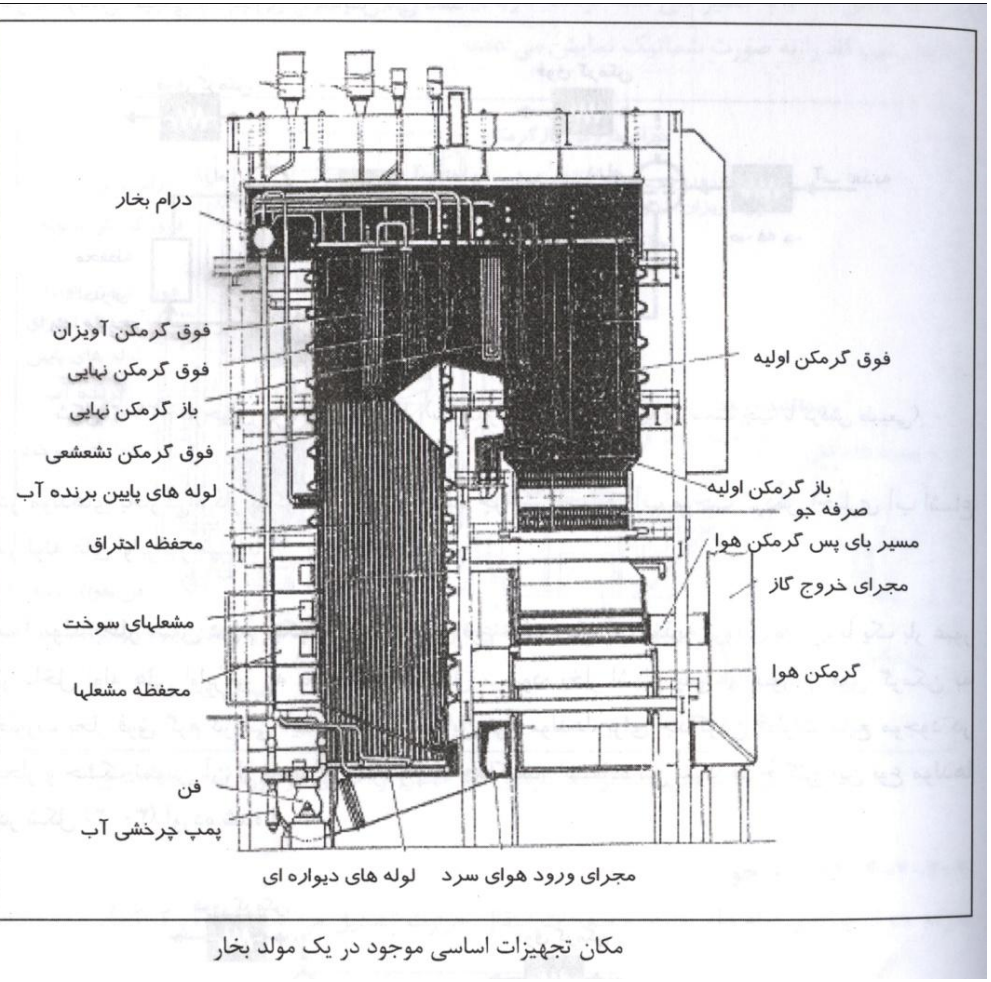
ترکیب توربین ها

۱□ HP

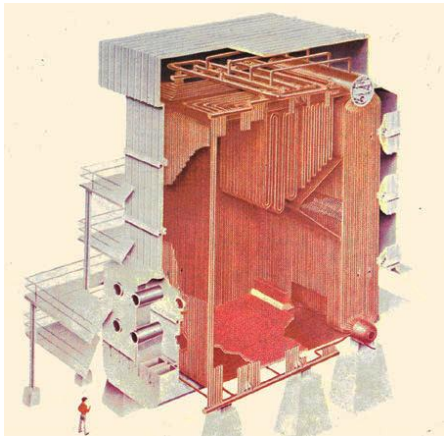
۲□ HP, LP

۳□ HP, IP, LP

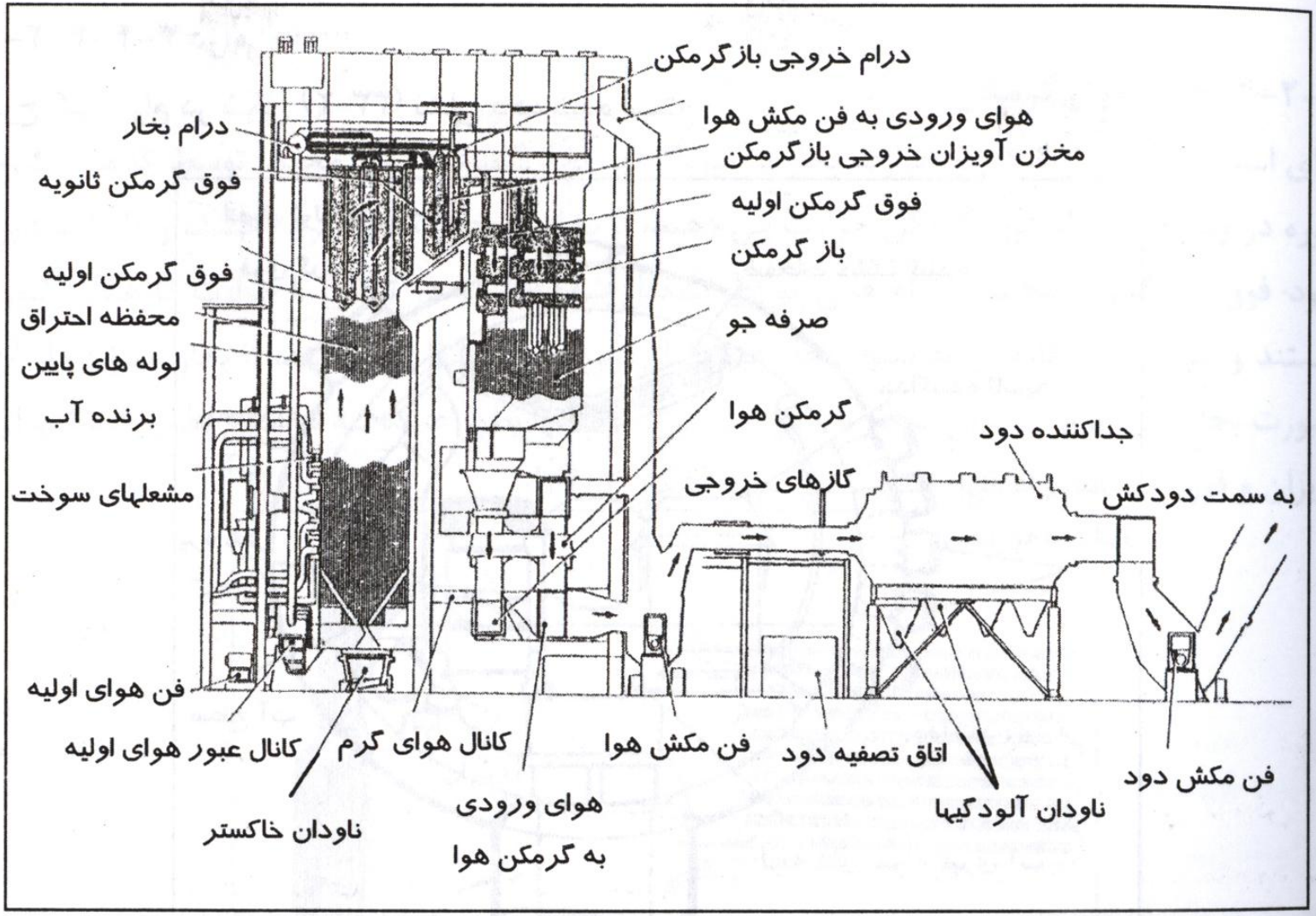
بویلر (مولد بخار) و تجهیزات جانبی



مکان تجهیزات اساسی موجود در یک مولد بخار

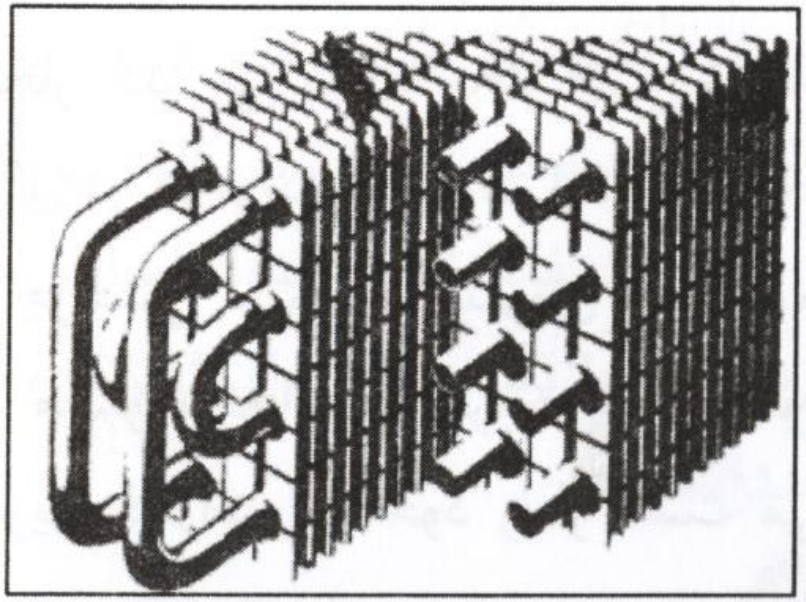


محفظه احتراق و مشعل احتراق



مسیر طی شده توسط گازهای داغ حاصل از احتراق در کوره (محفظه احتراق)

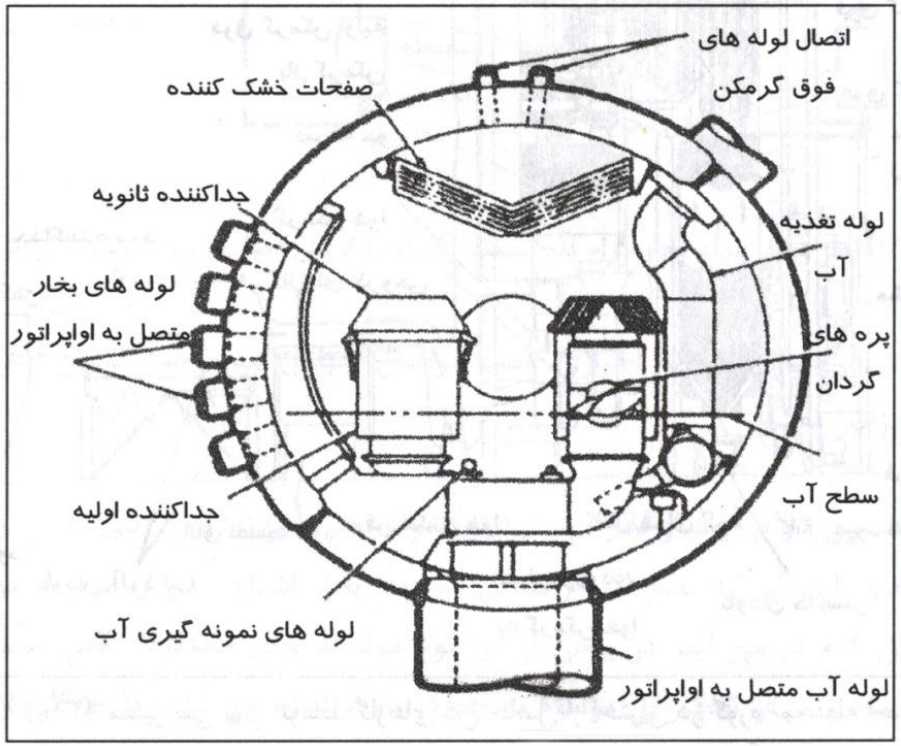
صرفه جو



لوله های آب و صفحات انتقال حرارت صرفه جو

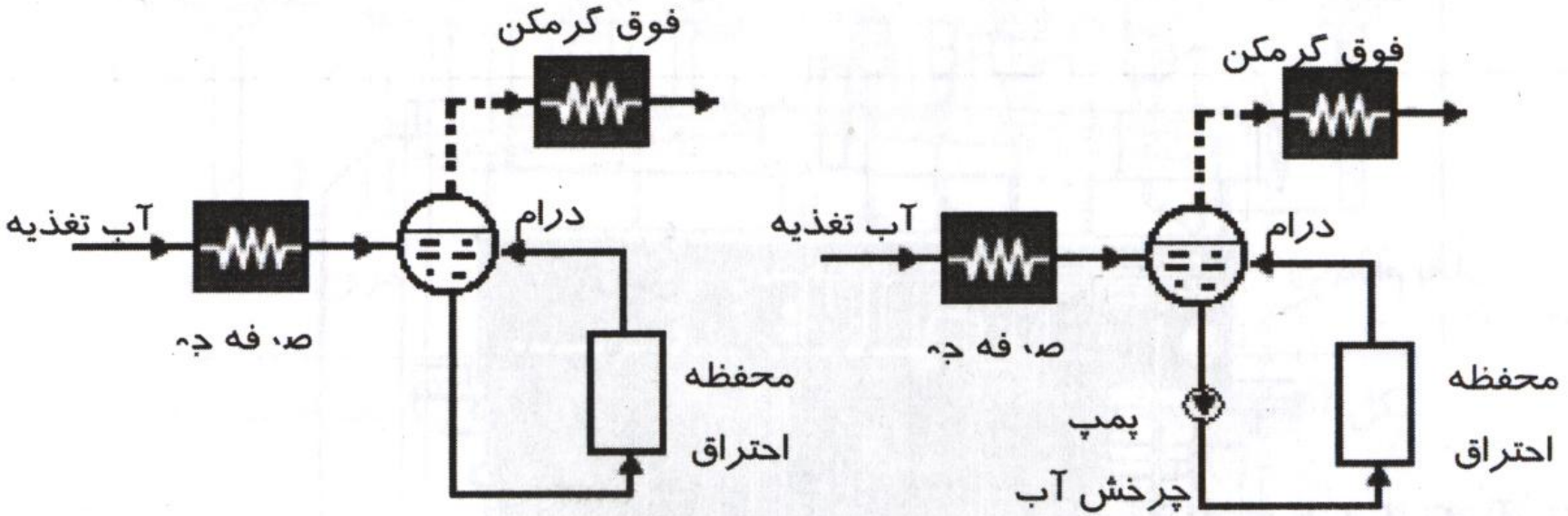
درام

(۱
(۲
(۳



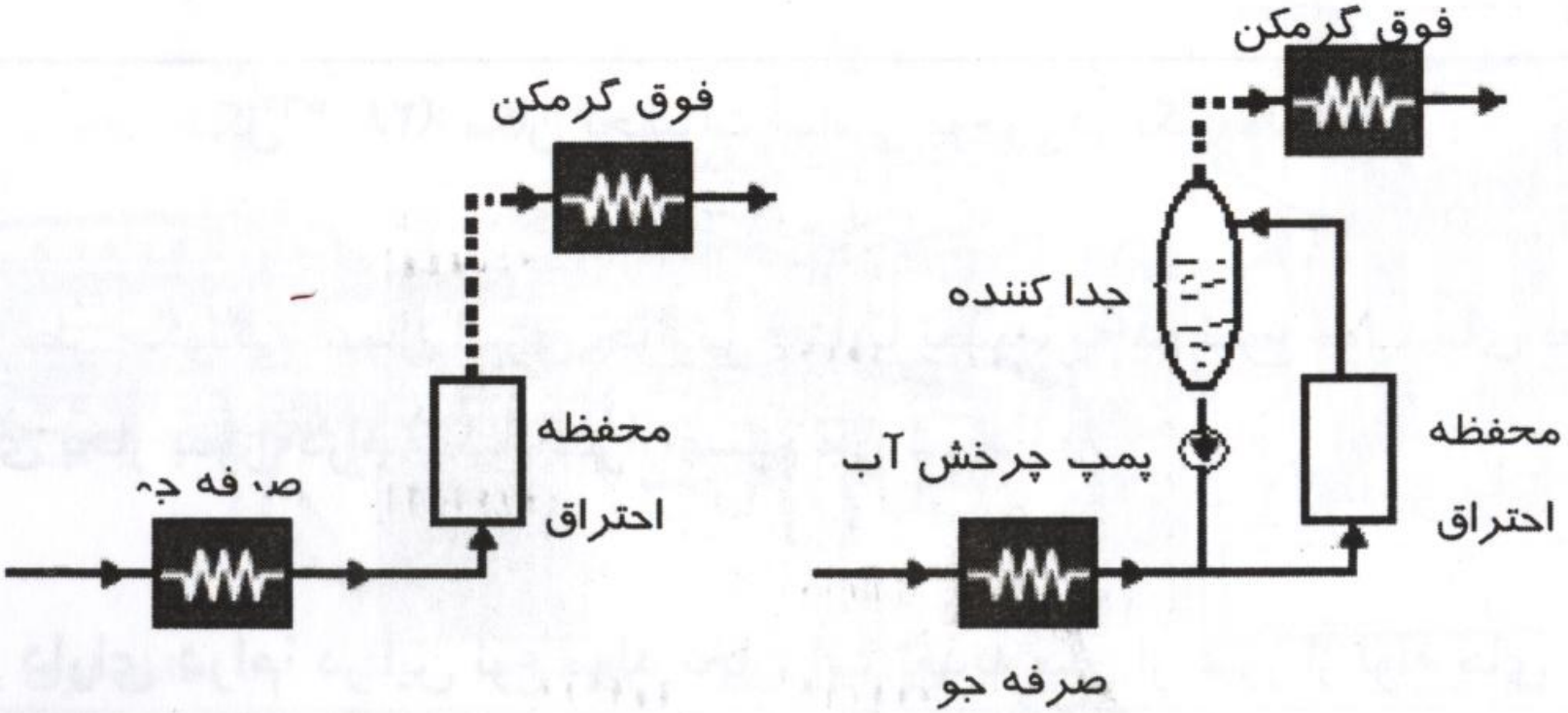
قسمتهای داخلی یک درام

بویلر دارای درام



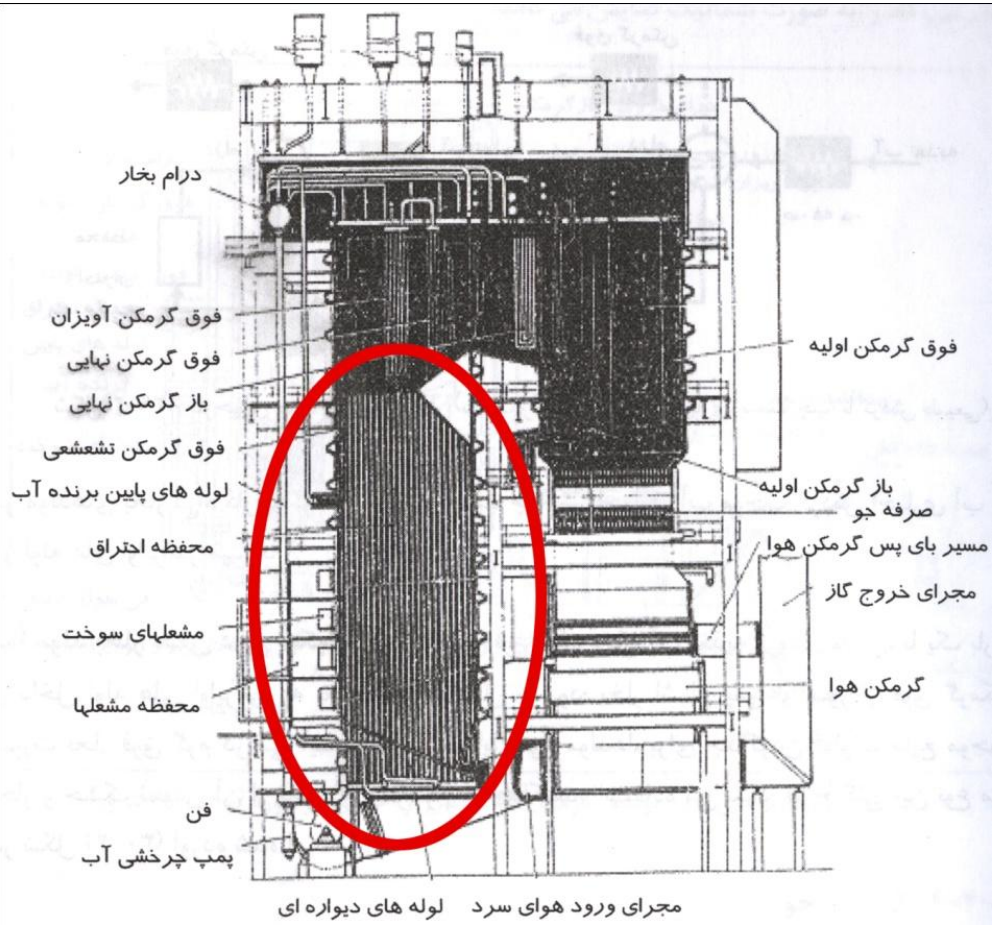
طرحهای مولد بخار درام دار (سمت راست: با گردش اجباری، سمت چپ: با گردش طبیعی)

بویلر بدون درام



طرحهای مولد بخار بدون درام (سمت راست: با جدا کننده، سمت چپ: بدون جداکننده)

لوله های دیواره ای محفظه احتراق (اواپراتور)



۱

(۱

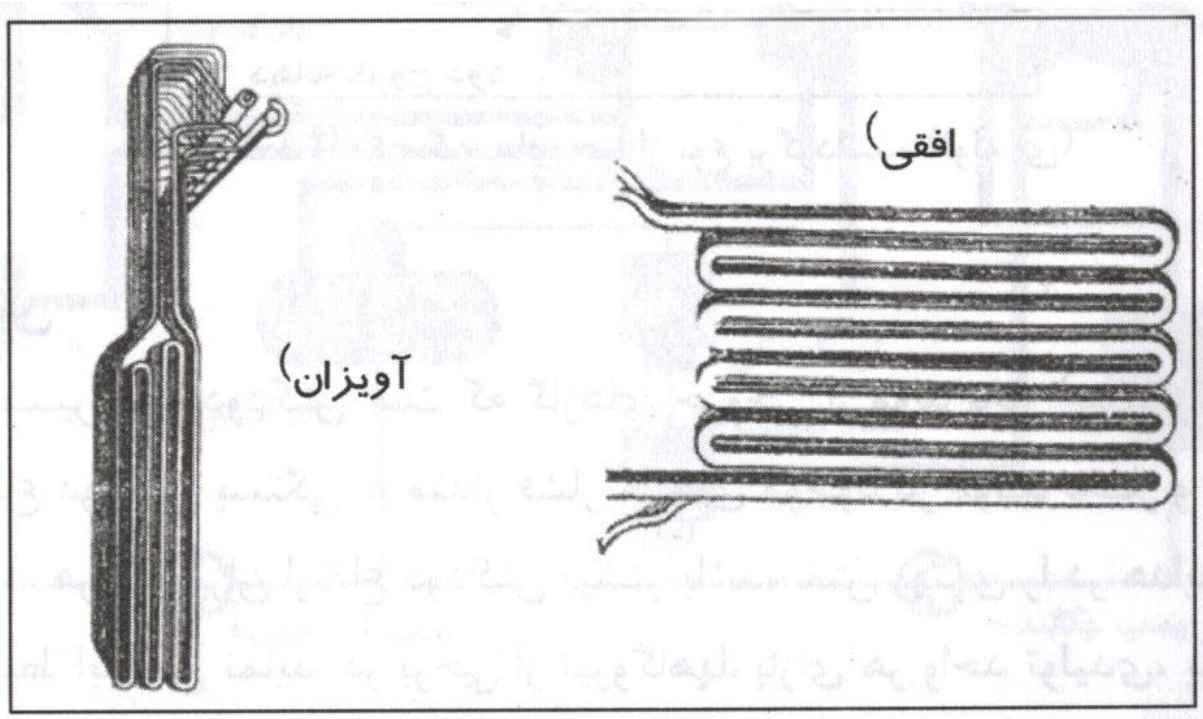
(۲

فوق گرم کن

۱

۱)

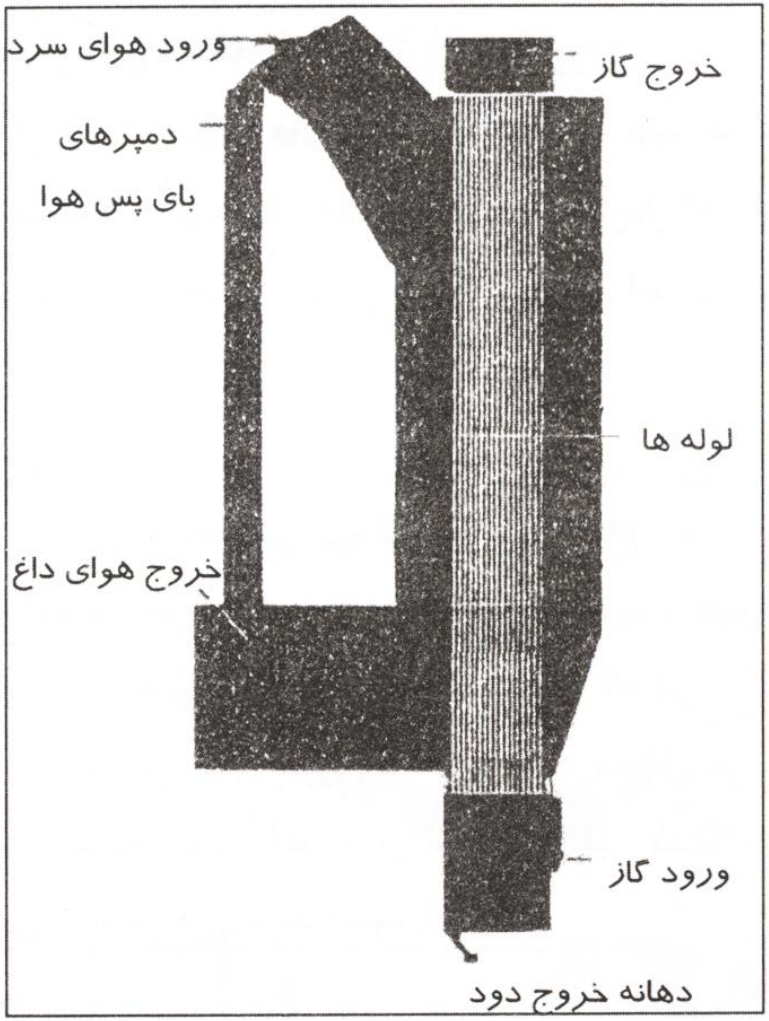
۲)



انواع فوق گرمکنها

باز گرم کن

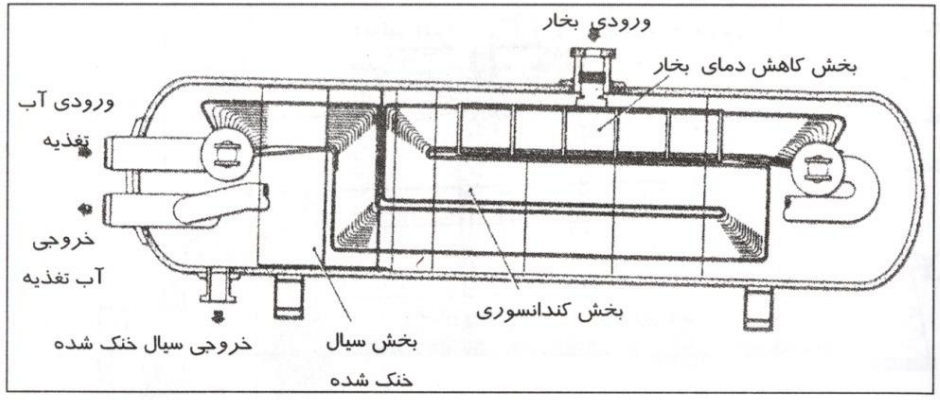
گرم کن هوا



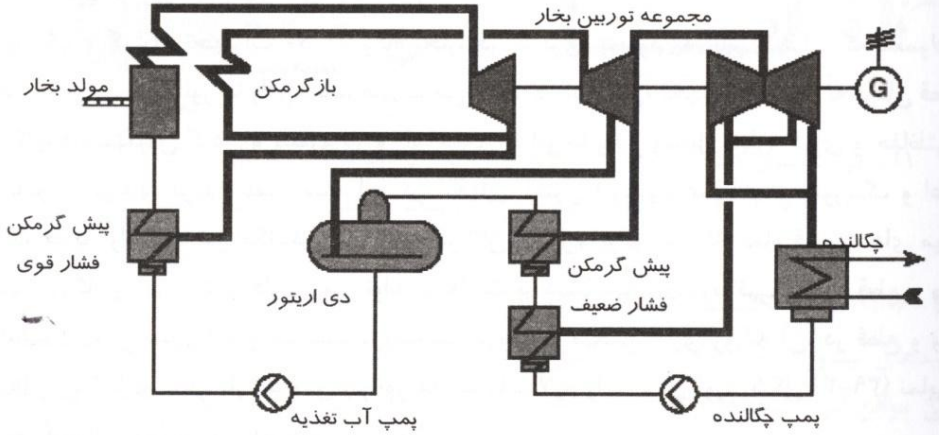
گرمکن های هوا از نوع برگرداننده (لوله ای)

دود کش

پیش گرم کن آب تغذیه



پیش گرمکن آب تغذیه از نوع فشار قوی افقی

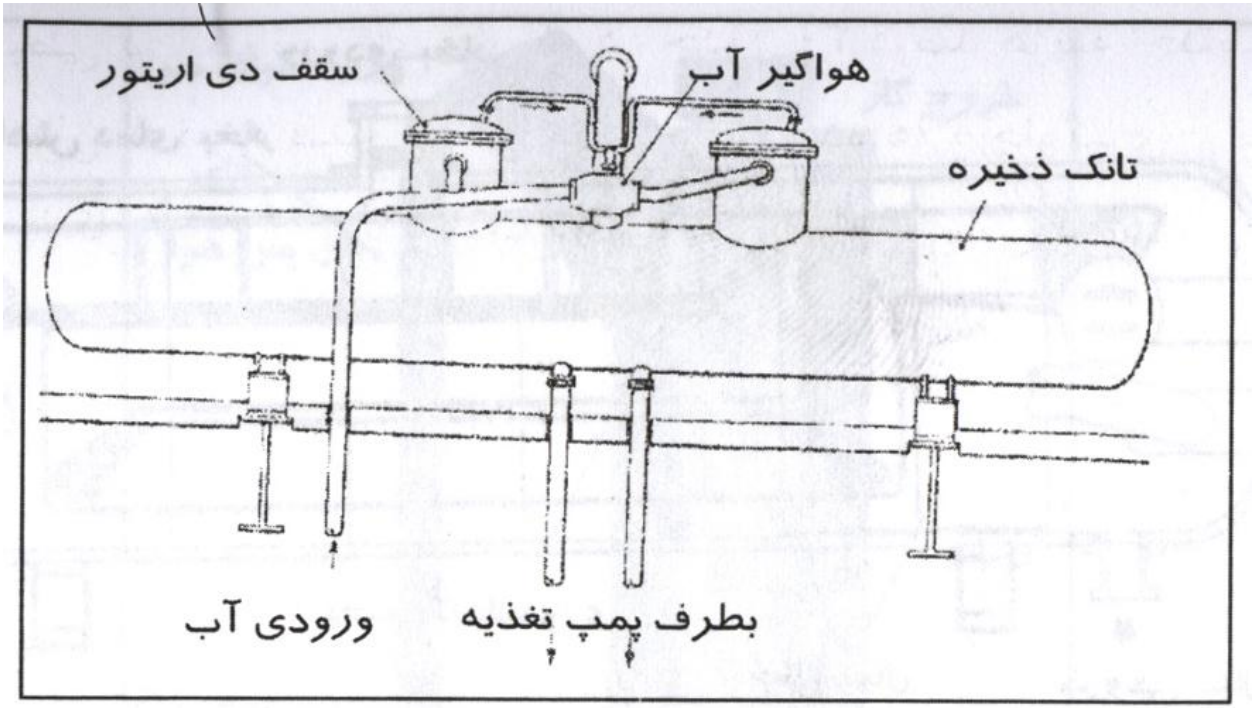


طرح یک نیروگاه بخار با دو پیش گرمکن فشار ضعیف و یک پیش گرمکن فشار قوی

- ❑
- ❑
- ❑
- ❑ ا
- (۱) الله ☐
- (۲) الله ☐

دی اریتور

لله



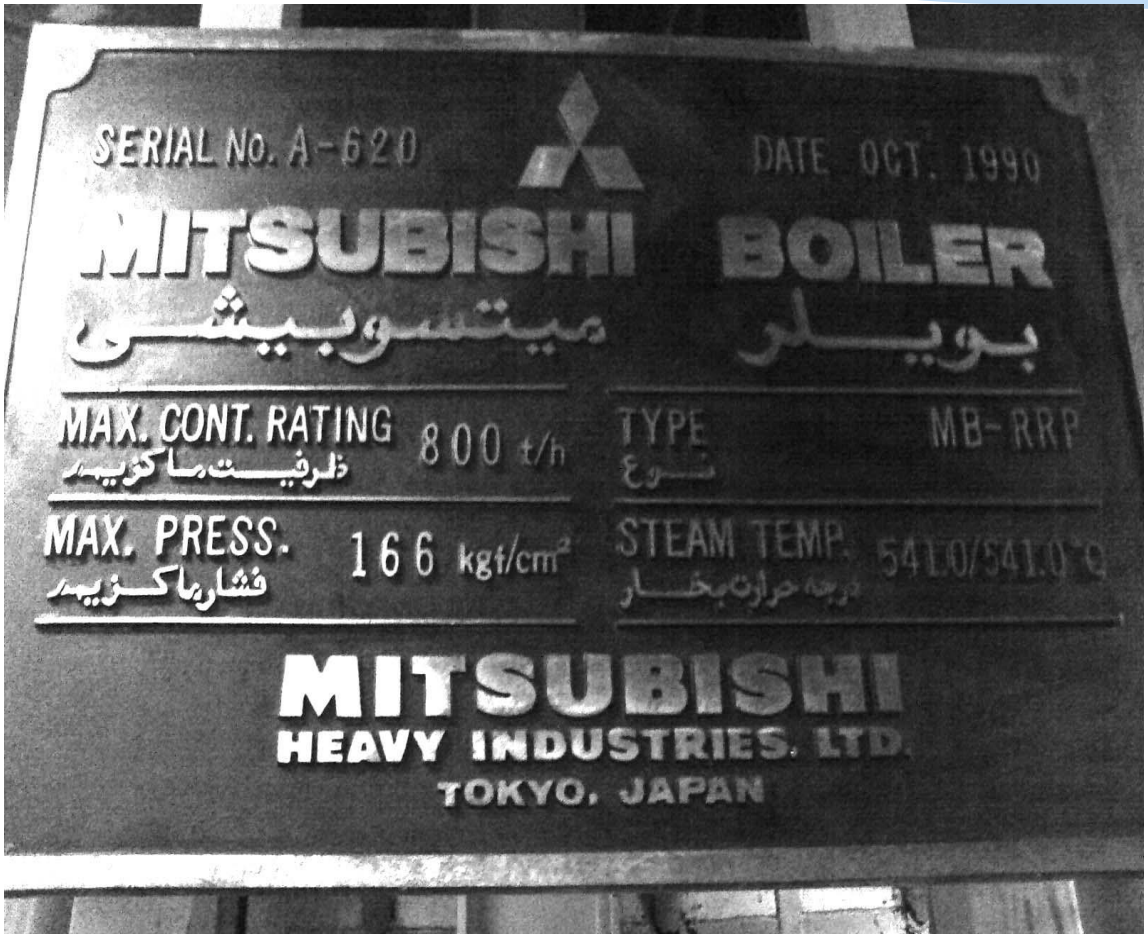
ساختمان یک دی اریتور

اجزا بویلر

۱- اکونومایزر یا صرفه جو (ECONOMIZER)

۲- لوله دیواره و محوطه احتراق

(WATER WALLS AND COMBUSTION CHAMBER)



پلاک بویلر نیروگاه مفتح

۳- درام

۱□

۲□

۳□

۴- فن یا دمنده هوا:(FORCED DRAUGHT FAN)

۵- گرم کن بخاری (STEAM AIR HEATER)

۶- ژونگستروم یا گرمکن دوارهوا (JUNGSTROM)

دود کش اصلی و دود کش بویلرهای کمکی

توربین نیروگاه مفتح

فهرست نیروگاه گازی

۱– مقدمه

۲– اجزای اساسی نیروگاه توربین گازی

۳– مشخصات کلی نیروگاههای توربین گازی

۴– ویژگیهای نیروگاههای توربین گازی

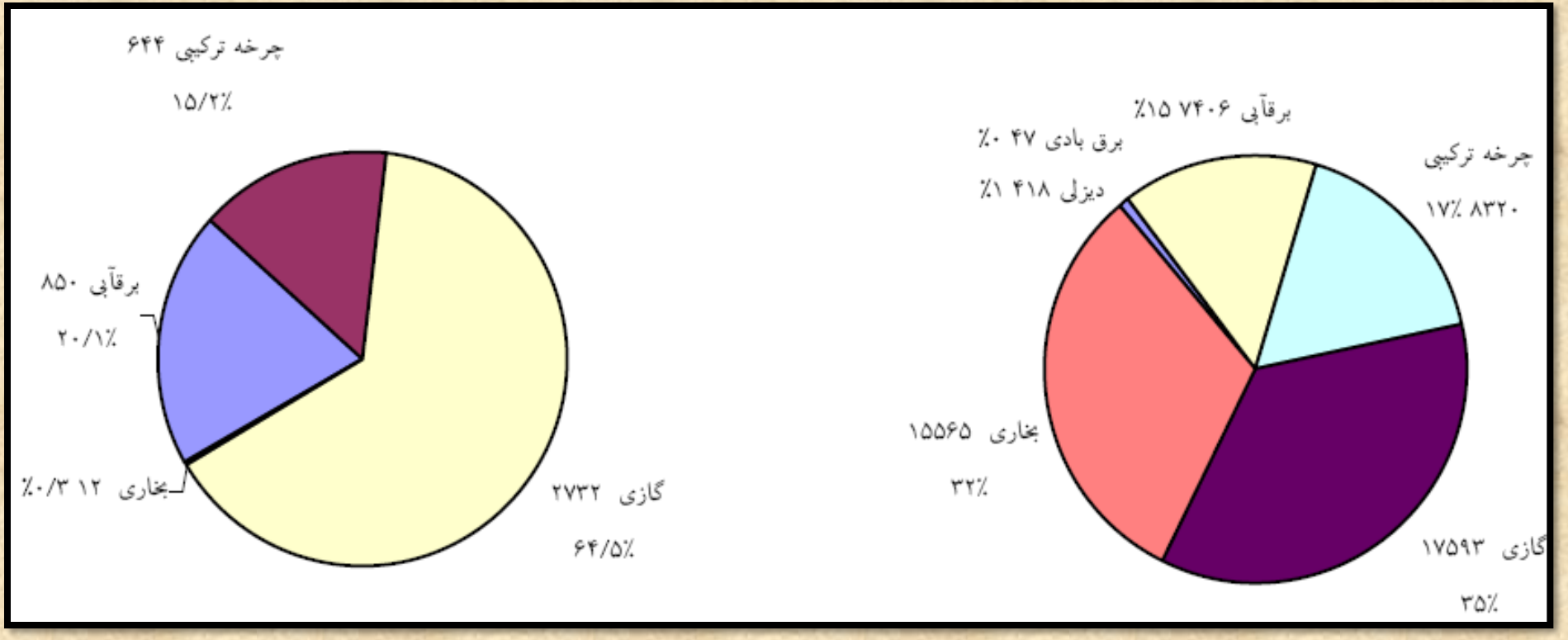
۵– انواع نیروگاههای توربین گازی

الف) انواع نیروگاههای گازی مدار باز

ب) نیروگاه گازی مدار بسته

مقدار و سهم ظرفیت نامی انواع نیروگاه‌های
بهره‌برداری شده در سال ۱۳۸۶ (مگاوات)

مقدار و سهم ظرفیت نامی انواع نیروگاه‌های
بهره‌برداری شده تا پایان سال ۱۳۸۶ (مگاوات)



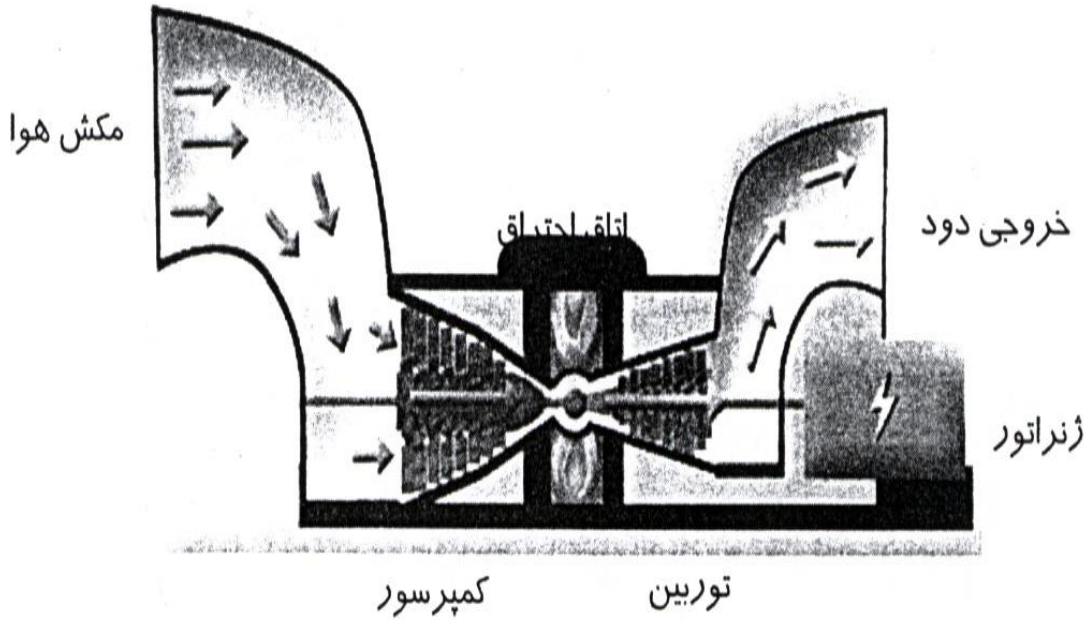
نیروگاه توربین گازی

نیروگاه توربین گازی از سه قسمت اصلی تشکیل شده است :

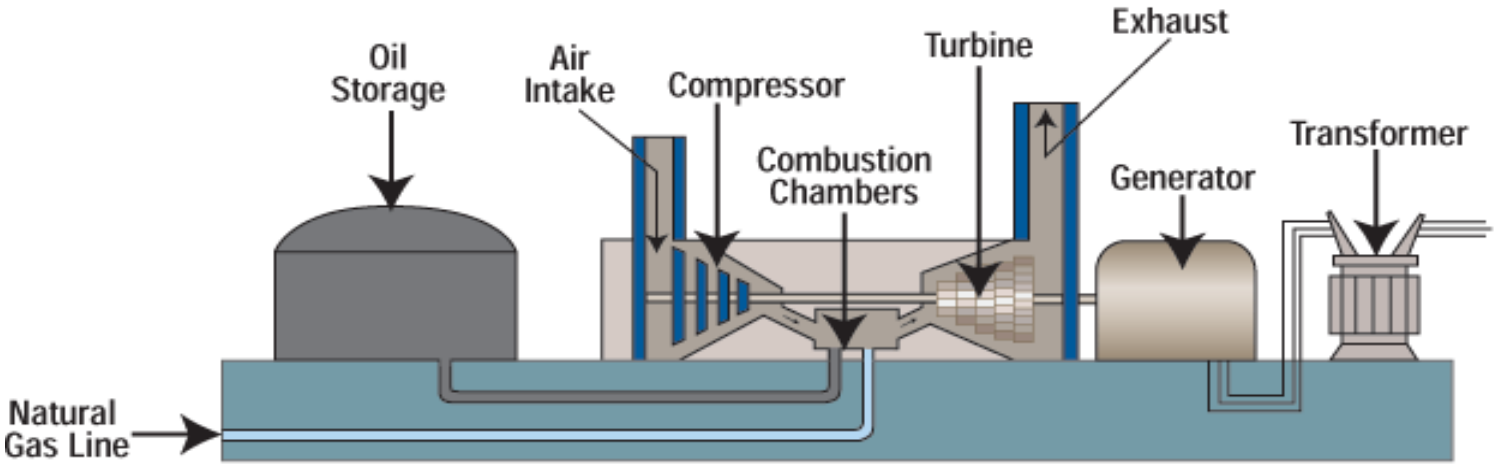
۱– کمپرسور Compressor

۲– محفظه احتراق Combustion chamber

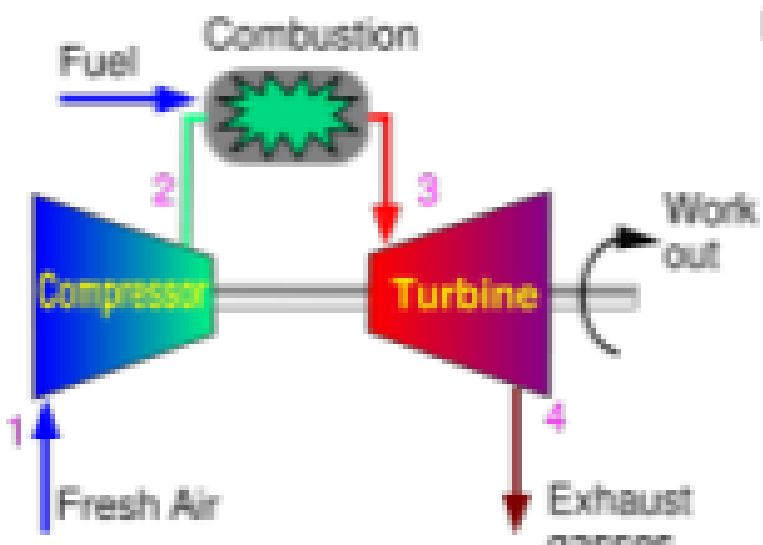
۳– توربین گازی Gas turbine

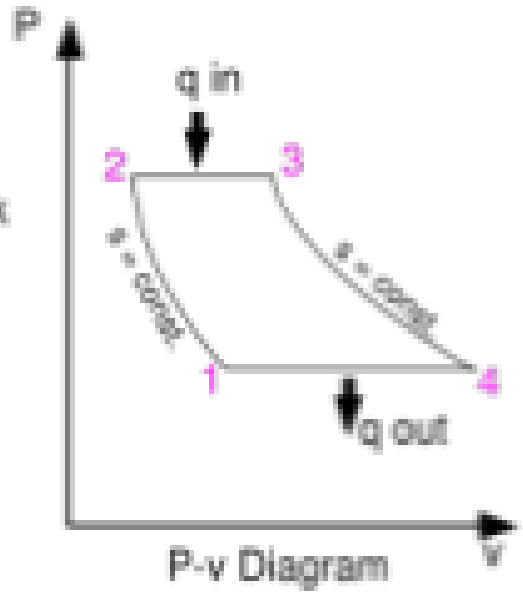


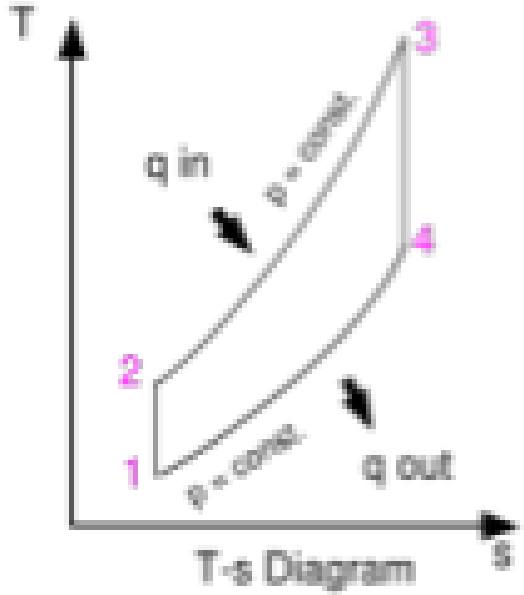
نمایی شماتیک از یک نیروگاه توربین گازی (مدار باز)



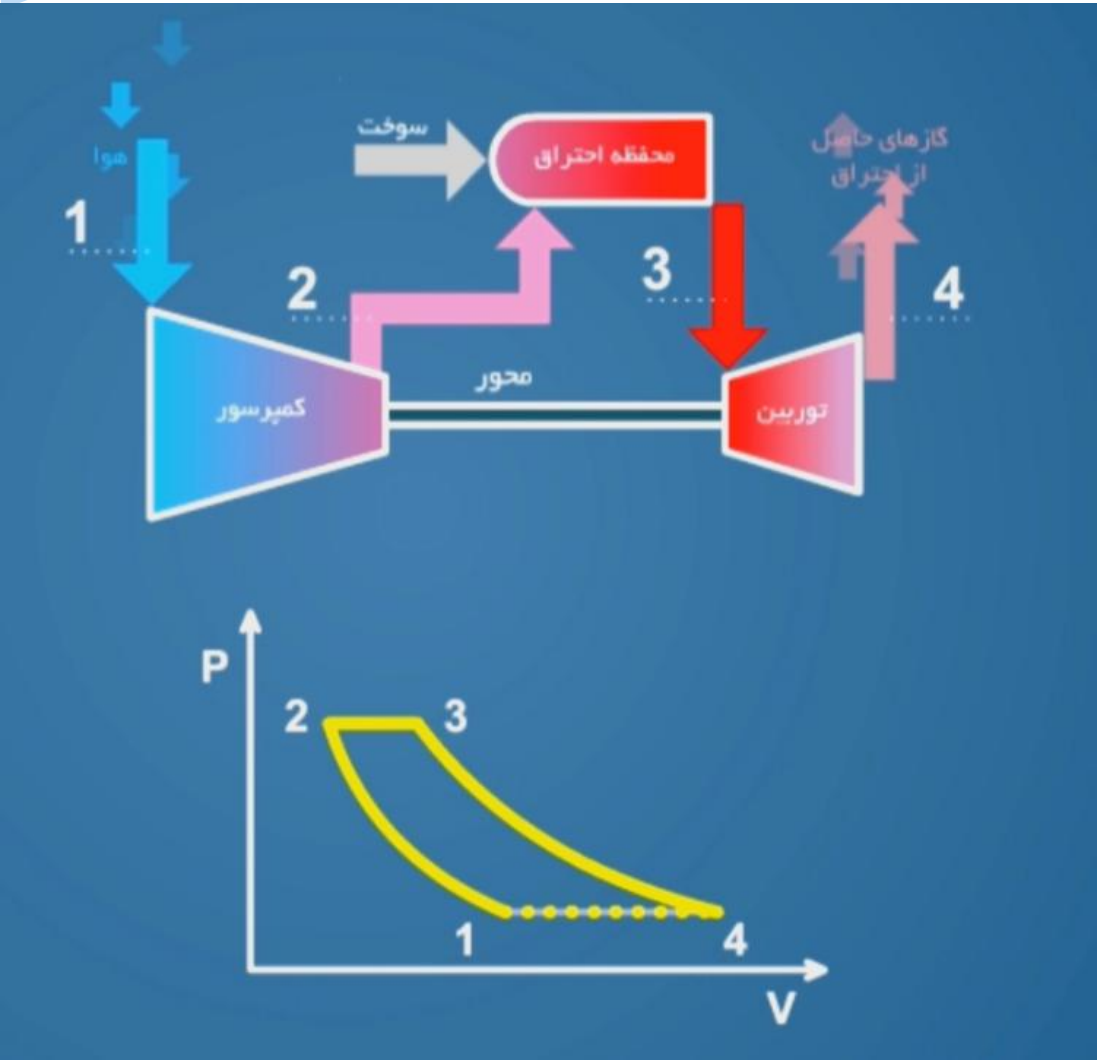
سیکل نیروگاه گازی- سیکل برایتون

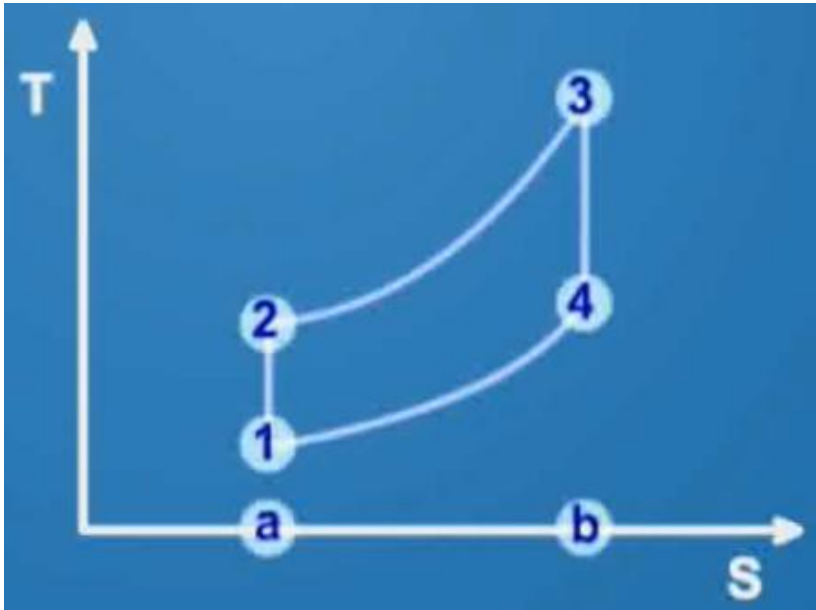


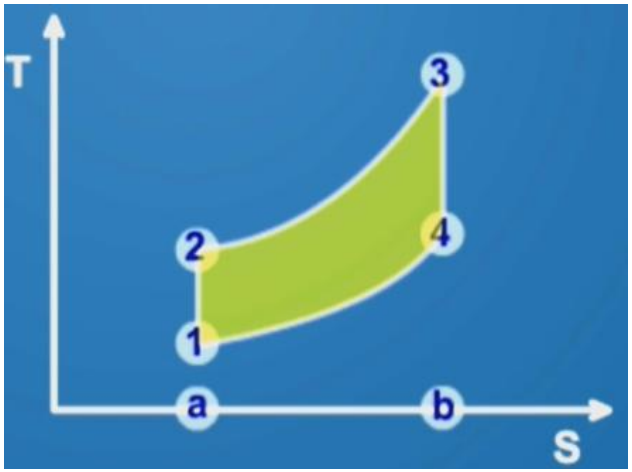




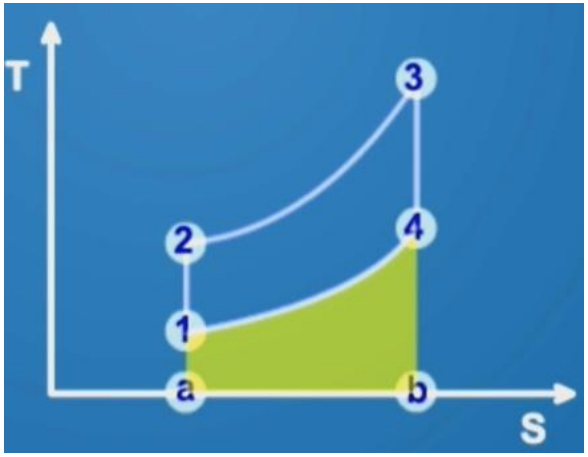
Idealized Brayton Cycle


هوا
1
سوخت
محفظه احتراق
گازهای حاصل
از احتراق
2
3
4
کمپرسور
محور
توربین
P
2
3
1
4
V


T
3
2
4
1
a
b
S



کار انجام شده توسط توربین



مقدار انرژی است که بصورت حرارت از اگزوز خارج می شود.

میزان انرژی است که توسط سوخت به توربین گاز داده شده است.

$$\eta = \frac{\text{کار تولید شده}}{\text{انرژی حرارتی ایجاد شده}}$$

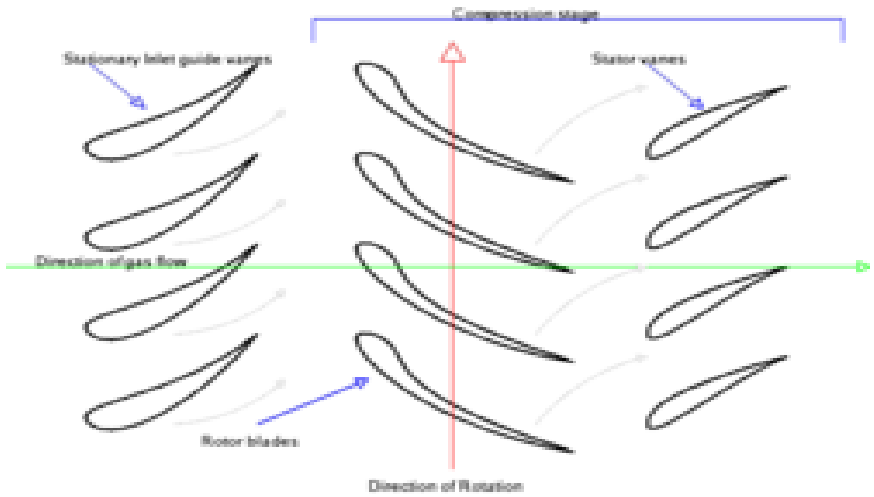
پره‌های کمپرسور

۱- پره‌های متحرک: سرعت دادن به ذرات هوای ورودی

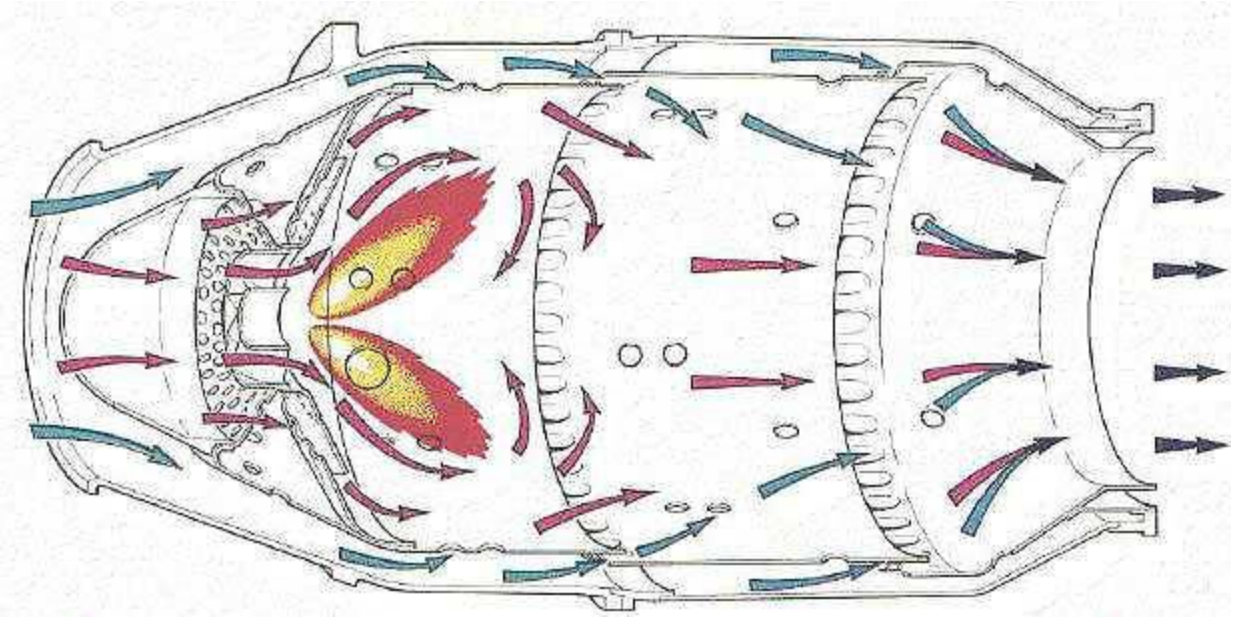
۲- پره‌های ثابت: تبدیل سرعت ایجاد شده به فشار

- کمپرسور توسط محوری به توربین متصل می باشد

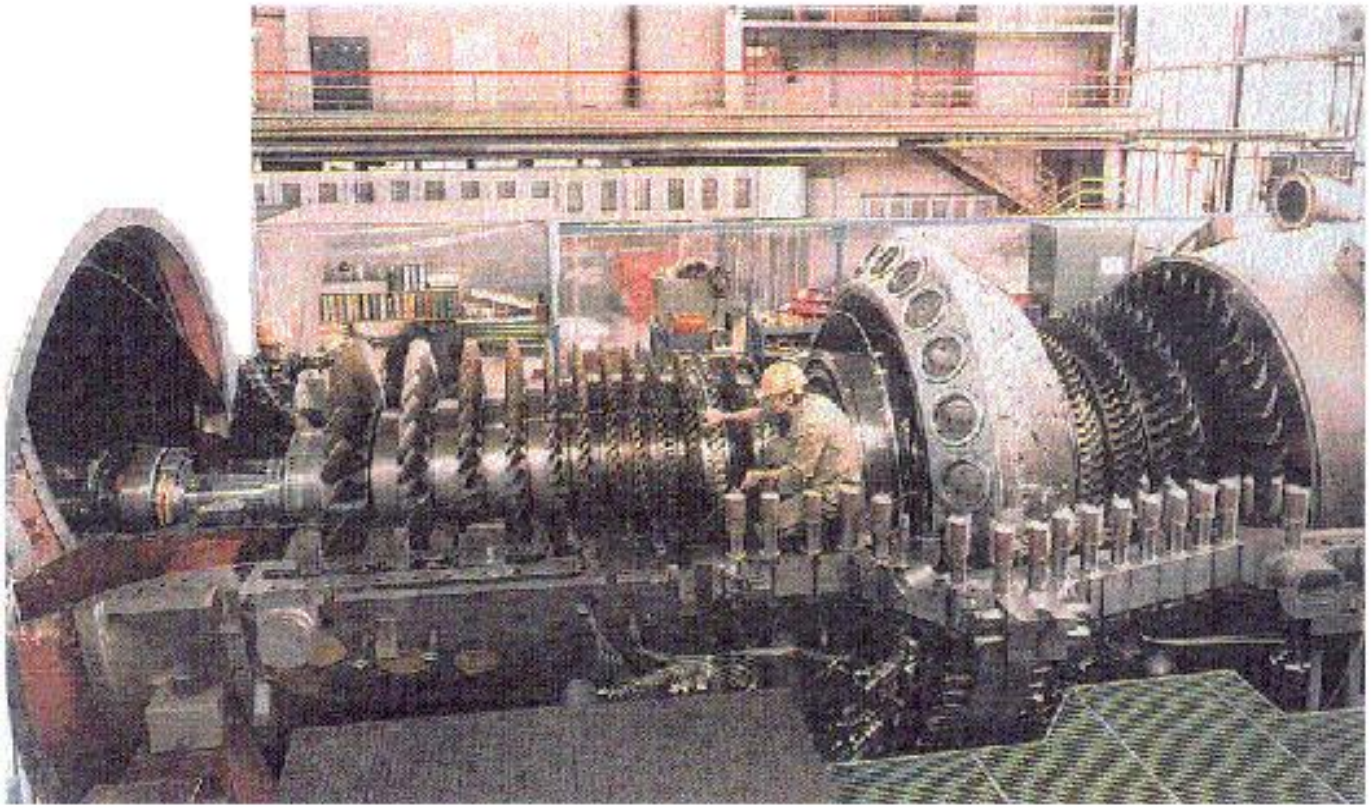
- در هنگام راه اندازی نیروگاه ، تجهیزات جداگانه ای برای راه اندازی کمپرسور نیاز می باشد . که میتوان از الکترو موتور ، دیزل ، و یا ماشین سنکرون استفاده نمود .



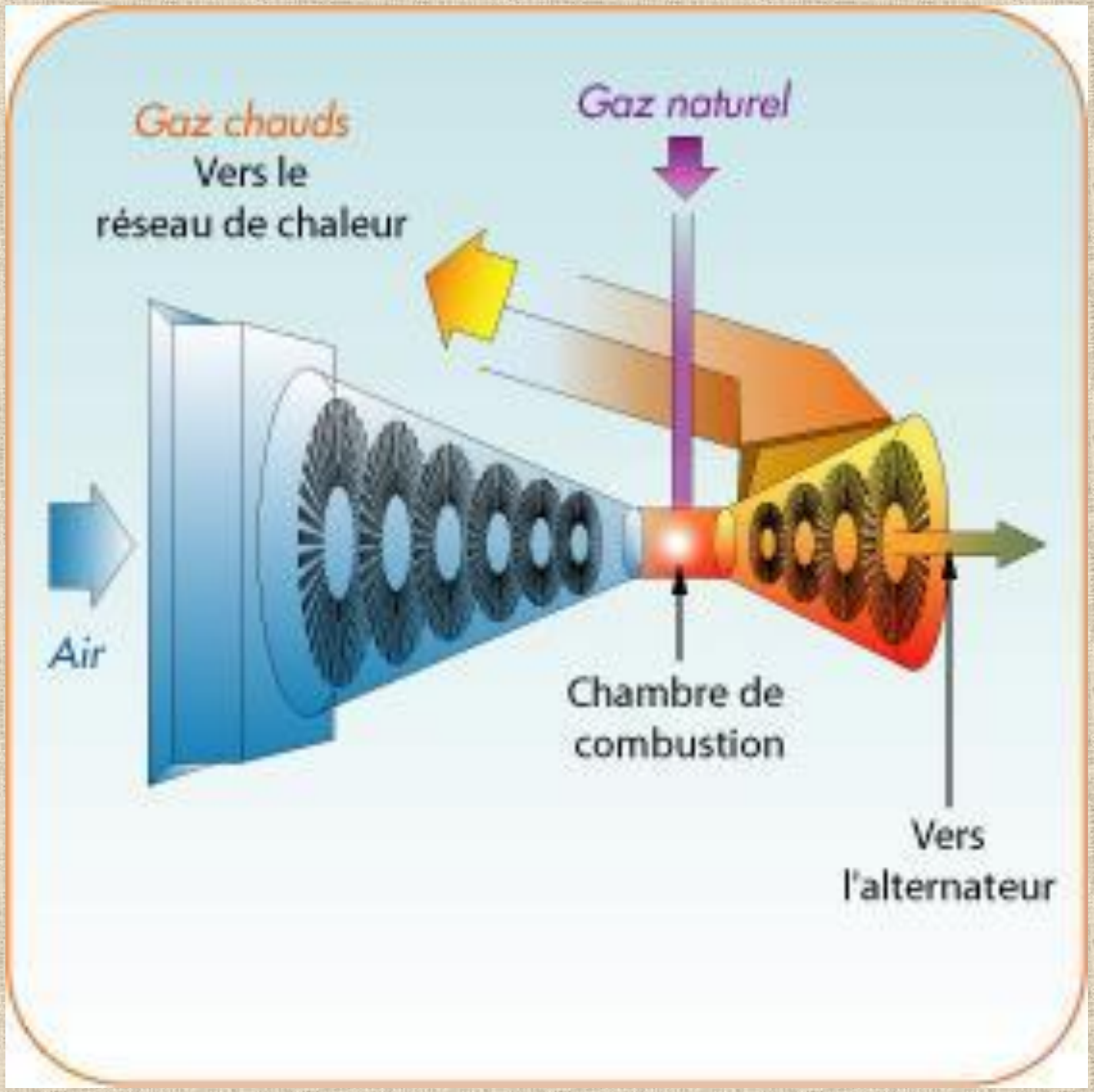
هوای فشرده پس از خروج از کمپرسور وارد اتاق احتراق می گردد و در آنجا با سوخت ترکیب می گردد ودر اثر سوختن با مواد سوختی ، درجه حرارت آن بالا می رود و پس از آن به سمت توربین هدایت می گردد .



گاز سوخته داغ و متراکم با عبور از میان پره های ساکن توربین ، کسب سرعت می نماید و با برخورد به اولین ردیف پره های متحرک ، آنها را به گردش در می آورد و در نتیجه از انرژی جنبشی آن کاسته می گردد .



GAS TURBINE WITH ITS TOP HALF CASING REMOVED


Gaz chauds
Vers le
réseau de chaleur
Gaz naturel
Air
Chambre de
combustion
Vers
l'alternateur

تفاوت توربین گازی با بخار

۱- ۱۲۰۰ c

۲-

استقامت پره‌های توربین گازی در مقابل خوردگی بسیار بیشتر

انواع کمپرسور

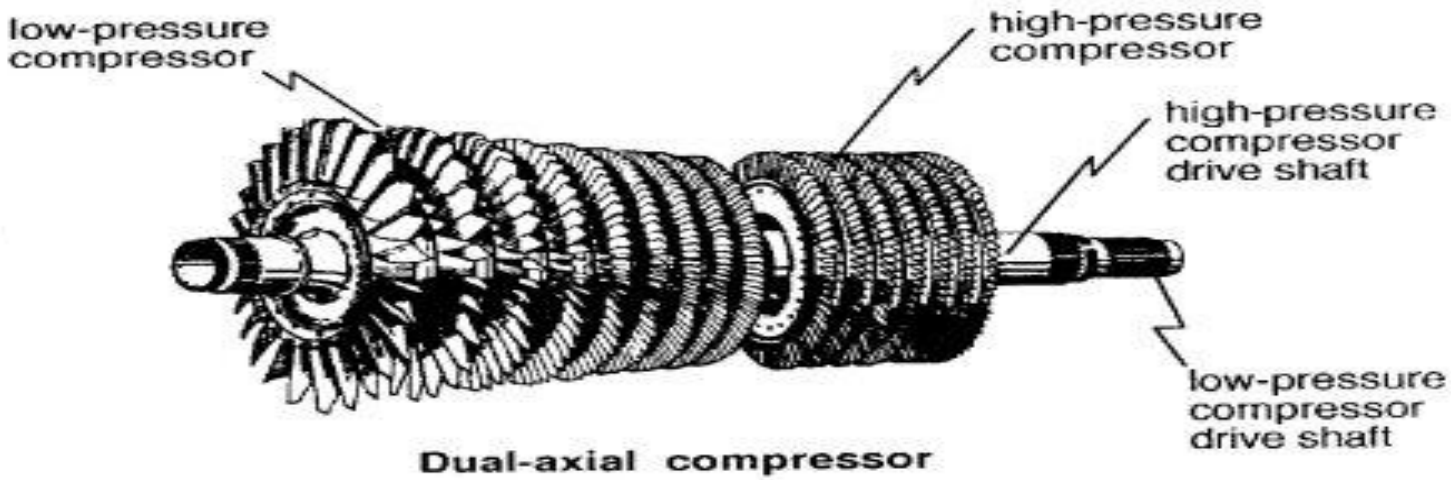
Axial compressor

کمپرسور محوری

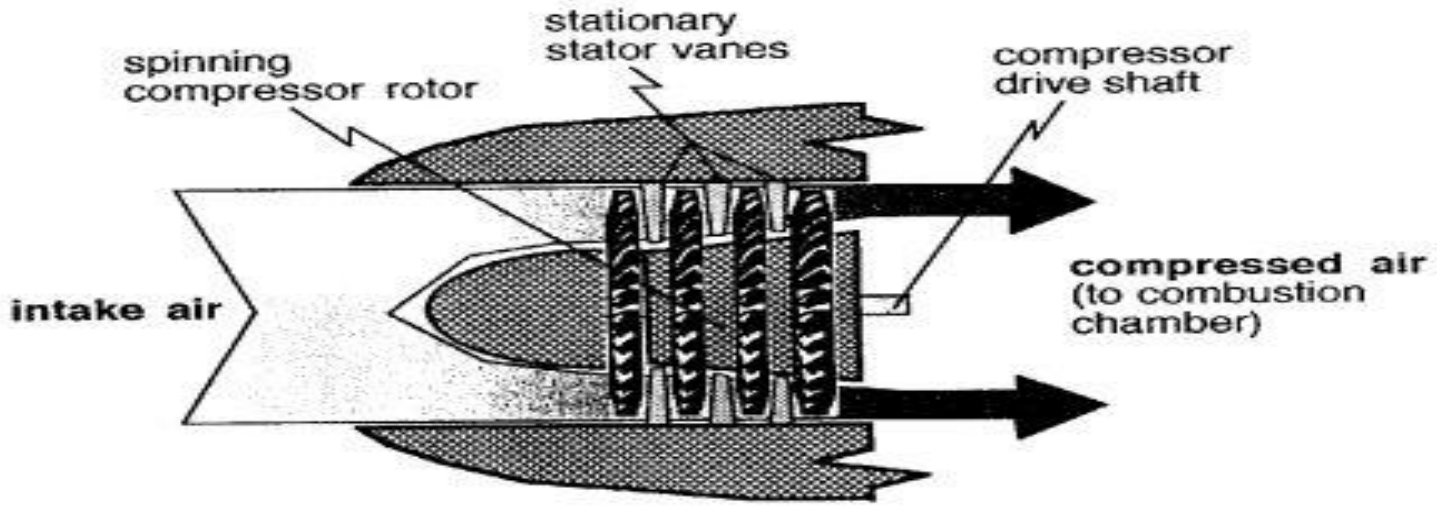
Centrifugal compressor

کمپرسور گریز از مرکز

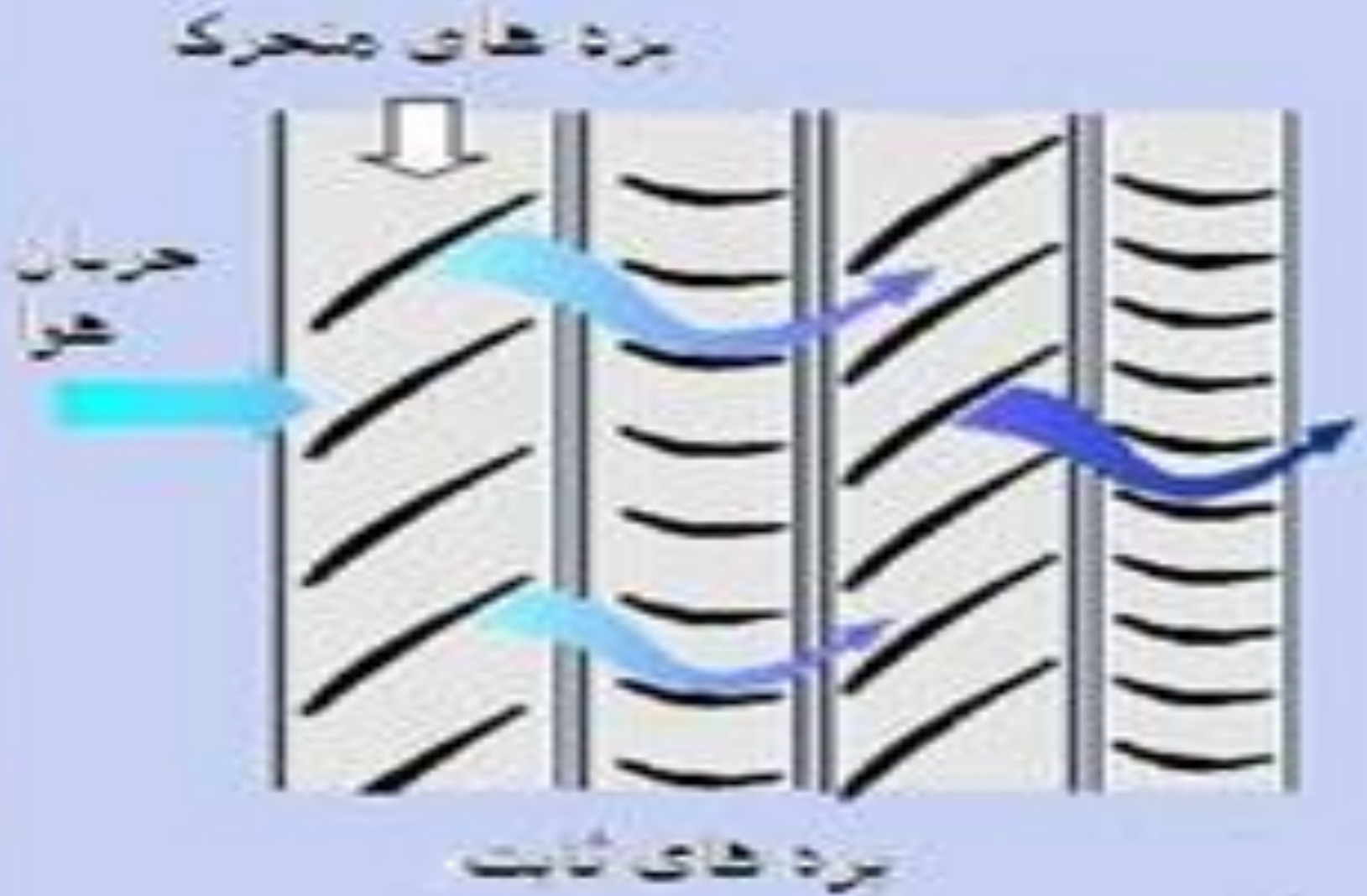
Axial compressor



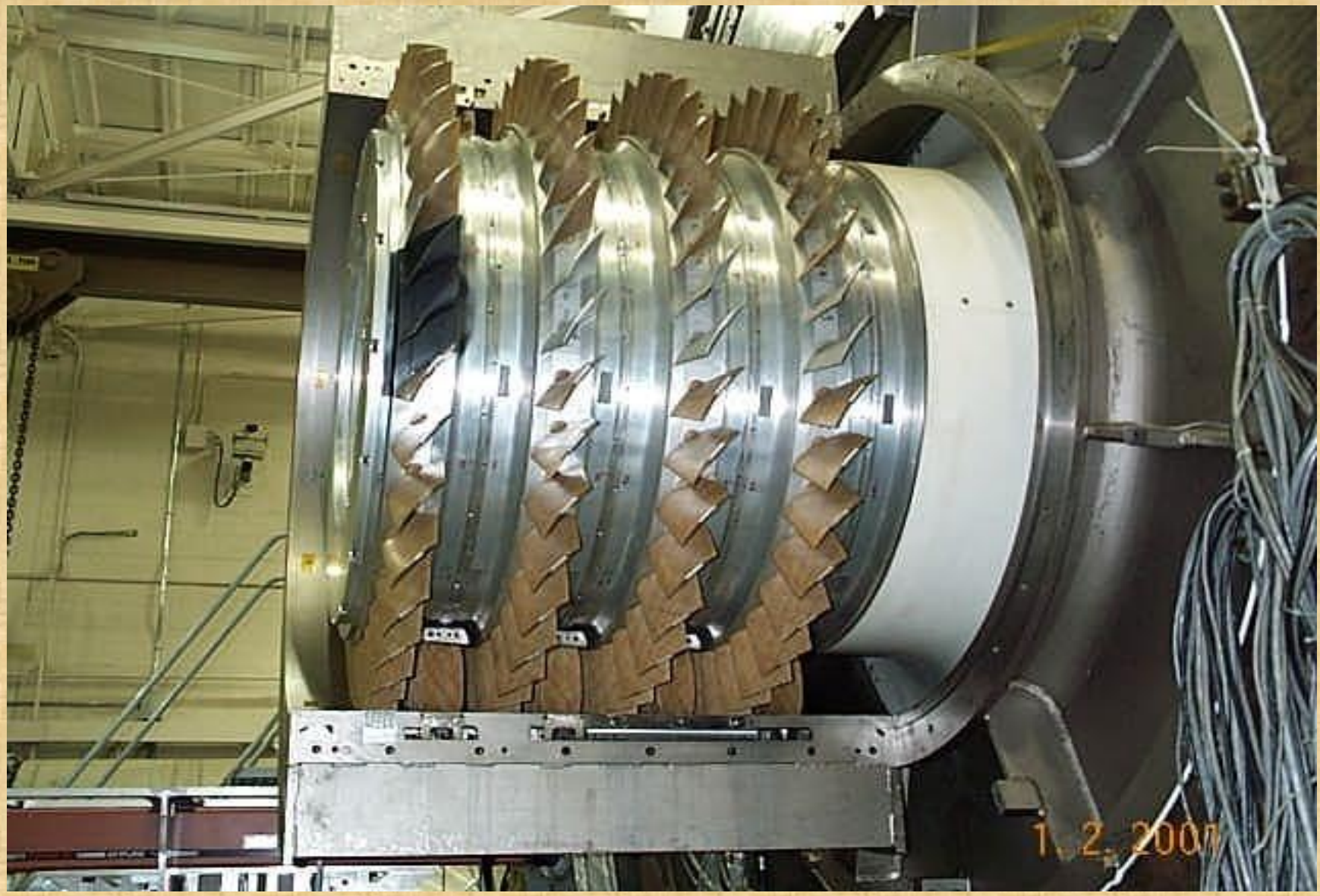
Dual-axial compressor



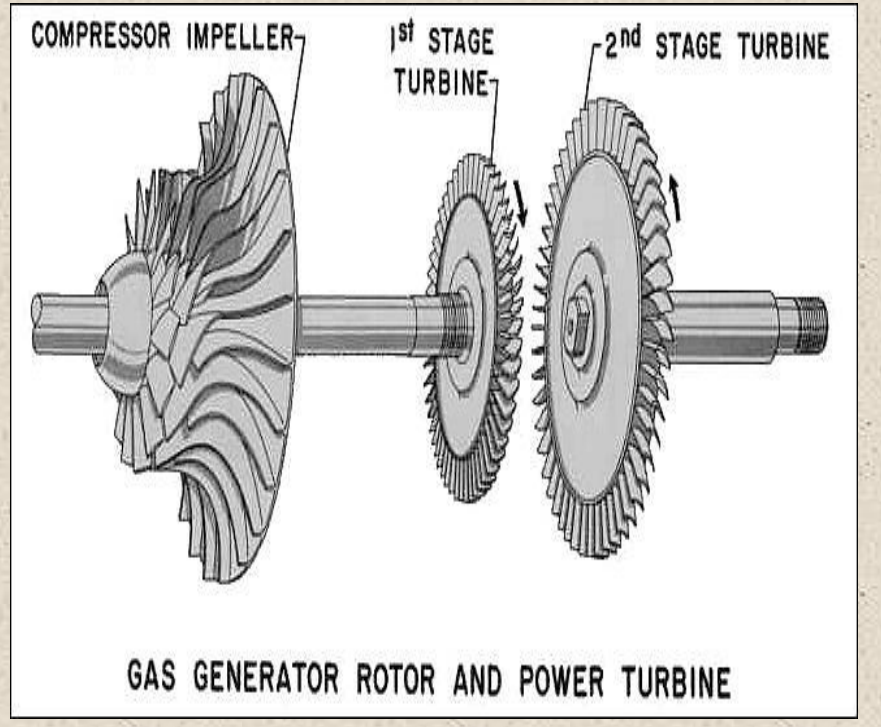
قسمت کمپرسور

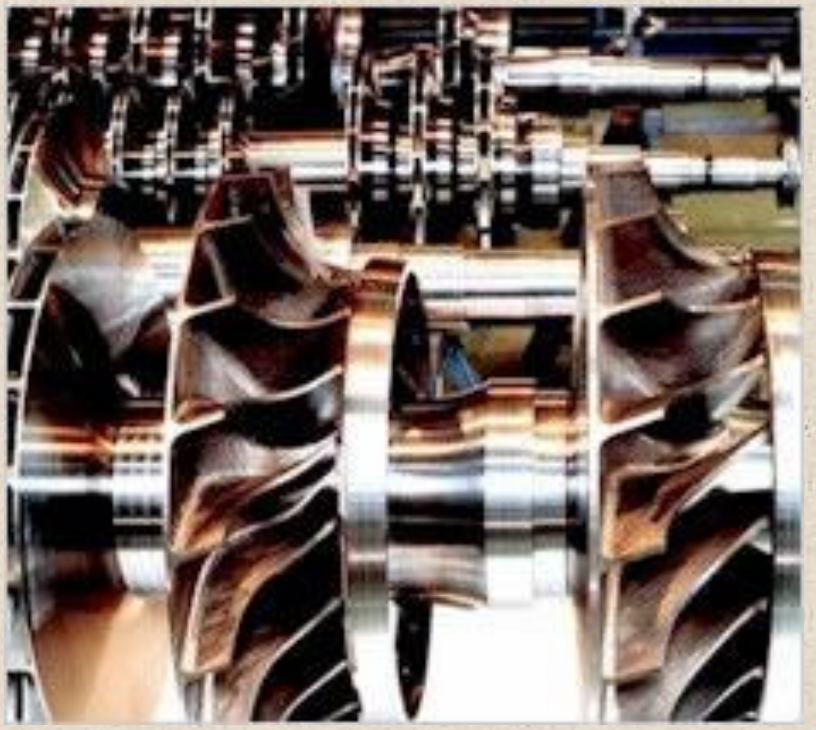


Axial compressor

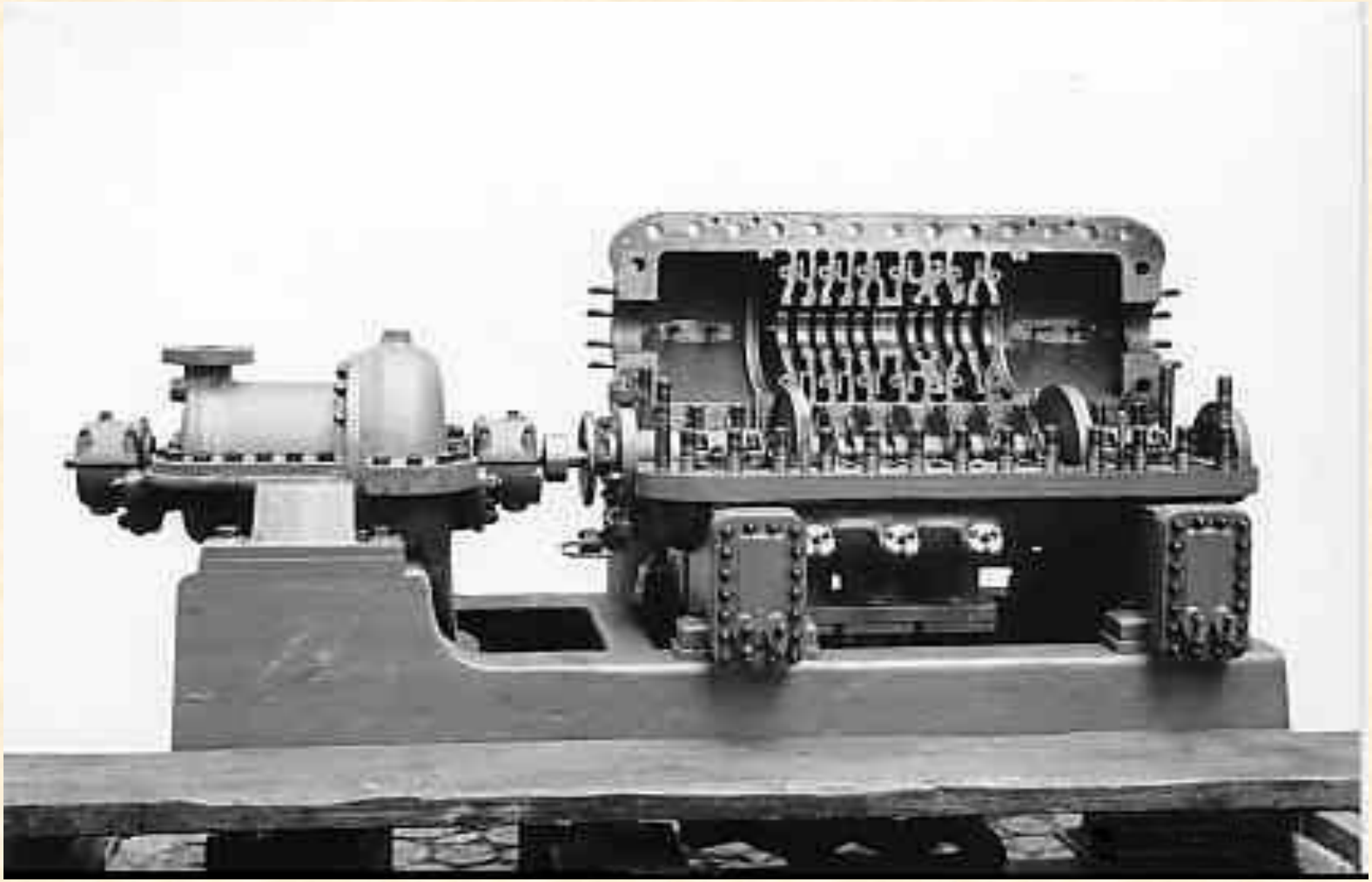


Centrifugal compressor



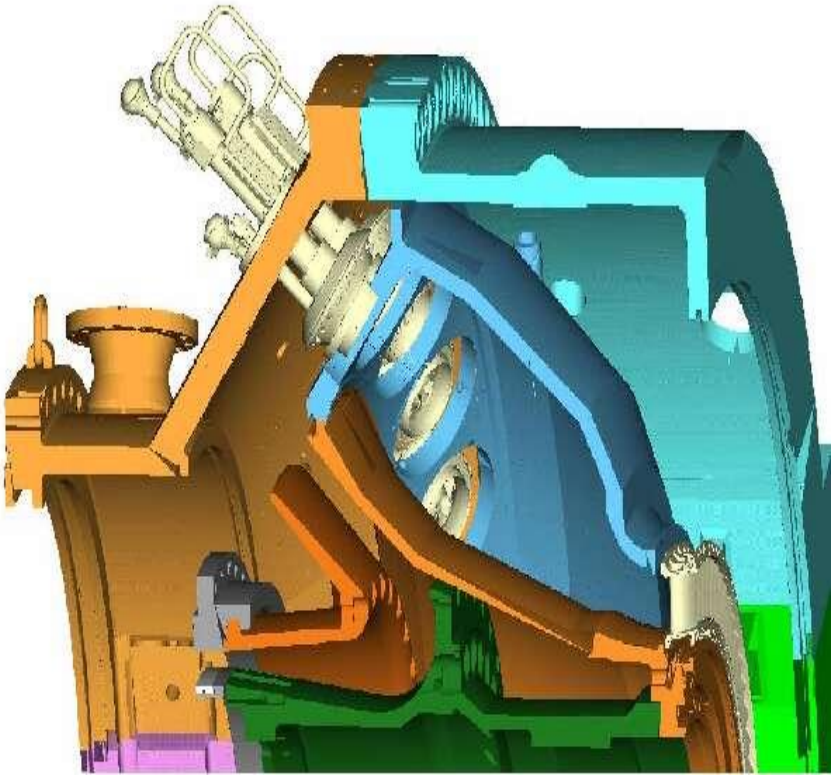


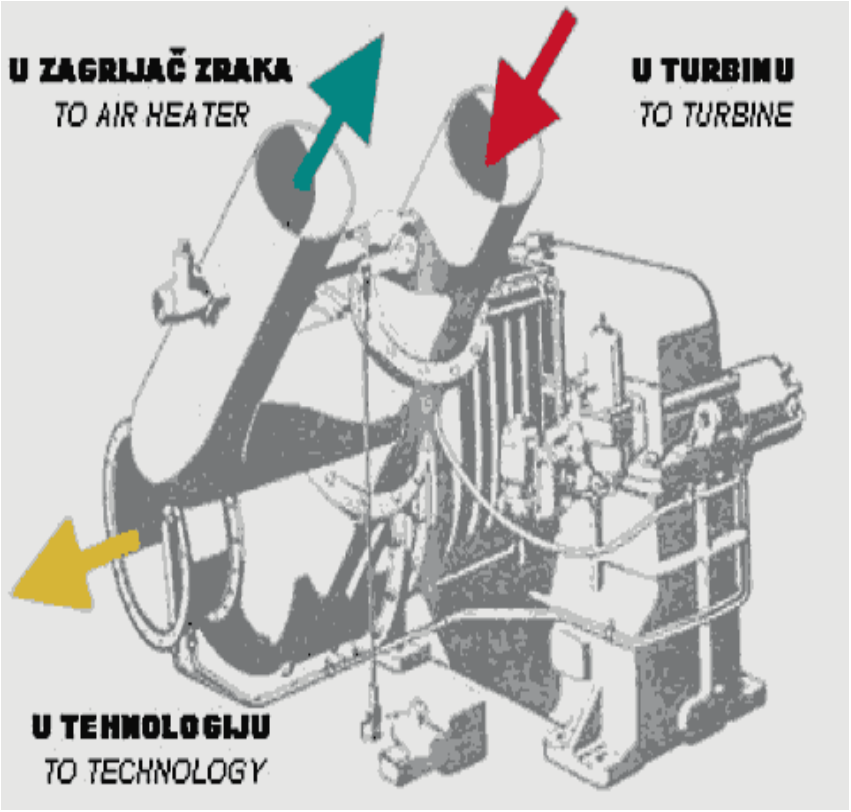
Centrifugal compressor



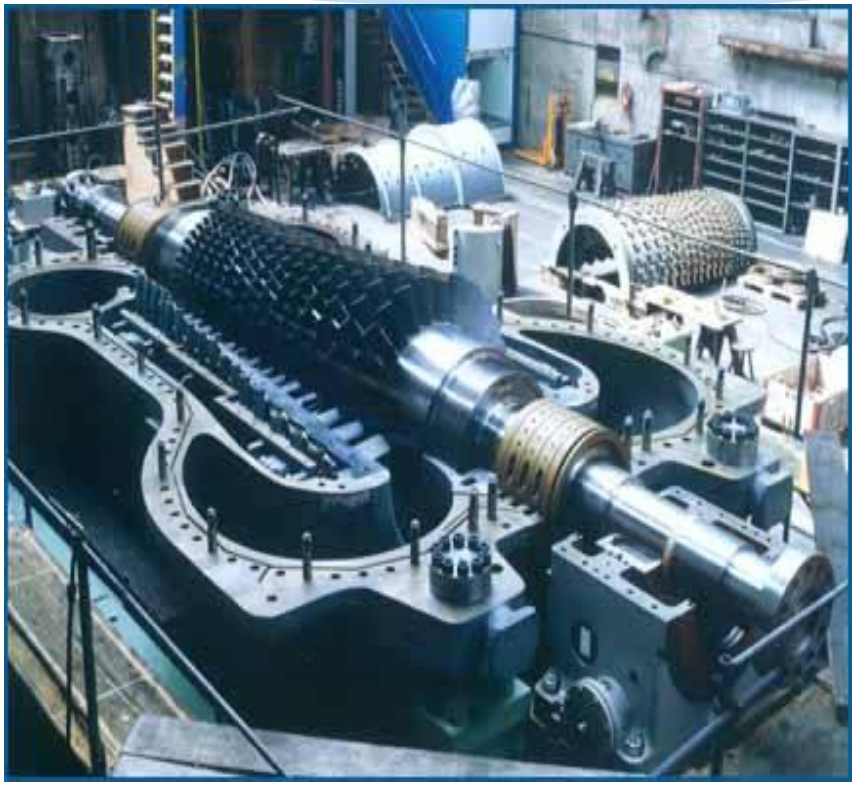
Centrifugal compressor

Combustion Chamber





Gas turbine



مشخصات کلی نیروگاه های توربین گازی

نیروگاه های توربین گازی در مقایسه با نیروگاههای بخار دارای هزینه احداث کمی می باشند ، لیکن بدلیل الزام به مصرف سوختهای با کیفیت ، هزینه ویژه سوخت مصرفی آنها بالاتر از نیروگاههای بخار است .

سوخت:۱– گازوییل ۲– گاز طبیعی

با توجه به ویژگیهای فنی و اقتصادی خود برای پوشش بار پیک ونیز زمانهایی که نیاز فوری به توان نیروگاهی می باشد ، مناسب می باشند .

برخی از ویژگیهای نیروگاه های توربین گازی

۱- ساختار ساده و زمان ساخت کوتاه

۲- هزینه سرمایه گزاری کمتر نسبت به نیروگاههای بخار

۳- ابعاد نسبتاً کوچکتر نسبت به نیروگاههای بخار و در نتیجه نیاز به مکان کمتر برای احداث

۴- سرعت سریع راه اندازی

۵- بهره برداری آسان و حتی امکان کنترل از راه دور

۶- عدم نیاز به آب خنک کننده (به استثنای برخی از انواع این نیروگاهها)

۷- قابلیت اطمینان بالا

۸- سرعت زیاد در تغییر توان

۹- سازگاری بیشتر با محیط زیست

برخی از معایب نیروگاه توربین گازی

۱- هزینه بالای سوخت مصرفی

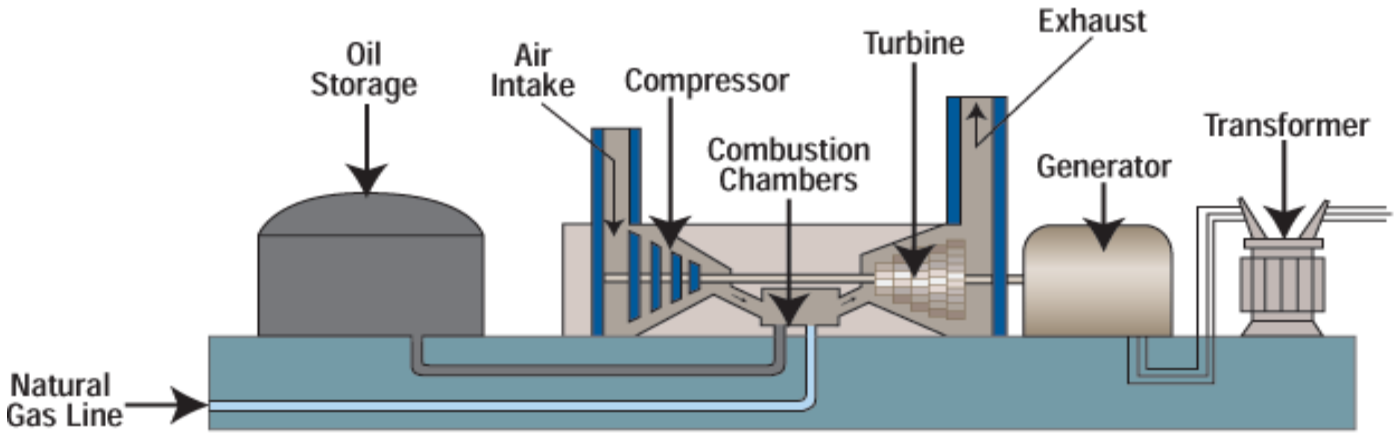
۲- بازده پایین

۳- تلفات حرارتی زیاد

انواع نیروگاههای توربین گازی

۱– مدار باز

۲– مدار بسته



نیروگاه گازی مدار باز

این نیروگاهها صرفنظر از ساختارهای مختلفی که دارند در فرایندهای زیر مشترک می باشند .

۱– مکش هوا و متراکم کردن آن در کمپرسور

۲– احتراق با سوخت مایع و یا گاز در اتاق احتراق

۳– انبساط هوای سوخته در توربین

۴– انتقال هوای سوخته انبساط یافته به جو

انواع نیروگاه توربین گازی مدار باز

۱. نیروگاه توربین گازی مدار باز ساده

۲. نیروگاه توربین گازی مدار باز با بازیافت حرارتی

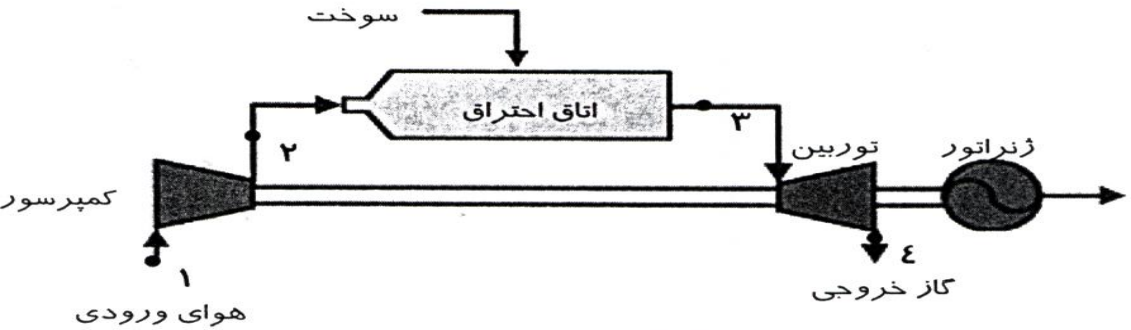
۳. نیروگاه توربین گازی مدار باز با مدار متوالی

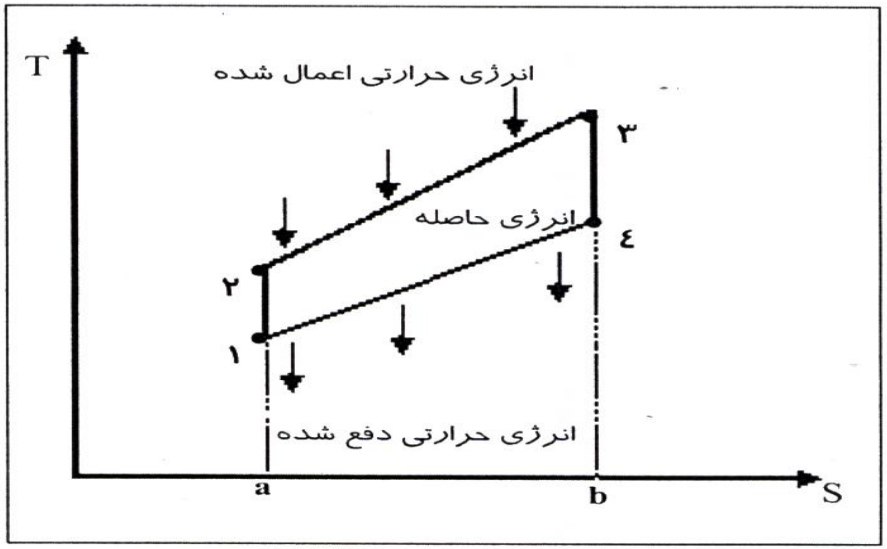
٤. نیروگاه توربین گازی مدار باز ــ هوا ذخیره‌ای

نیروگاه توربین گازی مدار باز ساده

بازده نسبتاً پائین در حدود ۲۸٪

استفاده از سوخت‌های خوب و گران نظیر گازوئیل

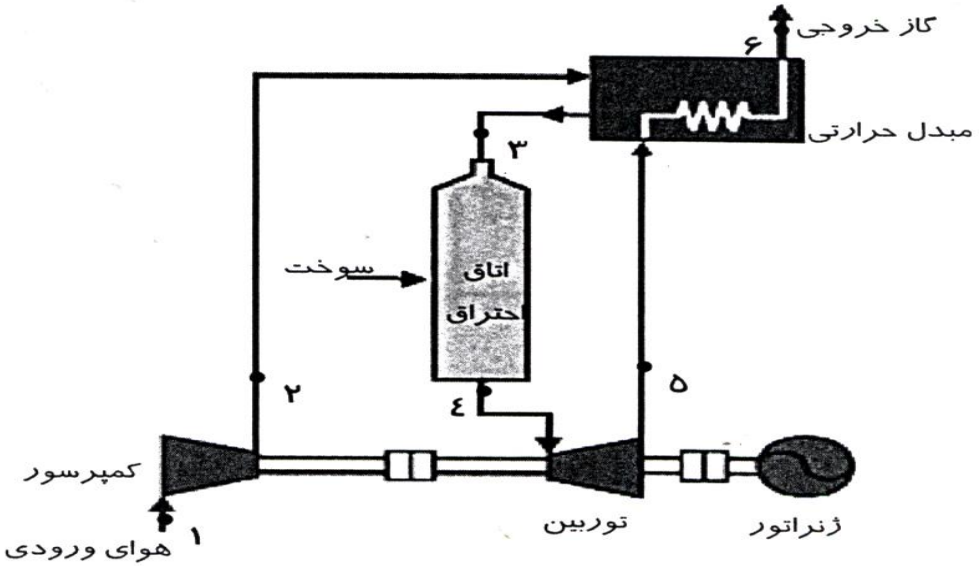




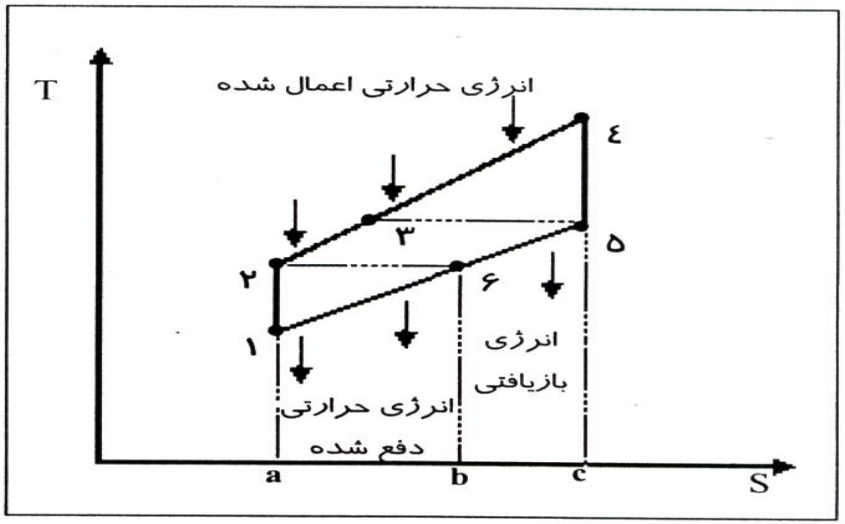
نمودار ایده ال (T-S

۲- نیروگاه توربین گازی مدار باز با بازیافت حرارتی

بازده در حدود ۳۲– ۳۶ درصد



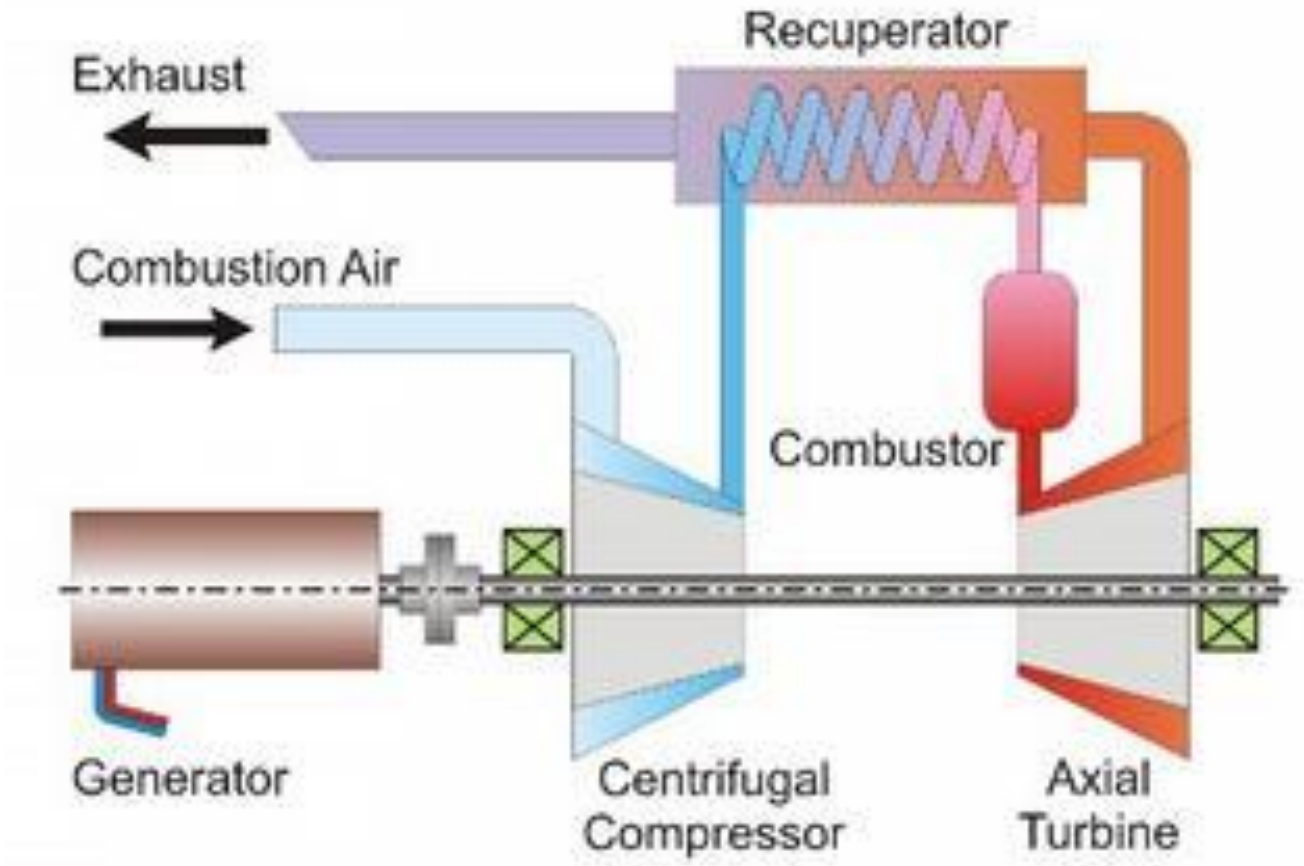
طرح کلی)



نمودار ایده ال (T-S

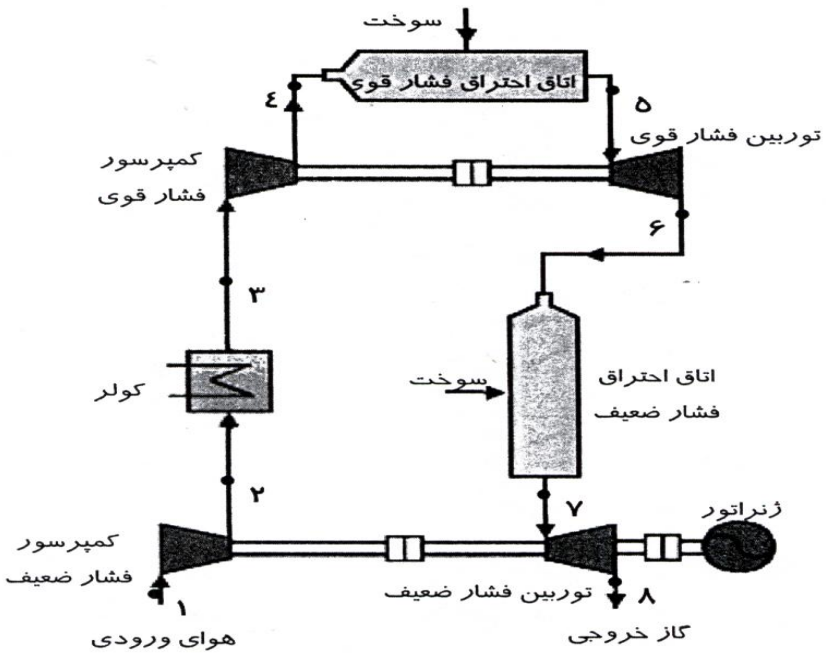
نیروگاه توربین گازی مدار باز ساده با بازیافت حرارتی

نیروگاه توربین گازی مدار باز با بازیافت حرارتی

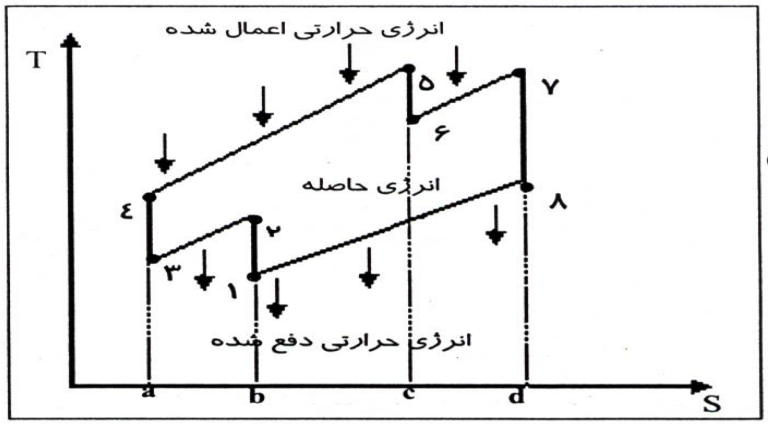


۳- نیروگاه توربین گازی مدار باز با مدار متوالی

راندمان این نیروگاه در حدود ۳۲٪



طرح کلی)



نمودار ایده ال (T-S

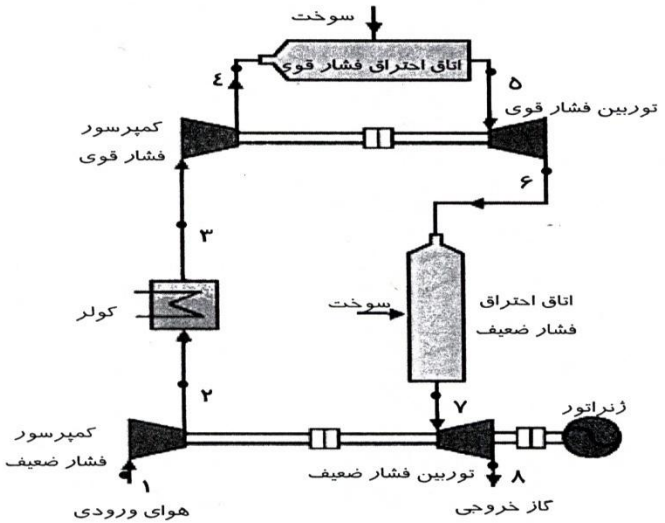
نیروگاه توربین گازی مدار باز با مدار متوالی

۳- نیروگاه توربین گازی مدار باز با مدار متوالی

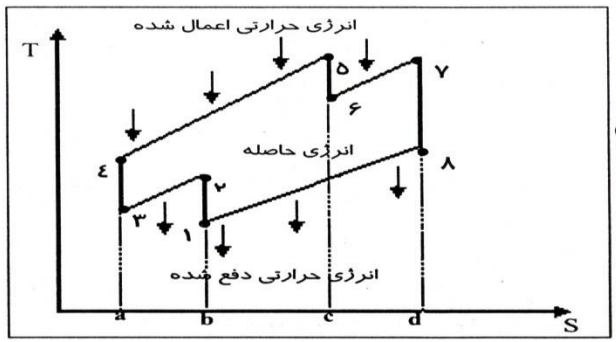
در این نیروگاه مقدار انرژی تلف شده از دو قسمت تشکیل می شود :

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

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



طرح کلی)

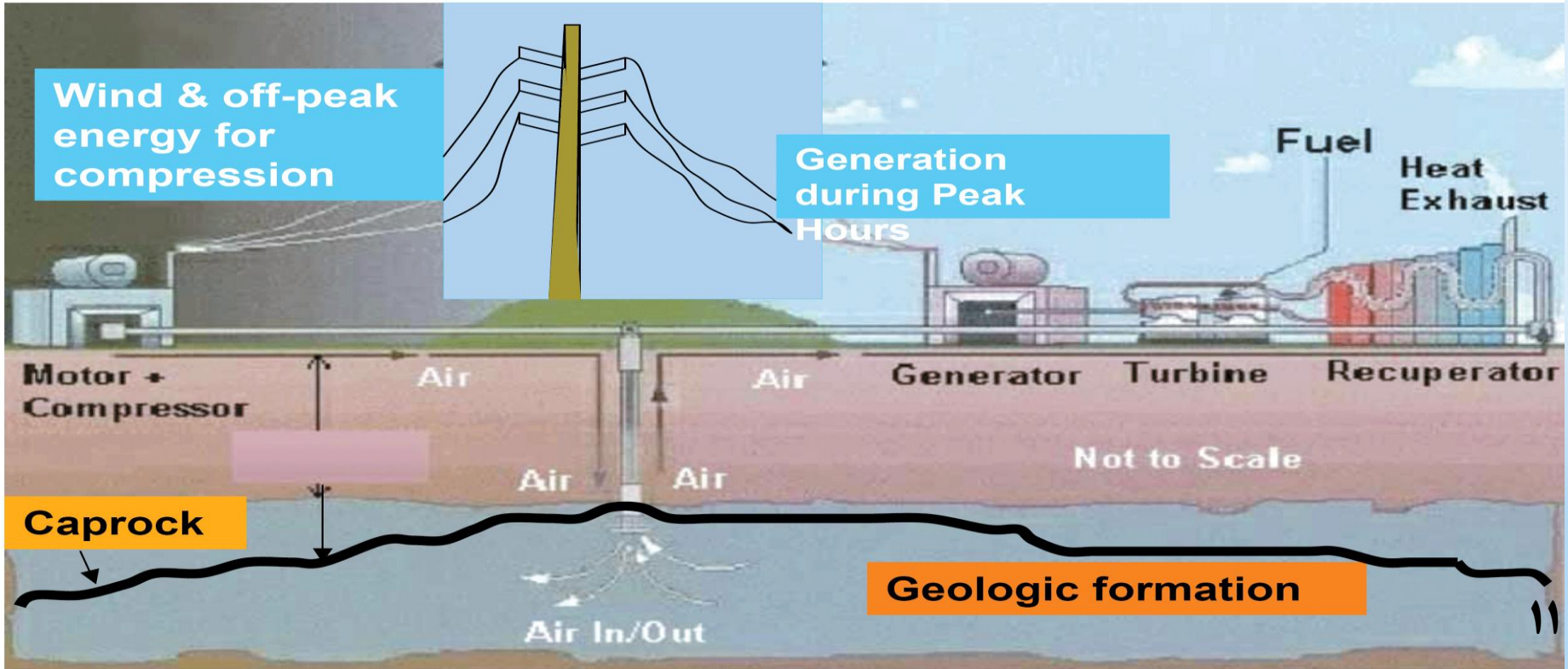


نمودار ایده ال (T-S

نیروگاه توربین گازی مدار باز با مدار متوالی

نیروگاه توربین گازی مدار باز- هوا ذخیره ای Compressed Air Energy Storage (CAES)

- متراکم کردن هوا در ساعات غیرپیک توسط کمپرسور و ذخیره سازی آن در یک مخزن
- استفاده از دو سوم توان توربین به منظور تغذیه کمپرسور جهت متراکم کردن هوا در نیروگاه های توربین گازی پیک یک شبکه
- عدم نیاز کمپرسور به سوخت و انتشار آلاینده های احتراق در نیروگاه
- میزان بازدهی مشابه نیروگاه های گازی معمولی با محترق شدن کمتر از ٪ ۴۰ گاز طبیعی
- اجزای اصلی: توربین، گازی، مخزن ذخیره هوا، انرژی خارجی، توربین، توربین و توربین



نیروگاه توربین گازی مدار باز- هوا ذخیره ای Compressed Air Energy Storage (CAES)

- ✓شرط مهم برای احداث این نوع نیروگاهها

  امکان ساخت مخازن ذخیره هوا با ابعاد مناسب و مقاوم از نظر فشار و عبور هوا با قیمت مناسب (ساخت محفظه زیرزمینی نگهداری هوا ملزم به صرف هزینه بسیار زیاد)

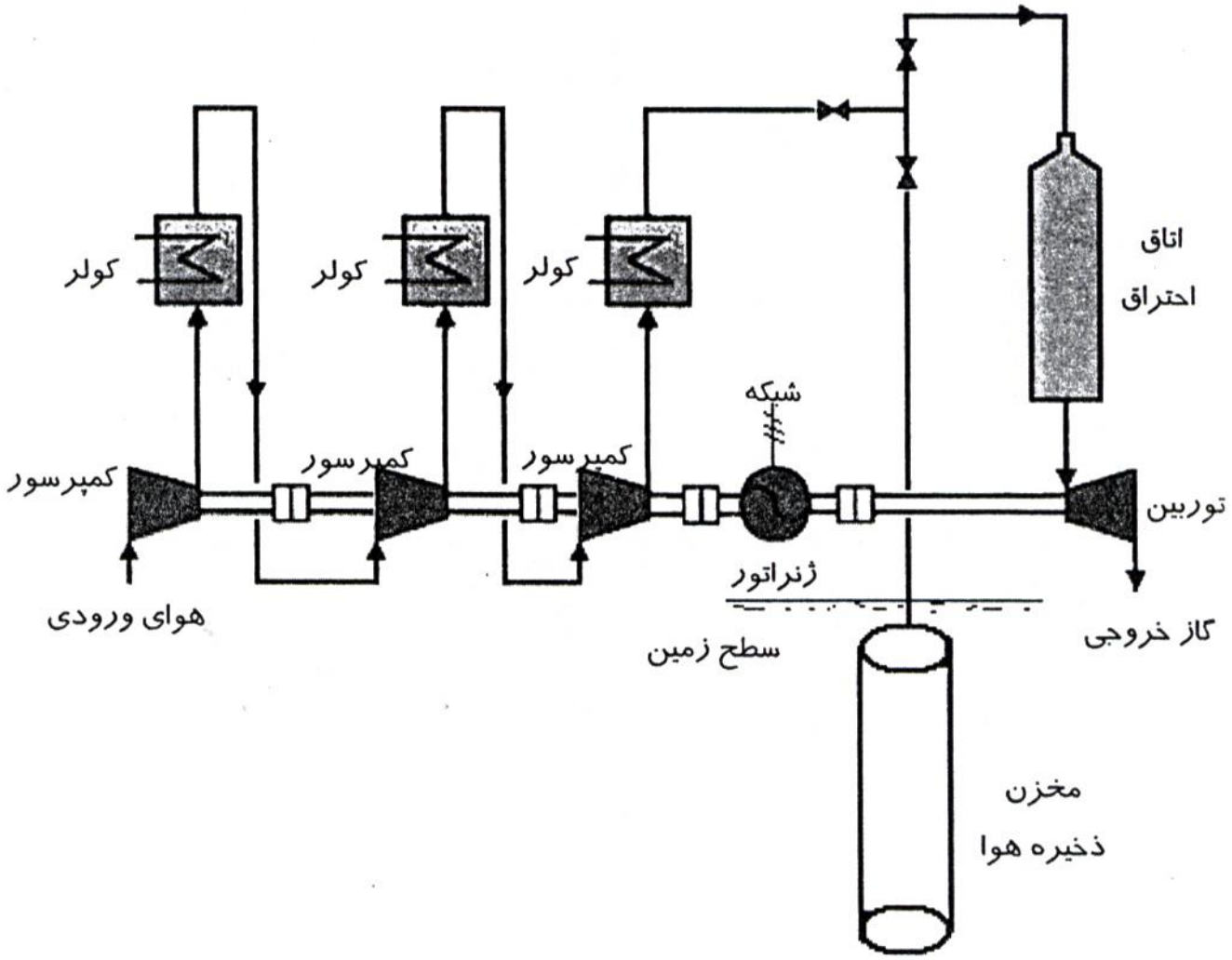
- ✓استفاده از غارها , سفره های آب زیرزمینی , میدانهای گازی تخلیه شده یا محفظه معادن مختلف مانند غارهای نمکی بزرگ به عنوان مخزن ذخیره هوا
- ✓بازده این نیروگاه محدود به بازده کمپرسور و توربین (نشت هوا در حداقل ممکن)
- ✓بعد از روش تلمبه ذخیره ای،سیستم **CAES** دارای بزرگترین ظرفیت بین دخیره سازها
- ✓ظرفیت های معمول سیستم های **CAES** در حدود ۵۰ تا ۳۰۰ مگاوات
- ✓ به علت کمی تلفات در این سیستم، طول دوره ذخیره تا یک سال
- ✓زمان راه اندازی سیستم **CAES** در حد ۱۰ دقیقه (نیروگاه های گازی ۳۰-۲۰ دقیقه)

توان	زمان پاسخ	بازده	طول عمر
25-2500 MW	~ 10 min	~ 80% >	~ 50 yr

نیروگاه توربین گازی مدار باز- هوا ذخیره ای Compressed Air Energy Storage (CAES)

- ✓نمونه های سیستم CAES
- ✓سیستم McIntosh CAES در سال ۱۹۹۱ توسط شرکت برق Alabama
- یک واحدی ۲۹۰ مگاواتی
- ظرفیت نامی سیستم ۱۱۰ MW
- مخزن ذخیره سازی به صورت زیر زمینی(مخزن نمکی با حجم ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب)
- مخزن نمکی استوانه ای با عمق ۳۰۰ متر و قطر ۸۰ متر (حجم ۳۲/۵ میلیون متر مکعب)
- مدت زمان شارژ سیستم : یک دوره هشت ساعته شارژ شده
- تامین توان را برای مدت زمان ۲۶ ساعت
- قابلیت تامین توان ۳۰۰ MW در یک دوره دو ساعته با گرداندن توربین توسط هوای فشرده
- احتیاج به زمانی بین ۹ تا ۱۳ دقیقه برای استارت
- تلفات در رده ۵ — ۱۰ درصد در طول روز

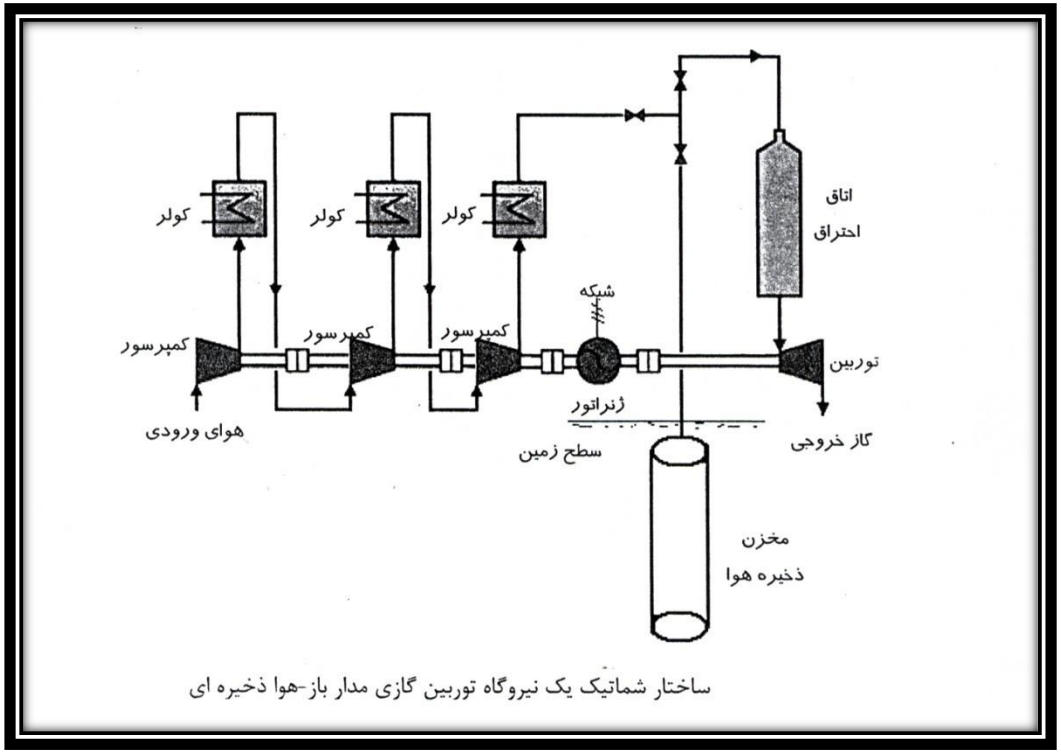
۴- نیروگاه توربین گازی مدار باز هوا - ذخیره ای



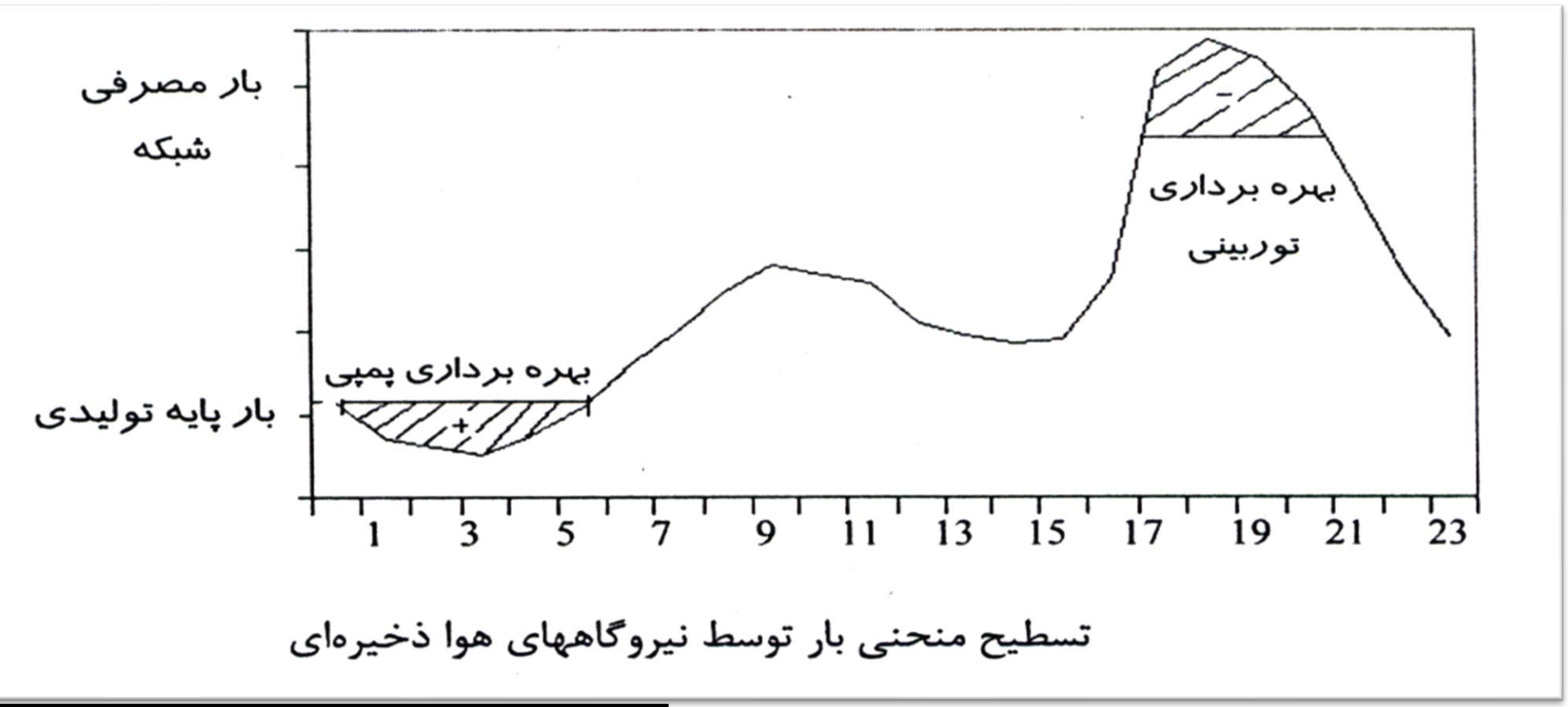
ساختار شماتیک یک نیروگاه توربین گازی مدار باز-هوا ذخیره ای

مزیت این نیروگاه

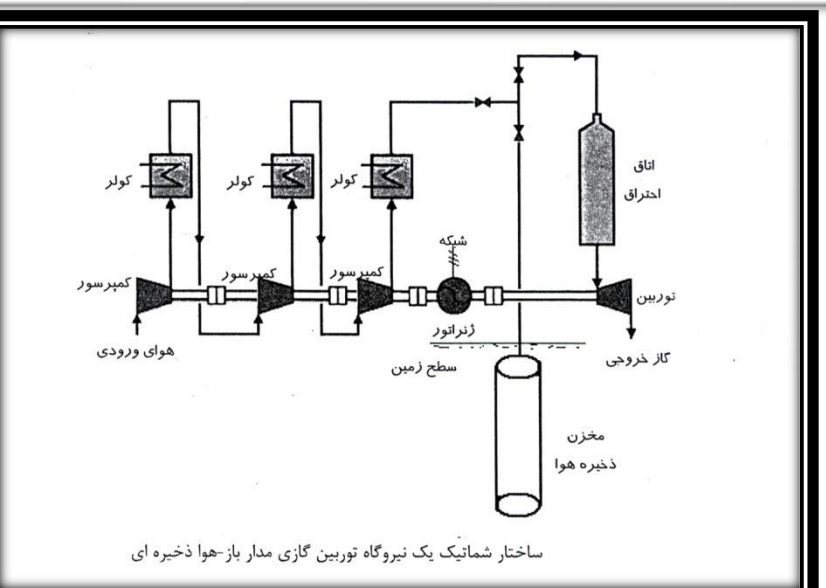
*** در هنگام کار توربین (تولید انرژی الکتریکی) نیازی به وجود کمپرسور نمی باشد و توان کل توربین در اختیار ژنراتور قرار می گیرد ، در حالیکه در نیروگاههای توربین گازی کلاسیک دوسوم توان توربین صرف تغذیه کمپرسور جهت متراکم کردن هوا می گردد .**



ساختار شماتیک یک نیروگاه توربین گازی مدار باز-هوا ذخیره ای



تسطیح منحنی بار توسط نیروگاههای هوا ذخیره‌ای



ساختار شماتیک یک نیروگاه توربین گازی مدار باز-هوا ذخیره ای

شرط مهم برای احداث این نوع نیروگاهها

❊ امکان ساخت مخازن ذخیره هوا با ابعاد مناسب و مقاوم از نظر فشار و عبور هوا با قیمت مناسب

مشخصات مخزن در هامبورگ :

❊ عمق در زمین : ۶۰۰ – ۸۰۰ متر

❊ ابعاد : ۳۰ متر قطر و ۲۰۰ متر ارتفاع

نیروگاههای توربین گازی مدار بسته

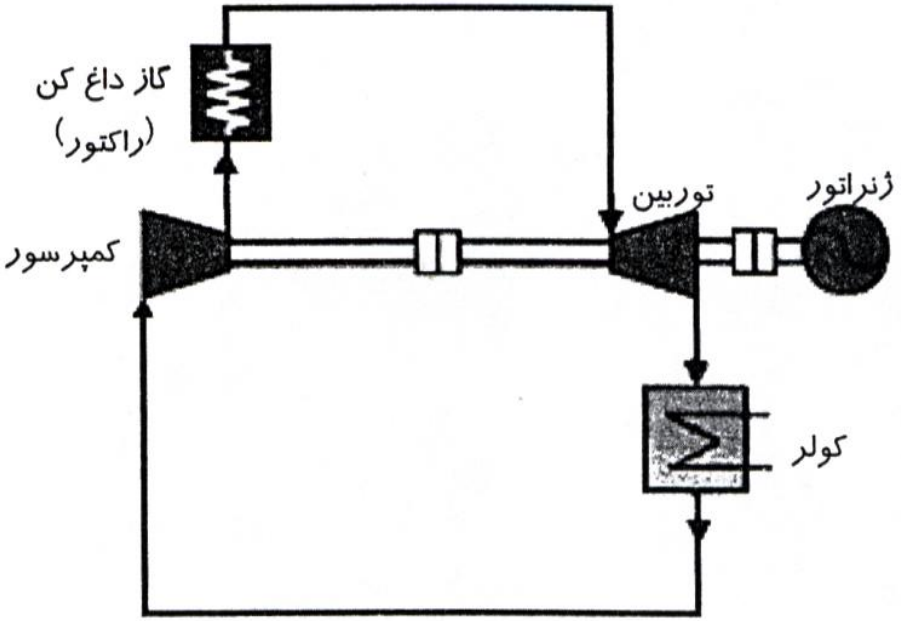
فرایندهای زیر در این نیروگاهها انجام می پذیرد:

۱- متراکم کردن شاره کارکن در کمپرسور

۲- اعمال حرارت به شاره کارکن در گاز داغ کن

۳- انبساط شاره کارکن در توربین

۴- خنک کردن شاره کارکن در یک سیستم خنک کننده و انتقال آن به کمپرسور



طرح یک نیروگاه توربین گازی مدار بسته

ویژگیهای این نیروگاه

۱- امکان خورندگی و یا کثیف شدن برای آن وجود ندارد .

۲- فشار اولیه ، بر خلاف نیروگاههای توربین گازی مدار باز ، می تواند نابرابر با فشار جو باشد

۳- ازدیاد فشار در توربینهای مدار بسته باعث کوچک شدن ابعاد دستگاه و کم شدن قیمت ماشین آلات متحرک آن می گردد

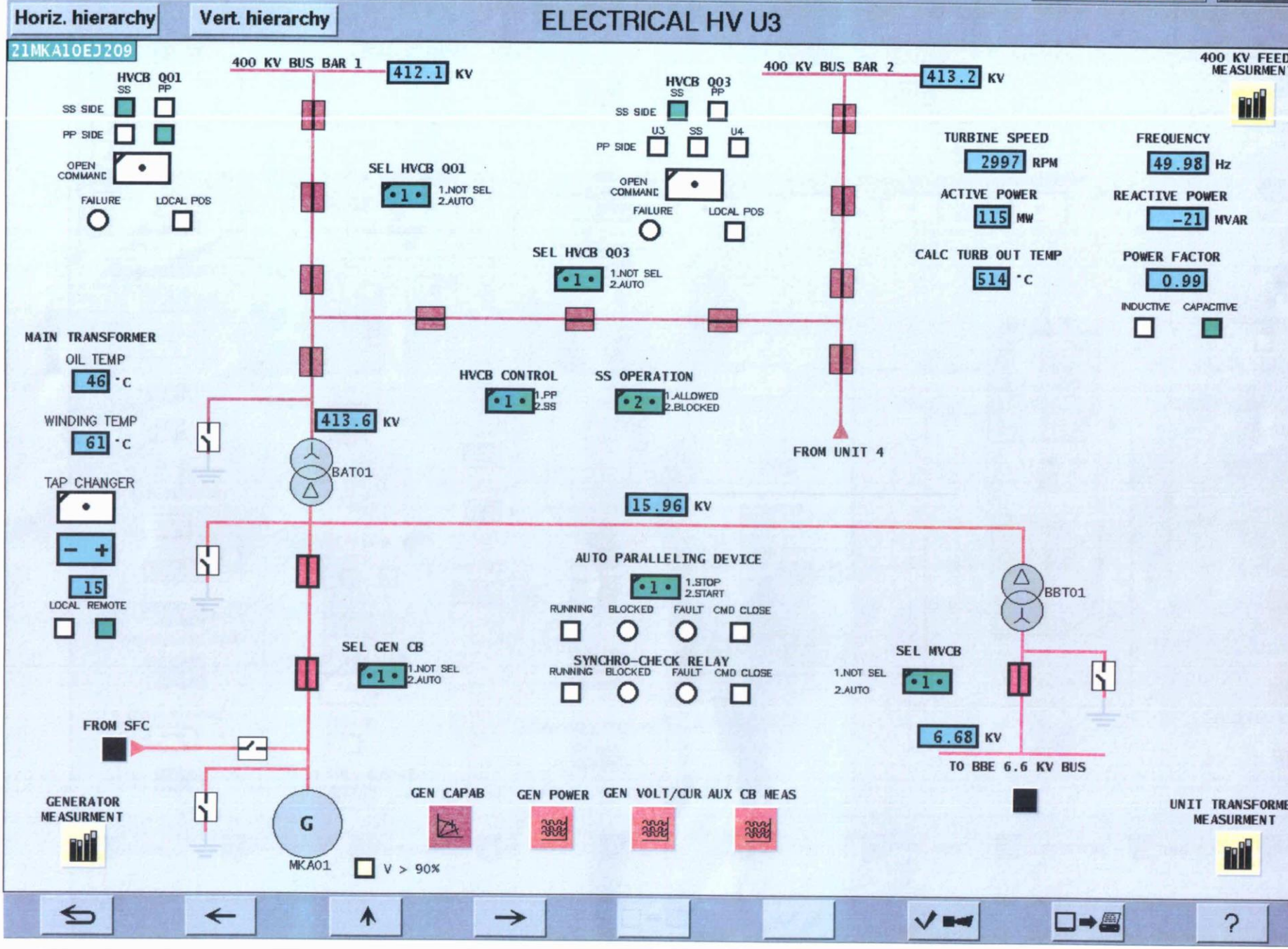
۴- قیمت یک نیروگاه توربین مدار بسته بدلیل وجود وسایل اضافی در آن، در حدود ۲/۵ برابر یک نیروگاه توربین گازی مدار باز ساده می باشد .

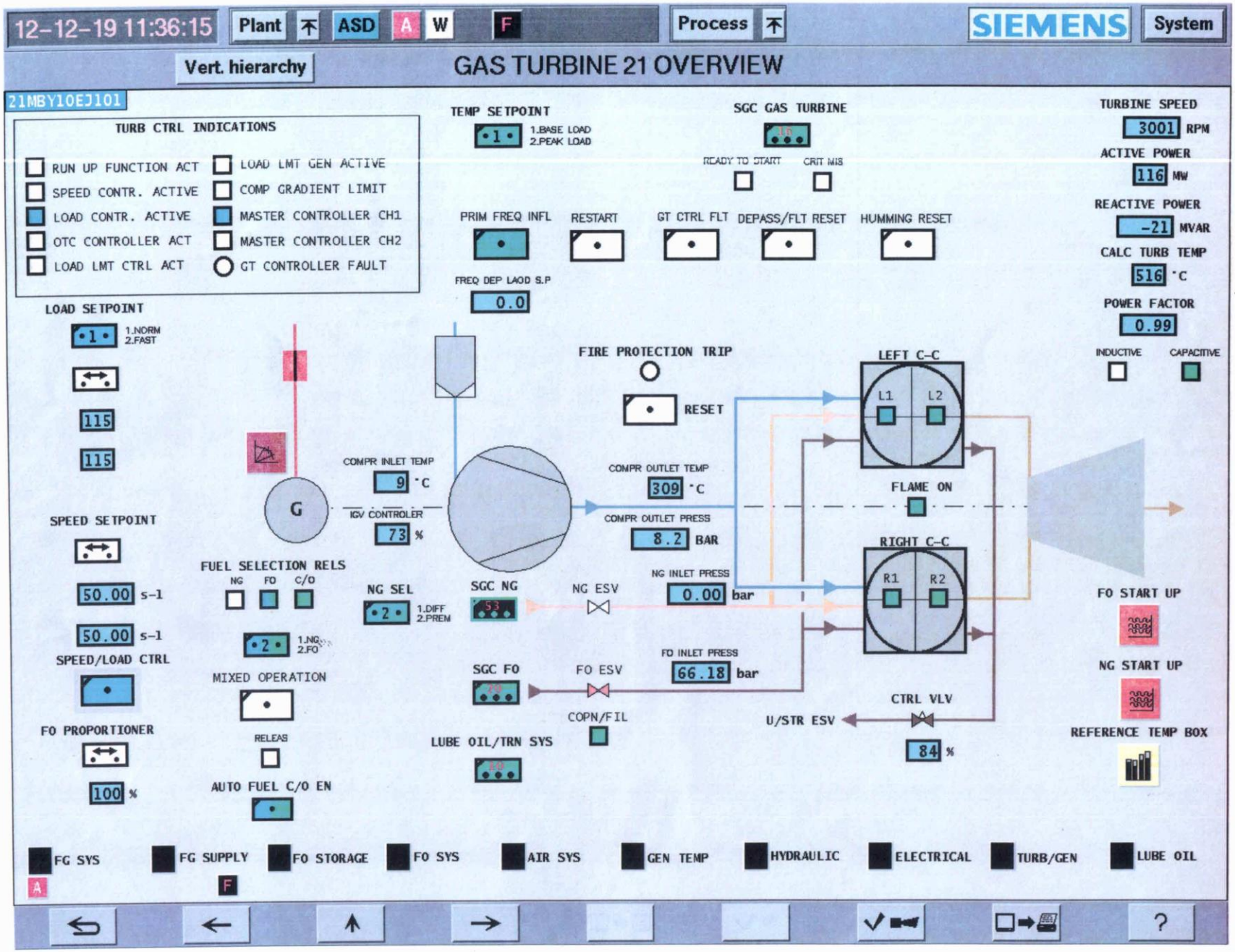
۵- از آنجایی که گاز داغ کن از نظر فنی معمولاً با مشکل مواجه می باشد، این نوع نیروگاه کمتر مورد استفاده قرار گرفته اند . البته نیروگاههای مدار بسته مجهز به راکتور هسته ای (به عنوان گاز داغ کن) در سالیان اخیر مورد توجه قرار گرفته اند .

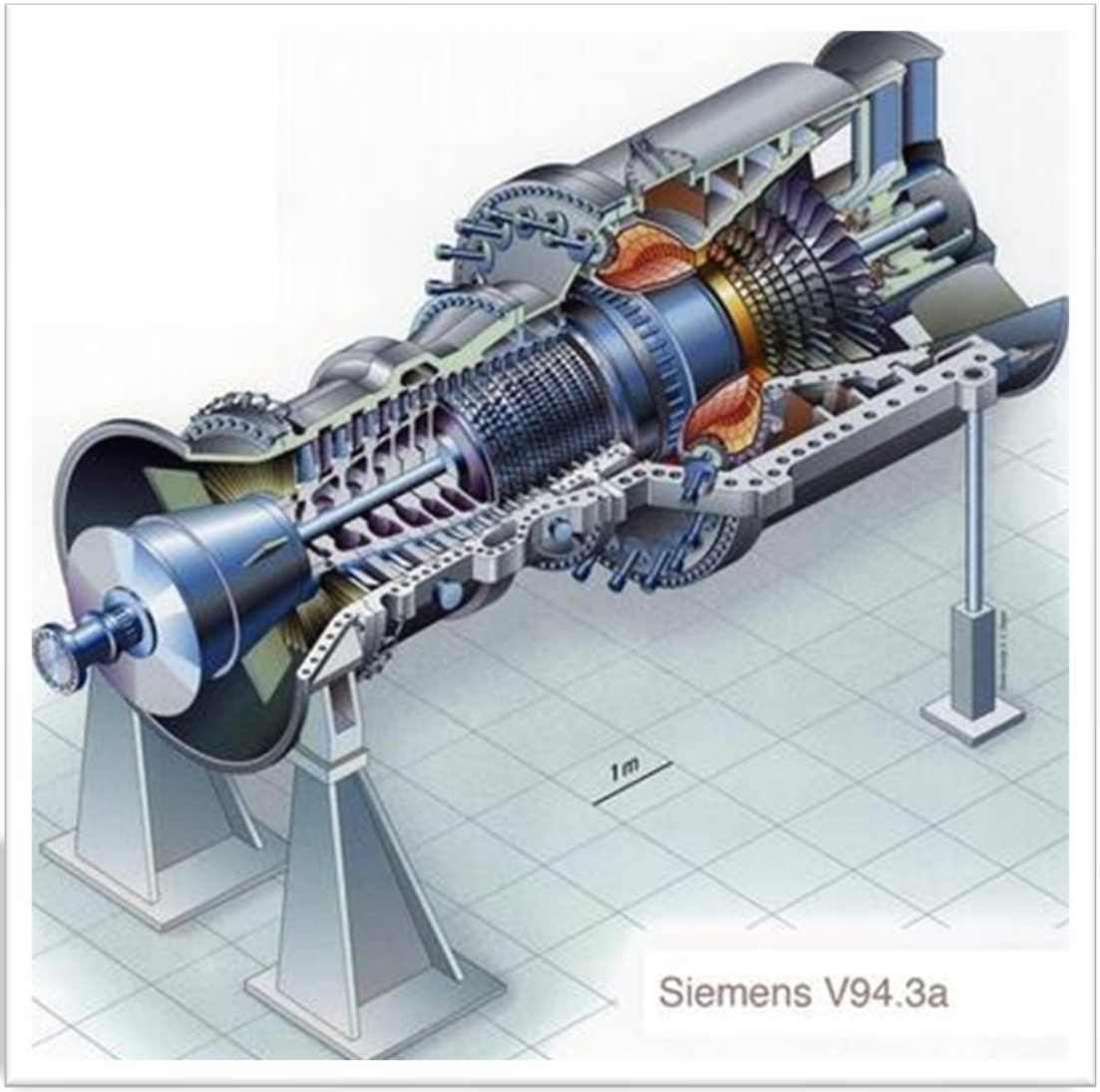
۶- بازدهی این نیروگاهها نسبت به نیروگاههای توربین گازی مدار باز ساده بیشتر و در حدود ۳۰% می

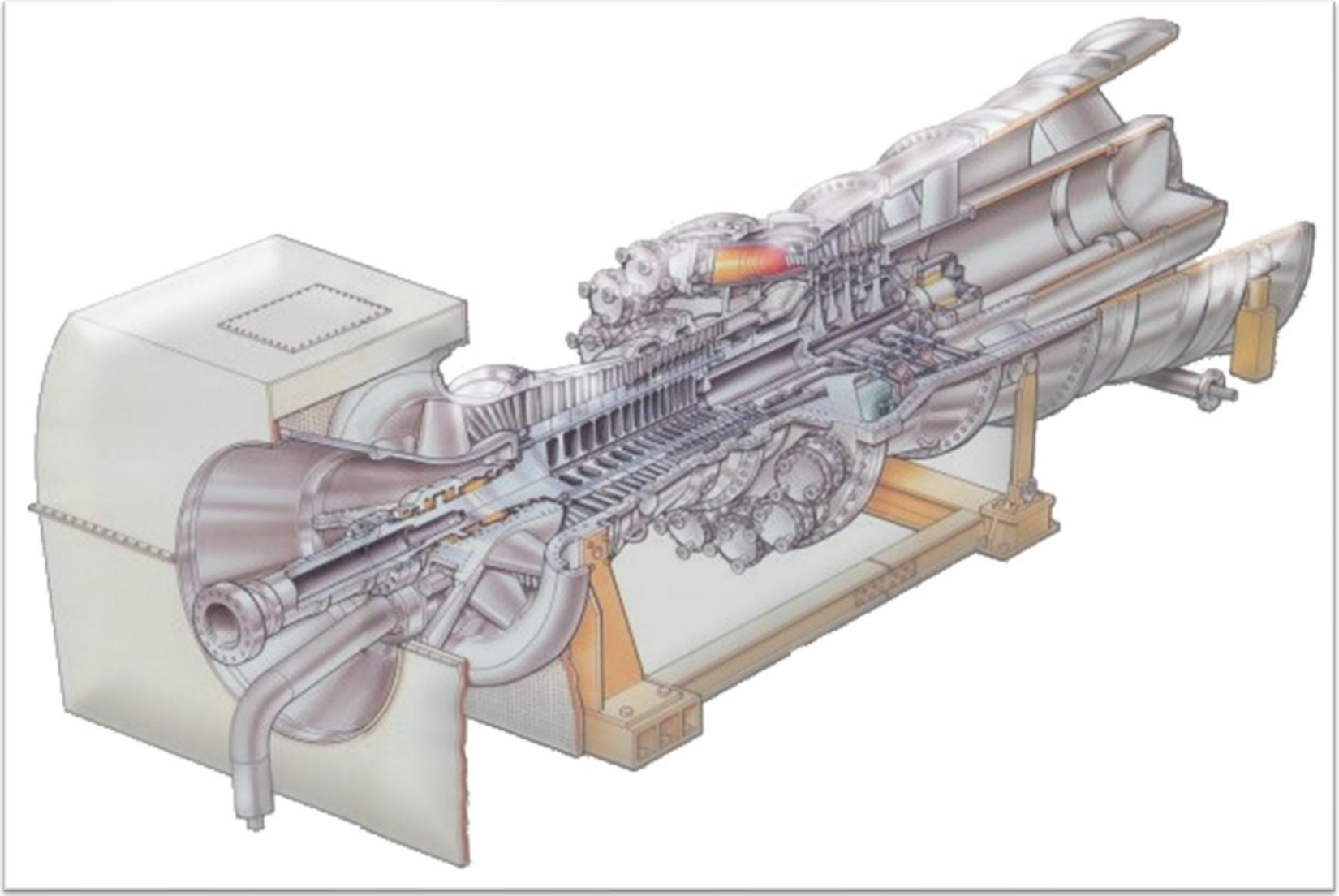
نیروگاه سیکل ترکیبی قائن

این نیروگاه دارای ۴ واحد گازی که ظرفیت هر کدام ۱۵۹ مگا وات می باشد.
واحدهای بخار هنوز احداث نشده است.


Horiz. hierarchy
Vert. hierarchy
ELECTRICAL HV U3
21MKA10EJ209
400 KV BUS BAR 1
412.1 KV
400 KV BUS BAR 2
413.2 KV
400 KV FEED MEASURMEN
HVCB Q01
SS PP
SS SIDE
PP SIDE
OPEN COMMANC
FAILURE
LOCAL POS
SEL HVCB Q01
1 1.NOT SEL 2.AUTO
HVCB Q03
SS PP
SS SIDE
U3 SS U4
PP SIDE
OPEN COMMANC
FAILURE
LOCAL POS
SEL HVCB Q03
1 1.NOT SEL 2.AUTO
TURBINE SPEED
2997 RPM
FREQUENCY
49.98 Hz
ACTIVE POWER
115 MW
REACTIVE POWER
-21 MVAR
CALC TURB OUT TEMP
514 °C
POWER FACTOR
0.99
INDUCTIVE CAPACITIVE
MAIN TRANSFORMER
OIL TEMP
46 °C
WINDING TEMP
61 °C
HVCB CONTROL
1 1.PP 2.SS
SS OPERATION
2 1.ALLOWED 2.BLOCKED
413.6 KV
BAT01
FROM UNIT 4
TAP CHANGER
15
LOCAL REMOTE
15.96 KV
AUTO PARALLELING DEVICE
1 1.STOP 2.START
RUNNING BLOCKED FAULT CMD CLOSE
SYNCHRO-CHECK RELAY
RUNNING BLOCKED FAULT CMD CLOSE
BBT01
SEL GEN CB
1 1.NOT SEL 2.AUTO
SEL MVCB
1.NOT SEL 2.AUTO
1
6.68 KV
TO BBE 6.6 KV BUS
FROM SFC
GENERATOR MEASURMENT
G
MKA01
V > 90%
GEN CAPAB
GEN POWER
GEN VOLT/CUR AUX CB MEAS
UNIT TRANSFORME MEASURMENT
?

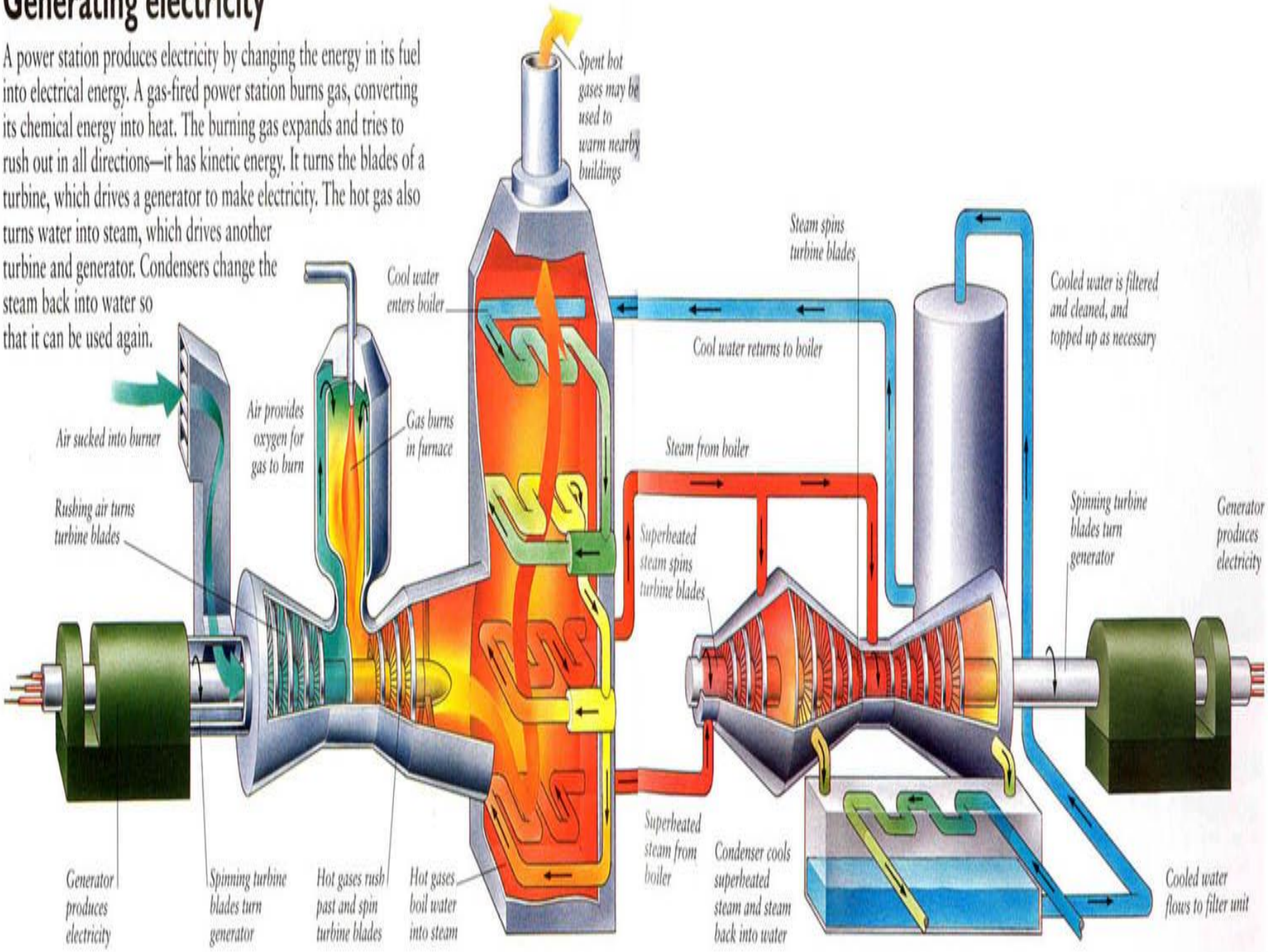

12-12-19 11:36:15
Plant
ASD
A
W
F
Process
SIEMENS
System
Vert. hierarchy
GAS TURBINE 21 OVERVIEW
21MBY10EJ101
TURB CTRL INDICATIONS
RUN UP FUNCTION ACT
SPEED CONTR. ACTIVE
LOAD CONTR. ACTIVE
OTC CONTROLLER ACT
LOAD LMT CTRL ACT
LOAD LMT GEN ACTIVE
COMP GRADIENT LIMIT
MASTER CONTROLLER CH1
MASTER CONTROLLER CH2
GT CONTROLLER FAULT
TEMP SETPOINT
1.BASE LOAD
2.PEAK LOAD
SGC GAS TURBINE
READY TO START
CRIT MIS
TURBINE SPEED
3001 RPM
ACTIVE POWER
116 MW
REACTIVE POWER
-21 MVAR
CALC TURB TEMP
516 °C
POWER FACTOR
0.99
INDUCTIVE
CAPACITIVE
PRIM FREQ INFL
RESTART
GT CTRL FLT
DEPASS/FLT RESET
HUMMING RESET
FREQ DEP LAOD S.P
0.0
LOAD SETPOINT
1.NORM
2.FAST
115
115
SPEED SETPOINT
50.00 s-1
50.00 s-1
SPEED/LOAD CTRL
FO PROPORTIONER
100 %
FUEL SELECTION RELS
NG
FO
C/O
1.NG
2.FO
MIXED OPERATION
RELEAS
AUTO FUEL C/O EN
G
COMPR INLET TEMP
9 °C
IGV CONTROLER
73 %
FIRE PROTECTION TRIP
RESET
COMPR OUTLET TEMP
309 °C
COMPR OUTLET PRESS
8.2 BAR
NG SEL
1.DIFF
2.PREM
SGC NG
NG ESV
NG INLET PRESS
0.00 bar
SGC FO
FO ESV
FO INLET PRESS
66.18 bar
COPN/FIL
LUBE OIL/TRN SYS
LEFT C-C
L1
L2
FLAME ON
RIGHT C-C
R1
R2
U/STR ESV
CTRL VLV
84 %
FO START UP
NG START UP
REFERENCE TEMP BOX
FG SYS
FG SUPPLY
FO STORAGE
FO SYS
AIR SYS
GEN TEMP
HYDRAULIC
ELECTRICAL
TURB/GEN
LUBE OIL
A
F


1 m
Siemens V94.3a



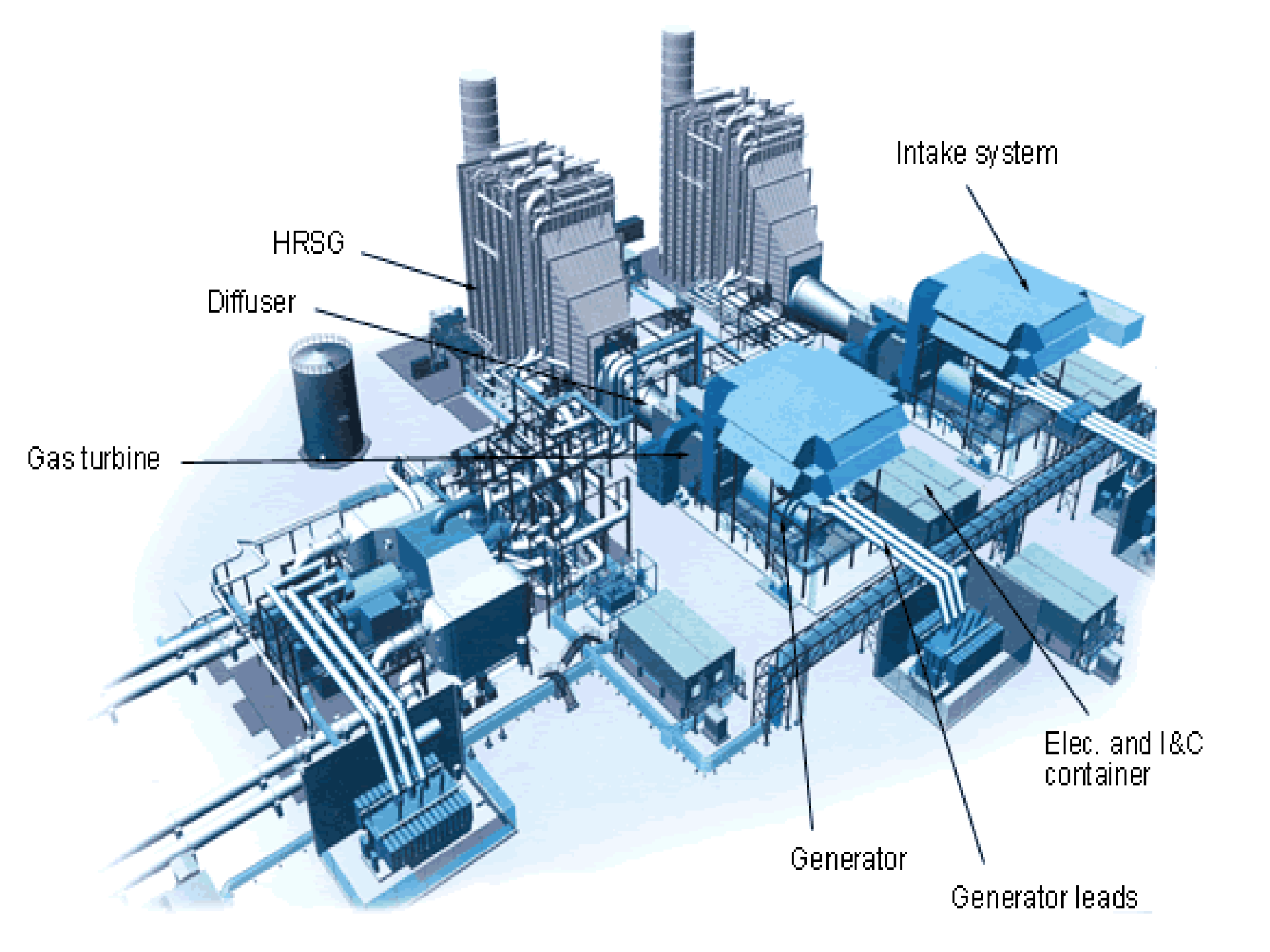
Generating electricity

A power station produces electricity by changing the energy in its fuel into electrical energy. A gas-fired power station burns gas, converting its chemical energy into heat. The burning gas expands and tries to rush out in all directions—it has kinetic energy. It turns the blades of a turbine, which drives a generator to make electricity. The hot gas also turns water into steam, which drives another turbine and generator. Condensers change the steam back into water so that it can be used again.



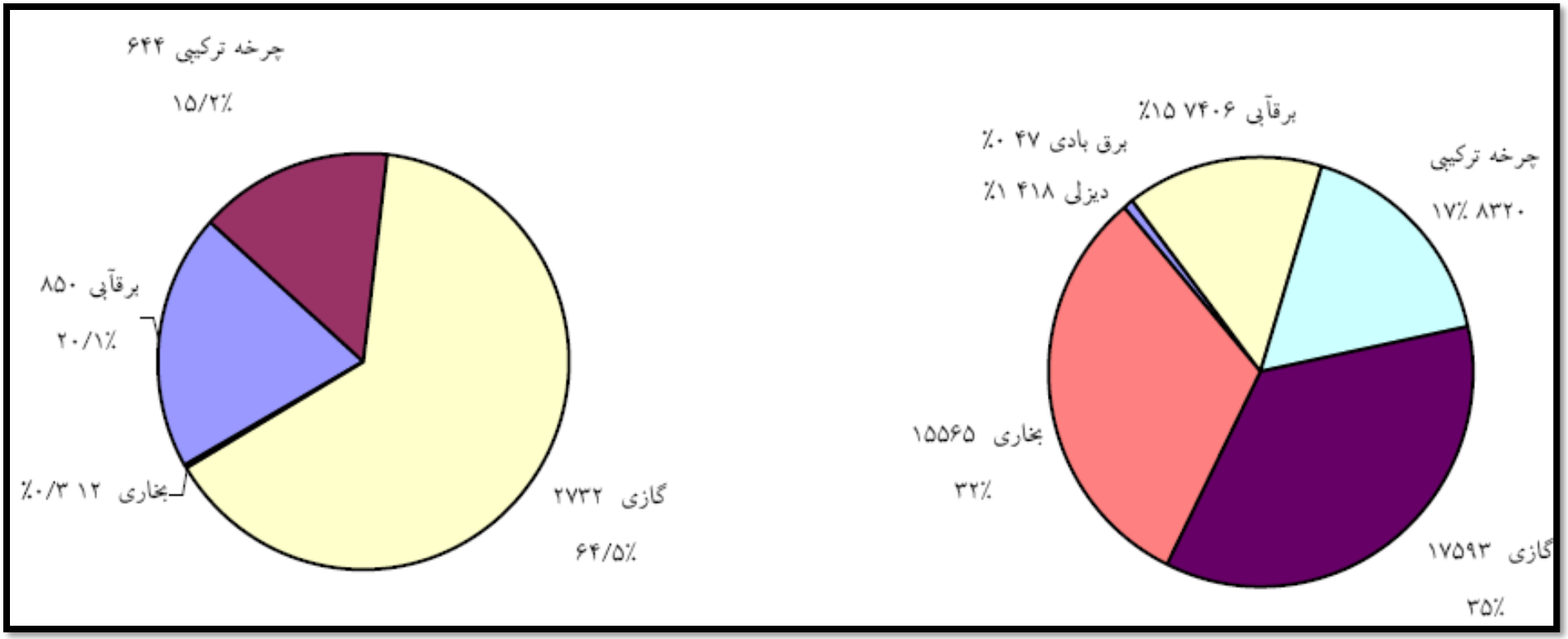
Central de ciclo combinado de Campo de Gibraltar, de 800 MW en San Roque (Cádiz), promovida por Nueva Generadora del Sur

800 MW Campo de Gibraltar Combined-Cycle Plant in San Roque (Cadiz), Developed by Nueva Generadora del Sur


Intake system
HRSG
Diffuser
Gas turbine
Elec. and I&C container
Generator
Generator leads

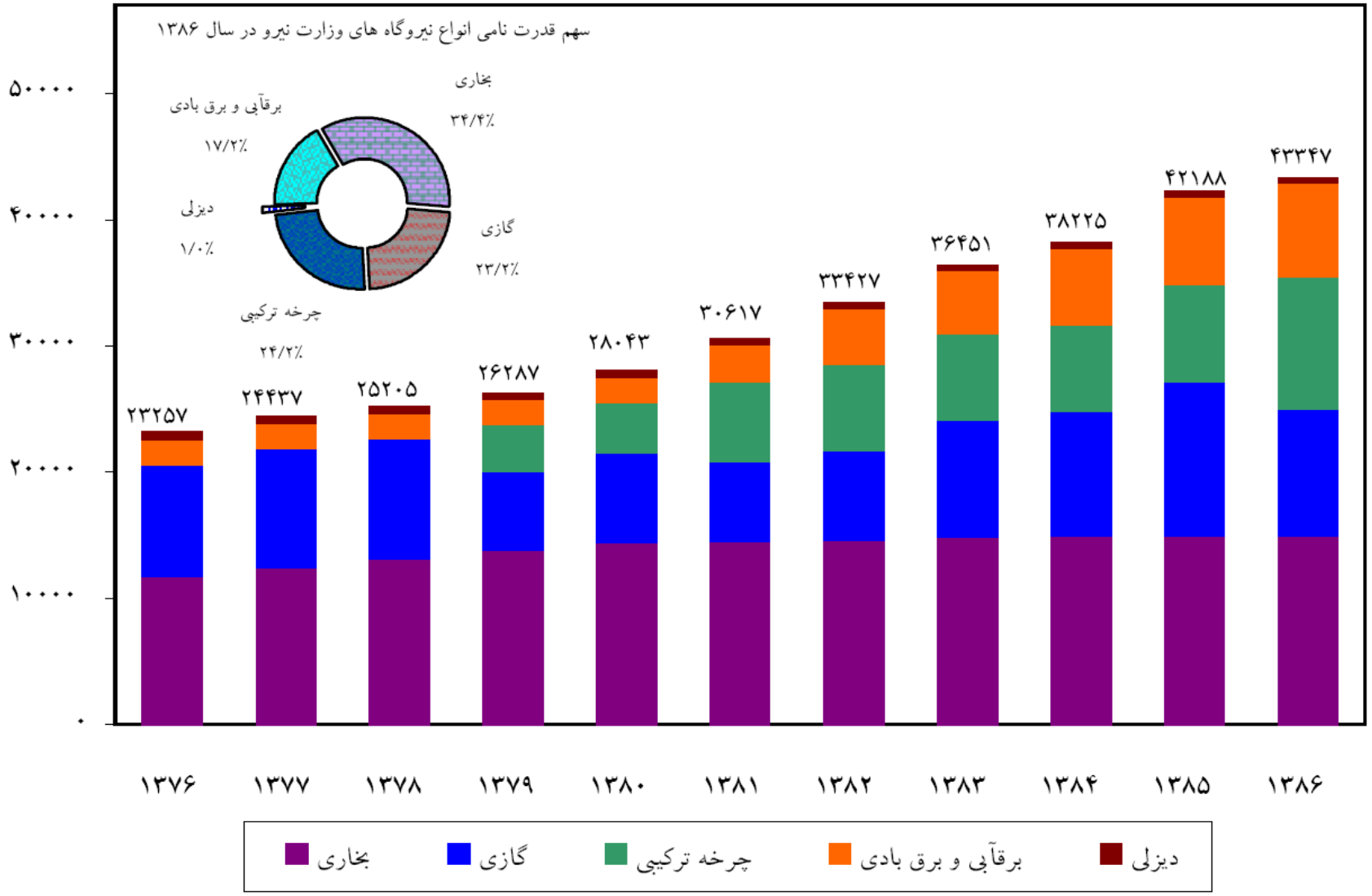
نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

مقدار و سهم ظرفیت نامی انواع نیروگاه‌های بهره‌برداری شده تا پایان سال ۱۳۸۶ (مگاوات)



مقدار و سهم ظرفیت نامی انواع نیروگاه‌های بهره‌برداری شده در سال ۱۳۸۶ (مگاوات)

قدرت نامی نیروگاه‌های وزارت نیرو در طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۷۶



نیروگاه سیکل ترکیبی

❖ **مزایا**

۱- بازدهی بالغ بر ۵۵ درصد

۲- راه‌اندازی سریع(قسمت توربین گازی) برای پوشش بارهای پیک

۳- مناسب بودن برای پوشش بارهای پایه

❖ **معایب**

❖ تفاوت طول عمر واحدهای بخار و گازی

نیروگاههای سیکل ترکیبی

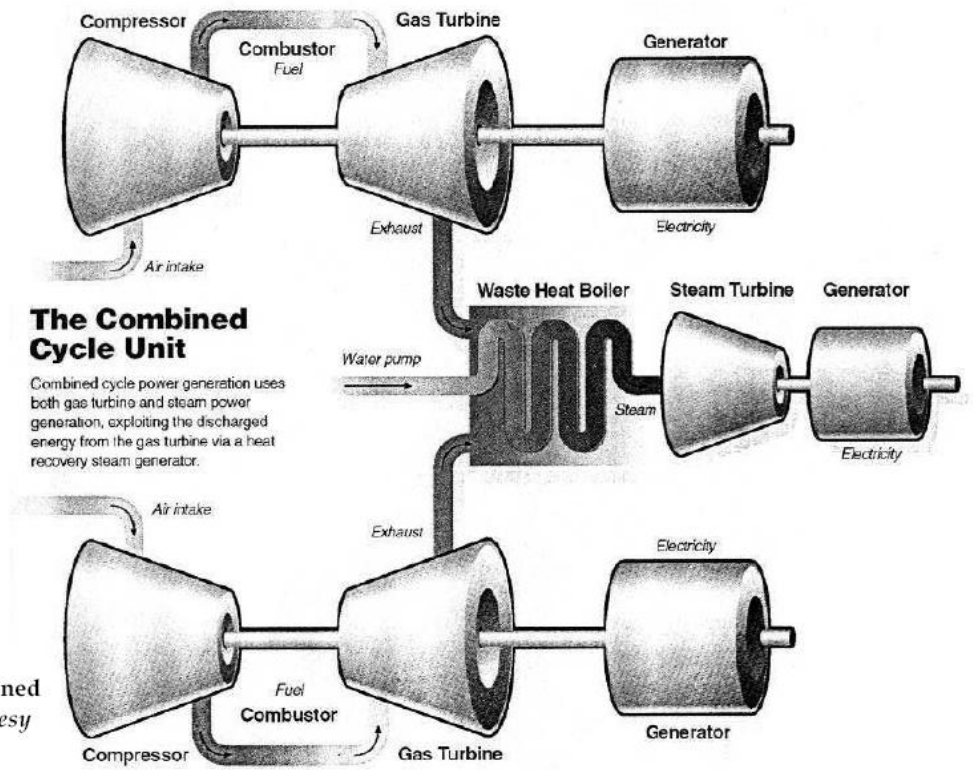


Figure 2-6. Combined Cycle Unit (*Courtesy Exxon The Lamp*)

انواع مختلف سیکل ترکیبی

۱- سیکل ترکیبی بدون مشع

۲- سیکل ترکیبی با مشعل

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بدون مشعل

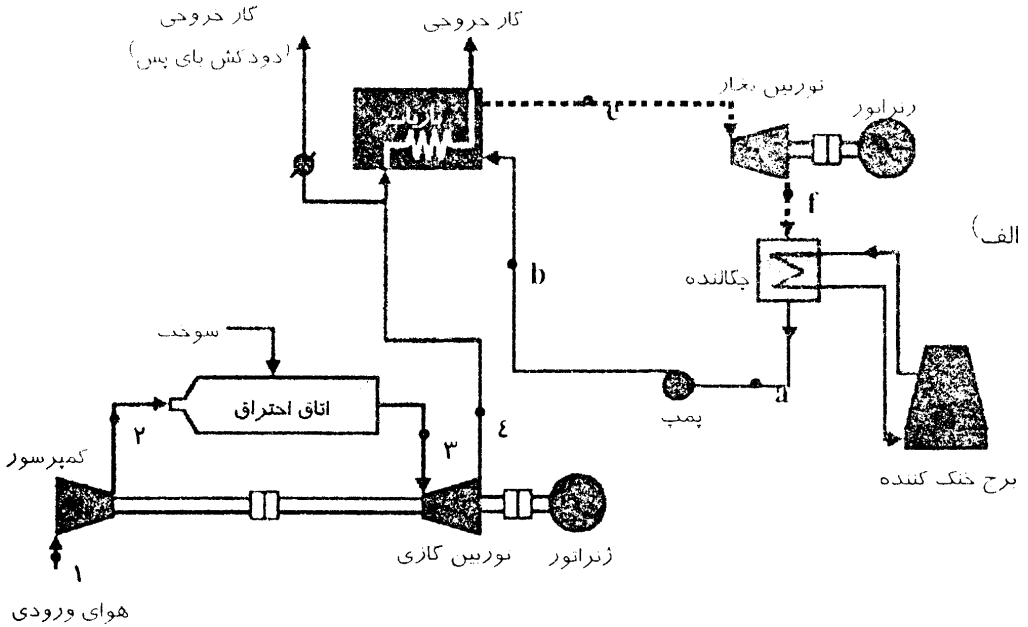
بازیاب حرارتی فاقد مشعل است وبدون اضافه کردن مواد سوختی تنها از حرارت گاز خروجی توربین گازی برای بخار آب استفاده می‌شود.

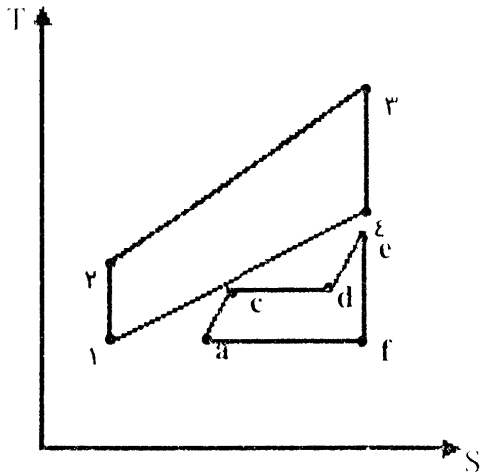
کارکرد سیکل ترکیبی براساس استفاده از دو سیکل برایتون و رانکین است.

قدرت تولیدی توسط واحد بخاری کم و در حدود نصف واحد توربین گازی

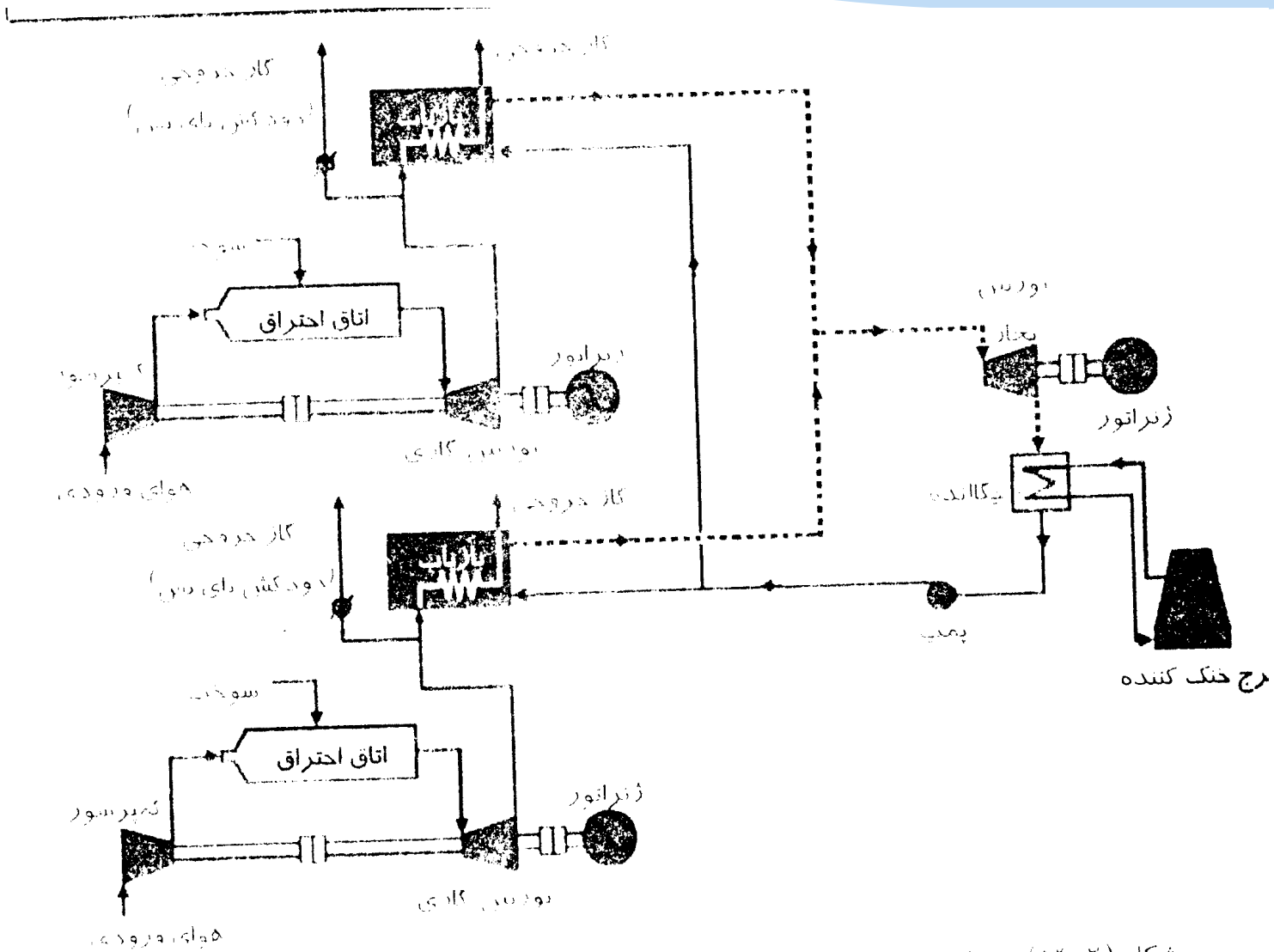
از گاز خروجی چند واحد گازی استفاده می‌شود

نیروگاه سیکل ترکیبی بدون مشعل





شکل (۲-۵۳): شمای کلی یک نیروگاههای سیکل ترکیبی بدون مشعل (شکل الف) و تحول ترمودینامیکی آن در دیاگرام T-S (شکل ب)


اتاق احتراق
اتاق احتراق
ژنراتور
کمپرسور
ژنراتور
کمپرسور
پمپ
مرج خنک کننده

نیروگاه سیکل ترکیبی بدون مشعل

- این نیروگاه‌ها به دو صورت تک فشاره و دو فشاره موجود می‌باشند.
- نیروگاه دوفشاره:

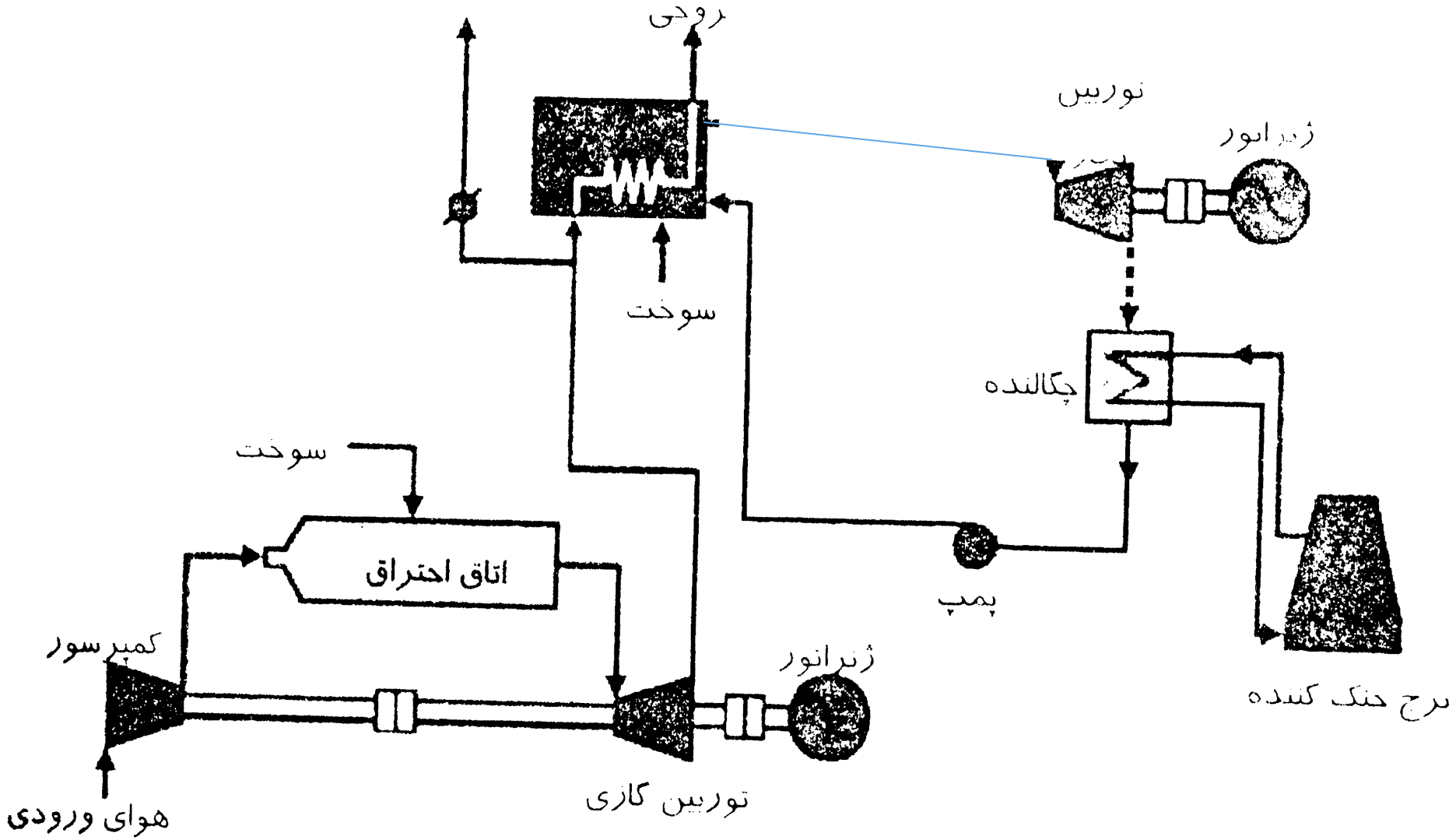
بازیاب حرارتی دارای یک قسمت تولید بخار با فشار بالا و یک قسمت تولید بخار با فشار پائین می‌باشد.

- عیب
- وابستگی تولید واحدهای بخاری به واحدهای گازی

نیروگاه سیکل ترکیبی با مشعل

- واحد توربین گازی به عنوان منبع تولید هوای احتراق عمل می‌کند
- مولد بخار بار هر سوختی حتی با زغال سنگ کار می‌کند.
- این نیروگاه‌ها نیز بصورت تک فشاره و دو فشاره وجود دارند.

شمای کلی یک نیروگاه سیکل ترکیبی با مشعل



شکل (۲-۵۶): شمای کلی یک نیروگاههای سیکل ترکیبی با مشعل

ZEEBRUGGE LNG TERMINAL - SIMPLIFIED PROCESS FLOW

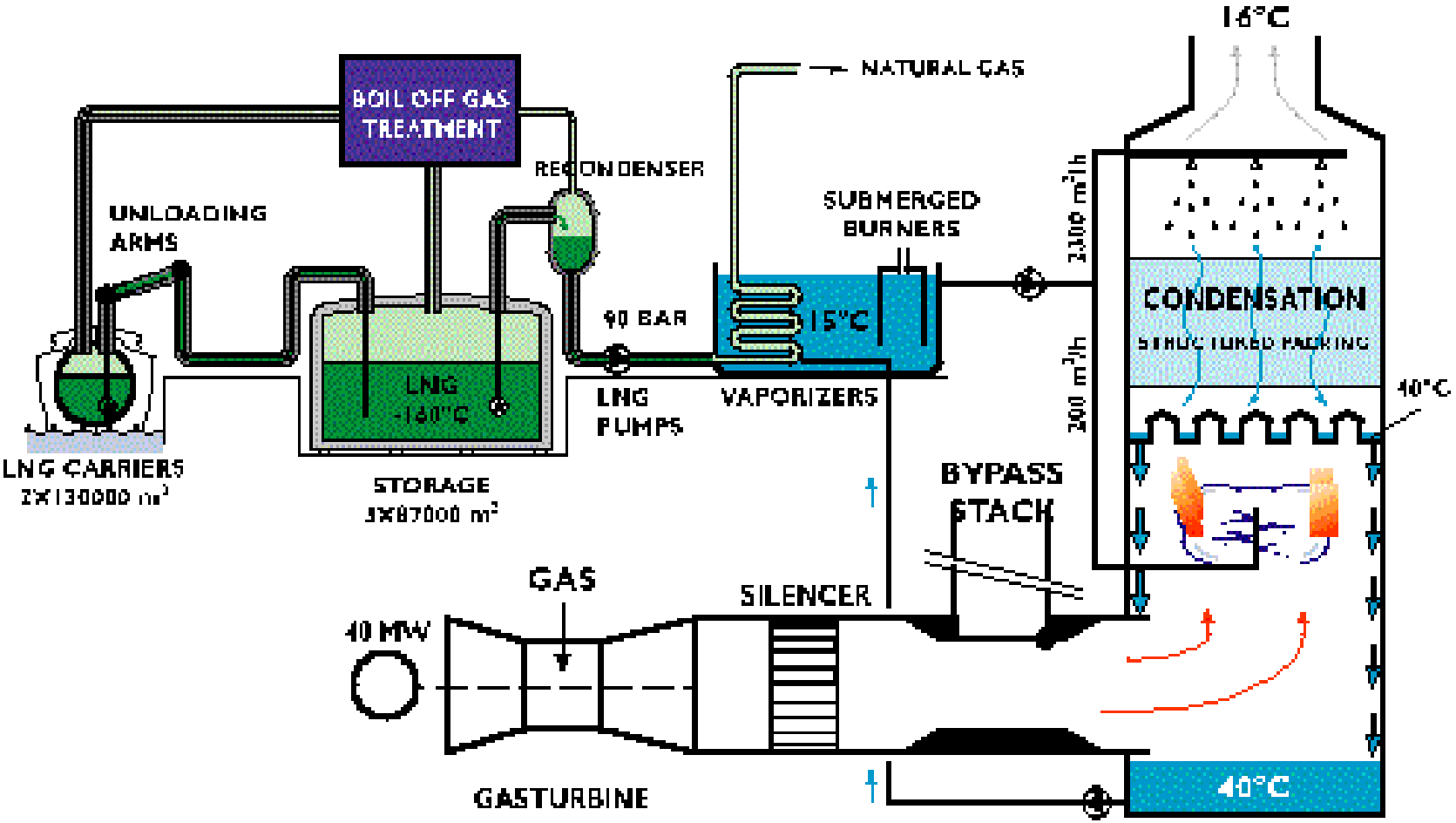
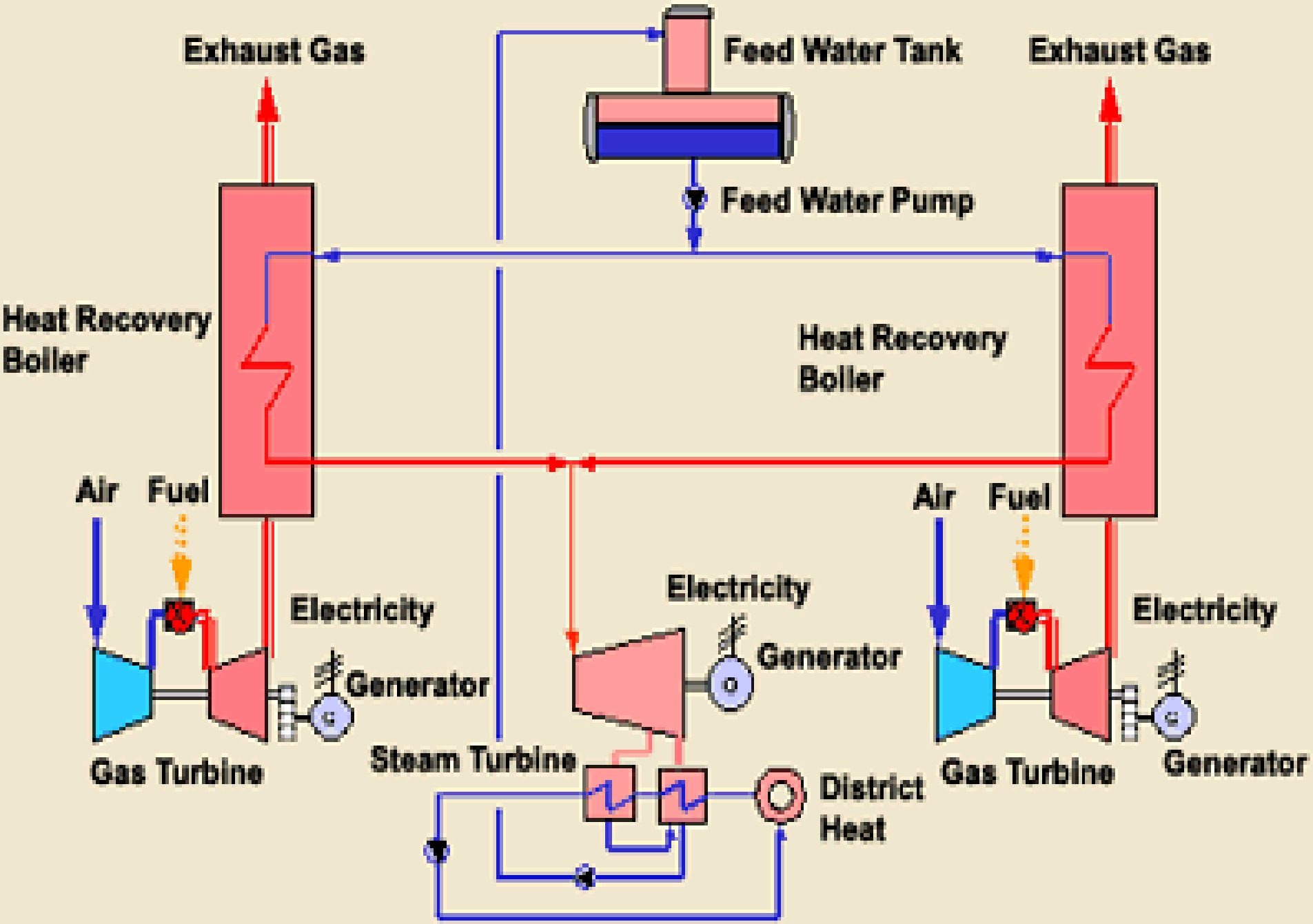
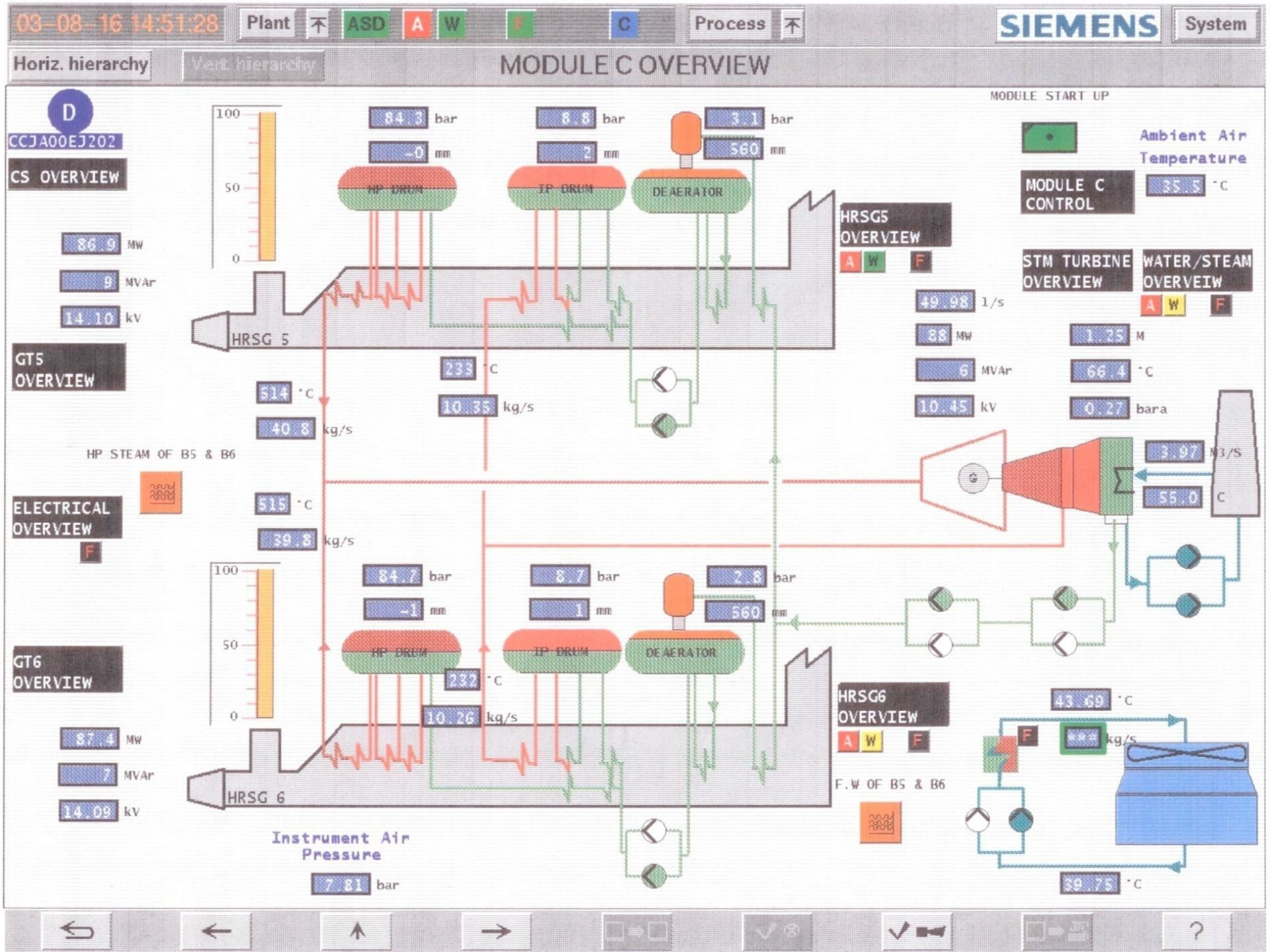


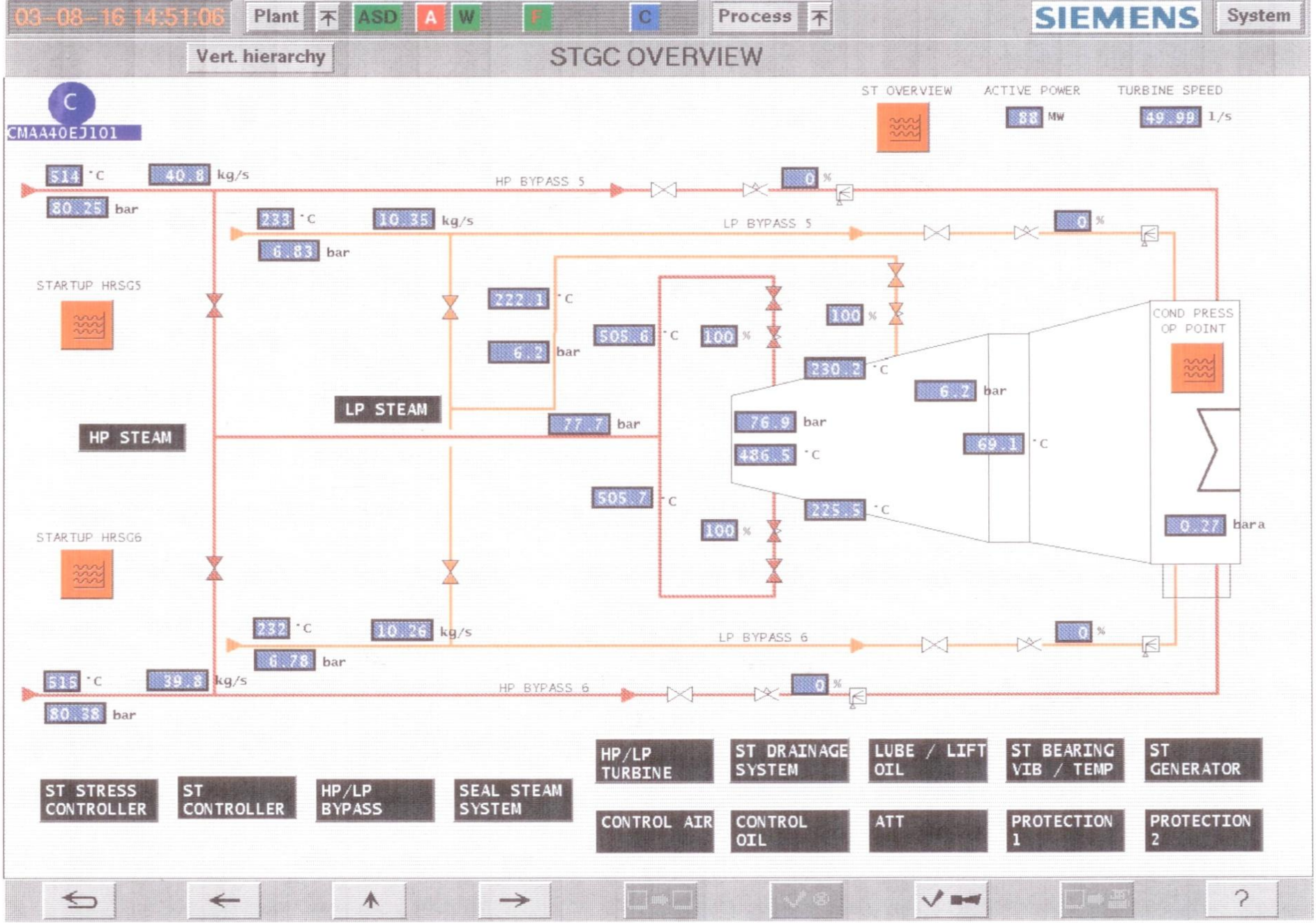
fig. 1

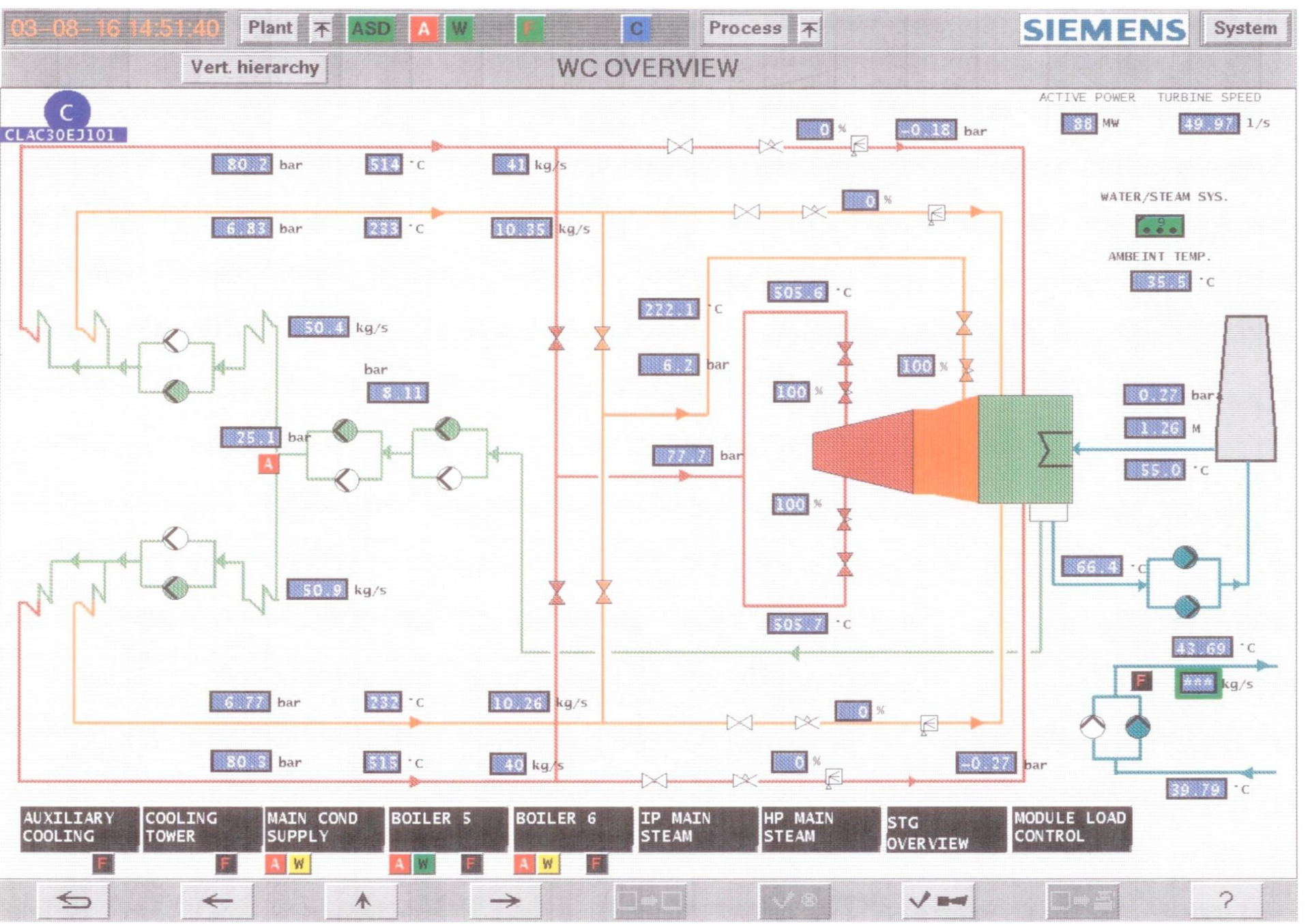
DISTRIGAS

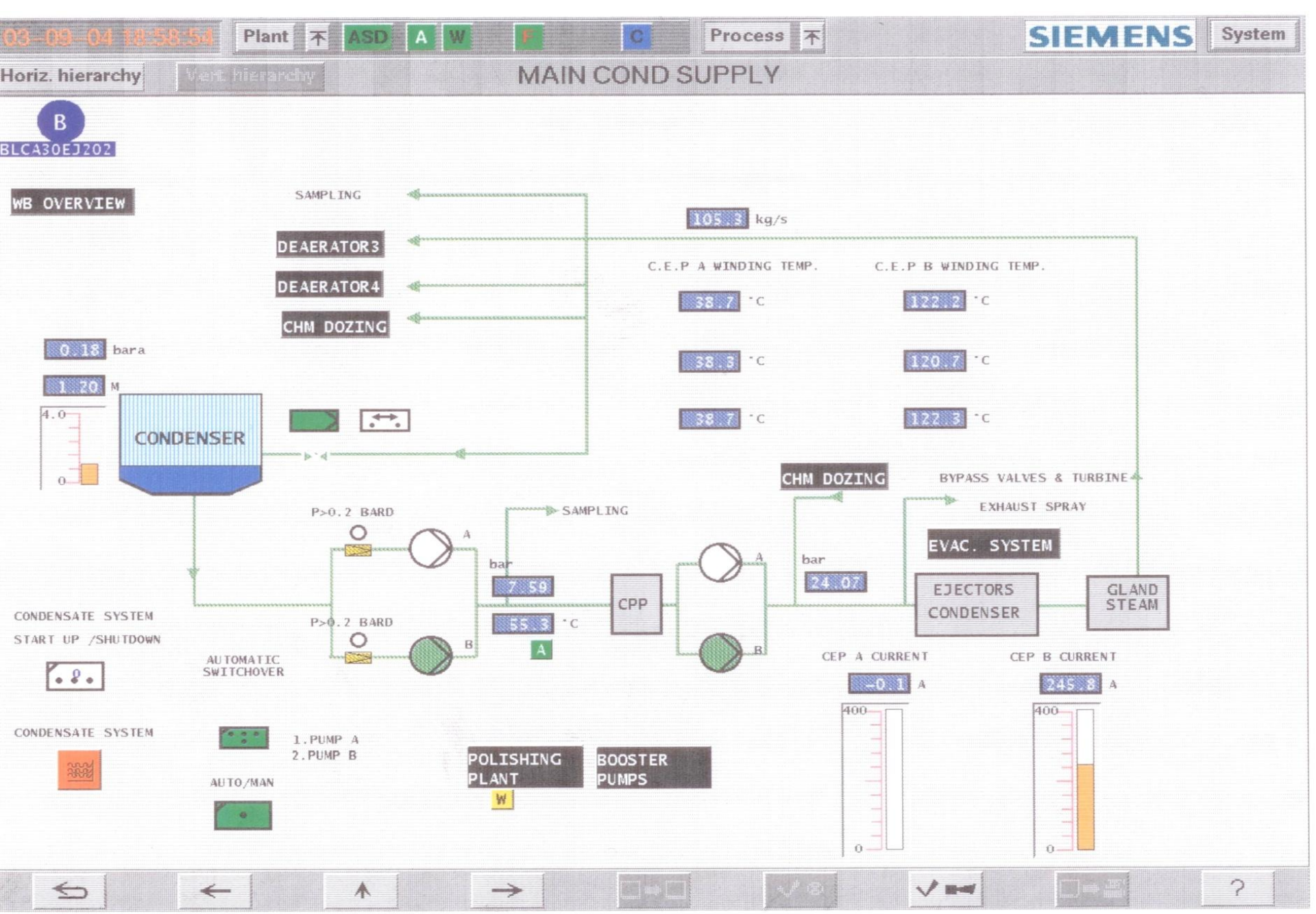

Exhaust Gas
Feed Water Tank
Exhaust Gas
Feed Water Pump
Heat Recovery Boiler
Heat Recovery Boiler
Air
Fuel
Air
Fuel
Electricity
Electricity
Electricity
Generator
Generator
Generator
Gas Turbine
Steam Turbine
Gas Turbine
District Heat

نیروگاه سیکل ترکیبی نیشابور


03-08-16 14:51:28
Plant
ASD
A
W
F
C
Process
SIEMENS
System
Horiz. hierarchy
Vert. hierarchy
MODULE C OVERVIEW
D
CCJA00EJ202
CS OVERVIEW
MODULE START UP
Ambient Air Temperature
MODULE C CONTROL
35.5 °C
86.9 MW
9 MVAr
14.10 kV
GT5 OVERVIEW
100
50
0
84.3 bar
-0 mm
HP DRUM
8.8 bar
2 mm
IP DRUM
3.1 bar
560 mm
DEAERATOR
HRSG5 OVERVIEW
A W F
HRSG 5
233 °C
10.35 kg/s
514 °C
40.8 kg/s
HP STEAM OF B5 & B6
ELECTRICAL OVERVIEW
F
515 °C
39.8 kg/s
49.98 l/s
88 MW
6 MVAr
10.45 kV
STM TURBINE OVERVIEW
WATER/STEAM OVERVEIW
A W F
1.25 M
66.4 °C
0.27 bara
3.97 M3/S
55.0 C
GT6 OVERVIEW
100
50
0
84.7 bar
-1 mm
HP DRUM
8.7 bar
1 mm
IP DRUM
2.8 bar
560 mm
DEAERATOR
232 °C
10.26 kg/s
HRSG6 OVERVIEW
A W F
HRSG 6
F.W OF B5 & B6
87.4 MW
7 MVAr
14.09 kV
Instrument Air Pressure
7.81 bar
43.69 °C
F
*** kg/s
39.75 °C


03-08-16 14:51:06
Plant
ASD
A
W
F
C
Process
SIEMENS
System
Vert. hierarchy
STGC OVERVIEW
C
CMAA40EJ101
ST OVERVIEW
ACTIVE POWER
88 MW
TURBINE SPEED
49.99 1/s
514 °C
40.8 kg/s
80.25 bar
HP BYPASS 5
0 %
233 °C
10.35 kg/s
6.83 bar
LP BYPASS 5
0 %
STARTUP HRSG5
222.1 °C
6.2 bar
505.6 °C
100 %
100 %
230.2 °C
6.2 bar
COND PRESS OP POINT
LP STEAM
77.7 bar
HP STEAM
76.9 bar
486.5 °C
69.1 °C
505.7 °C
225.5 °C
100 %
0.27 bara
STARTUP HRSG6
232 °C
10.26 kg/s
6.78 bar
LP BYPASS 6
0 %
515 °C
39.8 kg/s
80.38 bar
HP BYPASS 6
0 %
HP/LP TURBINE
ST DRAINAGE SYSTEM
LUBE / LIFT OIL
ST BEARING VIB / TEMP
ST GENERATOR
ST STRESS CONTROLLER
ST CONTROLLER
HP/LP BYPASS
SEAL STEAM SYSTEM
CONTROL AIR
CONTROL OIL
ATT
PROTECTION 1
PROTECTION 2
?

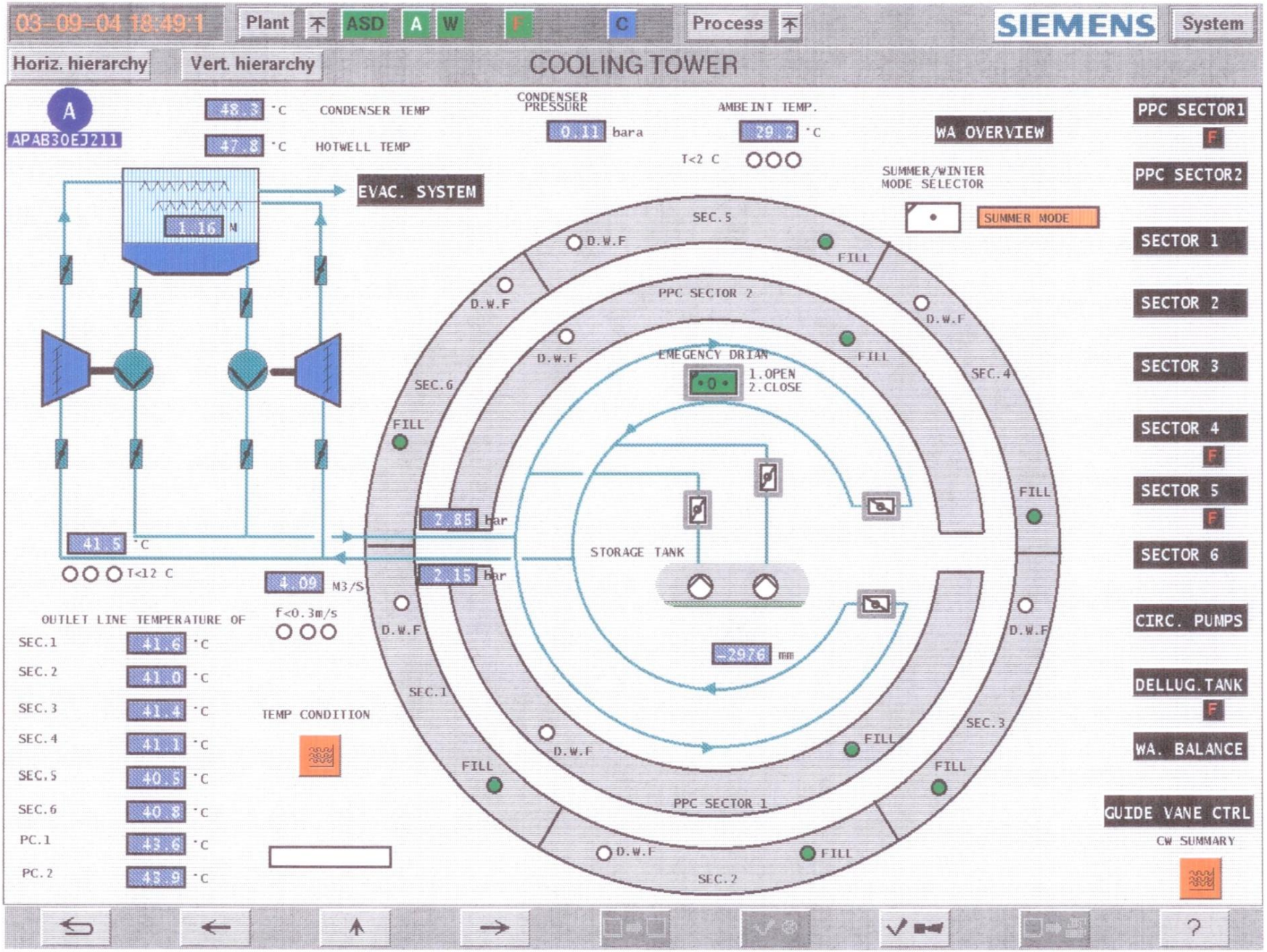

03-08-16 14:51:40
Plant
ASD
A
W
F
C
Process
SIEMENS
System
Vert. hierarchy
WC OVERVIEW
ACTIVE POWER
TURBINE SPEED
88 MW
49.97 1/s
CLAC30EJ101
80.7 bar
514 °C
41 kg/s
0 %
-0.18 bar
6.83 bar
283 °C
10.35 kg/s
0 %
WATER/STEAM SYS.
AMBEINT TEMP.
35.5 °C
50.4 kg/s
bar
8.11
222.1 °C
505.6 °C
6.2 bar
100 %
100 %
0.27 bar
1.26 M
25.1 bar
A
77.7 bar
55.0 °C
100 %
66.4 °C
50.9 kg/s
505.7 °C
43.69 °C
F
*** kg/s
6.77 bar
232 °C
10.26 kg/s
0 %
80.3 bar
515 °C
40 kg/s
0 %
-0.27 bar
39.79 °C
AUXILIARY COOLING
COOLING TOWER
MAIN COND SUPPLY
BOILER 5
BOILER 6
IP MAIN STEAM
HP MAIN STEAM
STG OVERVIEW
MODULE LOAD CONTROL
F
F
A W
A W F
A W F


03-09-04 18:58:54
Plant
ASD
A
W
F
C
Process
SIEMENS
System
Horiz. hierarchy
Vert. hierarchy
MAIN COND SUPPLY
B
BLCA30EJ202
WB OVERVIEW
SAMPLING
105.3 kg/s
DEAERATOR3
DEAERATOR4
CHM DOZING
C.E.P A WINDING TEMP.
C.E.P B WINDING TEMP.
38.7 °C
38.3 °C
38.7 °C
122.2 °C
120.7 °C
122.3 °C
0.18 bara
1.20 M
4.0
0
CONDENSER
CHM DOZING
BYPASS VALVES & TURBINE
EXHAUST SPRAY
P>0.2 BARD
SAMPLING
A
bar
7.59
55.3 °C
A
CPP
A
B
bar
24.07
EVAC. SYSTEM
EJECTORS CONDENSER
GLAND STEAM
CONDENSATE SYSTEM
START UP /SHUTDOWN
P>0.2 BARD
B
AUTOMATIC SWITCHOVER
CEP A CURRENT
-0.1 A
CEP B CURRENT
245.8 A
400
0
400
0
CONDENSATE SYSTEM
1.PUMP A
2.PUMP B
AUTO/MAN
POLISHING PLANT
W
BOOSTER PUMPS
?

برج خنک کننده:

- در نیروگاه سیکل ترکیبی نیشابور سه برج خنک کننده برای هر واحد بخار یکی وجود دارد. ارتفاع این برجها حدود ۱۰۶ متر می باشد. هر برج دارای ۶ سکتور است.
- سکتور (sector) : هر سکتور از ۳۲ رادیاتور تشکیل شده که به صورت دلتا قرار می‌گیرند که نهایت ۱۶ دلتا دارد.
- ارتفاع رادیاتورها به ۲۰ متر می رسد.
- روبروی هر سه سکتور یک سکتور پیک کولر داریم. که در هر سکتور پیک کولر ۶ فن داریم که قابلیت اسپری آب بروی هر کدام از رادیاتورها را

- آب برگشتی از Colling Tower به علت ارتفاع حدود ۲۰ متر رادیاتها دارای یک انرژی پتانسیل می باشد و فشار خط برگشت حدود ۲ bar می باشد. جهت استفاده بهینه از انرژی و راندمان بیشتر این انرژی پتانسیل توسط وسیله ای به نام هیدروتوربین که با الکتروموتور CWP پمپ ها هم محور شده و به انرژی الکتریکی تبدیل می شود که این امر خود باعث شده از سوی الکتروموتور انرژی الکتریکی کمتری جهت راه اندازی پمپ CWP (Circulating Water Pump) مصرف شود و همچنین فشار خط برگشت پس از خروج از هیدروتوربین حدود ۲/۰ bar است.که این امر خود از نظر بهره برداری چون کندانسور تحت خلا می باشد شرایط نرمال را مهیا می کند.



[DYNx] IXPOM650, a4x726.hc at 04.09.2003 18:49:12(LT)

پمپ‌های واحد بخار

۱ - فید پمپ

- برای تزریق آب از دی اریتور به درام های HP و IP استفاده می شود. دو تا هستند که یکی کمکی است و در بیرون Power house قرار دارند. نوع پمپ فید پمپ ها از نوع سانتریفوژ می باشد. جهت درام HP از مرحله انتهایی آن برداشت می شود که فشار خروجی این استپ حدود ۱۳۰ بار می باشد و جهت درام IP از استپ دوم که دارای فشاری حدود ۲۴ بار و کلاً ۱۰ استپ دارد.

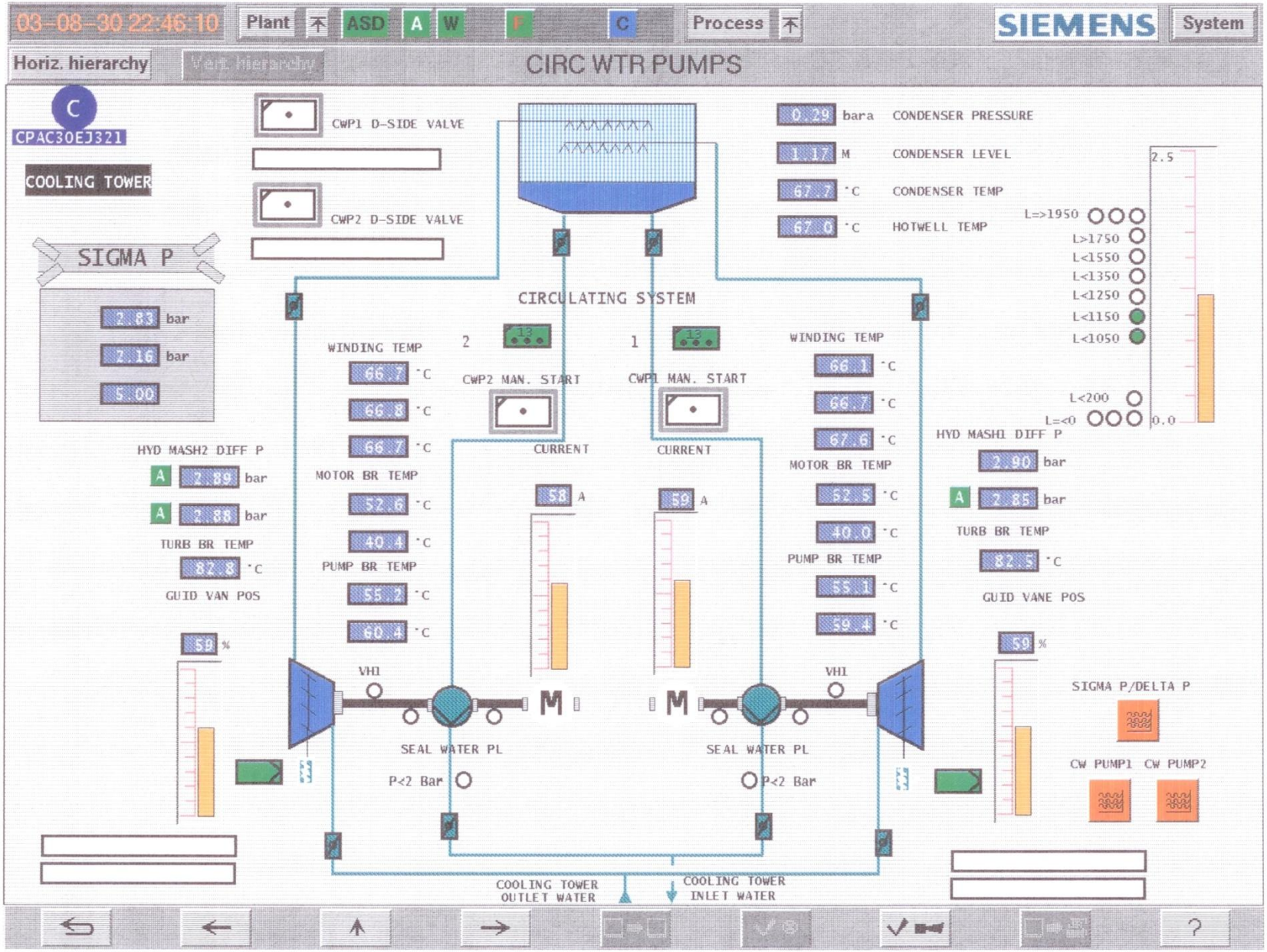
۲- CWP (Circulating Water Pump) پمپ سیر کوله آب

- (سیرکوله کردن یعنی آب یک مسیر بسته را طی می کند) دو پمپ دارد که هر کدام ۵۰% کارکرد را انجام می دهند. در زمانی یک پمپ می تواند در مدار باشد که بار واحد نصف حالت Full Load باشد یا اینکه یک بویلر در مدار داشته باشیم. بعد از کندانسور قرار دارد و وظیفه آن هدایت آب از کندانسور به برج خنک کننده است که با همین انرژی داده شده به آب، آب از برج بعد از تبادل حرارتی با محیط مجددا به کندانسور برگشته و از طریق یک سری نازل که داخل کندانسور تعبیه شده است بروی بخار خروجی از اگزاست توربین بخار که وارد کندانسور شده اسپری شده و باعث کندانس (تقطیر شدن) بخار در کندانسور می شود و این امر بطور دائم ادامه دارد.

- در ضمن دمای آب رفت و برگشت از Cooling Tower (برج خنک کننده) ۱۰ درجه با همدیگر اختلاف دارند. ضمناً به علت اینکه ارتفاع رادیاتهای خنک کننده Cooling حدود ۲۰ متر می باشد و آب برگشتی از این رادیاتها دارای یک انرژی پتانسیل می باشد. این انرژی پتانسیل توسط وسیله ای به نام هیدروتوربین که روی محور CWP و الکتروموتور آن نصب شده به انرژی مکانیکی تبدیل می شود که این امر خود باعث افزایش راندمان واحد می شود.

هیدروتوربین

- هیدروتوربین تشکیل شده است از یک توربین آبی و قسمتی به نام گایدوند که وظیفه تنظیم دبی خروجی از هیدروتوربین را بر عهده دارد. آب برگشتی از کولینگ که دارای فشاری حدود ۲بار می باشد وارد هیدروتوربین شده و انرژی پتانسیل آن در توربین آبی به انرژی مکانیکی تبدیل (توسط چرخش پره های توربین)شده و از هیدروتوربین با کنترل گایدوند به سمت کندانسور جریان می یابد.
- وظیفه گایدون: اینست که فشار آب رفت و برگشت سیستم کوبلینگ را به گونه ای تنظیم نماید که رادیاتهای خنک کاری به طور کامل آبگیری شوند و احتمال نفوذ هوا سیستم حداقل گردد. و وظیفه دیگر آن تنظیم اختلاف فشار در دو سر هیدروتوربین جهت ایجاد بهترین راندمان برای هیدروتوربین می باشد (بیشترین انرژی مکانیکی را بوجود آورد)



[DYNx] IXPOM650, a4x608.hc at 30.08.2003 22:46:10(LT)

اکستر کشن پمپ:

- دو عدد پمپ با ظرفیت ۱۰۰درصد می باشد به این مفهوم که یکی از آنها در وضعیت Opreation ودیگری Stand by می باشد. این پمپ وظیفه برداشت آب از کندانسور و پمپاژ آن جهت ساکشن بوستر پمپ را بر عهده دارد.
- (ساکشن= ورودی پمپ دیشارژ(di charge)=خروجی پمپ) این پمپ به علت اینکه آب را می بایست از کندانسور برداشت کند و کندانسور تحت خلا می باشد به علت اینکه پدیده کاویتاسیون (پدیده ای است که در صورت پایین بودن فشار در ساکشن پمپ احتمال تبخیر آب در ساکشن پمپ و سپس انتقال این بخار به سمت دیشارژ پمپ وجود دارد و به علت اینکه فشار در دیشاژ افزایش می یابد در این عمل تغییر فاز گاز به مایع ایجاد شده و به علت اینکه به وجود آمدن خلا بین پره های پمپ ایجاد ضربه و خوردگی و شکستن پره ها را در پی دارد) بوجود نیاید این پمپها را ۱۸۰ چاله

آب پمپاژ شده توسط این پمپها پس از عبور از CPP (تصفیه بین راهی) که شامل فیلتر و مخزنی از رزین جهت حذف ذرات معلق و همچنین یونهای مثبت و منفی موجود در آب به ساکشن بوسترپمپ رسیده و توسط این پمپها که دو عدد پمپ با ظرفیت ۱۰۰درصد می باشند که یکی در مدار و دیگری در حالت Stand by می باشد به سمت Detractor بویلرپمپاژ می شود. که فشار خروجی از این پمپها حدود ۲۵ بار می باشد.

اژکتور(Ejector):

- اژکتور نوعی پمپ می باشد که در آن هیچ گونه حرکت مکانیکی وجود ندارد و اصل کار آن به این شکل است که یک جت سیال (سیال با فشار) که در نیروگاه معمولا از بخار استفاده می شود. با عبور از اژکتور که به شکل ونتوری ساخته شده فشار خود را از دست داده و تبدیل به سرعت شده و در دهانه مکش ایجاد خلاء نموده و باعث مکش می شود. از این وسیله در نیروگاه جهت ایجاد خلاء اولیه در زمان راه اندازی واحد کندانسور توسط اژکتوری به نام hogging هاگینگ و در زمان کار واحد جهت خارج ساختن گاز های غیر قابل تقطیر از کندانسور توسط اژکتوری به نام holding استفاده می شود.

- تفاوت هاگینگ و هولدینگ اژکتور در این است که بخاری که وارد هاگینگ اژکتور می شود با هوای مکیده شده از کندانسور، از خروجی اژکتور به نام اتمسفر ونت داده می شود اما بخار خروجی از هولدینگ اژکتور داخل کولر خنک شده یا کندانس شده و به سیکل برگردانده می شود. و فقط گازهای غیرقابل تقطیر به اتمسفر ونت داده می شود.
- هولدینگ اژکتور دوتا می باشد که یکی در وضعیت کارکرد و دیگری در وضعیت stand by و هاگینگ یکی است.

قسمت برق:

بردهایی که در واحد بخار استفاده می شوند عبارتند از:

۱. Main board
۲. Unit board
۳. Cooling board
۴. Common board
۵. Steam Tourbine board
۶. Essential board

۱– برد اصلی Main board

- ولتاژ آن kv ۶/۶است.که تغذیه آن از دو واحد گازی ویک واحد بخار تامین می شود به این صورت که قبل از در مدار قرار گرفتن واحدهای بخاری جهت راه اندازی تجهیزات واحدهای ۱ و۲ گازی وظیفه تغذیه این برد را بر عهده دارند، که پس از راه اندازی واحد بخار و سنکرون شدن آن با شبکه و رسیدن به توان خروجی ژنراتور به بیش از 15 مگاوات با تغییر HBT change تغذیه برد توسط واحد بخار انجام میشود.
- پس قبل از رسیدن به 15 مگا وات بریکر باس تای و بریکر۲ قطع می باشد. و بعد از 15 مگا وات توان خروجی بریکر ۱و۳ قطع می شوند و بریکر ۲ و باس تای وصل می شوند.

برداشت هایی از برد اصلی:

- بوستر پمپ
- CWP پمپ ها
- فید پمپ ها
- و بردهای دیگر از Main board تغذیه شده و توسط ترانس ولتاژ نامی بردها تامین می شود.

Unit board -2 :

- این برد توسط دو ترانس 6.6kv/ 400V که از دو سوی مین برد برداشت شده تغذیه می شود. به اینصورت که این باسها نیز همانند مین برد به دو نیم باس تقسیم شده و هر ترانس وظیفه تغذیه یک نیم باس را بر عهده دارد.
- برداشتها از Unit board:

۱. برای بویلر ۱و۲

۲. اکسترکشن پمپ و برای روشنایی

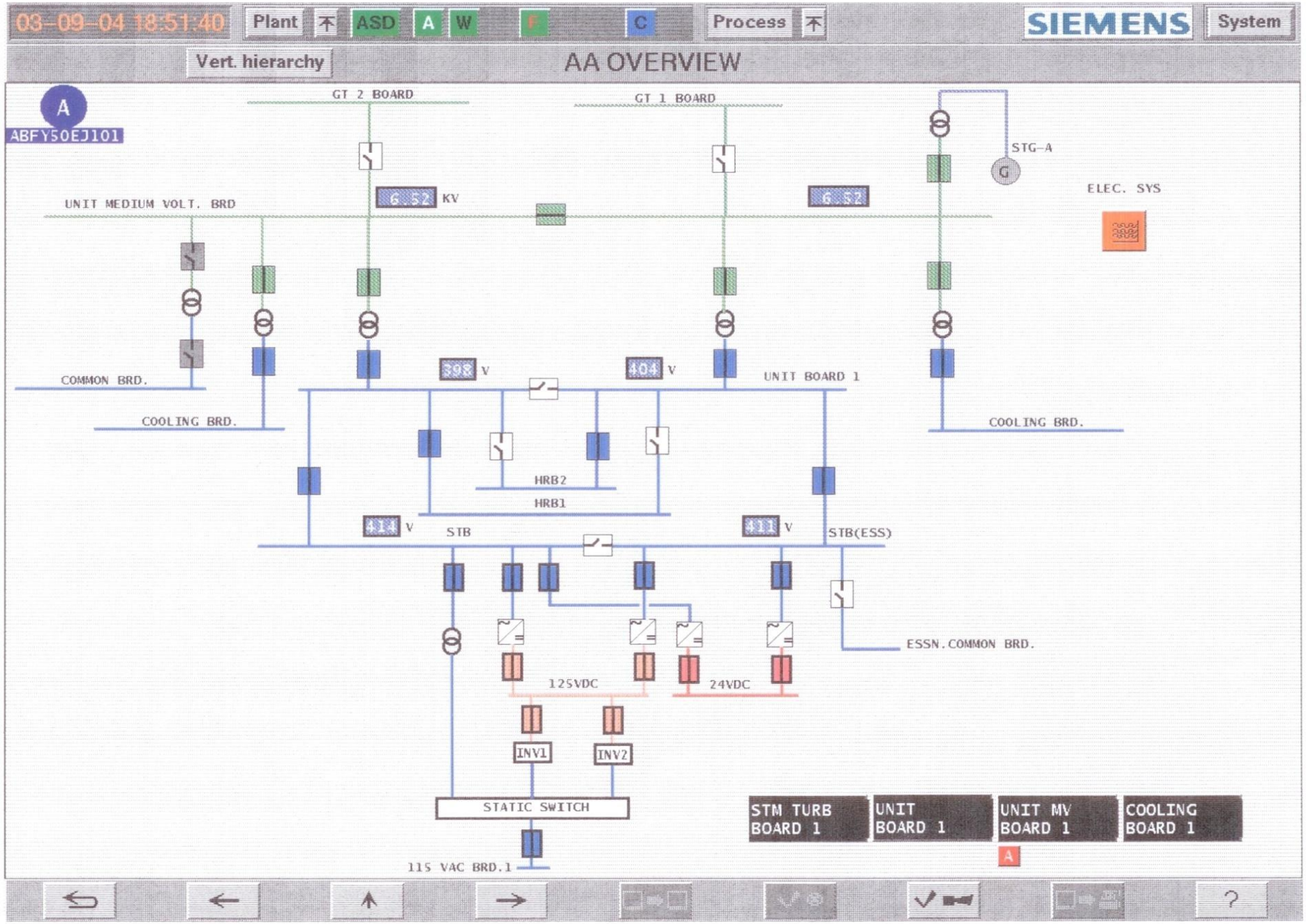
۳. برای STM (Steam Tourbine Genrator board)

❖ STM یا STG برد:

از این برد برای تغذیه کلیه تجهیزات مربوط به توربین بخار و ژنراتور از این برد استفاده می شود. همانند تغذیه پمپ های روغن کاری یا یاتاقان های توربین ، پمپ های روغن کنترل و...

۳–Common board (Essential common board) یا برد ضروری:

- این برد در همه شرایط می بایست بر قرار باشد. به این صورت که دو عدد دیزل ژنراتور جهت تغذیه این برد در مواقع اضطراری در نظر گرفته شده که به هر دلیل این باس بی برق شد با استارت دیزل ژنراتورها این برد برقرار می شود. از این برد جهت تغذیه STG برد در مواقع اضطراری استفاده می شود زیرا مهمترین تجهیزاتی که می بایست در هر شرایطی در مدار باشند و دچار قطع برق نشوند از STG برد تغذیه می شوند.



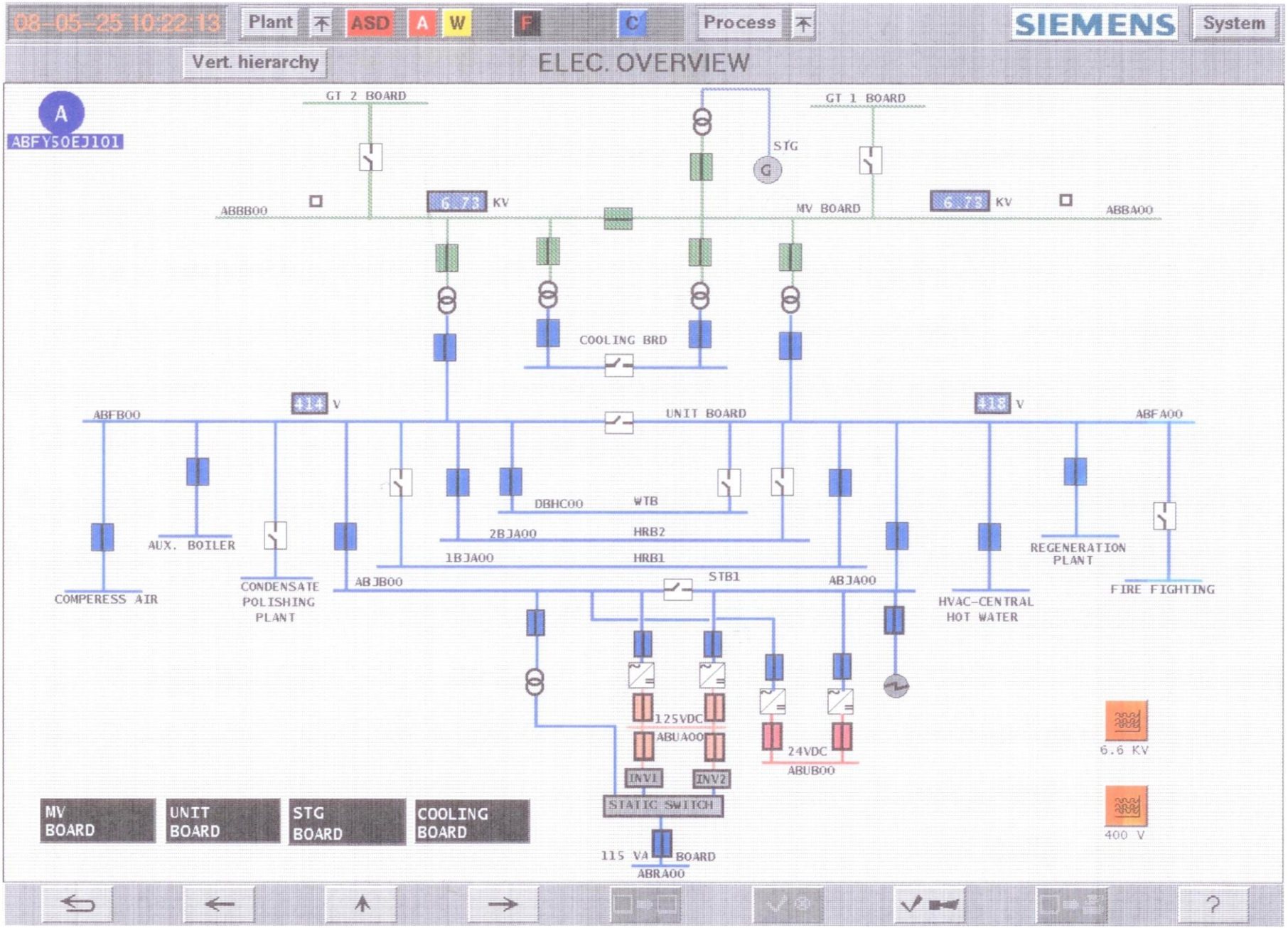
[DYNx] IXPOM650, a4x727.hc at 04.09.2003 18:51:40(LT)

- پست 400kv نیروگاه نیشابور از سیستم باس دوبل استفاده می کند.

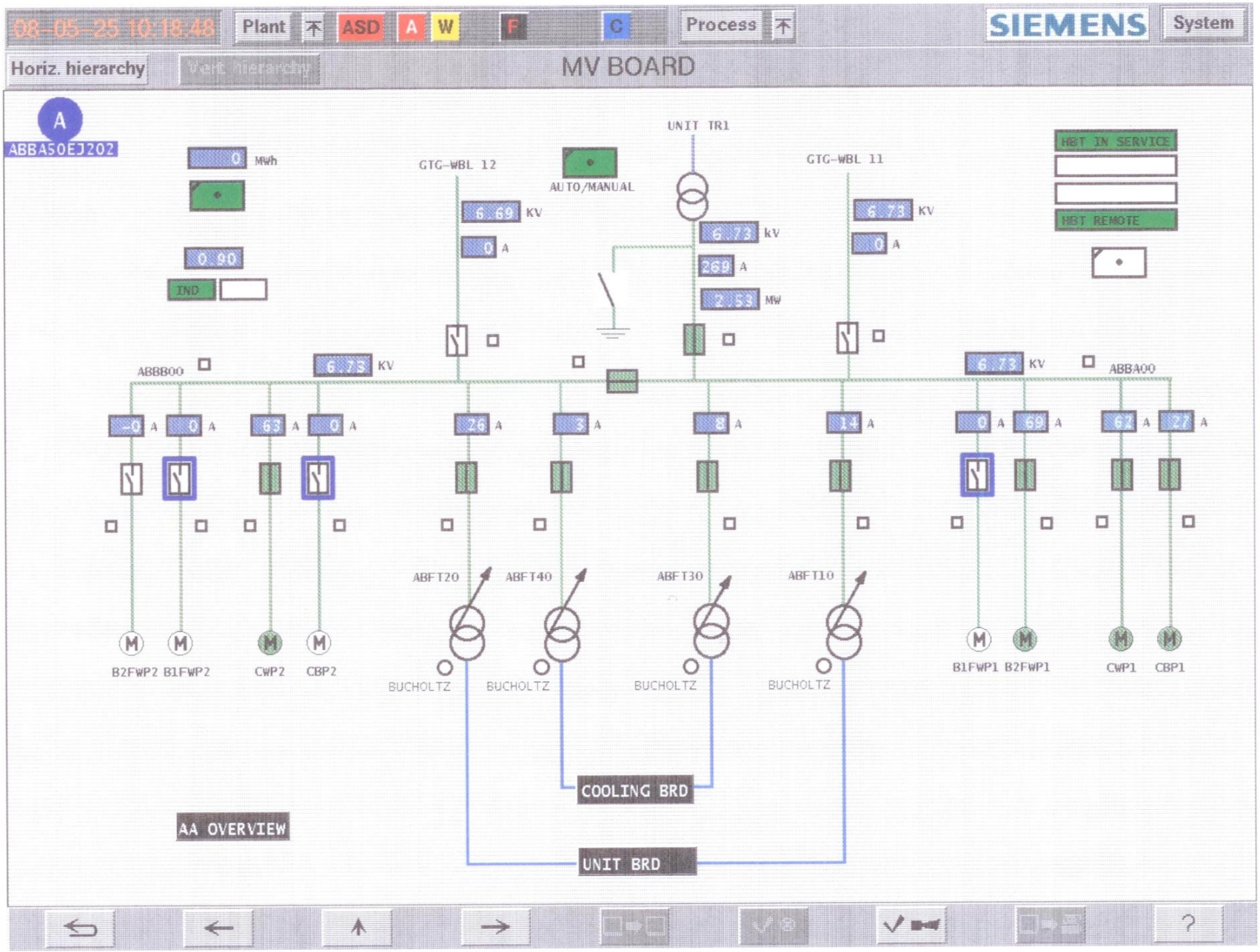
مزیت این روش این است که در صورت نیاز به تعمیرات می توان یکی از باس ها را که نیاز به تعمیرات دارد بی برق و از باس دیگر استفاده کرد بدون این که مصرف کننده بی برق شوند یا نیازی به قطع برق داشته باشند.

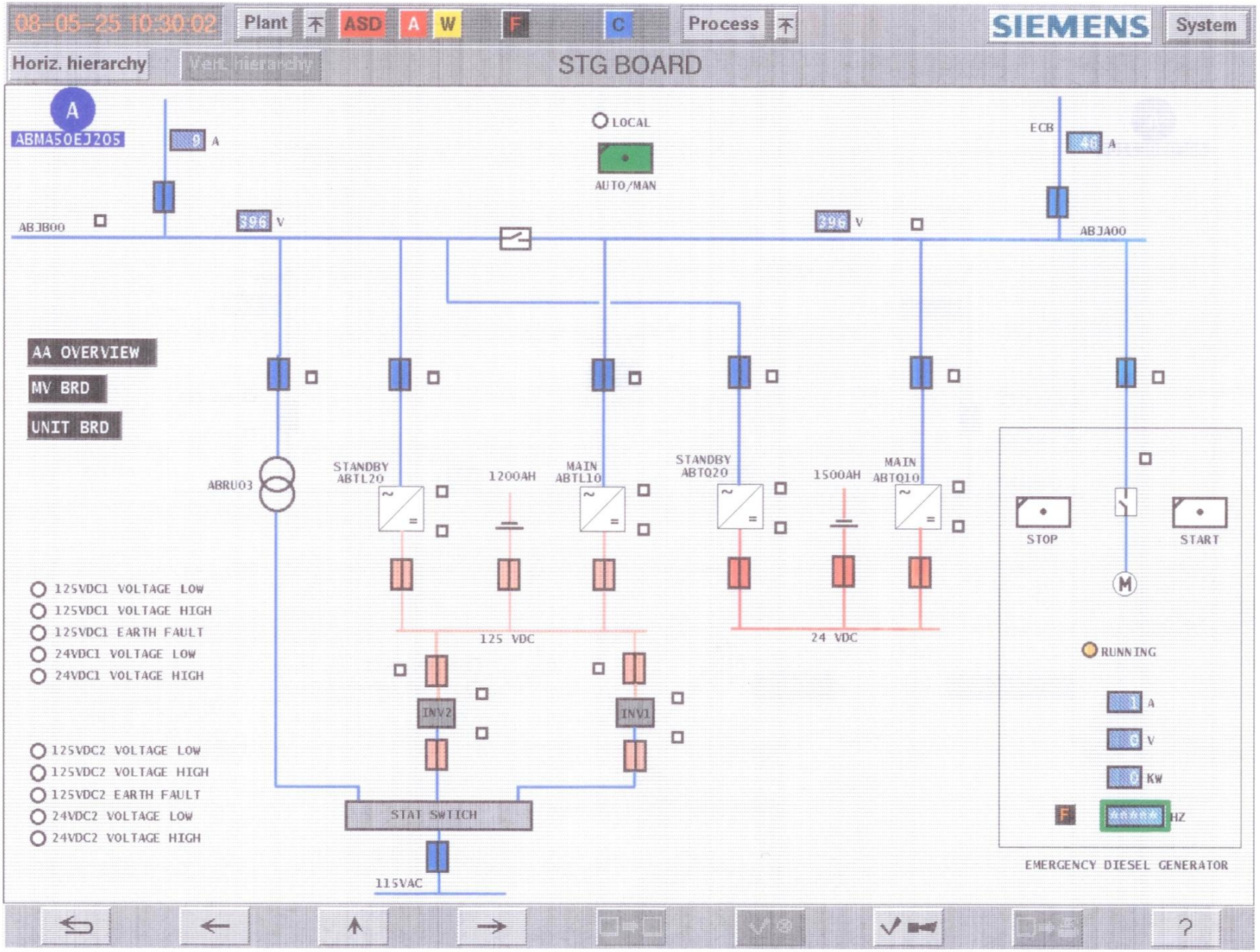
- سکسیونر قابلیت قطع زیر بار را ندارد و فقط جهت ایزوله الکتریکی تجهیزات برای پرسنل تعمیرات در نظر گرفته شده است.

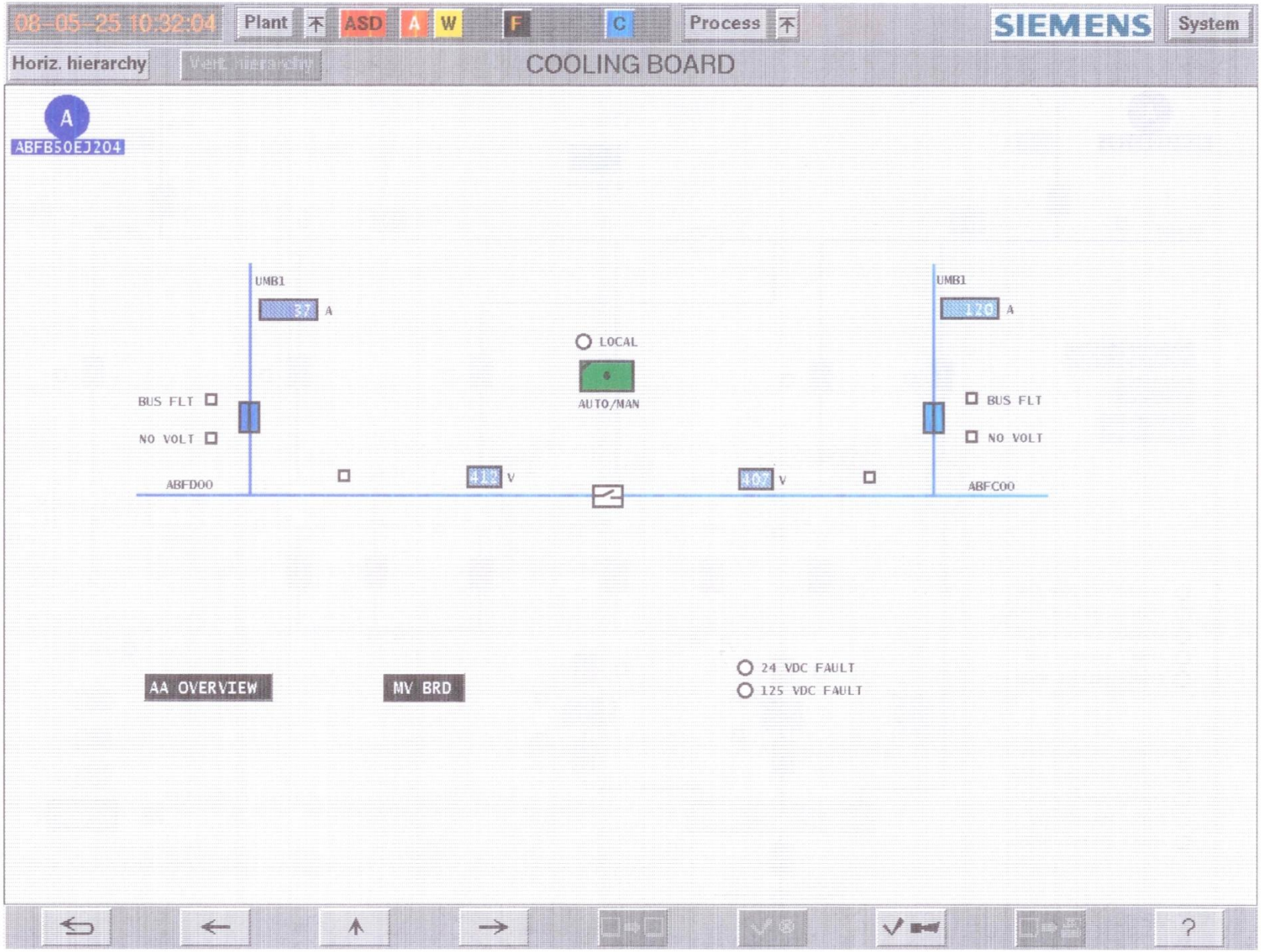
- دژنکتور: قابلیت قطع و وصل زیر بار را دارد.
- در صورتی که برای دژنکتور حادثه ای پیش آید و نتوان از آن استفاده کرد از این سکسیونر به جای آن استفاده می کنند به اینصورت که ابتدا هر چه بار روی باس ۱ قرار دارد را توسط پست ۴۰۰kv خالی می کنند تا باری روی آن نباشد بعد سکسیونر ۱ را وصل می کنند علت این که بار را از روی باس برمی دارند اینست که سکسیونر قابلیت قطع زیر بار را ندارد. بعد از وصل شدن روی باس ۱ دوباره می توان بار گذاشت.



[DYNx] TXPOM650, a4x73.hc at 25.05.2008 10:22:13(LT)


08-05-25 10:18:48
Plant
ASD
A
W
F
C
Process
SIEMENS
System
Horiz. hierarchy
Vert. hierarchy
MV BOARD
A
ABBA50EJ202
0 MWh
0.90
IND
GTG-WBL 12
6.69 KV
0 A
AUTO/MANUAL
UNIT TR1
6.73 kV
269 A
2.53 MW
GTG-WBL 11
6.73 KV
0 A
HBT IN SERVICE
HBT REMOTE
ABBB00
6.73 KV
ABBA00
6.73 KV
-0 A
0 A
63 A
0 A
26 A
3 A
8 A
14 A
0 A
69 A
62 A
27 A
ABFT20
ABFT40
ABFT30
ABFT10
B2FWP2
B1FWP2
CWP2
CBP2
BUCHOLTZ
BUCHOLTZ
BUCHOLTZ
BUCHOLTZ
B1FWP1
B2FWP1
CWP1
CBP1
COOLING BRD
AA OVERVIEW
UNIT BRD


08-05-25 10:30:02
Plant
ASD
A
W
F
C
Process
SIEMENS
System
Horiz. hierarchy
Vert. hierarchy
STG BOARD
A
ABMA50EJ205
0 A
LOCAL
AUTO/MAN
ECB
46 A
ABJB00
396 V
396 V
ABJA00
AA OVERVIEW
MV BRD
UNIT BRD
ABRU03
STANDBY
ABTL20
1200AH
MAIN
ABTL10
STANDBY
ABTQ20
1500AH
MAIN
ABTQ10
STOP
START
125VDC1 VOLTAGE LOW
125VDC1 VOLTAGE HIGH
125VDC1 EARTH FAULT
24VDC1 VOLTAGE LOW
24VDC1 VOLTAGE HIGH
125 VDC
24 VDC
RUNNING
INV2
INV1
1 A
0 V
0 KW
F
***** HZ
125VDC2 VOLTAGE LOW
125VDC2 VOLTAGE HIGH
125VDC2 EARTH FAULT
24VDC2 VOLTAGE LOW
24VDC2 VOLTAGE HIGH
STAT SWTICH
115VAC
EMERGENCY DIESEL GENERATOR


08-05-25 10:32:04
Plant
ASD
A
W
F
C
Process
SIEMENS
System
Horiz. hierarchy
Vert. hierarchy
COOLING BOARD
A
ABFB50EJ204
UMB1
37 A
LOCAL
AUTO/MAN
BUS FLT
NO VOLT
ABFD00
412 V
407 V
UMB1
120 A
BUS FLT
NO VOLT
ABFC00
AA OVERVIEW
MV BRD
24 VDC FAULT
125 VDC FAULT

بسم الله الرحمن الرحیم

موضوع :کاربرد سیستمهای تولید همزمان برق و حرارت (CHP)

HEAT & POWER GENERATION

فهرست مطالب

- مقدمه
- توليد همزمان (CHP) چيست؟
- چرا توليد همزمان
- نمونه يك كارخانه توليد همزمان
- استفاده از توليد همزمان در كجا مناسب است؟
- تكنولوژي توليد همزمان
- سيستمهاي توليد همزمان در ايران

سابقه تاریخی

- تولید همزمان برق و حرارت یک روش صرفه جویی انرژی است که در آن برق و حرارت بطور همزمان تولید میشود.

- اولین سابقه تاریخی استفاده از گرمایش مرکزی به قرنهای سوم و چهارم پیش از میلاد که امپراطور روم ویونان براي اولين بار آب گرم خروجي از لايه‌هاي آهكي را با حفركانال به حمام‌هاي عمومي، ورزشگاه‌ها، قصرها و قلعه‌هاي نظامي منتقل نمودند.

- در سال ۱۸۸۸ اولین CHP در آلمان در شهر هامبورگ از حرارت حاصل از تولید برق بمنظور تأمین حرارت تالار شهر استفاده شد.

- در ابتداي قرن بيستم واحدهاي صنعتي در آمريكا اولين توليدكنندگان همزمان بودند. محرك اوليه موتورهاي بخاري رفت و برگشتي بود و بخار خروجي با فشار پائين براي كاربرد گرمايش استفاده مي‌شد.

- تخمین های مربوط به تولید انرژی الکتریکی همزمان نشان داد که طی سالهای ۱۹۵۴ تا ۱۹۷۶ تولید برق مشترک صنعتی آمریکا از ۲۵ درصد به ۹ درصد در کل تولید برق رسید.

- از اواسط دهۀ ۸۰ این مقدار در حدود ۵% ثابت باقیمانده است . برای مثال در پایان سال ۱۹۹۲ ۵/۱% از کل ظرفیت تولید انرژی الکتریکی در آمریکا توسط سیستمهای تولید مشترک بوده است.

- در اواخر سال ۱۹۷۳ و مجدداً در سال ۱۹۷۹ ، آمریکا بحرانهای عمده ای را در خصوص انرژی تجربه کرد که عمدتاً ناشی از کاهش نفت وارداتی بود.

- بین سالهای ۱۹۷۳ و ۱۹۸۳ ، قیمتهای سوخت و قدرت الکتریکی ۵ برابر شد.

- با شروع قرن بیست و یکم، تولید همزمان رشد فزاینده ای را تجربه خواهد کرد، چرا که صرفه جوئی انرژی و مالی را بهمراه دارد . تکنولوژیهای جدید قابل استفاده و قوانین و مقررات جدید وضع خواهد شد.

خصوصیات گرمایش ناحیه ای

۱– ارتقای کارآیی انرژی: راند مان بین ۸۰ تا ۹۰ درصد

۲– تامین حرارت مطمئن و انعطاف پذیری: با توجه به تقاضا قابل تغییر است

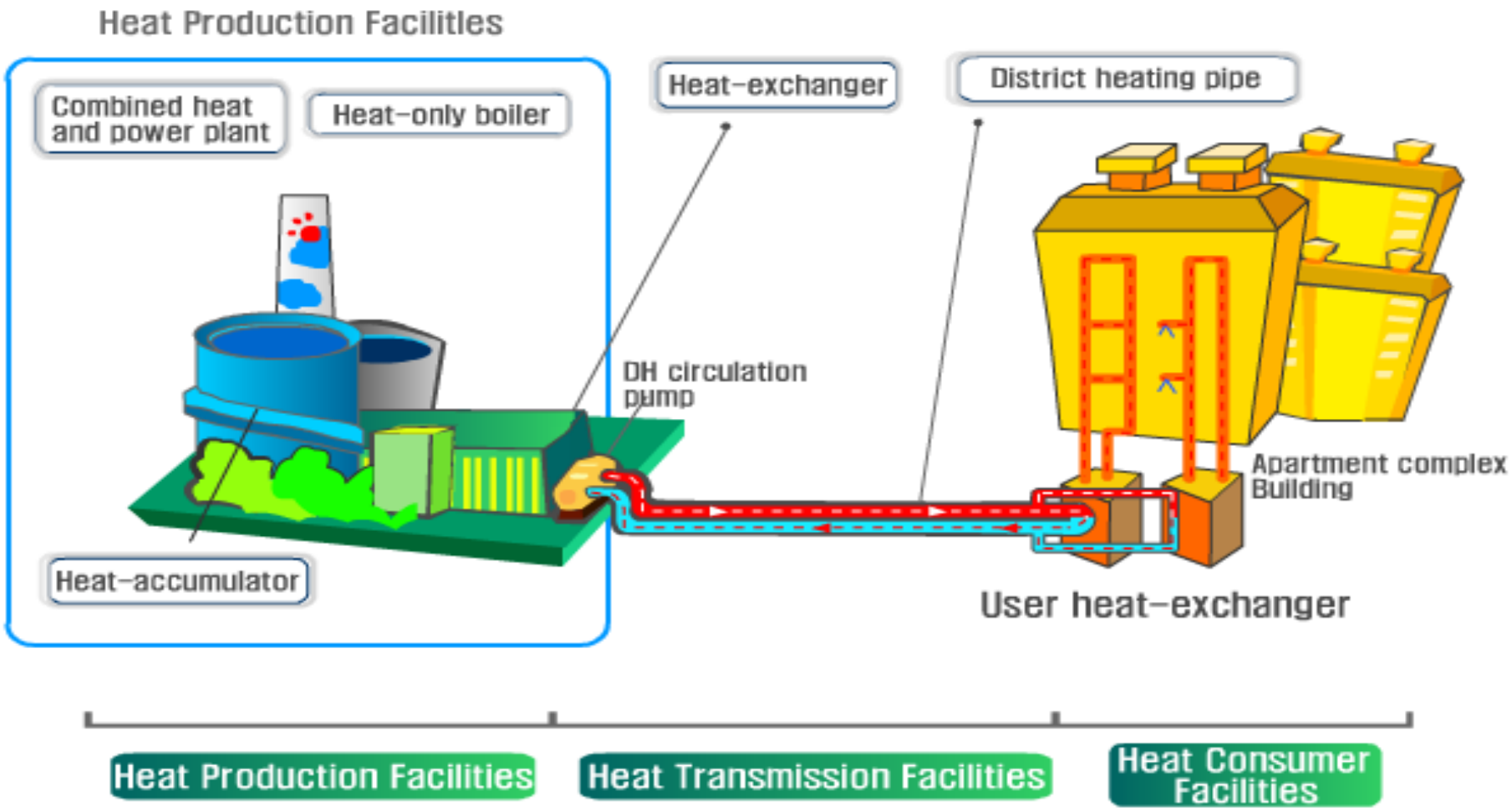
۳– محیط زیست: با كاهش واحدهاي تبديل سوخت به حرارت

۴– هزینه های کمتر: هزينه سرمايه گذاري بيشتر اما هزينه‌هاي متوسط تبديل يك واحد انرژي در واحدهاي CHP پائين‌تر از ساير روشهاست

۵– استفاده از هر چه بیشتر از فضای ساختمانها: تجهيزات نصب شده در تاسيسات گرمايشي ساختمان‌ها كاهش مي‌يابد.

۶– هزینه پایین تعمیرات و نگهداری: براي استفاده از حرارت تولدي در يك واحد، تجهيزات كمتري در هر ساختمان مورد نياز است.

تجهیزات بازیافت و انتقال حرارت



جدول زیر لیست ۱۰کشور جهان ودرصد تأمین حرارت بوسیله سیستمهای تولید همزمان به نسبت کل حرارت مصرفی در این کشورها را نشان میدهد.

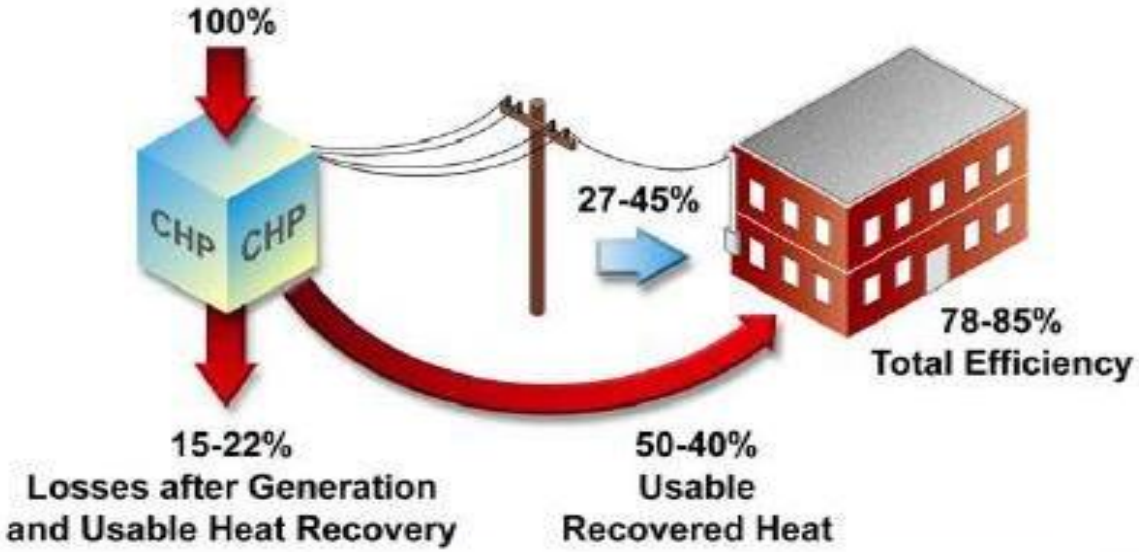
نام کشور	درصد حرارت تأمین شده به روش متمرکز به کل تقاضاي حرارت	سهم CHP	طول خطوط انتقال آب گرم (km)
ایسلند	%۸۵	---	---
روسیه	%۷۰	---	---
لهستان	%۵۲	---	۱۶۳۹۲
فنلاند	%۵۰	%۳۶	۲۳۹۰۰
دانمارك	%۵۰	%۶۲	۲۳۹۰۰
سوئد	%۴۲	%۶	۱۱۱۸۰
جمهوري چك	%۲۲	---	۲۵۰۱
اطریش	%۱۴	%۲۵	۲۶۴۶
آلمان	%۱۲	%۸	۱۷۴۹۶۹
کره	%۴	%۲۵	۲۶۴۶

۱- تولید همزمان (CHP) چیست؟

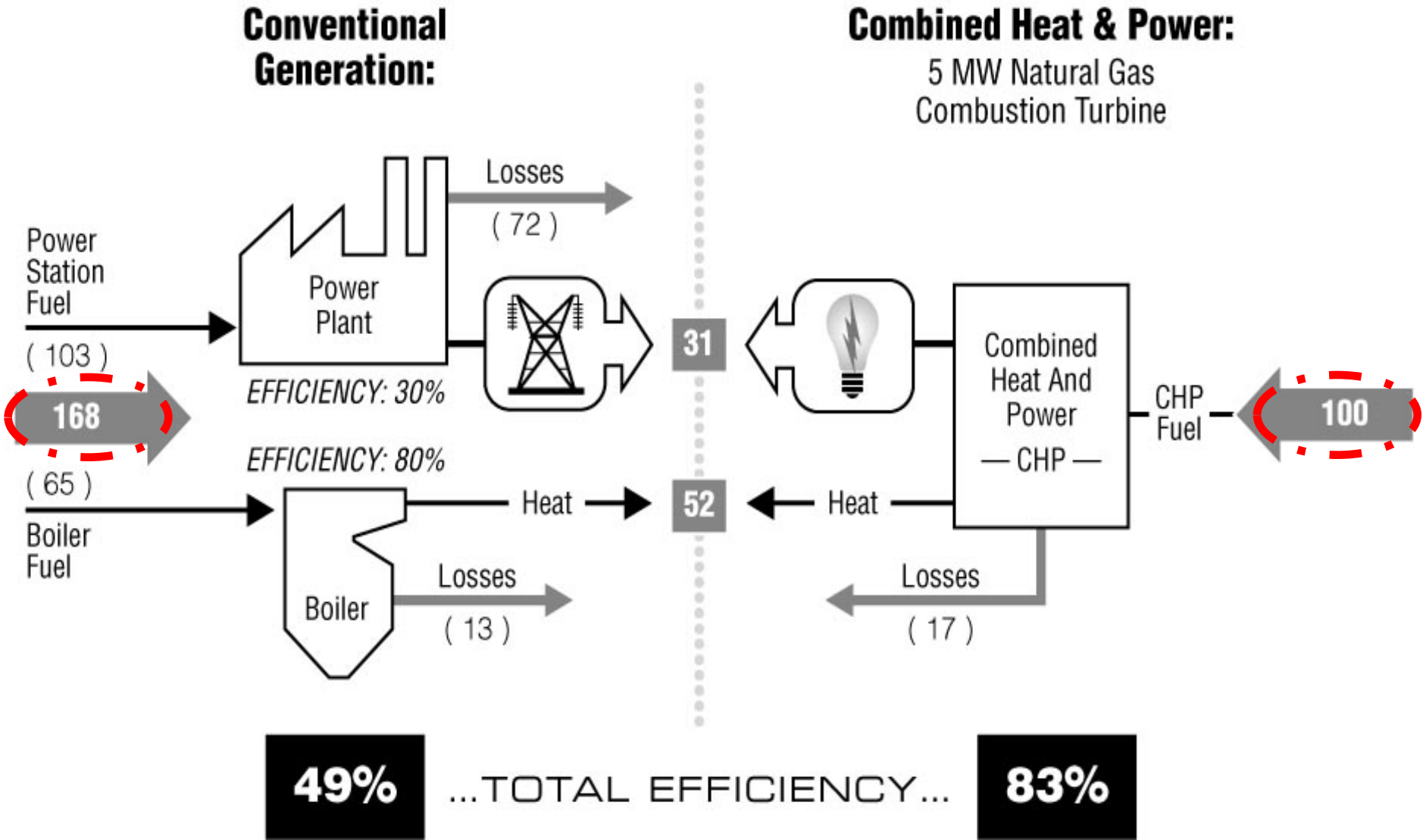
سیستم تولید همزمان (CHP)

تولید برق و حرارت به صورت مجزا

چرا استفاده از سیستم تولید همزمان منجر به صرفه جویی انرژی خواهد شد؟



۲- چرا تولید همزمان؟

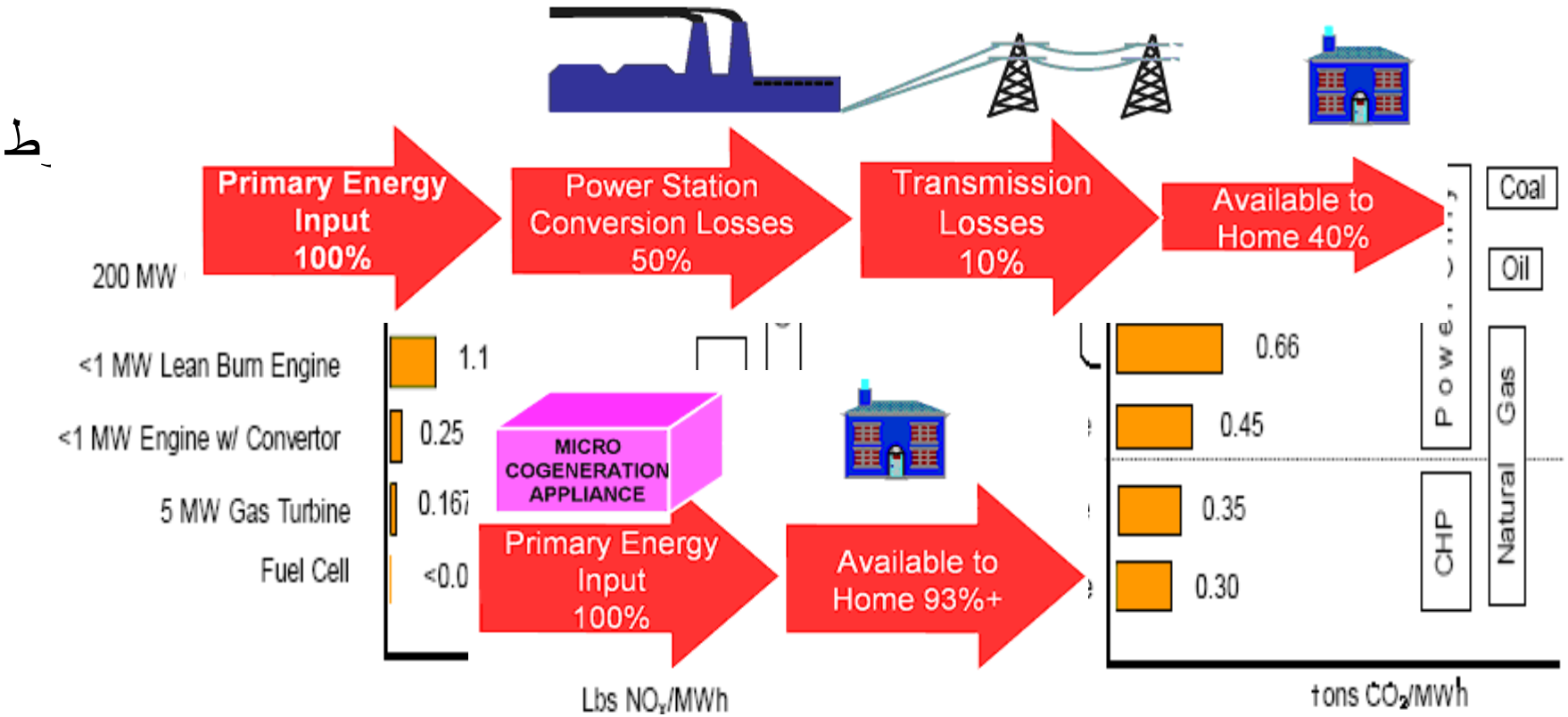


۲- چرا تولید همزمان؟

مزاياي استفاده از سيستم توليد همزمان (CHP)

۱- بهبود بازده در بكاربردن منابع انرژي

۲- كاهش انتشار گازهاي آلاينده محيط زيست



۳- استفاده از تولید همزمان در کجا مناسب است؟

انتقال برق به مراتب از انتقال حرارت آسان‌تر است.

پیشرفت تکنولوژي موجب گسترش
زمینه‌هاي کاربردي سیستم‌هاي تولید همزمان گردیده است.

۳- استفاده از تولید همزمان در کجا مناسب است؟

سه دسته مهم از کاربردهاي گوناگون CHP

۱- صنايع

۲- ساختمان‌هاي عمومي و تجاري

۳- طرح‌هاي گرمايش منطقه‌اي

۳- استفاده از توليد همزمان در كجا مناسب است؟

صنايع

۱- صنايع نفت و پتروشيمي

۲-صنايع معدني(سيمان، سراميك، آجر،...)

۳- شيميايي و داروسازي

۴- صنايع غذايي

۵- صنايع لاستيك و پلاستيك

ساختمان‌هاي عمومي و تجاري

۱- گرمايش و سرمايش مجتمع‌ها

۲- هتل‌ها، بيمارستان‌ها

۳- مراكز تفريحي و ورزشي و استخرهاي شنا

۴- مدارس و دانشگاه‌ها

۵- فرودگاه‌ها

۶- زندان‌ها، مراكز پليس، سربازخانه‌ها،آسايشگاه‌ها

۷- فروشگاه هاي بزرگ

۸- ساختمان‌هاي اداري

صنایع تولیدی با قابلیت استفاده از مولدهای مقیاس کوچک از نوع CHP

ردیف	نوع صنعت یا واحد تولیدی
۱	صنایع شیمیایی
۲	صنایع غذایی
۳	صنایع نساجی
٤	کشاورزی
٥	کاغذ سازی
٦	فلز کاری
۷	سرامیک و سفال گری
۸	محصولات چوبی
۹	صنایع بازیافت

مراکز خدماتی با قابلیت استفاده از مولدهای مقیاس کوچک از نوع CHP

ردیف	نوع مرکز خدماتی
۱	بیمارستان‌ها
۲	هتل‌ها
۳	دانشگاه‌ها
٥	مجتمع‌های مسکونی

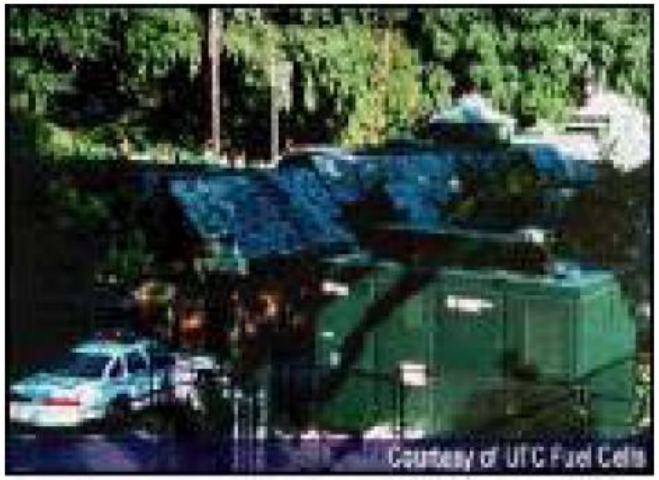
۳- استفاده از تولید همزمان در کجا مناسب است؟

Rochester, New York International Airport

- Two 750-kW engines with absorption chiller provide base-loaded CHP for heating, cooling, and electricity.
- Critical loads in the airport were supported by the CHP system and avoided loss of power during the blackout.

Police Station, Central Park, NY

- A 200-kW PC25‘ fuel cell provided uninterrupted power.
- Distribution limitations led to installation.
- Even during the blackout, the station “never skipped a beat”



ver

cy

بازده سیستم تولید هم

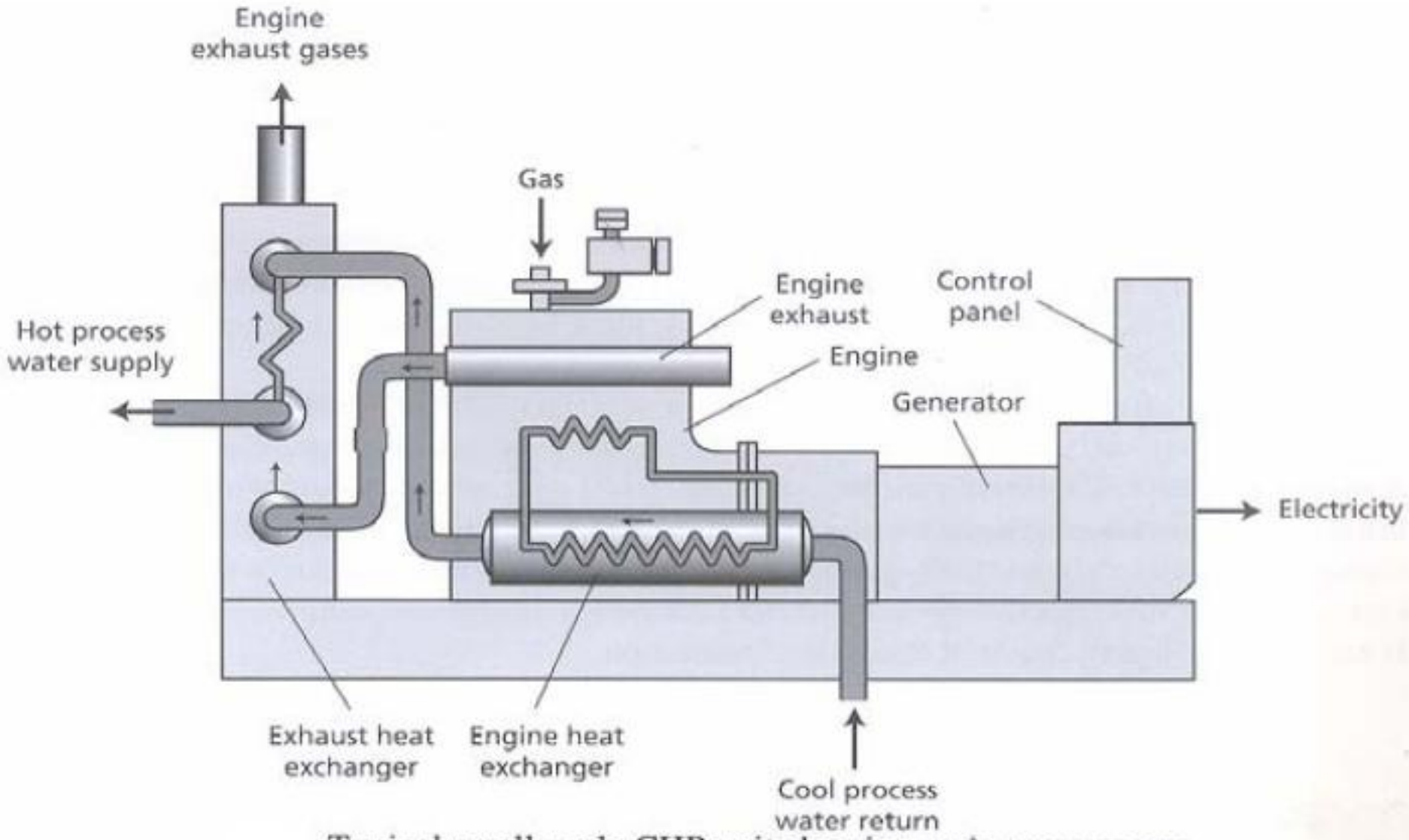
کاربرد CHP به ظرفیت ۸/۳ مگ

اندازه سیستم CHP

- اندازه سیستم CHP برحسب توان الکتریکی تولیدی آن مشخص می شود.

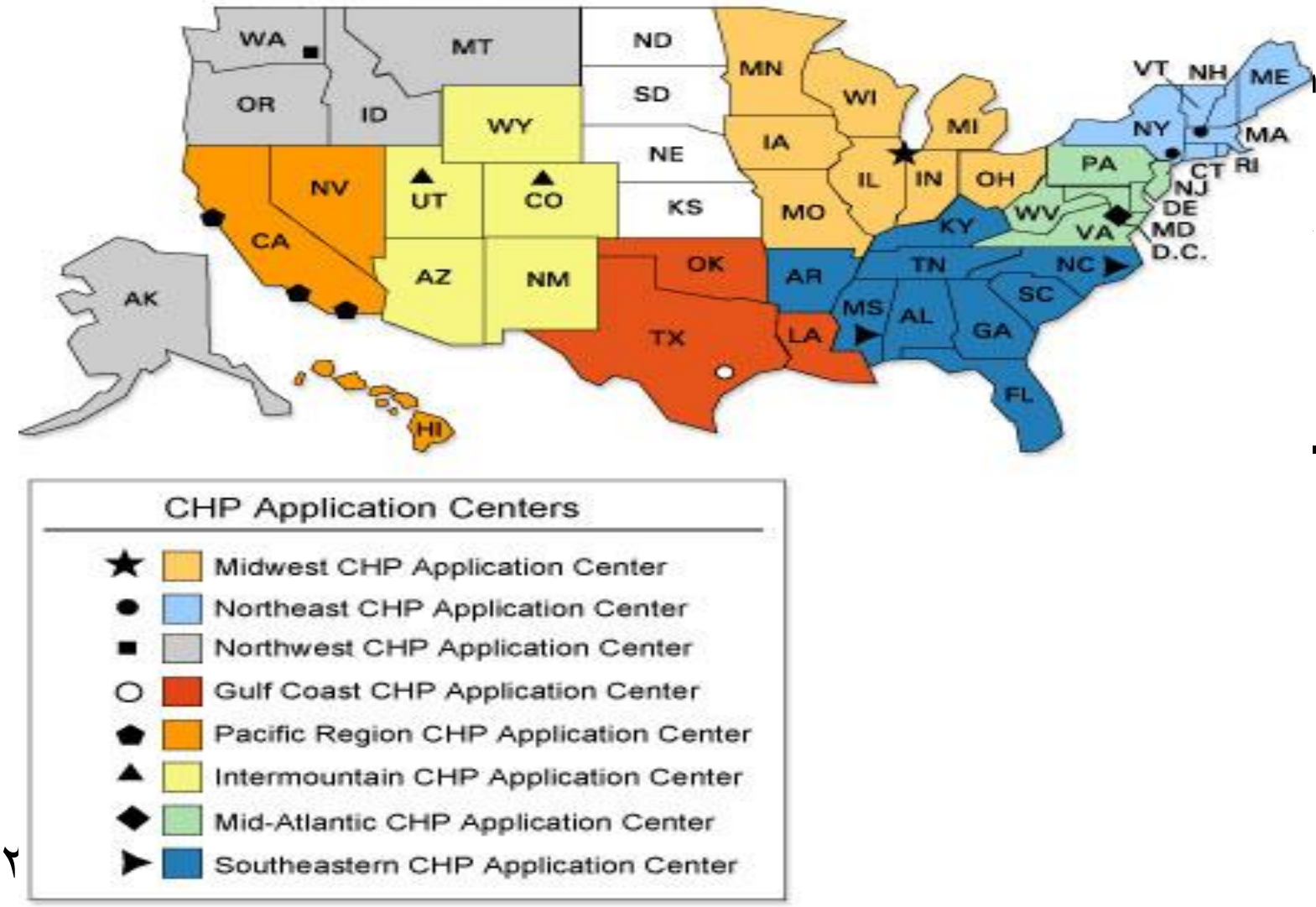
Mini – Scale CHP	**< 1 MW**
Small – Scale CHP	**> 1 MW**
Large – Scale CHP	**> 30 MW**

- عموماً اندازه های بیش از چند مگاوات در بخش صنعت کمتر از ۱ مگاوات در بخش تجاری و اندازه ای کوچکتر در مصارف خانگی استفاده می شوند.



Typical small-scale CHP unit showing main components

۵- سیستم تولید همزمان در سایر کشورها



برر

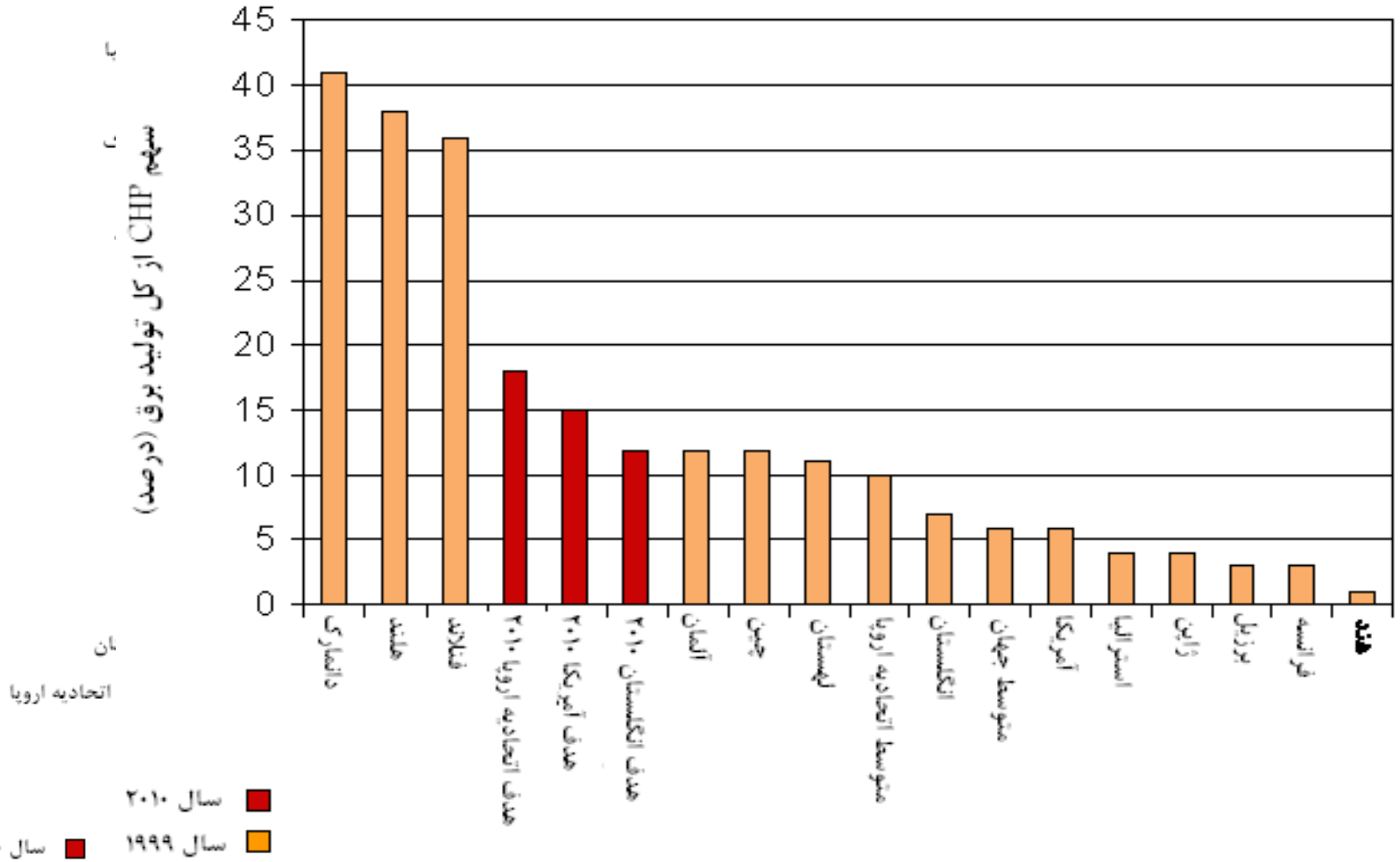
۱-

نهاد

۵- سیستم تولید همزمان در سایر کشورها

۲- ار

تصمی



۶- سیستم تولید همزمان در ایران

مزاياي سيستم توليد همزمان (CHP) در ايران

۱- جلب سرمايه بخش خصوصي

۲- كاهش تقاضا در زمان اوج مصرف

۳- جايگزين خاموشي

۴- كاهش مصرف گاز در زمانهاي اوج مصرف

۵- اطمينان از كيفيت برق

۶-كاهش يارانه انرژي

۷- توسعه استفاده از گاز

۸- مزايا در سطح ملي

- تأخير در توسعه سيستم انتقال و توزيع

- كاهش آلودگي

- بهينه سازي امنيت توليد برق

- ارزش ظرفيتي

۶- سیستم تولید همزمان در ایران

پتانسیل تولید **همزمان** برق و حرارت در ایران

- ✓ صنايع
- ✓ واحدهاي تجاري و خدماتي
- ✓ واحدهاي آموزشي
- ✓ مسكوني
- ✓ اماكن زيارتي و مساجد

چشم انداز توسعه تولید همزمان برق و حرارت در کشور

کاربرد مهم حرارت بازیافت واحدهای حرارتی

۱- گرمایش ناحیه یا بخش خاص (تجاری، مسکونی) CHP/DH

(Combined Heat and Power / District Heating)

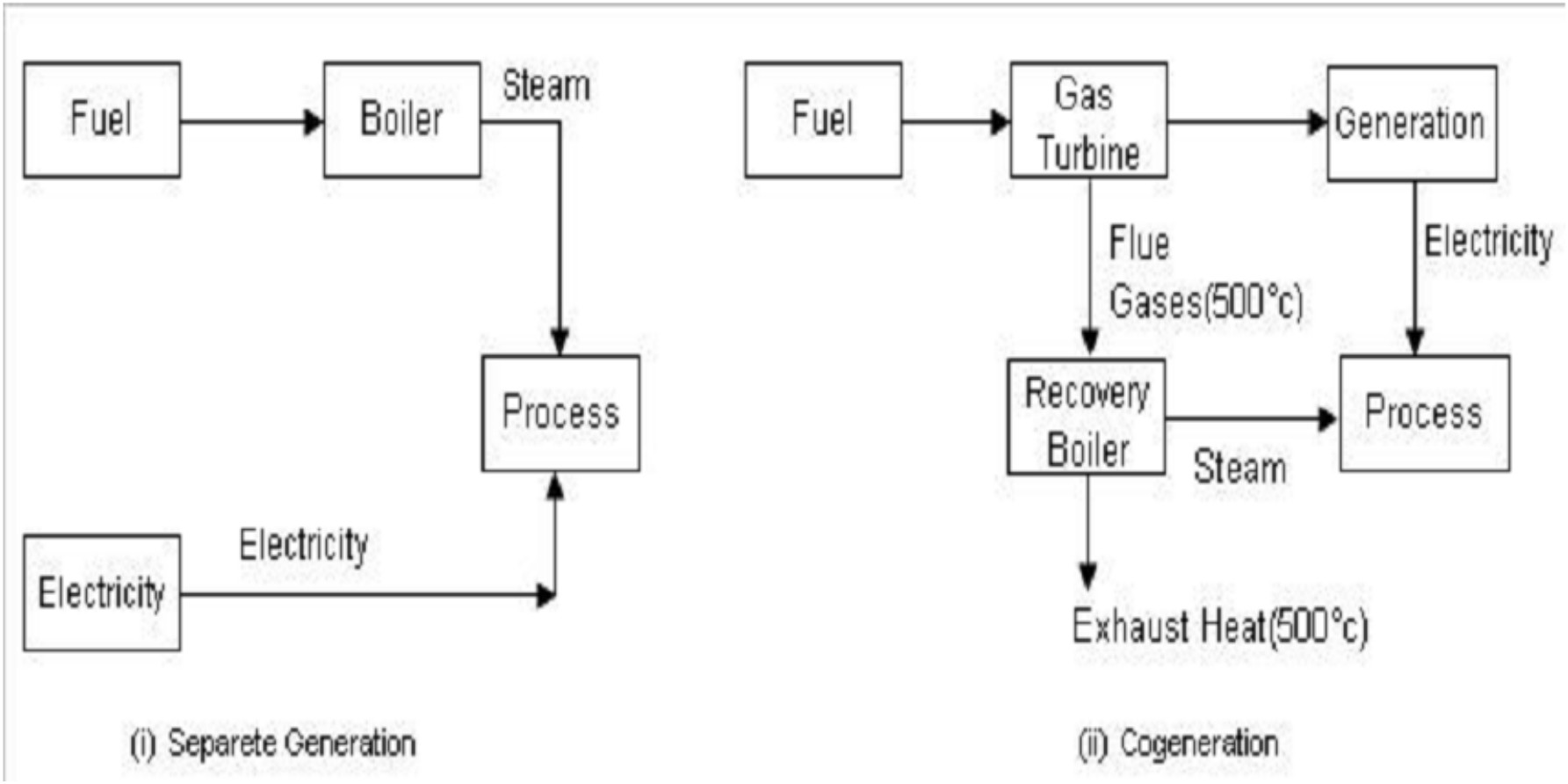
شبکه گرمایش ناحیه ای و دمای آب داغ بین ۸۰ تا ۱۵۰ درجه سلیسیوس

۲- استفاده در صنعت جهت فرآیندها(CHP/IND)

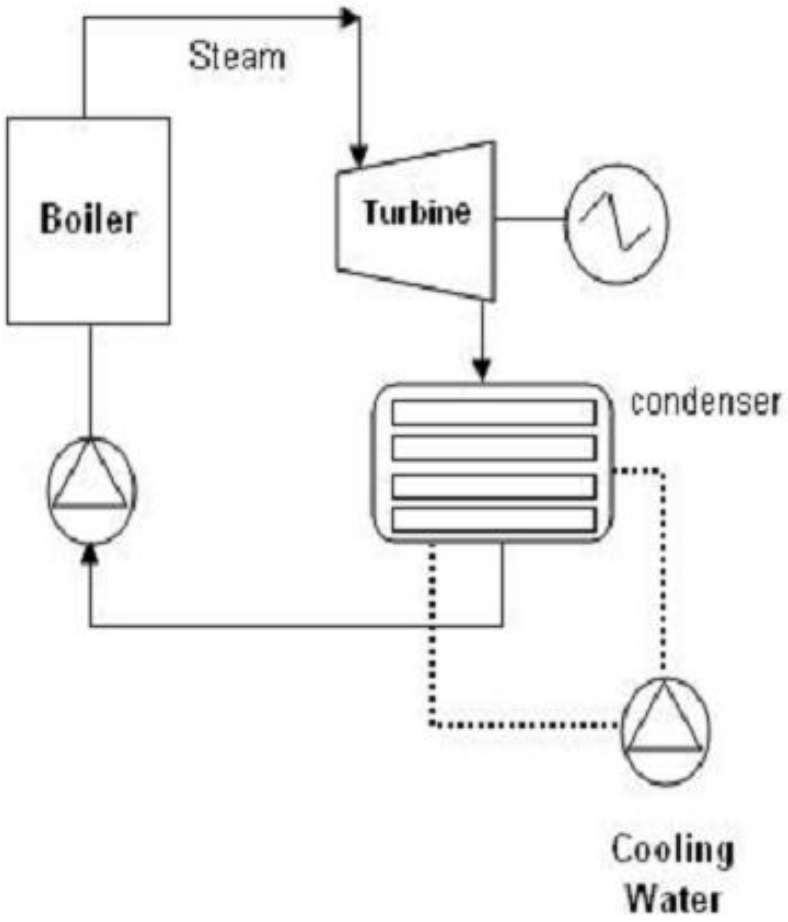
(Combined Heat and Power / for Industry)

بخار داغ یا گازهای داغ (خروجی از توربین گاز یا بخار) گرمای مورد تقاضا را برآورده می کنند

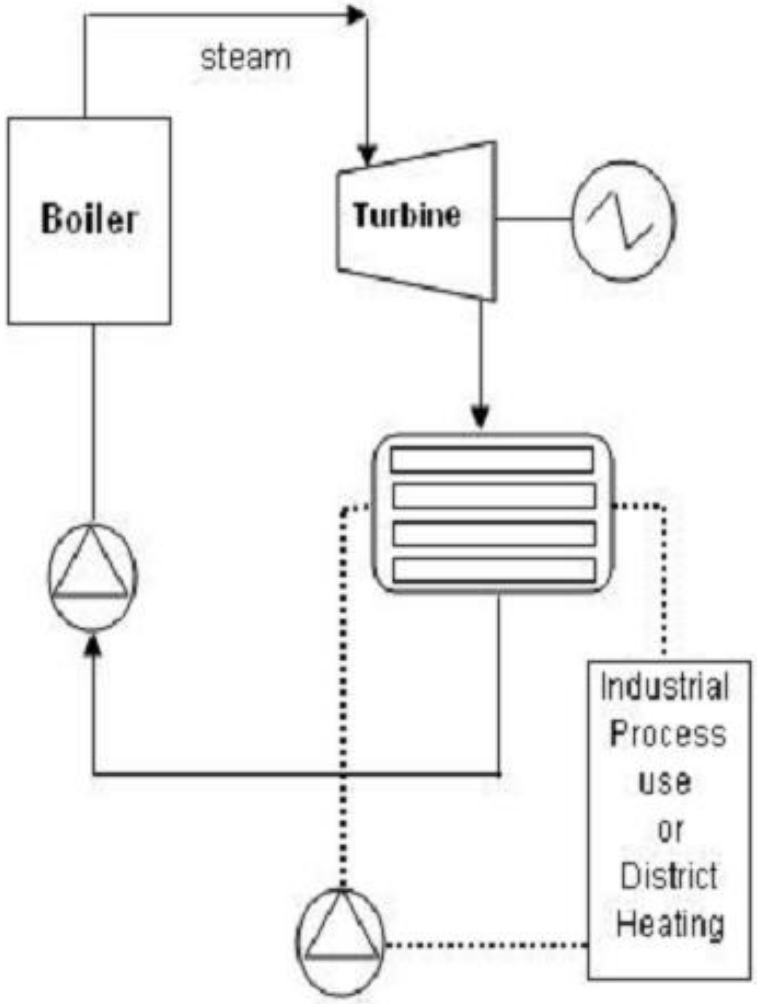
مقایسه سیستم مجزای تولید توان و حرارت با سیستم تولید مشترک در صنعت



نمودار شماتیک نیروگاه تولید مشترک و متداول



(i) Conventional power plant



(ii) Cogeneration power plant

مثال

مثال : کارخانه‌ای MW ۱۱/۷ انرژی نیاز دارد، که شامل ۱۰/۷۵ تن بخار فشار پائین و MW ۴/۷ انرژی الکتریکی می‌باشد. انرژی اولیه مورد نیاز برای یک سیستم تولید متداول، MW ۲۱/۷ می‌باشد. در حالیکه سیستم تولید مشترک، انرژی مورد نیاز کارخانه را تنها با MW ۱۵/۹ اولیه تأمین می‌نماید. بنابراین کارآیی کلی سیستم مجزای متداول ۵۴٪ درصد می‌باشد. در حالیکه سیستم تولید مشترک راندمانی حدود ۷۴٪ دارد که مشخصات سیستم متداول بصورت جدول شماره (۱) می‌باشد.

راندمان سیستم (٪)	انرژی ورودی (MW)	انرژی مصرفی (MW)	انرژی مورد نیاز	
۸۵	۸/۲	۷/۰	۱۰/۷۵Ton/hr بخار	حرارتی
۳۵	۱۳/۵	۴/۷	۴/۷ MW	الکتریسیته
۵۴	۲۱/۷	۱۱/۷	-	کل

موارد کاربرد تولید مشترک برق و حرارت

مشخصات یک سیستم ایده آل برای نصب CHP

- نیاز حتمی به توان الکتریکی
- افزونی موارد استفاده انرژی حرارتی نسبت به انرژی الکتریکی
- الگوهای بار پایدار و ثابت انرژی حرارتی و الکتریکی.
- طولانی بودن ساعات بهره‌برداری فرآیند.
- قیمت بالای برق شبکه یا عدم دسترسی به شبکه.

انرژی حرارتی مورد نیاز به منظور اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد :

خشک کردن، پیشگرم نمودن، تولید بخار فرآیند، محرک تجهیزات بازیافت حرارت و تولید آب سرد، آب گرم، سیال داغ و غیره.

- یک CHP مطلوب به گونه ای است که حداقل ۴۵۰۰ ساعت در طول سال فعال باشد.(برای اندازه های Mini CHP تا ۳۰۰۰ ساعت قابل قبول)
- و روشن بودن آن مداوم و قطع و وصل نشود.

- تولید برق با CHP در زمانهایی استفاده می شود که هزینه برق تولیدی در مقایسه با برق خریداری شده از شبکه مقرون به صرفه باشد.

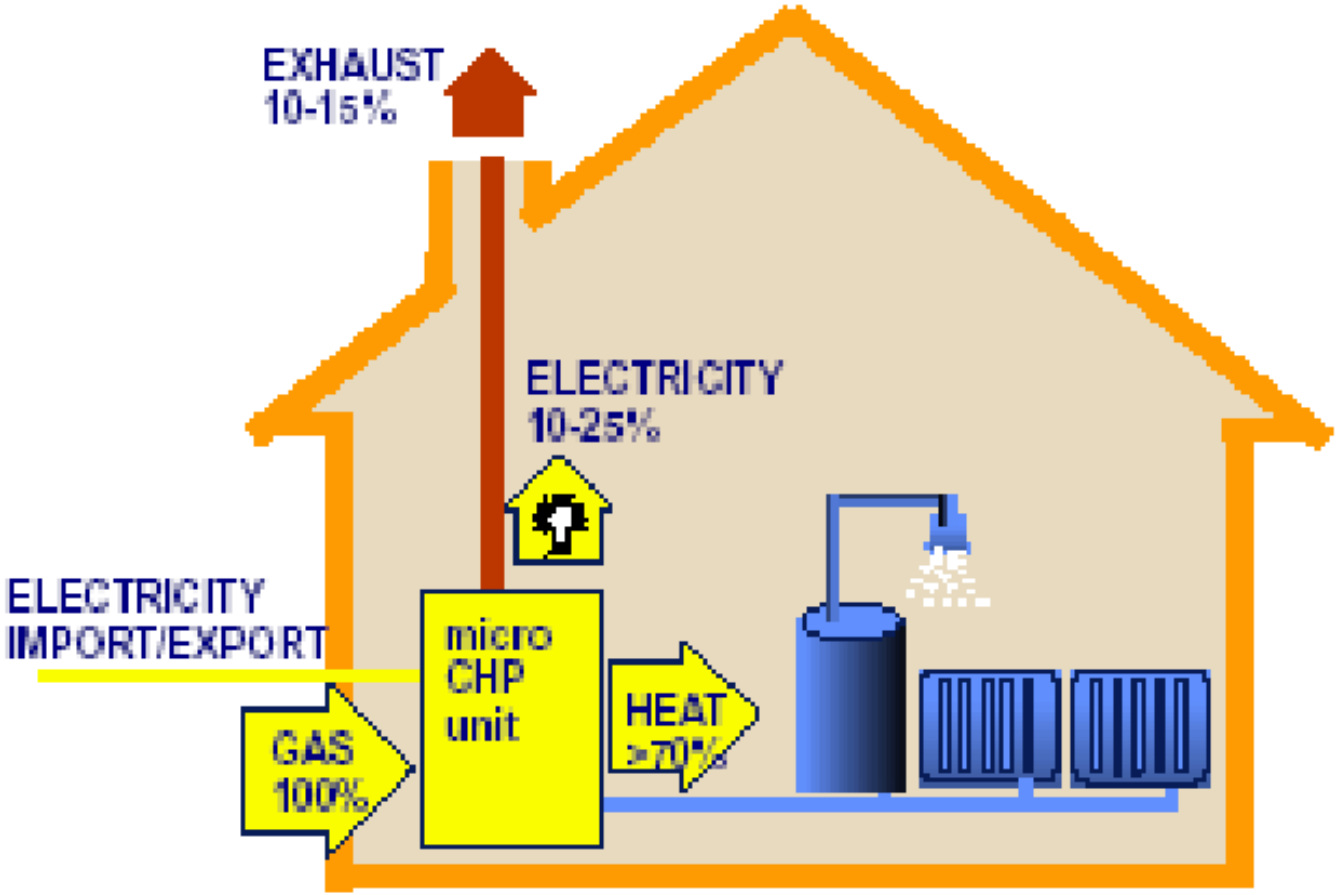
حـرارت تولیدی CHP نیز در اغلب موارد تمام نیاز واحد را پوشش نمی‌دهد، لذا در کـنار آن از یـک بویلـر نـیز اسـتفاده می‌شود. همچنین توصیه می‌شود در کنار سیستم CHP یـک مخـزن آب گـرم(a buffer storage) تعبیه شود که علاوه بر فراهم بودن همیشـگی آب گـرم، امکـان نصـب یک آب گرمکن ثانویه (مانند بویلر مذکور) نیز باشد. بدیـن ترتیب علاوه بر اقتصادی‌تر شدن سرمایه‌گذاری، عدم انطباق زمان تولید و مصرف آب گرم برطرف می‌شود.

از آنجائیکه امکان فروش برق تولیدی مازاد بر مصرف توسط CHP، به شبکه برق وجود دارد، لذا معیار اصلی در انتخاب اندازهٔ CHP، دیماند حرارتی واحد می‌باشد، تا مازاد حرارت تولید نشود، اما از طرف دیگر نباید مصرف برق بگونه‌ای باشد که بار اعمالی کمتر از ۵۰٪ بار نامی سیستم شود چرا که این موضوع افت شدید راندمان را در پی دارد.

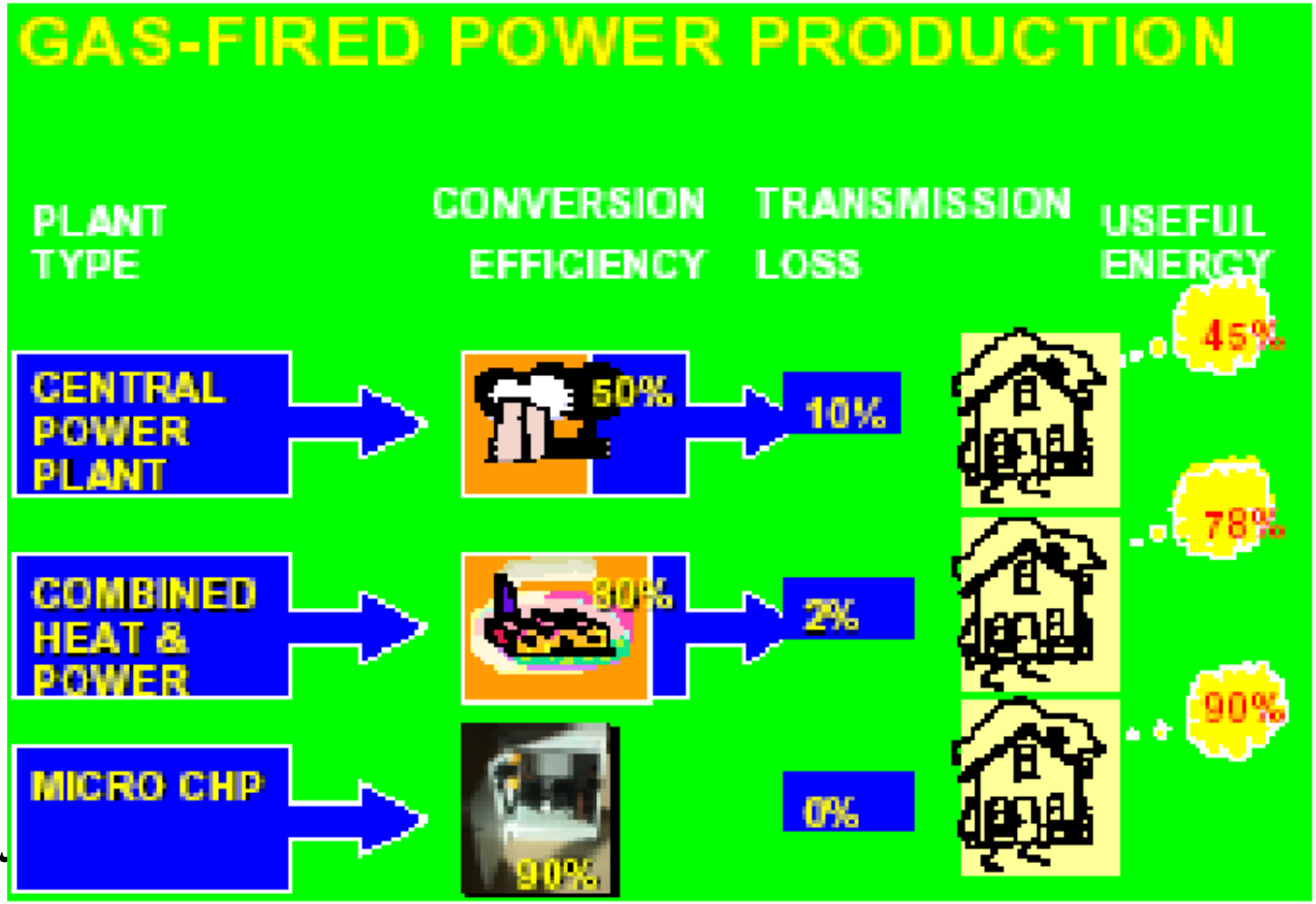
تولید مشترک برق و حرارت در مقیاس کوچک Mini CHP

- کاربرد در واحدهای مسکونی تک خانوار
- جانشین بسیار خوبی برای بویلرهای حرارت مرکزی واحدهای مسکونی
- راندمان بویلر ۸۸ درصد و CHP ۸۵ درصد است. (مزیت CHP تولید برق و حرارت است)
- سوخت مصرفی گاز طبیعی است(طراحی بر اساس سایر سوخت ها نیز وجود دارد)
- ۱۰ – ۲۵ درصد انرژی به الکتریسیته و ۷۰ تا ۸۰ درصد به حرارت تبدیل می شود.

شکل شماتیک Mini CHP در یک واحد مسکونی



با تولید برق مورد نیاز خانه در محل، علاوه بر کاسته شدن از بار نیروگاه‌ها، بویژه در زمان پیک مصرف، از ۱٪ تلفات خطوط انتقال نیز جلوگیری می‌شود که باید گفت تمام این موارد به همراه راندمان بالای CHP در مصرف سوخت و نیز کاهش ۲۵ درصدی مصرف سوخت در مجموع بهره‌وری انرژی سوخت را به بیشترین حد ممکن می‌رساند.



Mini CHP علاوه بر مصارف خانگی می‌تواند برای رستوران‌ها، دفاتر اداری و شرکت‌های کوچک بکار برده شود. همچنین اگر بار حرارتی مورد نیاز واحد بیشتر از توانایی دستگاه Micro CHP باشد می‌توان از دو یا چند دستگاه بطور موازی استفاده کرد. اما نباید شرایط بگونه‌ای باشد که بار مورد نیاز کمتر از ۱۰۰٪ توان تولیدی برق دستگاه شود که در این صورت با افت راندمان همراه خواهد بود.

نمونه هایی از استفاده CHP در مصارف تجاری و خانگی

۱- انگلستان

در سال ۱۹۹۴ حدود ۹۰۰ واحد مختلف تجاری با داشتن سیستم Small-CHP Scaleحدود ۱۲۰ ^{Mwe} تولید برق داشته‌اند و این میزان تا سال ۲۰۰۰ بیش از ۳۰ برابر شده است. در حال حاضر توجه کشور انگلستان به Micro CHP معطوف شده است و تبلیغات وسیعی را در این زمینه آغاز کرده است. بنا بر بررسی انجام شده در کشور انگلستان ۱۳ میلیون واحد مسکونی قابلیت نصب سیستم CHP را دارند که در این صورت ظرفیت نصب شده در حدود ۲۰-۱۵ ^{GW} خواهد شد.

ایالات متحده

کشور آمریکا یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان سیستم‌های CHP بشمار می‌رود.

عمومی ترین اشکال سیستم تولید مشترک

۱- توربین گاز ← سریعترین پیشرفت

۲- موتور دیزل (احتراق داخلی)

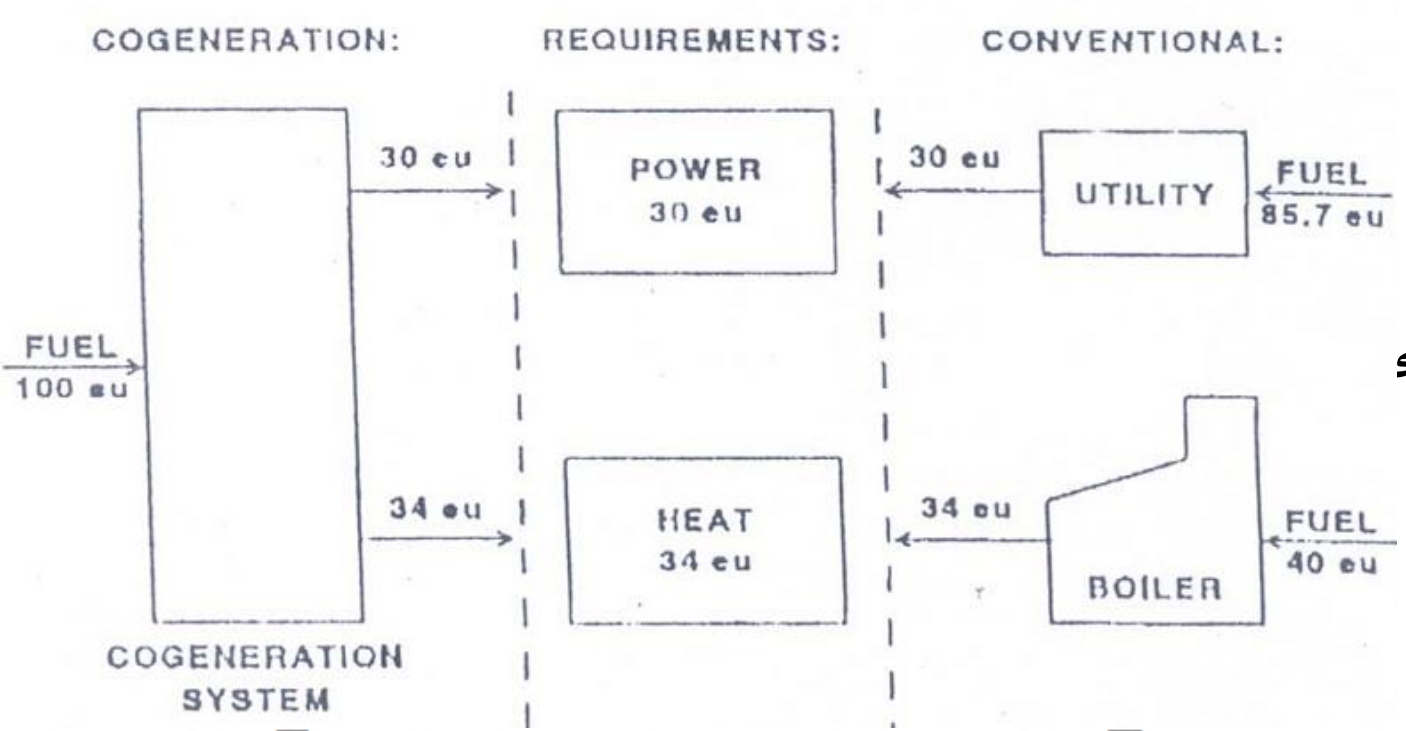
مصرف کنندهای کوچکی که نیاز بیشتری به انرژی الکتریکی دارند و یا به کیفیت انرژی حرارتی پائینی نیاز دارد(بخار فشار پائین یا آب گرم)

هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه پائین و در استفاده از سوختهای مختلف انعطاف‌پذیری دارد.

بر خلاف توربین گاز، درجه حرارت و آب و هوای محیط تاثیری بر آن ندارد.

سیستم تولید مشترک توربین بخار در صنایع قند و شکر، کارخانجات چوب، صنایع غذایی و غیره موقعیت و قابلیت اجرای بیشتری دارد. در این کارخانجات حتی سوخت این سیستم تولید مشترک می‌تواند از Biomass داخلی (مواد زائد تولیدی) تأمین شود.

فواید تولید همزمان برق و حرارت



۳۰ واحد برق

۳۴ واحد حرارت

راندمان ترمودینامیکی

$$\eta_o = (P + T) / F$$

که **P** بیانگر توان الکتریکی و **T** بیانگر مقدار انرژی حرارتی یا گرمائی و **F** بیانگر مقدار ورودی سوخت (همه بر اساس واحدهای یکسان) است. این راندمان کلی همچنین می‌تواند بصورت جمع راندمان‌های جزئی تولیدات حرارتی و برقی ارائه گردد. برای این مثال سیستم تولید همزمان دارای راندمان کلی

η_o = (۳۰ + ۳۴)/۱۰۰ = ٪۶۴

$$\eta_o = (P+T)/F = (P+T)/F = (۳۰ + ۳۴) / (۸۵/۷+۴۰) = ٪۵۱$$

سیستم تولید همزمان دارای یک راندمان کلی ۶۴٪ در مقایسه با مقدار راندمان ۵۱٪ در سیستم معمولی بوده و در مقایسه با سیستمهای معمولی، افزایش مطلق ۱۳٪ و بهبود نسبی ۲۵٪ (بر اساس ۵۱٪) را نشان می‌دهد.

برای تعیین صرفه‌جوئی‌های پولی و سوختی سیستم‌های تولید همزمان در مقایسه با سیستمهای تولید معمولی، فرض می‌کنیم قدرت الکتریکی خروجی ۵۰ MW باشد، این مقدار میزان توانی است که معمولاً در یک دانشگاه بزرگ یا یک کارخانه وجود دارد.

مقدار خروجی حرارتی برای این مثال برابر است با :

$$T = (۳۴/۳۰)۵۰\ MW = ۵۶/۷\ \ MW$$

این مقدار را به واحدهای MBtu/hr (میلیون بی تی یو در ساعت) می‌توان تبدیل کرد :

$$T = ۵۶/۷\ (۳/۴۱\ Mbtu/hr/MW) = ۱۹۳/۴\ \ MBtu/hr$$

برای تعیین ورودی‌های سوخت، قدرت را بایستی بر اساس واحدهای یکسان تبدیل کرد :

$$P = ۵۰\ (۳/۴۱\ Mbtu/hr/MW) = ۱۷۰/۷\ \ MBtu/hr$$

اکنون ورودی‌های سوخت بصورت زیر ارائه می‌شوند :

سوخت تولید همزمان $(FUEL)_{cogen} = (P+T)/(\eta\circ)_{cogen} =$ $= (۱۷۰/۷+۱۹۳/۴)/۰/۶۴ = ۶۹$ MBtu/hr

سوخت تولید معمولی $(FUEL)_{conv.} = (P+T)/(\eta\circ)_{conv.} =$ $(۱۷۰/۷+۱۹۳/۴)\div۰/۵۱ = ۷۱۴$ MBtu/hr

مقدار صرفه‌جوئی در سوخت از تفاوت مقادیر فوق بدست می‌آید :

سوخت تولید معمولی $(FUEL\ Saving) = (Fuel)_{conv.} = (Fuel)_{cogen} = ۷۱۴-۵۶۹ = ۱۴۵$ MBtu/hr

اگر نیروگاه ۶۰۰۰ ساعت در سال کار کند (این مقدار با تخمین محافظه‌کارانه بطور متوسط ۶۸٪ از زمان کارکرد را نشان می‌دهد) آنگاه صرفه‌جوئی سوختی در سال برابر با ۸۷۰۰۰۰ میلیون بی‌تی‌یو خواهد بود.

اگر قیمت سوخت ۲ دلار به ازای هر میلیون بی‌تی‌یو باشد، آنگاه صرفه‌جوئی مالی برابر ۱/۷۴ میلیون (دلار) در سال خواهد بود.

سیکلهای بالادست و پائین دست (Topping and Bottoming Cycles)

❖ سیکل بالا دست:

توان الکتریکی ابتدا در درجه حرارت بالا، ناشی از فرآیند احتراق سوخت تولید شده و سپس انرژی دفع شده (اگزوز شده) برای تولید انرژی حرارتی مفید مورد استفاده قرار می‌گیرد عمدهٔ سیستم‌های تولید همزمان بر اساس سیکل‌های بالادست می‌باشند.

❖ سیکل پائین دست:

گازهای حاصل از احتراق با درجه حرارت بالا ابتدا در فرآیند حرارتی درجه حرارت بالا مورد استفاده قرار گرفته (مثل فرآوری فلزات در درجه حرارت بالا) و سپس گازهای با درجه حرارت پائین در یک سیکل درجه حرارت پائین مخصوص برای تولید توان الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یکی از مشکلات موجود در سیستمهای سیکل پائین دست، همانا سیکل تولید توان الکتریکی با درجه حرارت پائین است.

۴- تکنولوژي توليد همزمان

چهار بخش اساسي سيستم‌هاي توليد همزمان

۱- محرك اوليه

۲- ژنراتور الكتريكي

۳- سيستم بازيافت حرارت

۴- سيستم كنترل

۴- تكنولوژي توليد همزمان

Stirling Engine - the first micro CHP plant tested at CCHT

محرك‌هاي اوليه موجودIovers

۱- موتورهاي پيستوني احتراق داخلي

۲- توربين‌هاي گازي

۳- توربين بخار

پيشرفت تكنولوژي و

۱- فيوسل‌ها

۲- ميكروتوربين‌ها

۳- موتورهاي استرلينگ

تفاوت عمده بین محرکهای اولیه

- سوختهائی که استفاده می کنند،
- در فرآیند احتراق آنها
- راندمان حرارت کلی،
- نوع، مقدار و درجه حرارت
- انرژی دفع شده

نسبت نرخ انرژی حرارتی تامینی به توان الکتریکی خروجی که نسبت حرارت به توان الکتریکی نامیده می شود.

انواع مختلف سیستم های CHP

Table II: Summary of CHP Technologies			
CHP system	Advantages	Disadvantages	Available sizes
Gas turbine	High reliability. Low emissions. High grade heat available. No cooling required.	Require high pressure gas or in-house gas compressor. Poor efficiency at low loading. Output falls as ambient temperature rises.	500 kW to 40 MW
Microturbine	Small number of moving parts. Compact size and light weight. Low emissions. No cooling required.	High costs. Relatively low mechanical efficiency. Limited to lower temperature cogeneration applications.	30 kW to 350 kW
Spark ignition (SI) reciprocating engine	High power efficiency with part-load operational flexibility. Fast start-up. Relatively low investment cost. Can be used in island mode and have good load following capability. Can be overhauled on site with normal operators. Operate on low-pressure gas.	High maintenance costs. Limited to lower temperature cogeneration applications. Relatively high air emissions. Must be cooled even if recovered heat is not used. High levels of low frequency noise.	< 5 MW
Diesel/compression ignition (CI) reciprocating engine			High speed (1,200 RPM) ≤4MW Low speed (60-275 RPM) ≤65MW
Steam turbine	High overall efficiency. Any type of fuel may be used. Ability to meet more than one site heat grade requirement. Long working life and high reliability. Power to heat ratio can be varied.	Slow start up. Low power to heat ratio.	50 kW to 250 MW
Fuel Cells	Low emissions and low noise. High efficiency over load range. Modular design.	High costs. Low durability and power density. Fuels requiring processing unless pure hydrogen is used.	200 kW to 250 kW

Comparison of DG/CHP Technologies

	Diesel Engine	Natural Gas Engine	Gas Turbine	Microturbine	Fuel Cells	Stirling Engine[a]
Electric efficiency (LHV)	30–50%	25–45%	25–40% (simple) 40–60% (combined)	20–30%	40–70%	25–40%
Part load	Best	Ok	Poor	Poor	—	Ok
Size (MW)	0.05–5	0.05–5	3–200	0.025–0.25	0.2–2	0.001–0.1
CHP installed cost ($/kW)	800–1500	800–1500	700–900	500–1300	> 3000	> 1000
Start-up time	10 sec	10 sec	10 min–1 hr	60 sec	3–48 hrs	60 sec
Fuel pressure (psi)	< 5	1–45	120–500	40–100	0.5–45	—
Fuels	Diesel, residual oil	Natural gas, biogas, propane	Natural gas, biogas, propane, distillate oil	Natural gas, biogas, propane, distillate oil	H_2, natural gas, propane	All
Uses for heat recovery	Hot water, LP steam, district heating	Hot water, LP steam, district heating	Heat, hot water, LP-HP steam, district heating	Heat, hot water, LP steam	Hot water, LP-HP steam	Direct heat, hot water, LP steam
CHP output (Btu/kWh)	3400	1000–5000	3400–12,000	4000–15,000	500–3700	3000–6000
Usable temp. for CHP (°F)	180–900	300–500	500–1100	400–650	140–700	500–1000

توربین بخار

اختلاف عمدهٔ توربین بخار نسبت به موتورهای رفت و برگشتی و توربین های گاز در احتراق است که در خارج و در یک دستگاه مجزا به نام بویلر اتفاق می افتد. این کار اجازه می دهد تا از طیف گسترده ای از سوختها از جمله سوختهای منجمد نظیر زغال سنگ یا موادضایعاتی جامد استفاده کرد.

- البته بخار خروجی می تواند برای مصارف گرمایش و یا تأمین انرژی مورد نیاز چیلر جذبی نیز مورد استفاده قرار بگیرد. توربین های بخار در اندازه ها و شکلهای مختلف موجود هستند.

موتورهای رفت و برگشتی

موتورهای احتراق داخلی به چندین صورت وجود دارند و شاید معمول‌ترین شکل از موتورهای رفت و برگشتی، موتورهای بنزینی با احتراق جرقه‌ای در اتومبیل‌ها باشد.

عمدهٔ موتورهای رفت وبرگشتی را در سیستم‌های تولید همزمان با اندازه‌های متوسط تا بزرگ موتورهای دیزل ثابت که با سوخت دیزل (گازوئیل) یا در یک حالت دو گانه با گاز طبیعی کار می‌کنند، تشکیل می‌دهد.

این نوع موتورها برای کاربرد تولید همزمان، در بسیاری از سطوح قدرت و با طرحهای مختلف وجود دارند. این سطوح قدرت می‌توانند از کمتر از ۵۰ KW تا بیشتر از ۲۰۰ MW تغییر کنند. بعضی از تولید کننده‌ها حتی سیستم‌های تولید همزمان کوچک را با قدرت خروجی کم (تا میزان ۶ KW) نیز پیشنهاد می‌کنند.

سیستم‌های با موتور سیلندر پیستونی *(reciprocating engine systems)* موتورهای سیلندر پیستونی رایج‌ترین محرک اولیه (موتور) در سیستم‌های CHP در اندازه‌های ۱-۱۰۰۰ ^{Kwe} است.

بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی

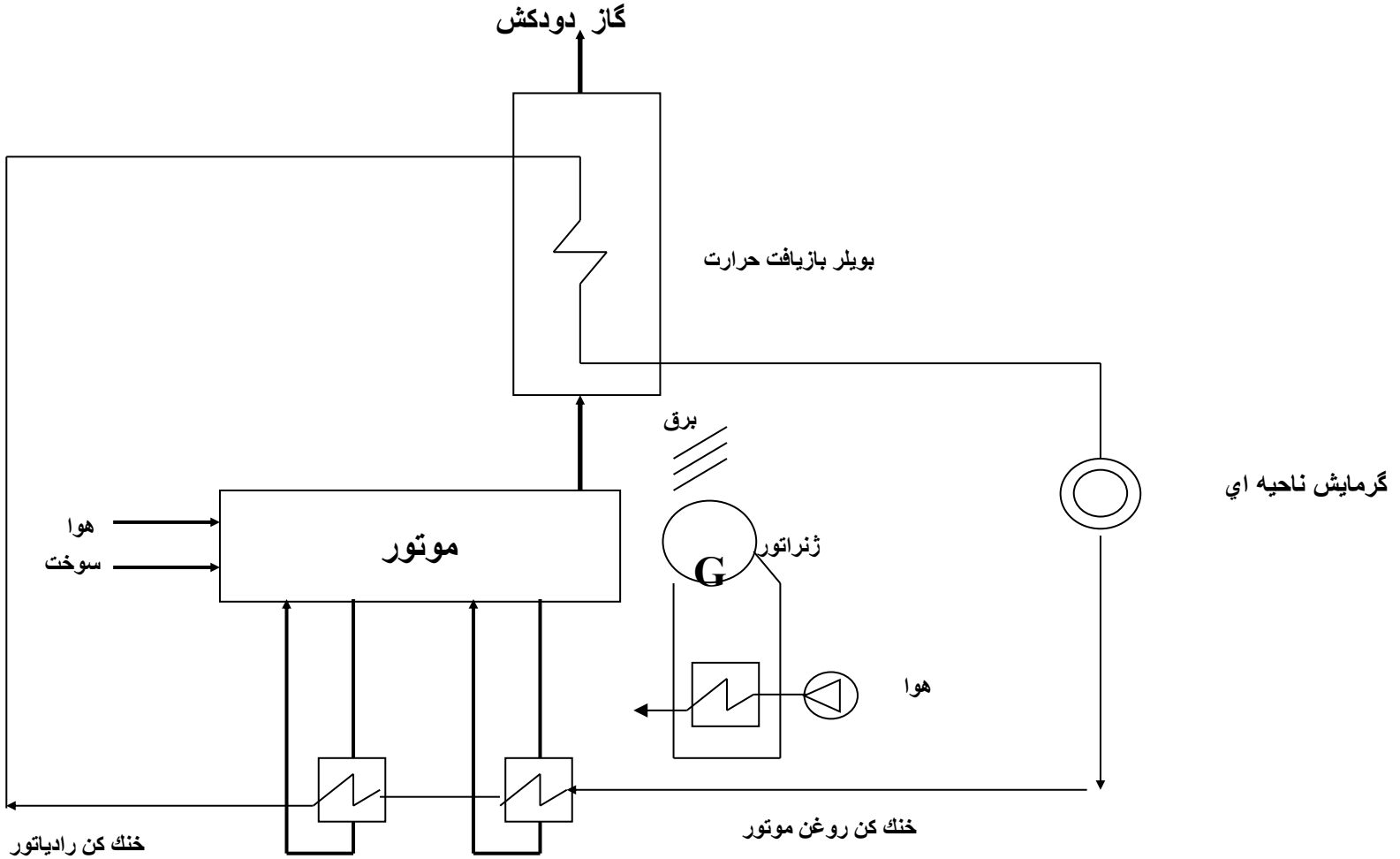
تولید این واحدها از چند کیلو وات تا ۵ مگا وات است.
راندمان الکتریکي ۳۴% در واحدهاي کوچك و ۴۱% در واحدهاي بزرگ
راندمان حرارتي بين ۴۰ تا ۵۰ درصد
در مجموع راندمان کل تقريباً ۹۰ درصد است.
بعنوان مثال يك موتور ديزل ۴/۲ MW مي‌تواند ۱/۵ MW بخار و ۳/۱ MW آبگرم و داغ توليد کند.مصرف سوخت اين موتور ۱۰ MWو بنابراين بازده ۸۸%

CHP Sites Using Reciprocating Engines

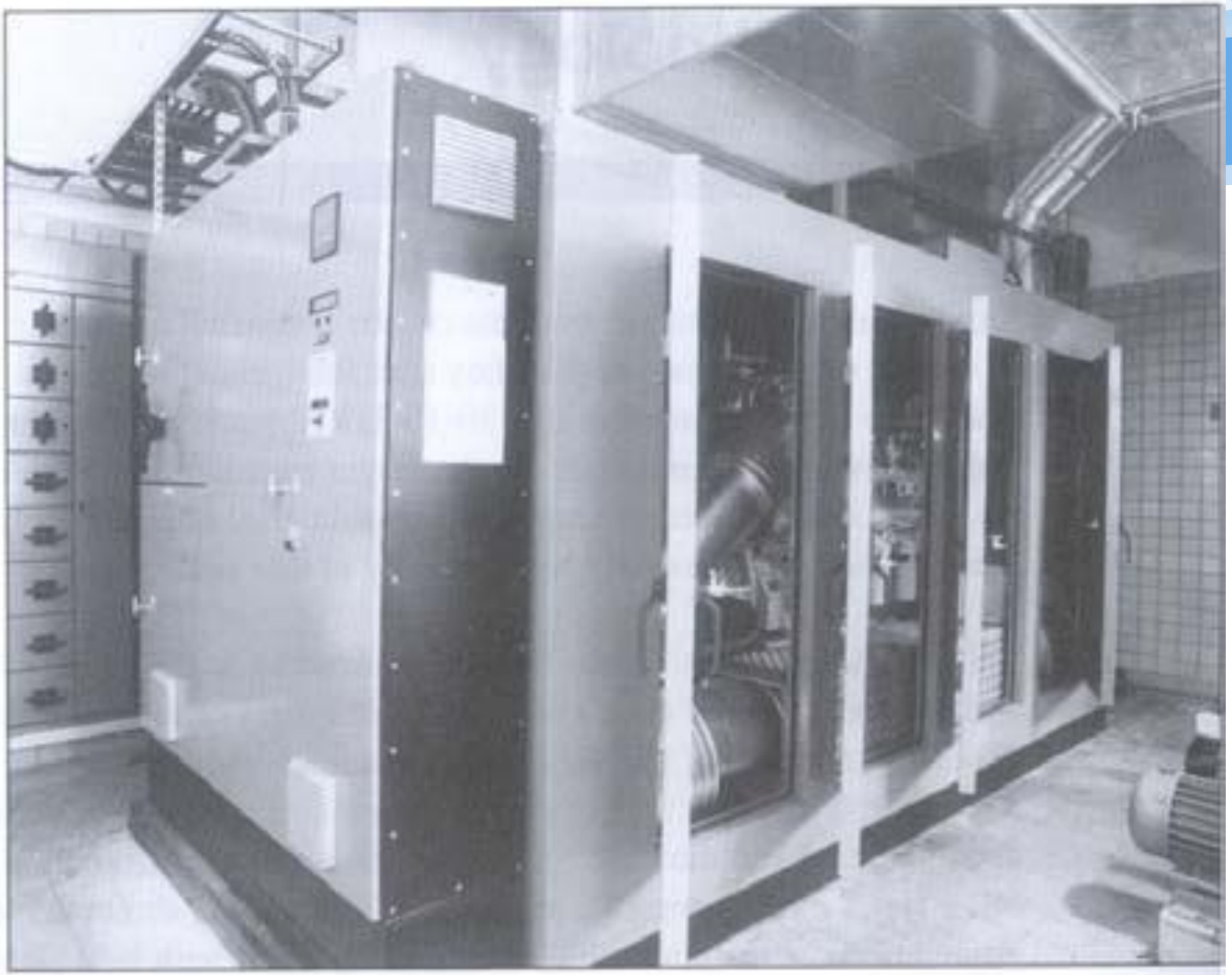
State	Number of Sites	% of U.S. Market
California	493	42.0
New York	136	11.6
New Jersey	117	10.0
Massachusetts	46	3.9
Illinois	44	3.7
Pennsylvania	44	3.7
Connecticut	43	3.7
Michigan	28	2.4
Texas	23	2.0
Virginia	17	1.4
Florida	16	1.4
Arizona	15	1.3
Top 12 Totals	1022	87.1

بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی

این نوع مو تورها برای کاربرد تولید همزمان، در بسیاری از سطوح قدرت و با طرحهای مختلف وجود دارند . این سطوح قدرت می توانند از کمتر از ۵۰ کیلو وات تا ۲۰۰ مگاوات تغییر کنند



واحد تولید مشترک موتور گازسوز



Packaged gas engine cogeneration unit (courtesy of Geveke Motoren).

موتورهای رفت و برگشتی

- موتور صنعتی *(Industrial Engine)*
- موتور خودرو *(Automotive Derived Engine)*
- موتور دیزل *(Diesel Engine)*
- موتور گازی *(Gas Engine)*
- موتور استرلینگ *(Stirling Engine)*

موتورهای صنعتی

موتورهای صنعتی موتورهای پرقدرت، بزرگ و از نوع ثابت (*Stationary*) هستند که برای تولید قدرت مطمئن (reliable) با حداقل هزینه تعمیر و نگهداری طراحی شده‌اند.

- ساعت کارکرد بیش از ۵۰۰۰۰ ساعت

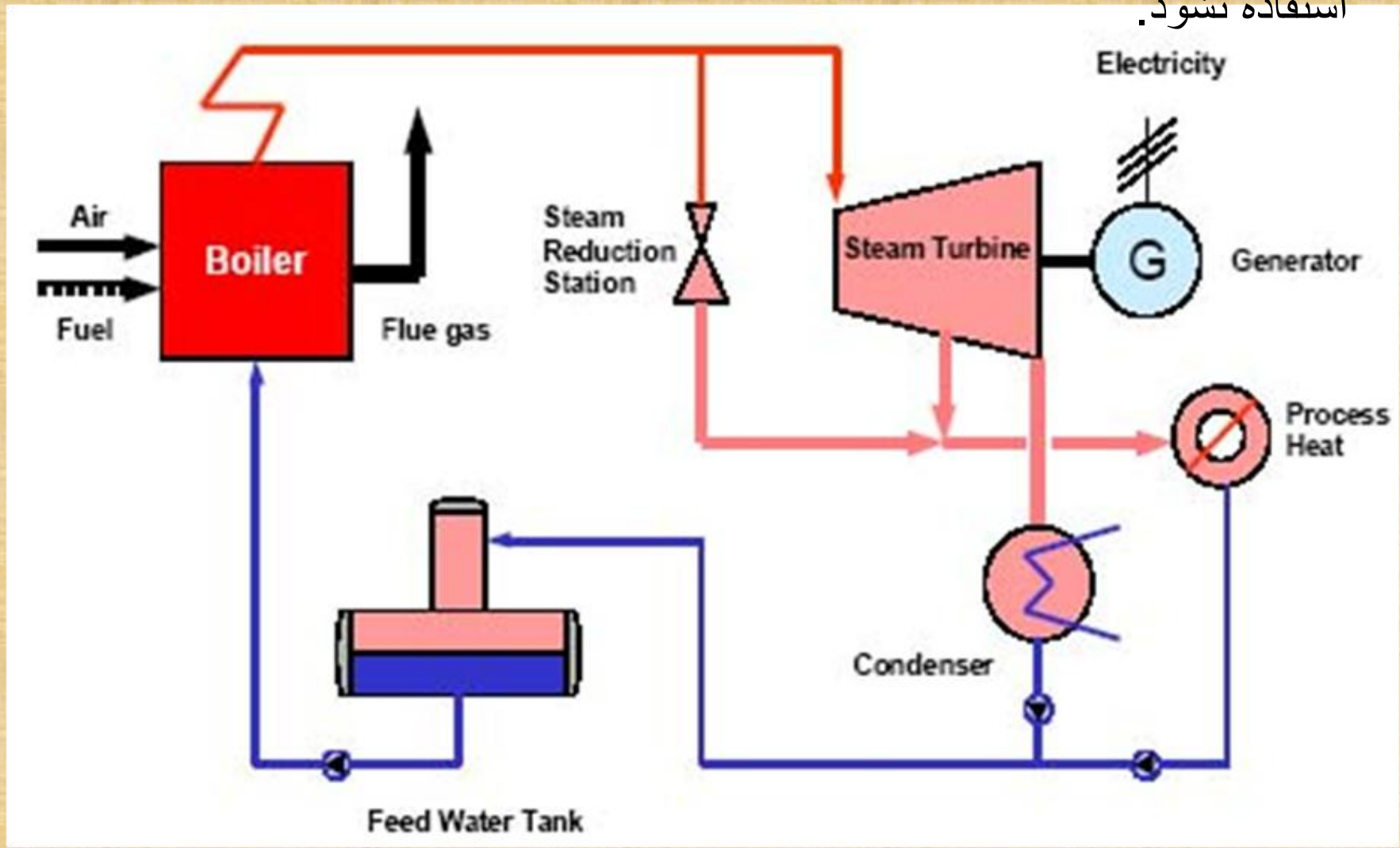
این موتورها در هر دو نوع جرقه‌ای (SI) با سوخت گاز و دیزل (CI) موجود است که البته در سیستم‌های CHP بیشتر از نوع جرقه‌ای استفاده می‌شود. کاربرد اصلی این موتورها برای پمپ کردن سیالات و نیز بکار انداختن ژنراتورها در موقع قطع برق بوده است (مانند صنعت نفت) . موتورهای صنعتی معمولاً در سیستم‌های CHP با توان الکتریکی بیش از ^{Kwe} ۲۰۰-۱۵۰ بکار برده می‌شود.

روشهای تولید همزمان

- ۱)بازیافت از توربینهای زیرکش دارِ (Extraction Condensing)
- ۲)بازیافت ازتوربینهای پس فشاری: ساده‌ترین (Back Pressure)
- ۳)بازیافت حرارت ازتوربینهای گازی (Gas Turbine Heat)
- ۴)بازیافت از سیکل ترکیبی (Combined Cycle)
- ۵)بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی (Reciprocating Engines)

نیروگاههای بخاری دارای چگالنده و زیرکش

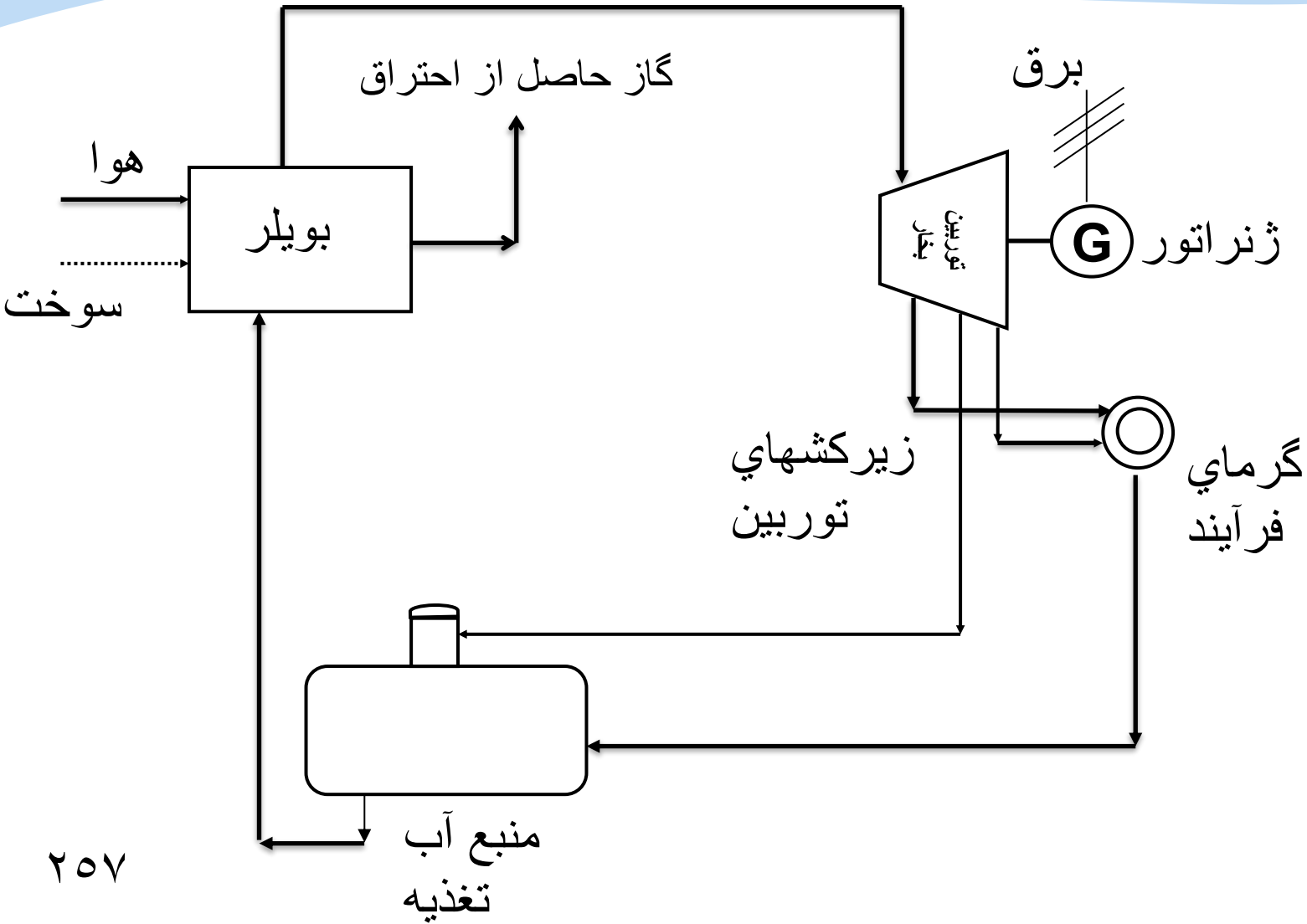
بخار قبل از رسیدن به آخرین مرحله خارج مي‌شود.
ایستگاه کاهش فشار بخار براي مواقعي که از توربين بخار استفاده نشود.



بازیافت ازتوربینهای پس فشاری back - pressure

- بخار از قسمت‌هاي مياني توربين و با فشار خارج مي‌شود.
- از اين بخار به منظور استفاده مستقيم به عنوان بخار فرايند(مثلاً در ماشين‌هاي كاغذسازي) يا بعنوان سيال گرم در يك مبدل حرارتي براي گرم كردن آب
- آب خروجي از نيروگاه حداكثر بين ۱۲۰ تا ۱۵۰ درجه سانتيگراد است.
- براي افزايش دماي آب خروجي، بويلرهايي بطور سري با مبدلهاي حرارتي استفاده مي‌شود.

بازیافت ازتوربینهای پس فشاری



بازیافت حرارت ازتوربینهای گازی

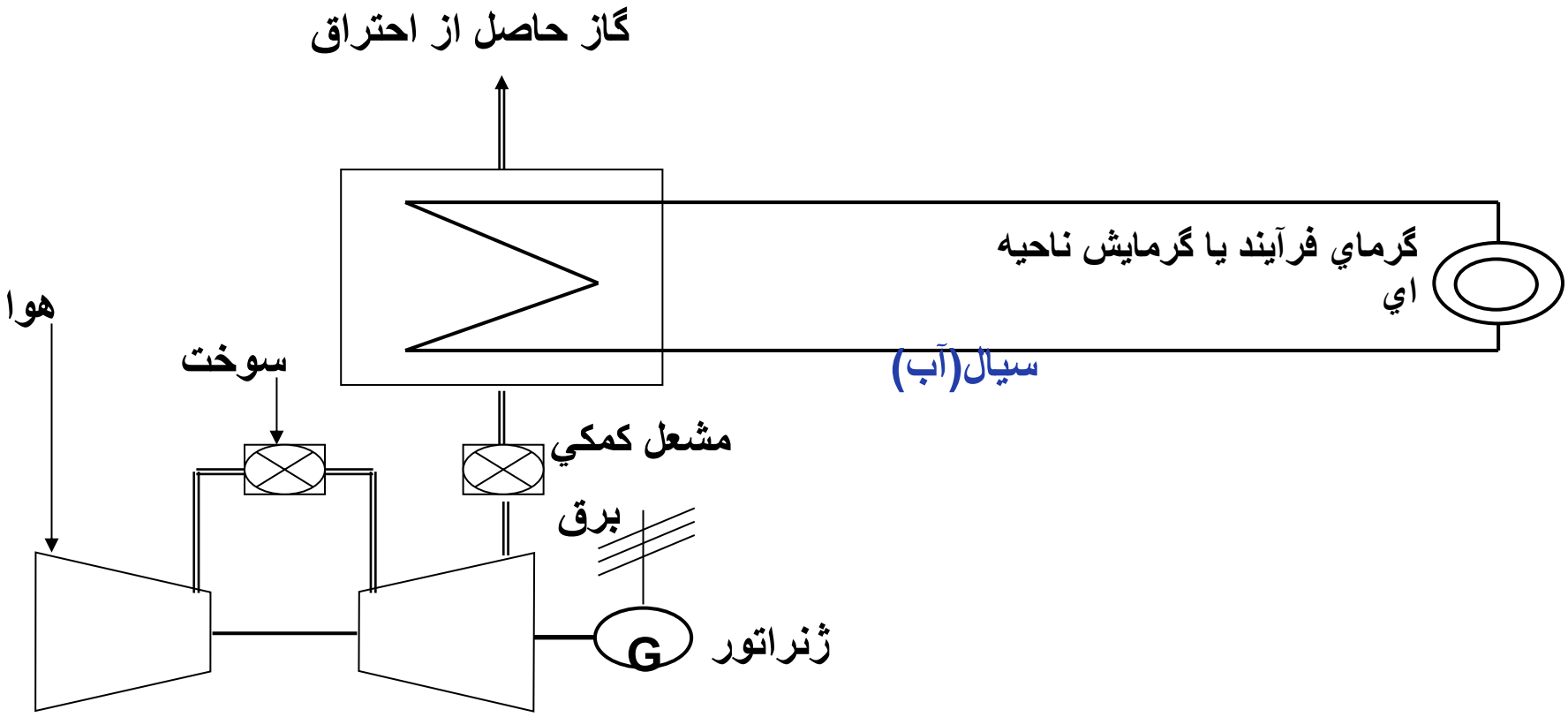
- سوخت: گاز طبيعي، گازوئيل يا تركيبي از گاز طبيعي و گازوئيل
- ميزان حرارت بازيافت شده به:

۱- نوع سوخت مصرفي

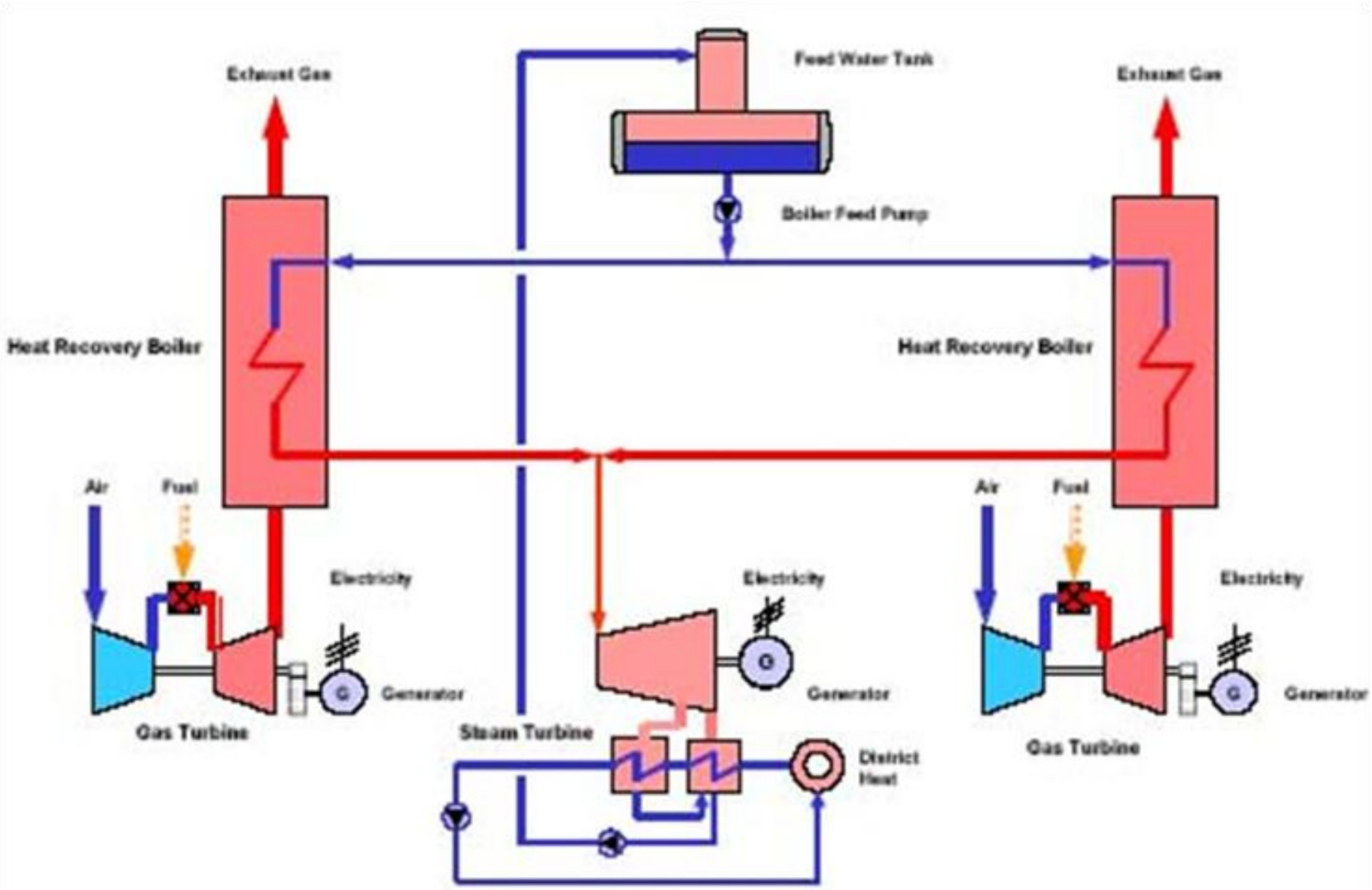
۲- دماي حررات بازيافت شده بستگي دارد.

- در بعضي مواقع نيروگاه به يك مشعل كمكي مجهز مي‌شود كه از گازهاي خروجي از توربين گاز بجاي هواي احتراق استفاده مي‌كند.

بازیافت حرارت ازتوربینهای گازی



مجموعهٔ تولید توأم برق و حرارت بر پایهٔ سیکل ترکیبی



تولید پراکنده ترکیبی ساختمان مرکزی وزارت نیرو به منظور ایجاد اطمینان در سرمایه گذاران

بازده الکتریکی ٤١ درصد، بازده کل ٨٢ درصد ، ظرفیت الکتریکی نامی ٤ مگاوات-عملی ٤/٣ مگاوات، ظرفیت بخار ٨/٢ تن درساعت، صرفه جوئی ٧٣٠ هزارمترمکعب گازدرسال، تامین تجهیزات از دویتس آلمان با نرخ ٥٠٨ یورو برکیلووات

فیلم (٥/٧ دقیقه)

انتقال آب گرم

- براي انتقال آب گرم از خطوط لوله خاصي استفاده مي شود. اين خطوط براي حداكثر فشار عملياتي ١٦ bar طراحي شده اند و به سنسورهاي نشت ياب مجهز هستند.

مطالعه توليد وحرارت در ايران

- در اين مطالعه، برنامه بلندمدت استفاده از واحدهاي توليد همزمان برق و حرارت در كشور، براساس حداقل سازي مجموع هزينه‌هاي اقتصادي سيستم عرضه انرژي كشور تهيه شده است. در محاسبه هزينه‌هاي سيستم عرضه انرژي، مولفه‌هاي سرمايه‌گذاري، هزينه‌هاي بهره برداري و
  هزينه هاي سوخت لحاظ شده است .

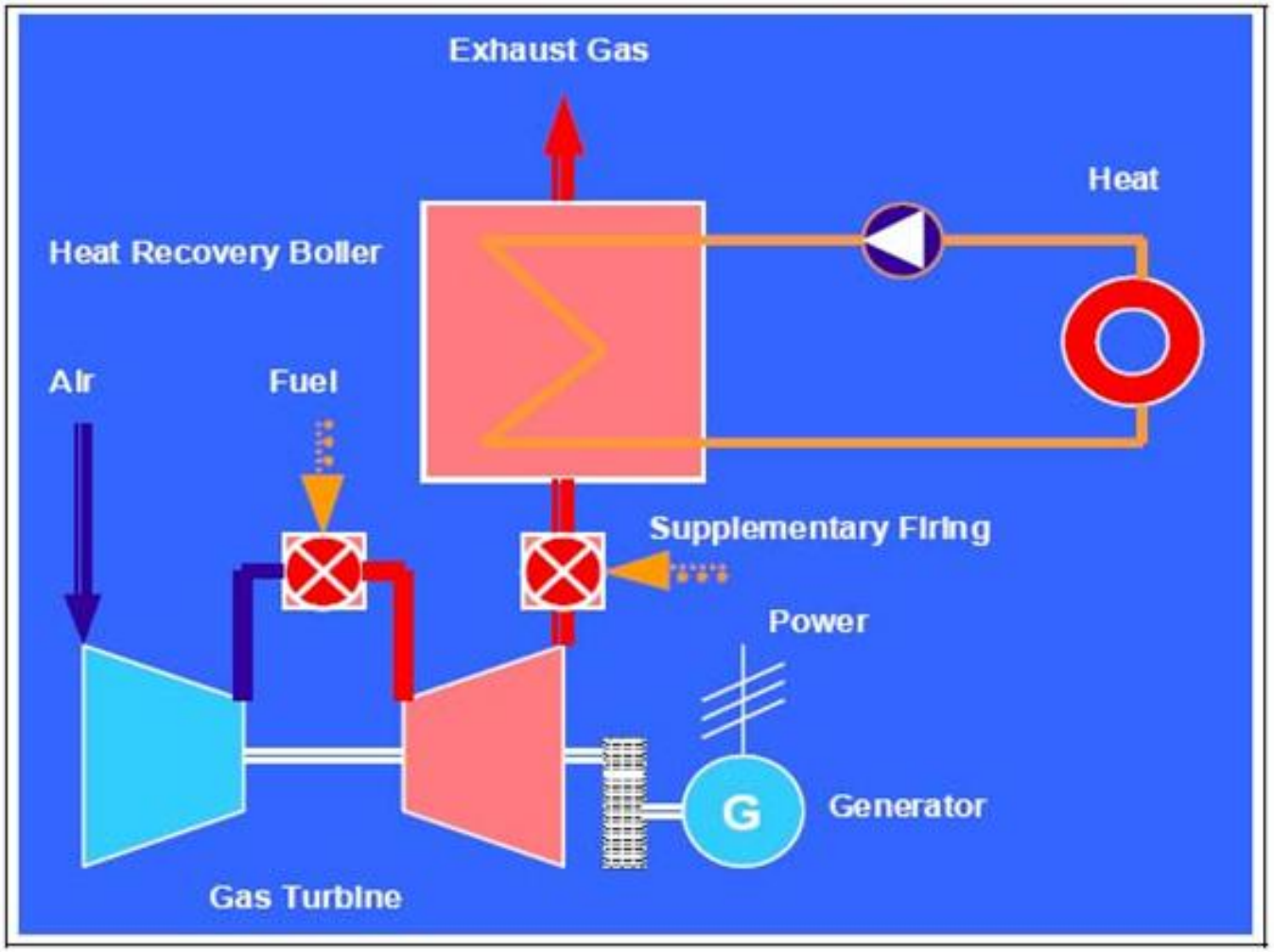
ترکیب توام حرارت و الکتریسیته نیروگاه مشهد
(Combined Head And Power Plant Mashhad)

- در مورد تولید کننده های انرژی در نیروگاه مشهد دو واحد توربین آلستوم و دو واحد توربین گازی BBC موردتوجه قرار گرفته شده است.

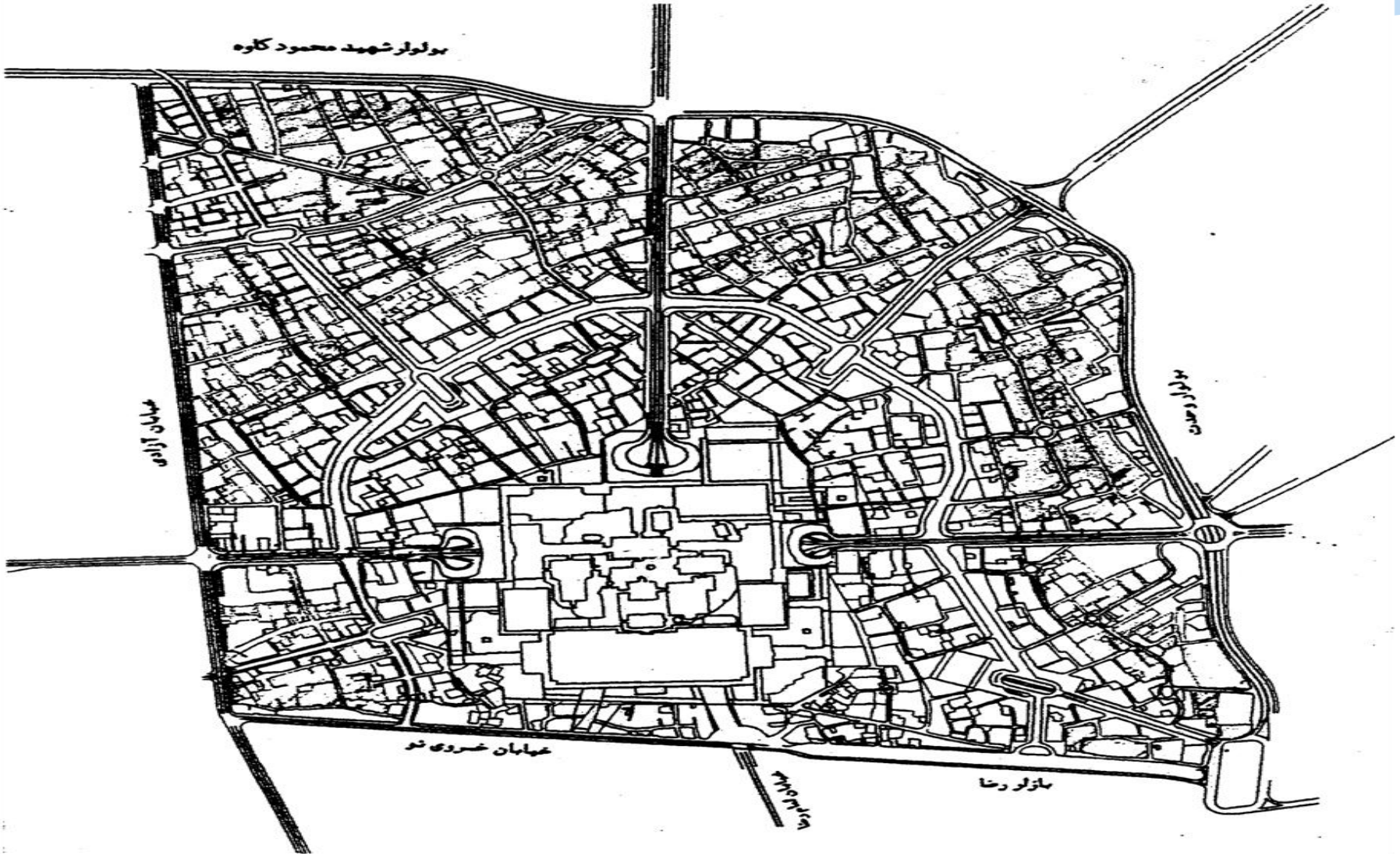
مراحل پروژه بقرار زیر است.

- مرحله اول):بازنگری مطالعات انجام شده در نیروگاه با توجه به محدودیتهای فنی و زیست محیطی
- مرحله دوم):بازنگری محاسبات میزان انرژی حرارتی قابل استحصال از تجهیزات نیروگاه
- مرحله سوم):تعین نقاط مصرف و برآورد بار حرارتی و برودتی
- مرحله چهارم):استخراج داده ها و تهیه منحنی مصرف برق و حرارت
- مرحله پنجم):بررسی و تعیین گزینه های کاربردی جهت مصارف بار حرارتی و برودتی تولیدی و انتخاب گزینه های بهینه از نظر فنی و زیست محیطی
- مرحله ششم):محاسبات فنی و اقتصادی
- مرحله هفتم):تهیه مشخصات کلی تجهیزات مسیر خطوط در نقشه های اولیه طرح در بخشهای تولید انتقال و توزیع
- مرحله هشتم):ارزیابی فنی و اقتصادی جامع ونهایی طرح انتخابی

امکان سنجی طرح تولید همزمان برق، حرارت و برودت اطراف حرم مطهر امام رضا (ع) از طریق واحدهای نیروگاه مشهد



محدوده از چهارراه خسروی_میدان ۱۷شهریور
از ۱۷شهریور تا راه آهن
از راه آهن تا چهارراه شهدا



مقایسه فضاهای تخصیص داده شده در محدوده طرح نسبت به کل شهر مشهد

ساختمان‌هاي مستقر در محدوده طرح در مقايسه با كل شهر مشهد	هتلها	مسافرخانه ا	فضاي تجاري
	%۳۴	%۵۷	%۸

گزارش ترکیب تولید حرارت و الکتریسیته (CHP)

- **خلاصه مطالعات انجام شده:**
- گزارش تهيه شده توسط شركت مهندسين مشاور نيرو به بيان كلي تكنولوژيهاي مختلف توليد همزمان برق و حرارت و مزاياي آنها از قبيل جلوگيري از اتلاف انرژي،كاهش آلاينده‌ها و گازهاي گلخانه‌اي تا حدود ۴۰ درصد، افزايش راندمان واحدها تا ۲۰ درصد پرداخته شده است و همچنين عنوان گرديده كه سرمايه‌گذاري انجام شده در طول مدت كمتر از ۵ سال مستهلك مي‌شود كه اين موارد در شرايط داخلي نياز به بررسي بيشتر دارند.

- فاصله نیروگاه مشهد تا حرم مطهر۳/۵کیلومتراست.

- هزینه مطالعات ۱۵۰میلیون تومان.
- طرح انجام شود۲۲۰میلیارد تومان هزینه دارد.

- محدودة طرح نوسازي و بازسازي بافت پيرامون حرم مطهر شامل ناحيه ۲۵ و دو محله از ناحيه ۲۳ شهر مشهد مي‌باشد.

- مساحت محدوده طرح ۹/۳۶۰ هكتار بوده كه ۲/۷۵ هكتار آن متعلق به آستان قدس رضوي است.

- جمعيت ساكن قابل اسكان بطور دائم در محدوده طرح مورد نظر بر پايه برآوردهاي صورت گرفته، بالغ بر ۵۱۰۰۰ نفر و حداكثر جمعيت قابل اسكان در محدوده طرح بصورت متغير حدود ۱۲۰۰۰۰ نفر شب مي‌باشد.

نتايج

- ۱- بازيافت حرارت از توربينهاي گازي داراي اولويت اقتصادي بالايي در برنامه بلندمدت كشور است كه بايستي بدان توجه شود. توليد حرارت از بازيافت انرژي در بويلر بازيافت حرارت براي مصارف گرمايشي بهترين انتخاب است و توليد همزمان برق و حرارت در توربين بخار پس‌فشاري (pressure - Back) در اولويت دوم قرار دارد.

- ۲- در شبكه توليد همزمان برق و حرارت، نيروگاه سيكل تركيبي معمولي در مقايسه با نيروگاه سيكل تركيبي با توربين بخار پس‌فشاري و بويلر بازيافت حرارت داراي هيچگونه اولويت اقتصادي نيست. علت اين امر، بالا بودن هزينه توليد انرژي نيروگاه سيكل تركيبي معمولي نسبت به هزينه توليد انرژي نيروگاه سيكل تركيبي با توربين بخار پس‌فشاري و بويلر بازيافت حرارت است.

سیاستهای کلی وپیشنهادها

- با نگاه كلي، بازيافت حرارت از گازهاي داغ خروجي از توربينهاي گازي حتي در مناطقي كه در آنها شبكه گاز وجود دارد داراي توجيه اقتصادي است. با در نظر گرفتن هزينه گاز ورودي با نيروگاهها، استفاده از بويلر بازيافت براي تأمين حرارت در اولويت اول قرار دارد. بعد از بويلر بازيافت، توربين بخار پس‌فشاري (Back - pressure) اولويت دوم را به خود اختصاص داده است.

- با توجه به تأثيرپذيري انتخاب روشهاي مختلف توليد همزمان برق و حرارت از شرايط محيطي، پيشنهاد ميشود مطالعات ميداني هر پروژه اجرايي بصورت موردي انجام شود. لازمست در اين مطالعات، ساز و كارهاي فروش حرارت نيز بدقت مورد بررسي قرار گيرد زيرا بازار مطمئن فروش حرارت تأثير مهمي بر انتخاب آلترناتيوهاي موجود در توليد همزمان دارد.

نیروگاه آبی

نیروگاه آبی

- انرژی آب از دیرباز به عنوان یک انرژی مورد توجه بشر بوده است.
- در ایران از انرژی آب برای آسیاب کردن غلات استفاده می شده است.

- دلایل استفاده از انرژی آب در ایران در چند دهه اخیر:

۱- محدود بودن عمر انرژی های فسیلی

۲- مسائل زیست محیطی

۳- کنترل سیلاب

۴- تأمین و تنظیم آب کشاورزی

۵- وجود پتانسیل های آبی در کشور

مقدمه

- میزان کل انرژی آب موجود در جهان ۴۴۰۰۰ twh
- ۹۰۰۰twh قابل بهر برداری از لحاظ فنی اقتصادی در سطح جهان
- ۴۰۰۰ Twh از این انرژی مورد استفاده قرار گرفته
- قدیمیترین نیروگاه آبی ایران در منطقه عباس آباد همدان با ظرفیت ۱ MW در سال ۱۳۱۶ به بهره‌برداری رسیده و هم اکنون به عنوان موزه همدان استفاده می‌شود.

نیروگاه‌های آبی در ایران

- حوضه آبریز کارون:
- طول رودخانه: ۸۴۰ Km
- حوضه‌آبریز: ۶۰۰۰ Km^2
- متوسط دبی سالانه آن ۴۵۳ m^3/s بر اساس آمار ۴۰ ساله
- بر اساس مطالعات تعداد نیروگاه‌ها بر روی این رودخانه ۱۱ مورد است.
- مجموعه پتانسیل‌های قابل بهره‌برداری از روی این روخانه ۱۵۰۰۰ MW
- کارون ۱ : ۲۰۰۰ MW بهره برداری
- کارون ۲: ۱۵۰۰ MW
- کارون ۳ : ۳۰۰۰ MW بهره برداری
- کارون ۴ : ۱۰۰۰ MW
- کارون ۵ : ۱۰۰۰ MW
- مسجد سلیمان : ۲۰۰۰ MW بهره برداری
- گتوند: ۲۰۰۰ MW

نیروگاه‌های آبی در ایران

- حوضه آبریز کرخه:
- طول رودخانه: ۹۰۰ Km
- حوضه‌آبریز: ۹۲۰۰ Km^2
- متوسط دبی سالانه آن ۱۷۷ m^3/s
- بر اساس مطالعات تعداد نیروگاه‌ها بر روی این رودخانه ۶ مورد است.
- مجموعه پتانسیل‌های قابل بهره‌برداری از روی این روخانه MW ۳۱۶۵
- تنها سد و نیروگاه کرخه با ظرفیت ۴۰۰ MW بهره برداری می شود

نیروگاه‌های آبی در ایران

- حوضه آبریز دز:
- طول رودخانه: ۵۰۰ Km
- حوضه‌آبریز: ۲۴۰۰۰ Km^2
- متوسط دبی سالانه آن ۲۴۱ m^3/s
- بر اساس مطالعات تعداد نیروگاه‌ها بر روی این رودخانه حداقل ۵ مورد است.
- نیروگاه دز با ظرفیت ۵۲۰ MW (۸*۶۵) در حال بهره‌برداری است

- نیروگاه آبی تلمبه ذخیره‌ای سیاه بیشه بروی رودخانه چالوس با ظرفیت MW ۱۰۰۰ (۴*۲۶۰)

تکنولوژی تولید برق از آب

۱- نیروگاه آبی: انرژی موجود در آب های جاری در سطح خشکی زمین

۲- نیروگاه دریایی: از انرژی بیکران نهفته در دریاها و اقیانوسها

مزایای نیروگاه های آبی

- راندمان بالا تا حدود ۸۰% و بیشتر: با بهره برداری بلند مدت خیلی تغییر نمی کند
- هزینه تعمیرات و تعداد پرسنل بسیار کمتر از نیروگاه فسیلی
- سوخت آنها آب که رایگان است.
- طول عمر بیشتر بالغ بر ۵۰ سال، طول عمر نیروگاه‌های فسیلی ۲۰ سال
- فاقد آلاینده‌های زیست محیطی
- سریعاً وارد مدار مي شود.
- نسبت به تغییرات بار پاسخ مناسبي مي دهد.

معایب نیروگاه های آبی

- هزینه احداث در مدت زمان ساخت بالا نسبت به نیروگاه فسیلی
- هزینه خطوط انتقال در آن زیاد است.
- در فصول خشك مدت خروجي آن تحت تاثير قرار مي گيرد.
- تغییرات محسوس در تبدیلات اکولوژي سیستم در ایجاد

معیارهای انتخاب محل نیروگاه

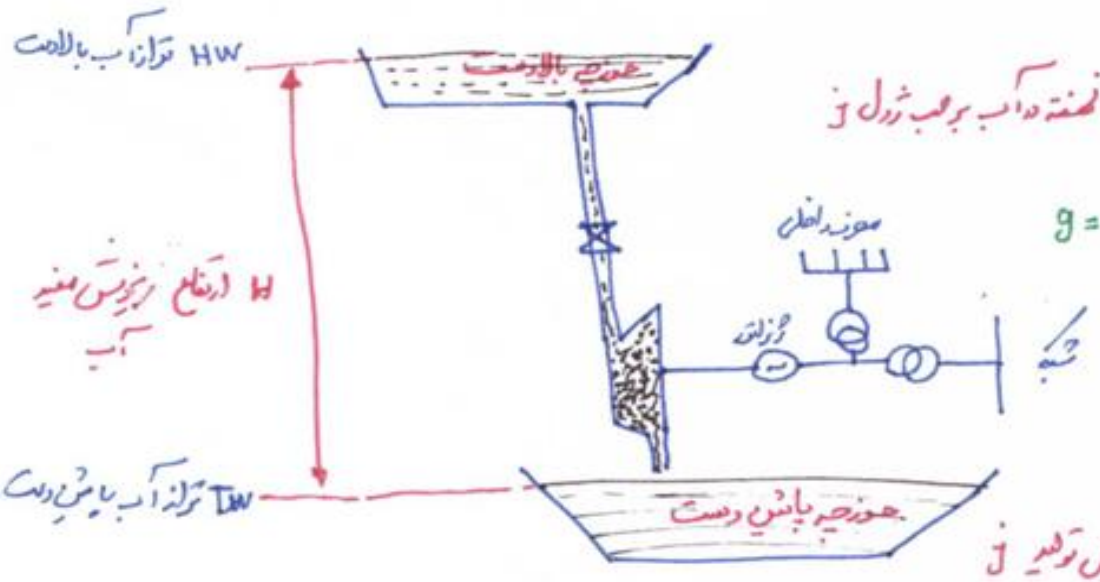
۱. موجود بودن مقادیر عظیم انرژي آبي.
۲. انتخاب محل مناسب براي ساخت سد (وجود کوههاي بلند و مقاوم در دو طرف آن)
۳. استحکام قوی فونداسیون محل سد همراه با صرف حداقل هزینه.
٤. عدم وجود نشت در فونداسیون طبیعي در آینده.
٥. سطح آب نبایستي از حداقل مقدار مورد نیاز پائین تر بیاید.
٦. محل مورد نظر از لحاظ دستیابي بایستی سهل الوصول باشد.
۷. جریان آب در پریودهاي مختلف مناسب باشد.
۸. منابع محلي شن و ماسه و مصالح ساختماني در دسترس باشد.

نوع توربین	هزینه نگهداری	متوسط عمر مفید	ظرفیت واحد
دیزلی	زیاد	کم	حداکثر ۵ مگاوات
گازی	زیاد	۱۵ تا ۲۰ سال	۱۰ تا ۱۰۰ مگاوات
بخاری	متوسط	۴۰ سال	۵۰ تا ۳۰۰ مگاوات
سیکل ترکیبی	متوسط	۱۵ تا ۳۰ سال	۵۰ تا ۳۰۰ مگاوات
آبی	کم	بیش از ۵۰ سال	۵۰ تا ۱۰۰۰ مگاوات

نوع توربین	راندمان	متوسط مدت اجرا	سرمایه‌گذاری اولیه
دیزلی	٪۱۵	–	کم
گازی	٪۲۸	۶ ماه	کم
بخاری	٪۳۵	۴ سال	متوسط
سیکل ترکیبی	٪۵۵	۶ سال	متوسط
آبی	٪۹۰	۸ سال	زیاد

Power Generation Type	Typical Size (MW)	Capitalized Plant Cost ($/kW)	Construction Lead Time (Yrs)	Heat Rate (BTU/kWh)	Fuel Type
Nuclear	1200	2400	10	10,400	Uranium
Pulverized coal/steam	500	1400	6	9900	Coal
Atmospheric fluidized bed	400	1400	6	9800	Coal
Gas turbine	100	350	2	11,200	Natural gas
Combined-cycle	300	600	4	7800	Natural gas
Coal-gasification combined-cycle	300	1500	6	9500	Coal
Pumped storage hydro	300	1200	6	–	–
Conventional hydro	300	1700	6	–	–

تولید انرژی الکتریکی حاصل از انرژی جریان آب:



V حجم موجود در مخزن بالادست.

$E_p = m \cdot g \cdot H = V \cdot \rho \cdot g \cdot H$ انرژی پتانسیل نهفته در آب برحسب ژول J

m جرم — $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ شتاب جاذبه زمین — H ارتفاع ریزش مفید آب برحسب متر — V حجم m^3 — ρ چگالی برحسب $\rho = 1000\ kg/m^3$

$$E_{el} = \eta_{kw} \cdot V \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

E_{el} انرژی الکتریکی قابل تولید J

η_{kw} بازدهی کل نیروگاه.

$$\eta_{kw} = \eta_H \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot (1 - \varepsilon) = 0.8 \dots 0.85$$

η_H بازدهی هیدرولیکی 0.98 تا 0.9

η_T بازدهی توربین 0.88 - 0.95

η_G بازدهی ژنراتور 0.94 - 0.98

$(1 - \varepsilon)$ معرف داخلی

$\varepsilon = (0.005 \dots 0.025) * P_N$

معرف داخلی جزء تلفات تجهیزات شش

۱- الکتروموتور پمپ و تأمین سیستم روغنکاری
۲- سیستم خنک کن هوایی ژنراتور
۳- دستگاه‌های بازدید و بسته کردن دریچه‌ها
۴- سیستم تصفیه و تأمین روغن ترانسفورماتور
۵- سیستم تحریک ژنراتور
۶- سیستم کامپیوتر
۷- روشنایی داخلی

- با احتساب بازدهي نيروگاه در حدود ۸۲ درصد
- انرژي الكتريكي قابل استحصال $E_{el} = 2.22 * 10^{-3} . V . H$
- توان الكتريكي قابل استحصال $P = \frac{dE}{dt} = \frac{dV}{dt} . \rho . g . H = 9.81\, Q\, H$

$$Q = \frac{dV}{dt}$$

$$P_{el} = \eta_{kw} . P$$

$$P_{el} = 8 . Q . H$$

P توان آب بر حسب kw

Q دبي آب برحسب m^3/s

توربین‌های آبی

- تبدیل انرژی موجود در آب به انرژی مکانیکی برای به چرخش درآوردن محور توربین
- توربین های آبی
  - **۱- کاپلان** — **عکس العملی**
  - **۲- فرانسیس** — **عکس العملی**
  - **۳- پلتون ==> ضربه‌ای**
- راندمان این توربین‌ها بیش از ۹۰٪

$$N_s = \frac{N \cdot \sqrt{P_t}}{H^{1.25}}$$

- سرعت دور مخصوص توربین:
- مدلي است كه توان يك كيلو وات را در ازاي ارتفاع ريزش مفيد آب ۱ متر تولید نماید ۲۸۸

توربین آبی:

توربین یک سیستم مکانیکی است که انرژی پتانسیل آب را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. مقدار انرژی تولید شده به پارامترهایی از قبیل هد، دبی و مقدار تلفات نشتی بستگی دارد.

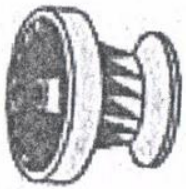
توربینهای آبی، معمولا" به ۳ دسته کلی پلتون، فرانسیس و کاپلان تقسیم می‌گردند که در هر نیروگاه متناسب با هد و دبی آب، توربین متناسب با آن، انتخاب می‌گردد.در بسیاری از نیروگاههای بزرگ و متوسط ایران از توربین نوع فرانسیس عمودی استفاده شده است.

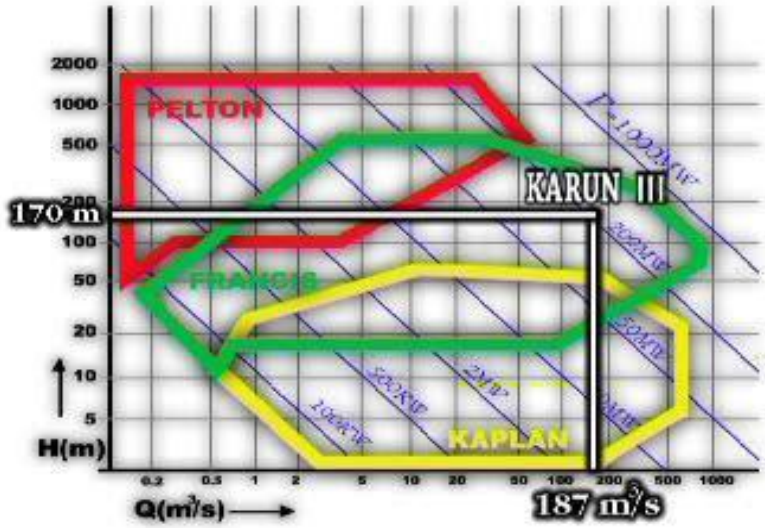
بطور مثال، نیروگاه های کارون یک،دز،کارون ۳ و کرخه،از نوع، توربین فرانسیس و با محور عمودی می‌باشند که کاملاً در آب غوطه ور هستند. آب باعث ایجاد کوپل چرخشی در توربین شود. هر توربین شامل اجزاء زیر است : محفظه حلزونی(Spiral Case)، حلقه ثابت(Stay ring)، پره‌های کننده جریان آب(Wicket gate)، رانر (Runnerو درافت تیوب(.Draft tube)

انواع توربین های آبی

- توربین پلتون: دانشمند آمریکایی به نام Lester Pelton در سال ۱۸۷۷
- توربین فرانسیس: آمریکا به نام James Francis در سال ۱۸۴۹
- توربین کاپلان: اتریش به نام Viktor Kaplan در سال ۱۹۱۲

جدول (۳-۱۲): انتخاب مناسب توربین براساس ارتفاع ریزش، دبی آب و سرعت دور مخصوص

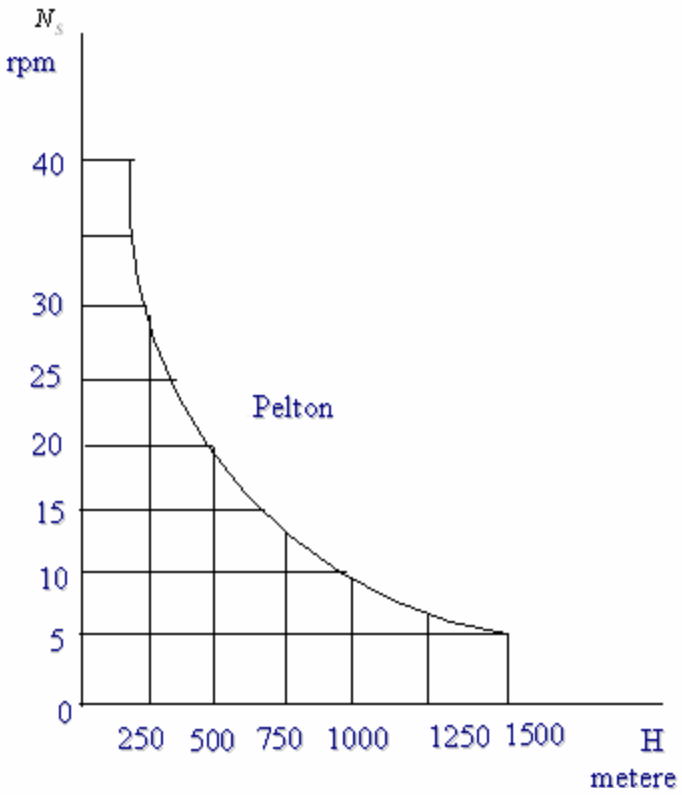
نوع توربین	کاپلان	فرانسیس	پلتون
			
ارتفاع ریزش آب[m]	تا ۳۰	۱۰ تا ۷۰۰	۲۰۰ تا ۲۰۰۰
دبی آب [m^3/s]	۴ تا ۳۵۰	۴ تا ۵۵	۴ تا ۱۵
سرعت دور [rpm] مخصوص	۳۰۰ تا ۱۰۰۰	۵۰ تا ۴۰۰	۱۰ تا ۶۰

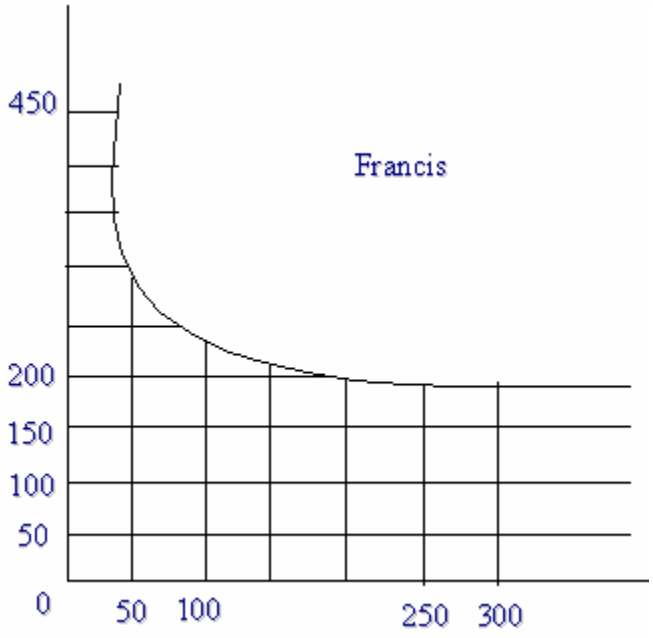


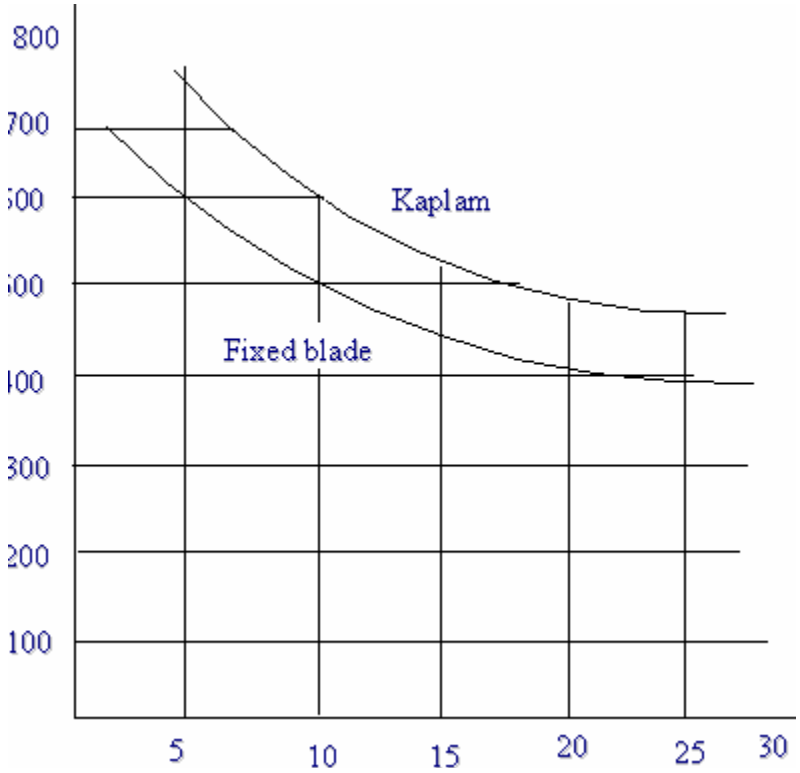
ارتباط ارتفاع سد با سرعت توربين

براي هر نوع توربين و سد مربوطه رابطه مشخص

براي ارتفاع سد نسبت به توربين نيروگاه وجود دارد







توربین کاپالان:

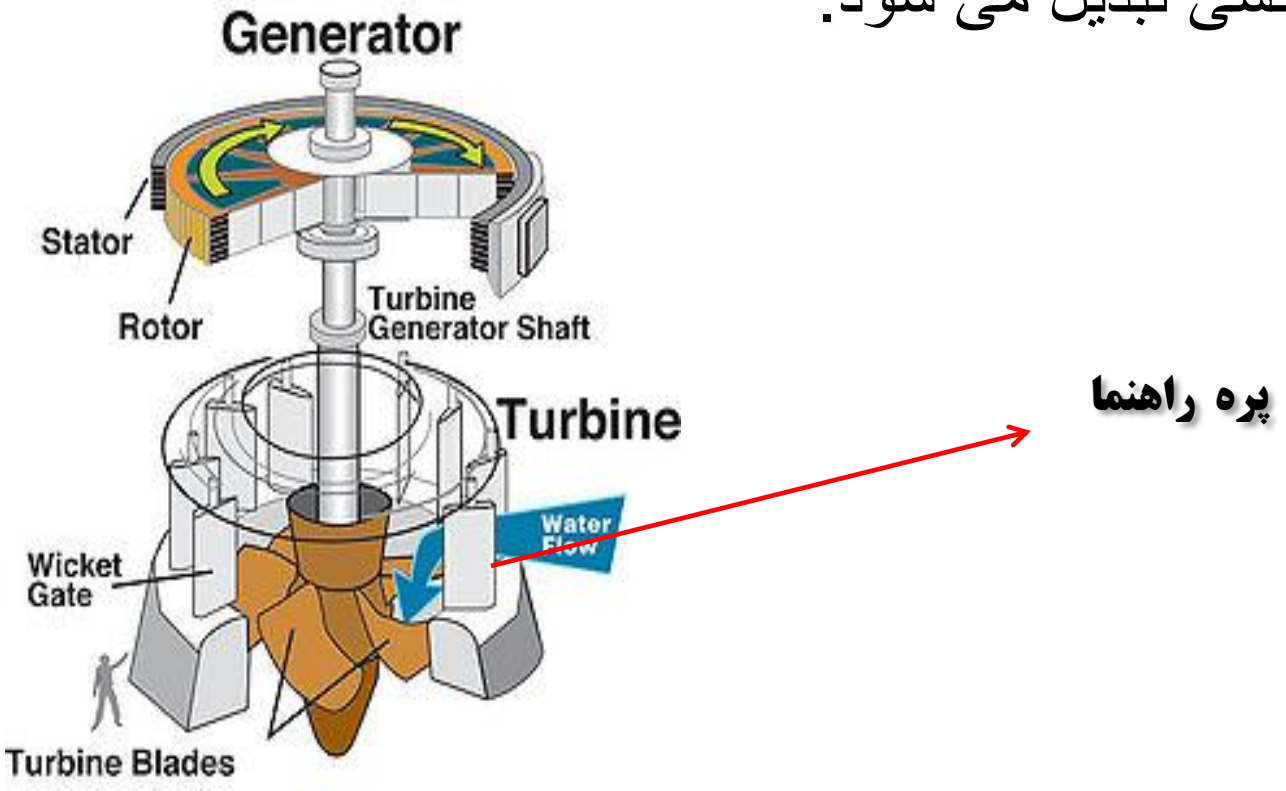
نوعی خاص از توربین های پروانه ای هستند که دارای پره های قابل تنظیم هستند.

- در توربين كاپلان تنها ۳ الي ٦ پره وجود دارد كه باعث كاهش مقاومت اصطكاك مي شود. توربين كاپلان معمولاً داراي كانالهاي ورودي و خروجي آب است

- راندمان توربين كاپلان در تمامي بارها ۹۰ % مي باشد.

پره های راهنما :

با تغییر زاویه پره های راهنما می توان شدت جریان آب را تغییر داد. به عبارت دیگر ،با بسته شدن کامل این پره ها ،لبه های پره های مجاور با هم مماس می شوند وباعث قطع جریان آب به پره های اصلی می گردد. با باز شدن این پره ها ،کمیت وجهت آب جاری شده را تغییر می دهد. در نتیجه با برخورد شعاعی آب با پره های اصلی متحرک ،انرژی جنبشی به انرژی مکانیکی چرخشی تبدیل می شود.



توربین کاپلان

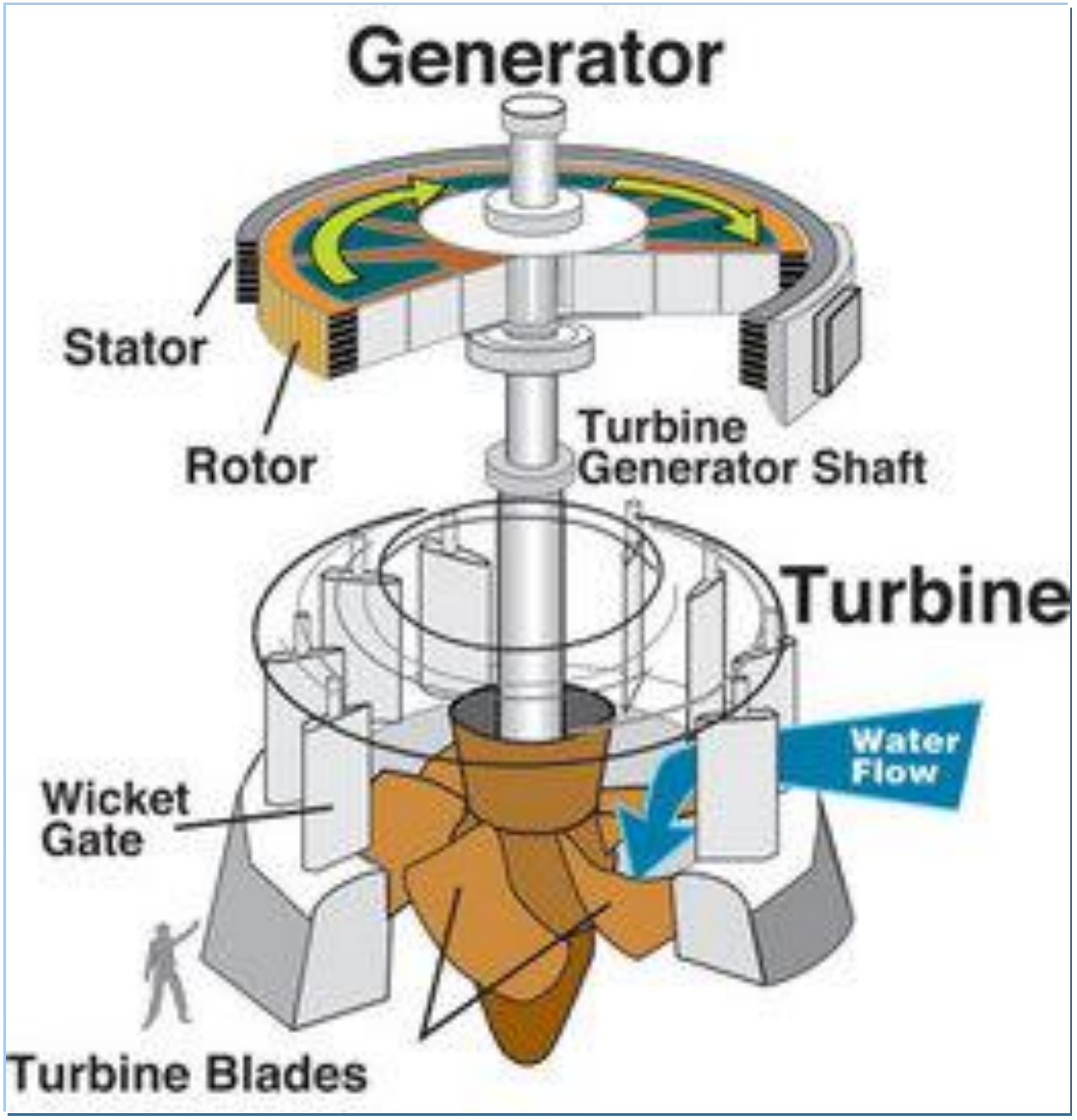
- آب بصورت محوري به پره ها مي خورد.
- توربین های کاپلان با توجه به ریزش آب:

۱- محور عمودی: ارتفاع تا ۶۵ متر

۲- محور افقی: ارتفاع تا حدود ۲۵ متر

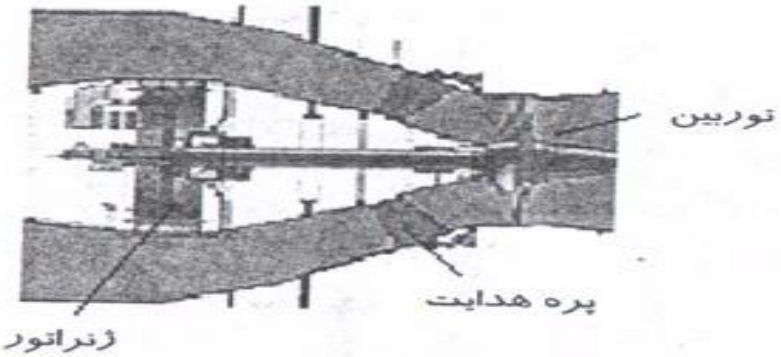
۲-۱- توربین بالب: Bulb Turbine

۲-۲- توربین تیوب: Tube Turbine

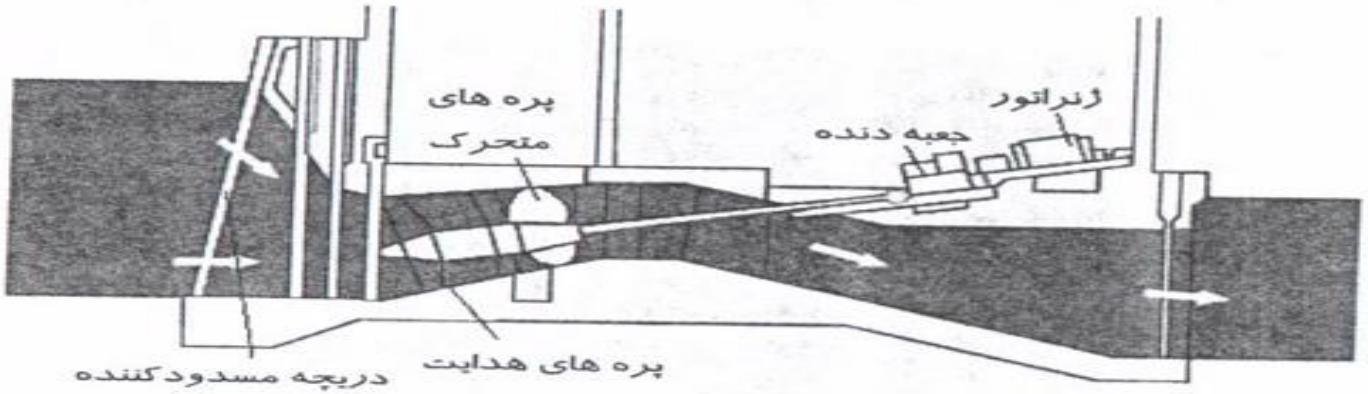

Generator
Stator
Rotor
Turbine
Generator Shaft
Turbine
Water
Flow
Wicket
Gate
Turbine Blades

شکل (۳-۵): نحوه قرار گیری توربین کاپلان محور عمودی نسبت به ژنراتور

الف)



ب)



شکل (۳-۶): نحوه قرار گیری توربین بالب (الف) و تیوب (ب) نسبت به ژنراتور

توربین فرانسیس

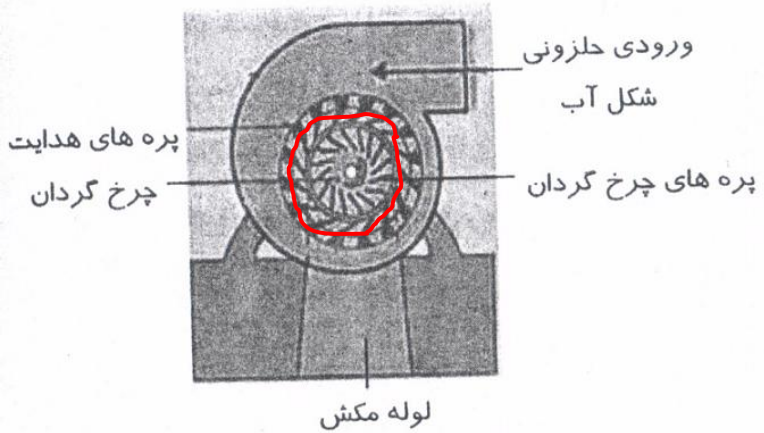
- این توربین ها برای نیروگاههای با ارتفاع متوسط آب ودبی آب جاری متوسط به کار می رود. آب پشت سد توسط کانال هایی وارد لوله هایی حلزون شکل می گردد. سطح مقطع این لوله حلزونی مرتبا کاهش می یابد تا سیال آب بتواند با سرعت یکنواخت در تماس با پره های اصلی توربین قرار گیرد. آب با سرعت زیاد پس از عبور از محفظه حلزونی شکل ،توسط پره های راهنما به پره های اصلی برخورد می کند. وظیفه پره های راهنما ،افزایش سرعت آب وجهت دادن مناسب به آب برای برخورد با پره های اصلی می باشد. حد اکثر بازده این نوع توربین ۹۴ تا ۹۵ در صد می باشد.

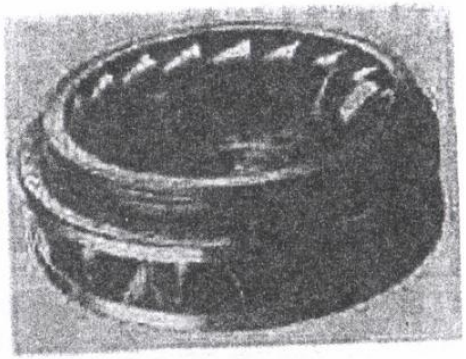
توربين فرانسيس

- اين توربين براي سد با ارتفاع متوسط استفاده مي شود
- اجزاي اساسي توربين فرانسيس بشرح زير مي باشند:
- تجهيزات (پره هاي) راهنما: اين پره ها در قسمت حلقه خارجي و ساكن توربين می باشند و وظيفه هدايت آب را به سمت قسمت چرخان توربين دارند.
- حلقه داخلي: اين حلقه شامل پره هاي چرخان بر روي قسمت متحرك توربين مي باشند.
- در اين توربين آب بصورت شعاعي وارد شده و از مركز آن خارج مي شوند. در توربين فرانسيس دو نوع ساختار ممكن بصورت عمودي و افقي موجود است. نوع افقي متداولتر بوده وسرعت بالائي دارد، در صورتي كه براي ماشين هاي بزرگ معمولاً نوع عمودي ترجيح داده

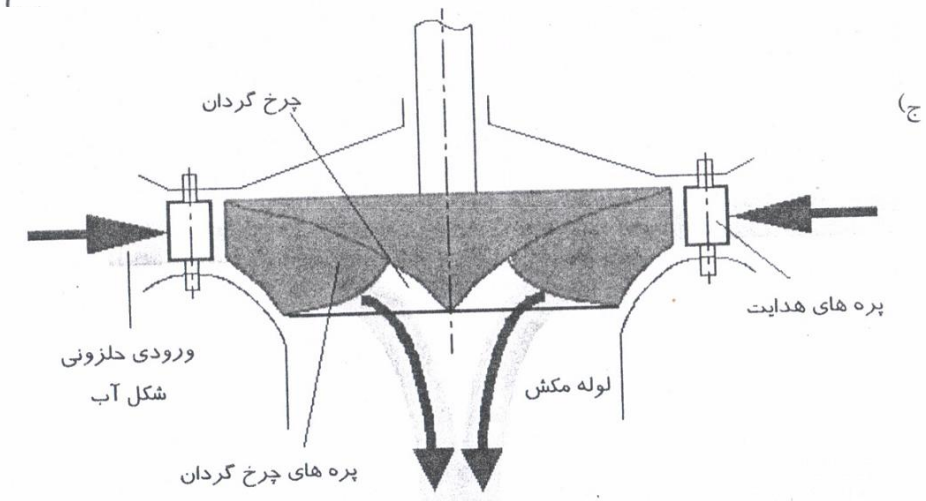
توربین فرانسیس

بازده توربین فرانسیس دربار کامل ۹۲ % و در بارهاي پائین تا ٦٥ % کاهش مي يابد



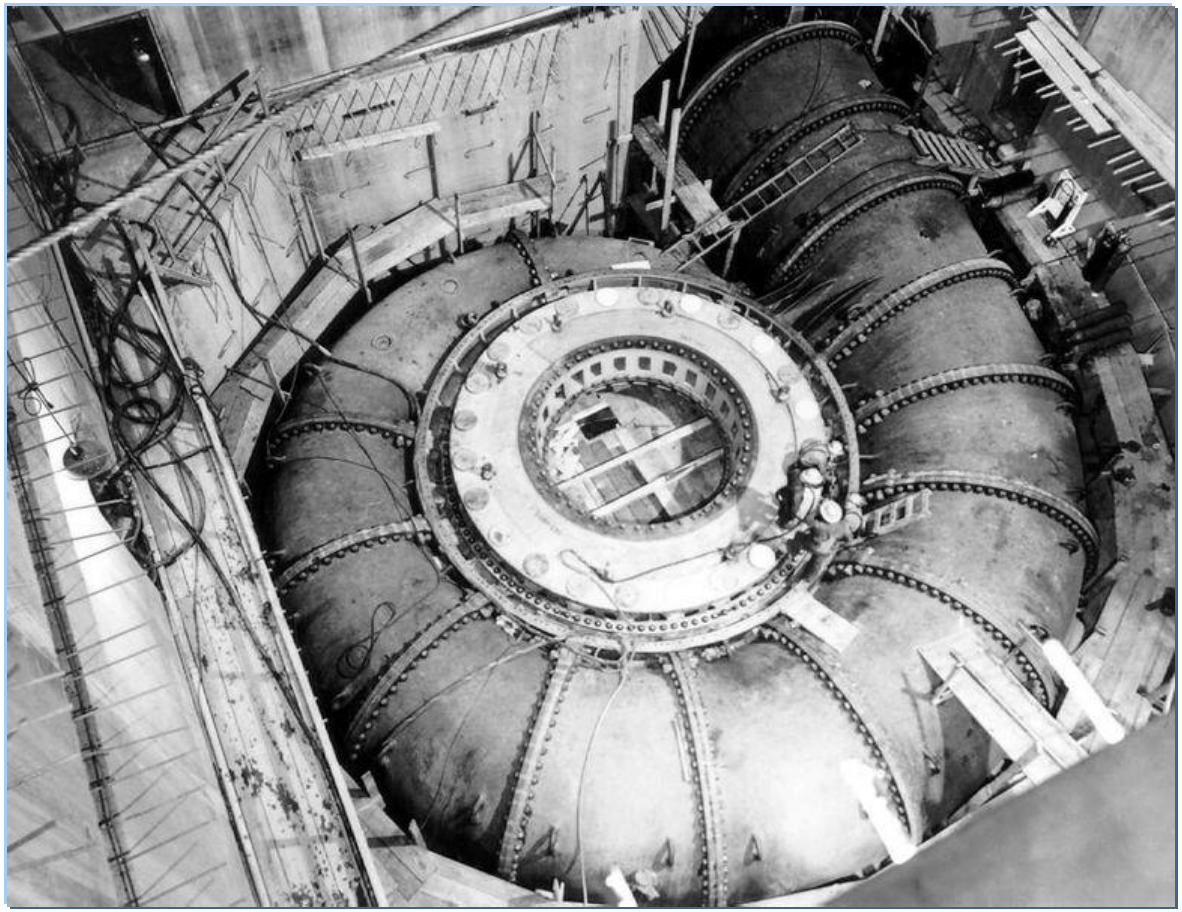


الف)



ج)

توربین فرانسیس



مقايسه توربين هاي كاپلان و فرانسيس

۱- توربين كاپلان بسيار متراكم از نظر ساختمان بوده و داراي سرعت دوراني بالا مي باشد.

۲- را ندمان توربين كاپلان در بارهاي كسري زياد است.

۳- جريان آب در توربين كاپلان كاملاً محوري و آسان بوده در حالتيكه در توربين فرانسيس جريان آب شعاعی بوده و نسبتاً مشكل است.

۴- تعداد پره ها در توربين فرانسيس ۱۶ عدد و در توربين كاپلان فقط ۴ يا ۵ يا ۶ می باشد

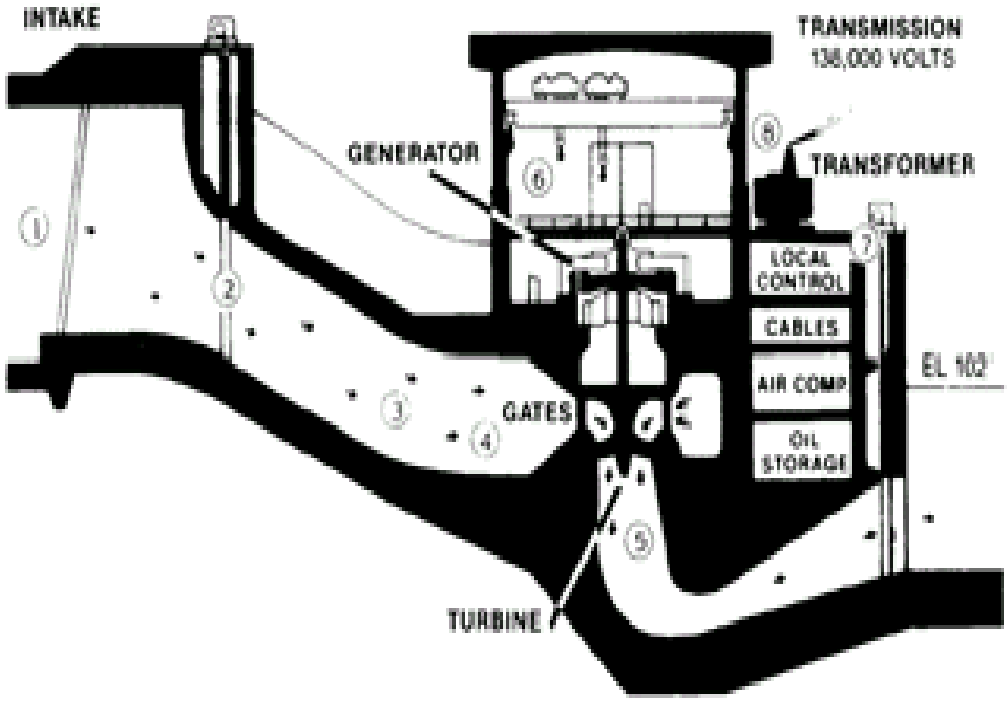
۵- كاهش تعداد پره ها در توربين كاپلان باعث كاهش اصطكاك ما بين پره ها و آب شده و در نهايت سبب افزايش راندمان می شود

۶- در توربين كاپلان پره ها بر روی توپی يا بدنه محافظت می شوند.

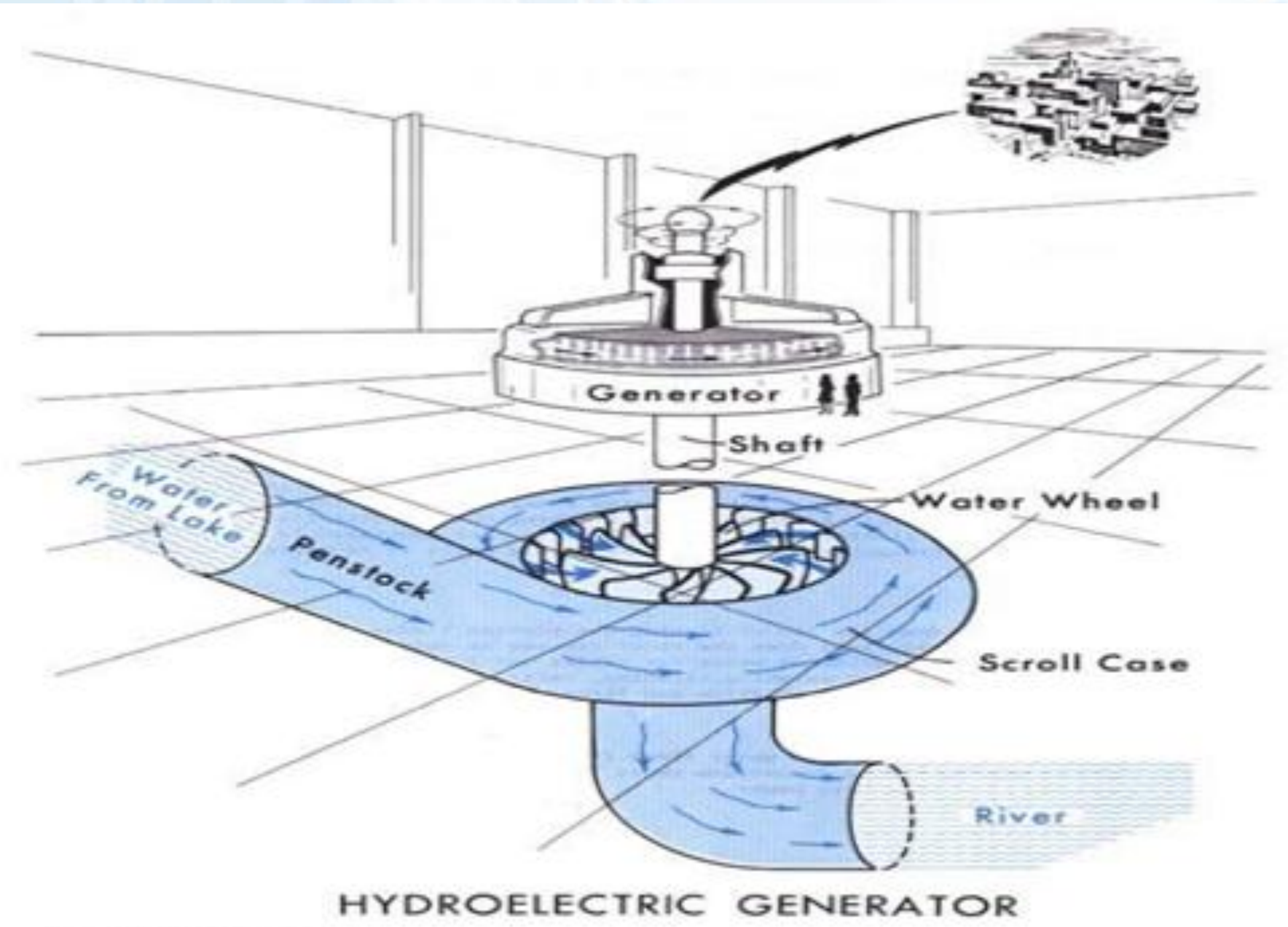
۳۰۳

۷- با درنظرگرفتن ارتفاع ثابت سد، سرعت توربين كايلان ۲ تا ۳ برابر بيشتر از توربين

حرکت درمسیر آب به سمت توربین از پشت سد تا رودخانه:



۱. Power tonel
۲. Penstak
۳. شیر پروانه ای
۴. محفظه حلزونی
۵. دریچه های راهنما
۶. دریچه های کنترل
۷. توربین
۸. درب درافت تیوپ



HYDROELECTRIC GENERATOR

قسمت های مختلف توربین:

محفظه حلزونی(spiral case):

هدکاور(درپوش توربین)(head cover):

توربین

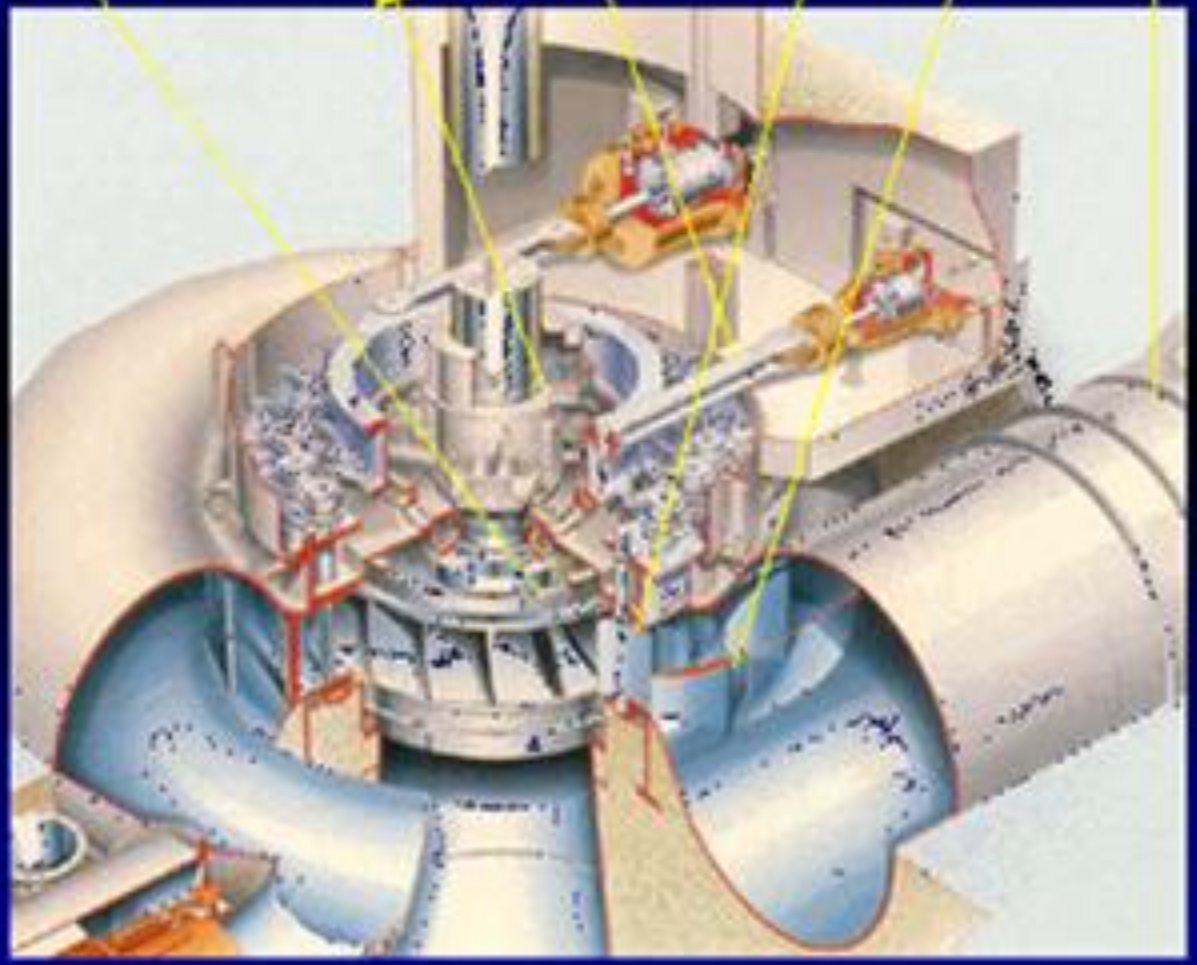
پیستونهای سروموتور

دریچه های کنترل

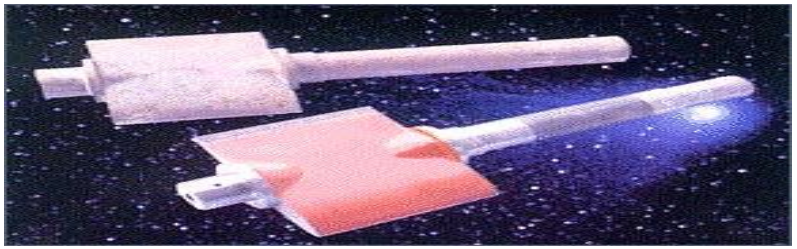
دریچه های راهنما

پاتاقانهای توربین

Penstak



پره های تنظیم کننده(پره های هادیwicket gate):



سروموتور(servomotor):

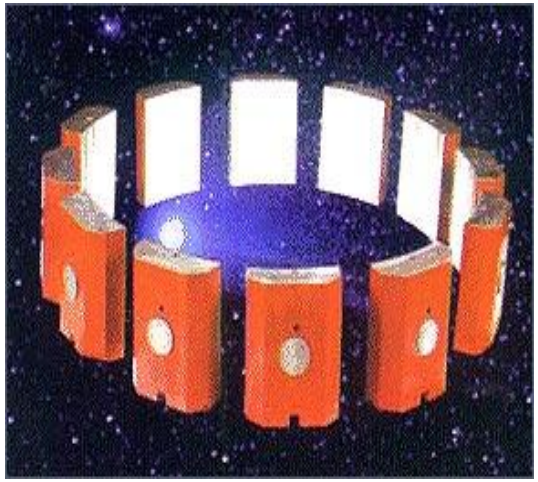
مکانیزم عمل کننده(operating mechanism)

پوشش محفظه توربین:(pit liner)

رینگ ثابت:(stay ring)

رینگ تخلیه:(discharge)

یاتاقان هادی:(guide bearing)



آب بند شافت:(shaft seal)

درافت تیوب:(Draft Tube)

توربین پلتون :

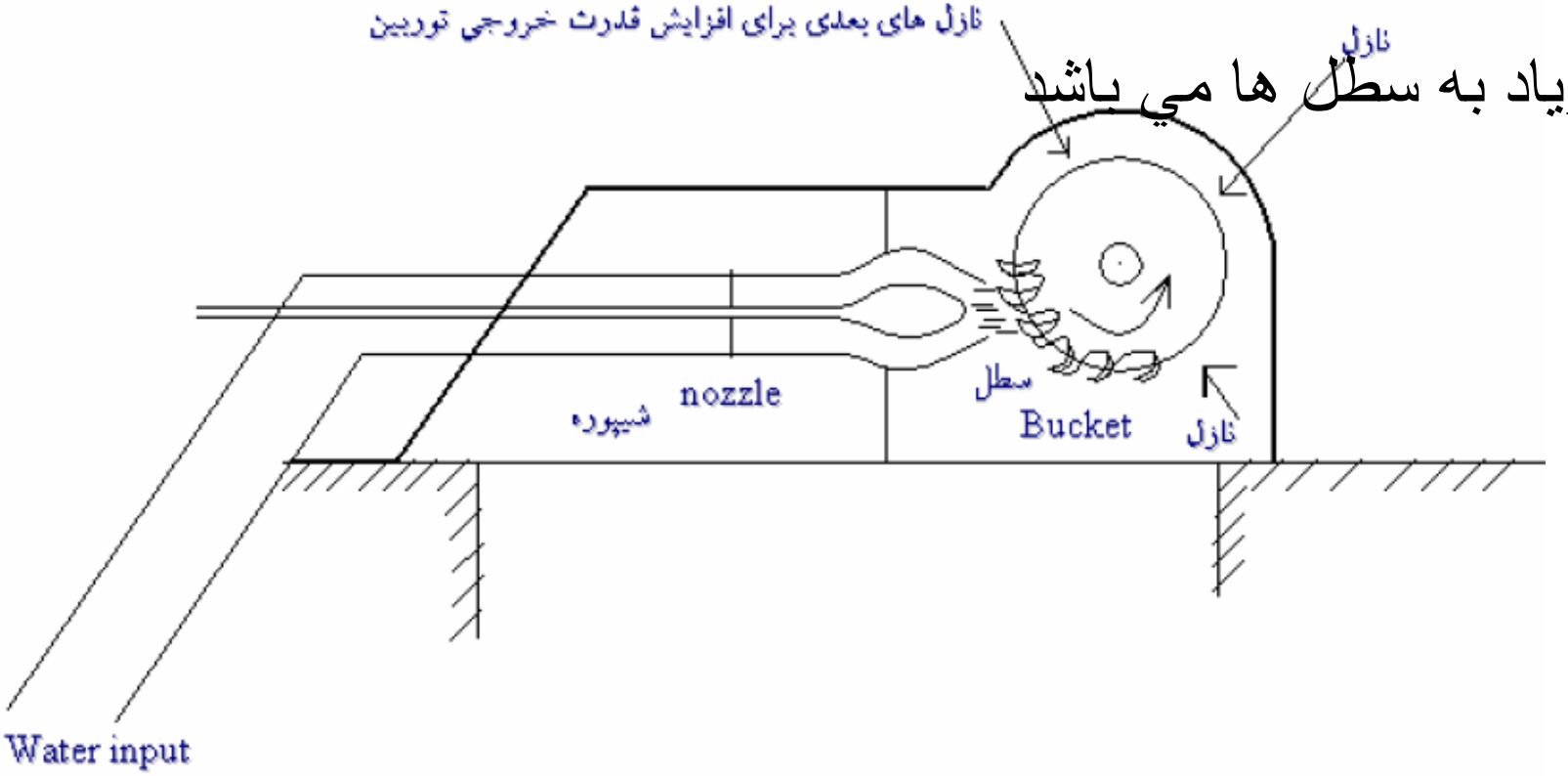
این توربین ها در سد های با ارتفاع ریزش آب زیاد (معمولا بیشتر از ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر) وجریان آب کم به کار می روند. این نوع توربین ها از نوع ضربه ای می باشند که در یک یا چند نازل موازی ،تمام فشار آب تبدیل به سرعت می شود.

توربین پلتون

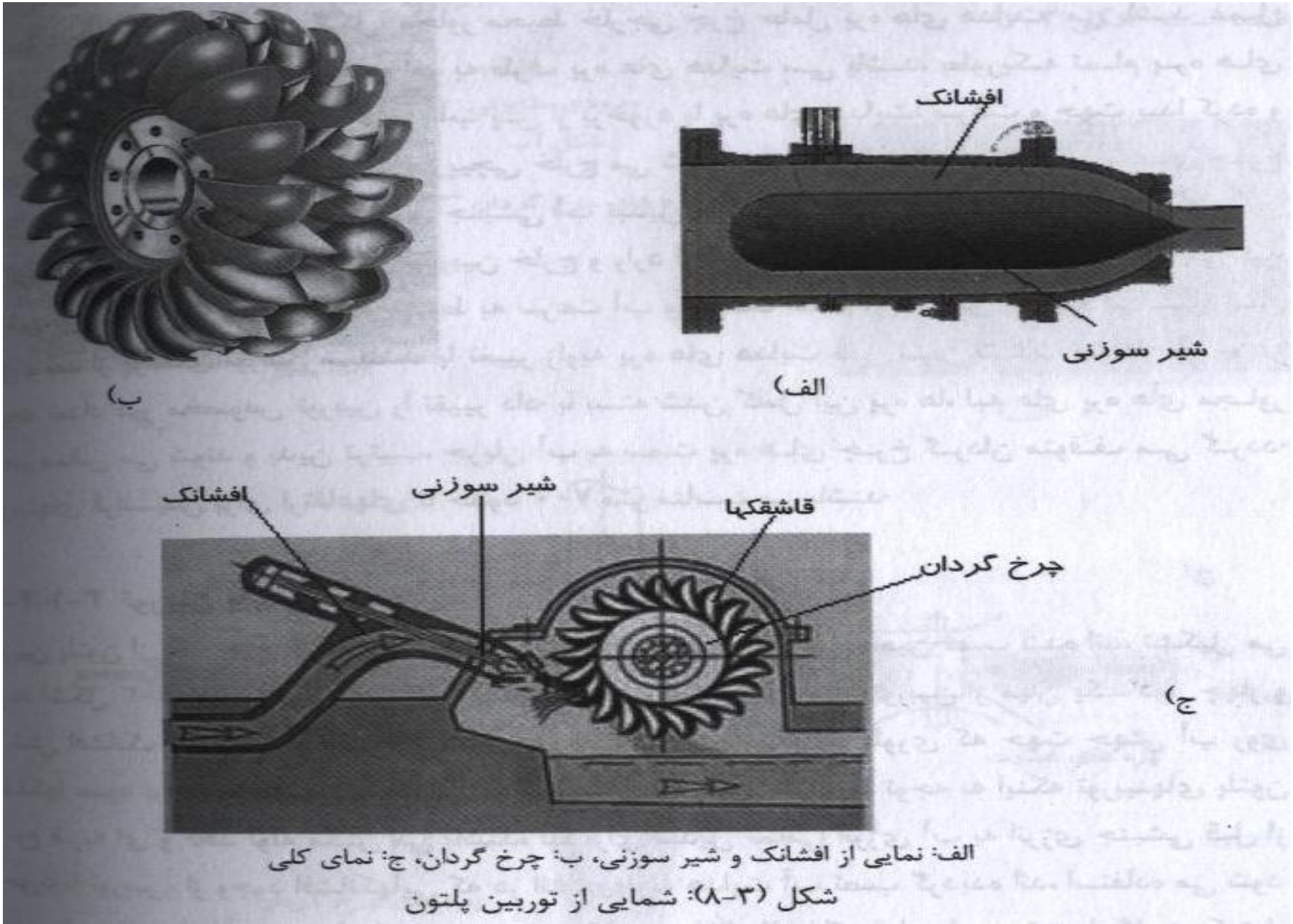
این توربین برای سد با ارتفاع زیاد مناسب می باشد.

این توربین شامل روتوري است که در اطراف آن محفظه های سطلی وجود دارد.

براي به حرکت درآوردن توربین و ایجاد انرژي جنبشي نیاز به تزریق آب با فشار زیاد به سطل ها مي باشد



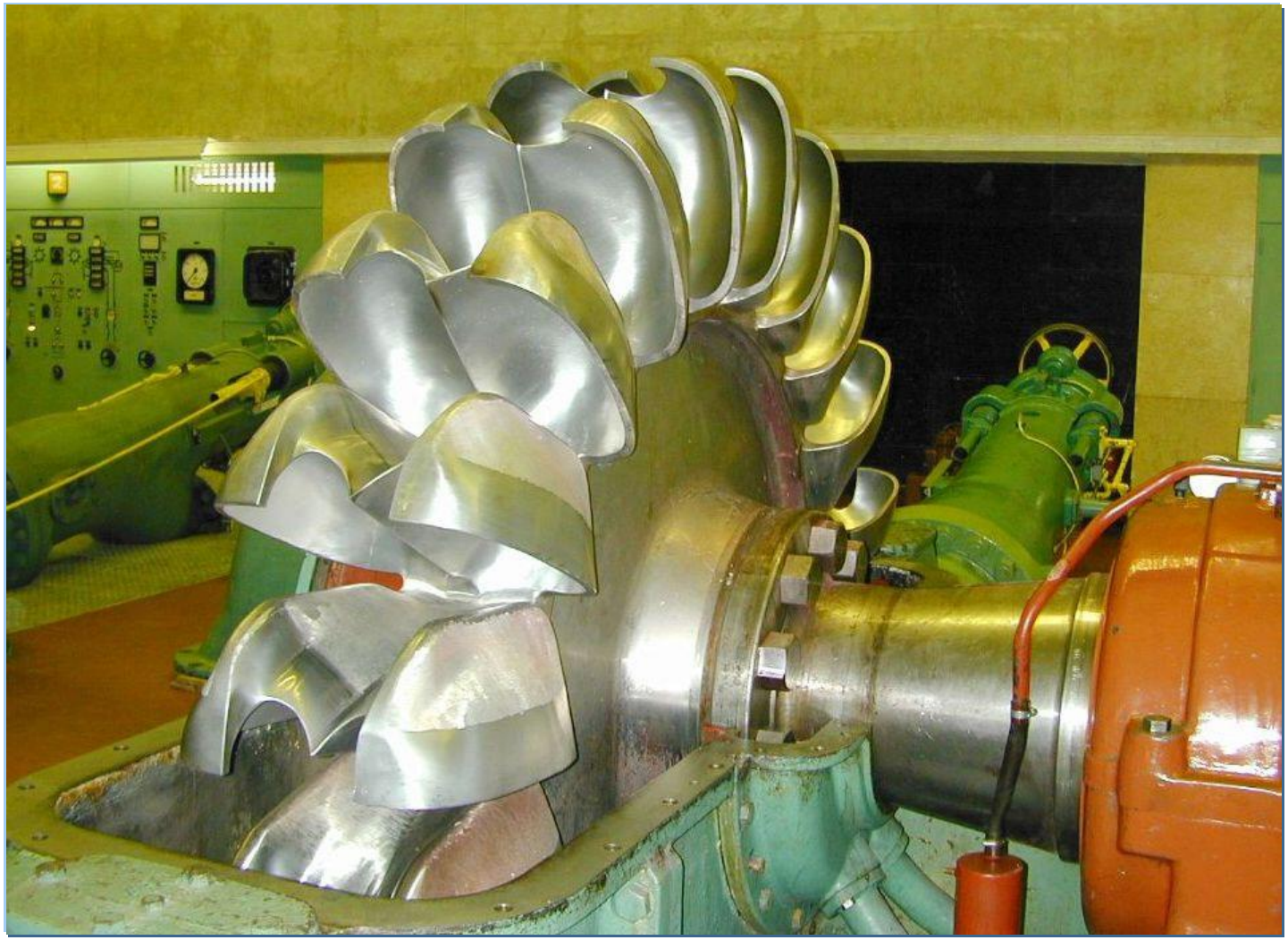
توربین پلتون



الف: نمایی از افشانک و شیر سوزنی، ب: چرخ گردان، ج: نمای کلی

شکل (۳-۸): شمایی از توربین پلتون

توربین پلتون

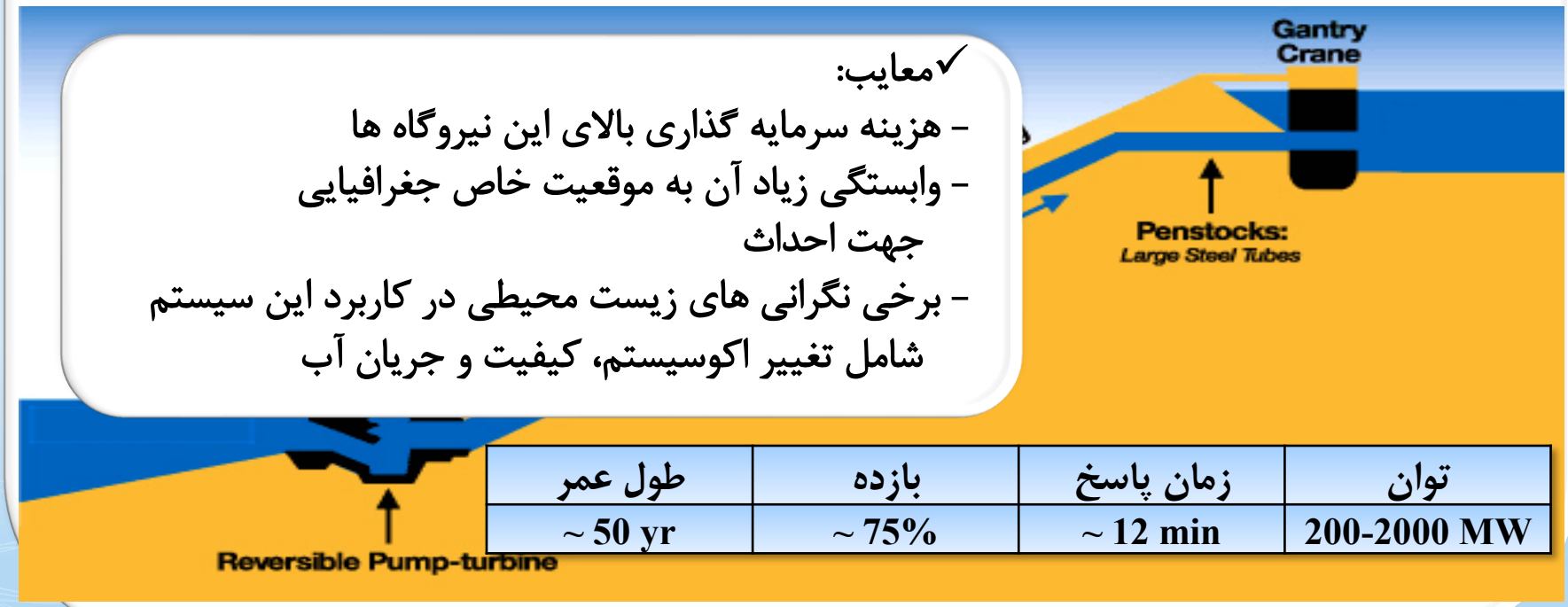


نیروگاه تلمبه ذخیره ای

- اولین نیروگاه در اواخر قرن ۱۹ میلادی در ایتالیا و سوئیس
- در نیروگاه سیاه بیشه:
- بهره برداری توربینی ۴ ساعت
- بهره برداری پمپی ۵/۵ ساعت
- در بهره برداری توربینی اتصال دهنده باز می شود.
- در برخی نیروگاه ها توربین و پمپ دارای یک ساختار توام که موسوم به توربو پمپ می باشد.
- راندمان بین ۷۰ تا ۸۰ درصد

Pumped Hydro Energy Storage نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای

- اولین بار در حدود سال های ۱۸۹۰ در ایتالیا و سوئیس
- امکان استفاده از نیروگاه های تلمبه ذخیره ای بعنوان نیروگاه رزرو به علت سرعت راه اندازی بالا
- انتقال آب از یک حوضچه آبگیر پایین دست و به یک حوضچه بالادست در ساعات غیر پیک شبکه
- توسان بازده این نیروگاه ها بین ۷۰ تا ۸۰ درصد بسته به قطر مجرای انتقال آب، توربین های بکار رفته و نیز اختلاف ارتفاع بین منبع بالادست و پایین دست
- امکان استفاده از دریا ، دریاچه و یا رودخانه های پرآب برای مخزن پائین دست و یا بالا دست



- معایب:
  - هزینه سرمایه گذاری بالای این نیروگاه ها
  - وابستگی زیاد آن به موقعیت خاص جغرافیایی جهت احداث
  - برخی نگرانی های زیست محیطی در کاربرد این سیستم شامل تغییر اکوسیستم، کیفیت و جریان آب

توان	زمان پاسخ	بازده	طول عمر
200-2000 MW	~ 12 min	~ 75%	~ 50 yr

Pumped Hydro Energy Storage نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای

✓ظرفیت نصب شده در سال ۲۰۱۰

	آمریکای شمالی	آمریکای مرکزی و جنوبی	اروپا	اروپا و آسیا	آسیا و اقیانوسیه	آفریقا
Million Kilowatts	۲۲/۳۷۶	۲۲/۱۹۹	۴۴/۵۶۷	۲/۲۸۴	۴۸/۶۱۶	۱/۸۶۴

✓بزرگترین این نیروگاه ها:

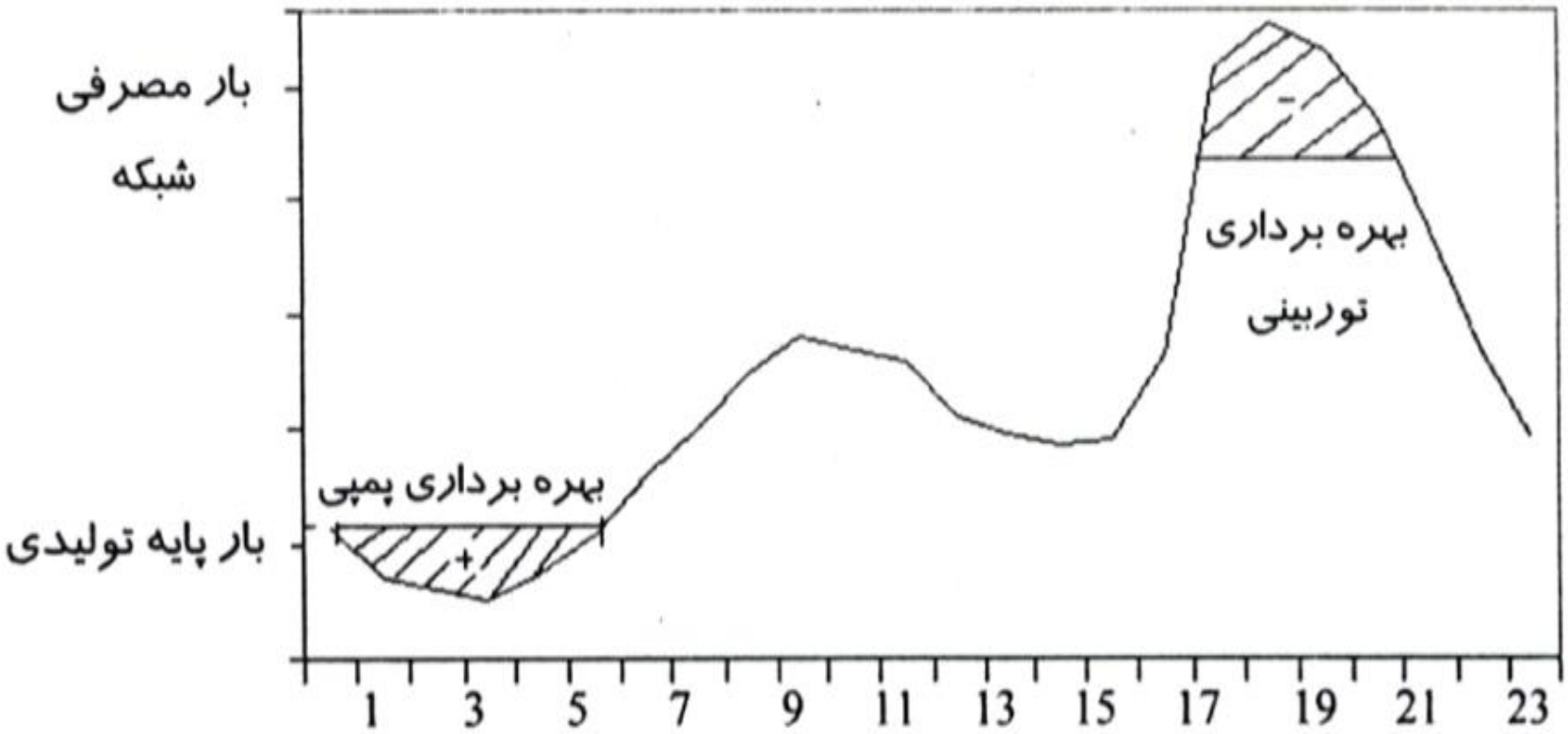
-Bath County Pumped Storage Station, USA, 3003 MW , 1985

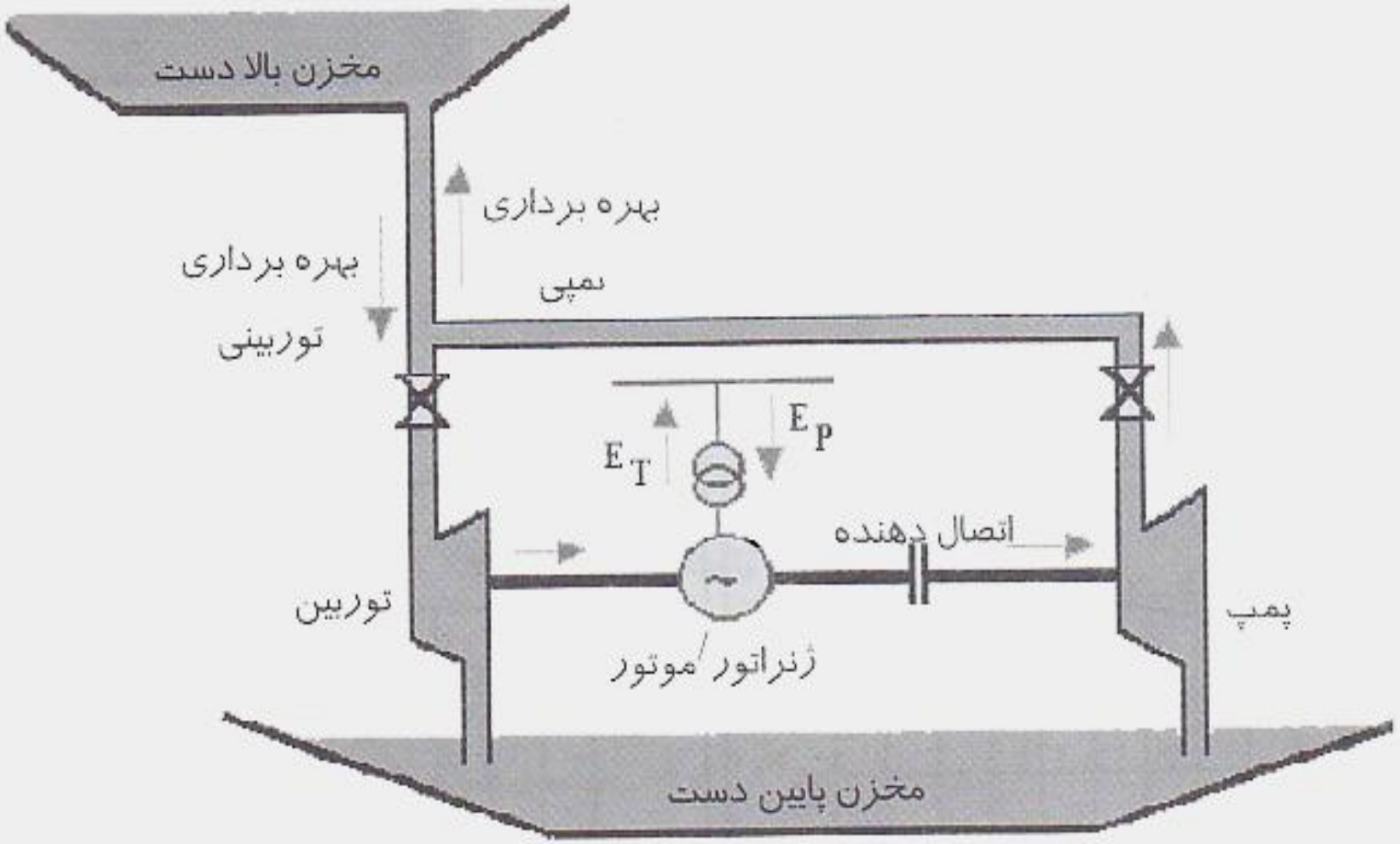
-Guangdong Pumped Storage Station, China, 2400 MW , 1994

-Huizhou Pumped Storage Station, China, 2400 MW , 2008

-Okutataragi Pumped Storage Station, Japan, 1932 MW , 1974

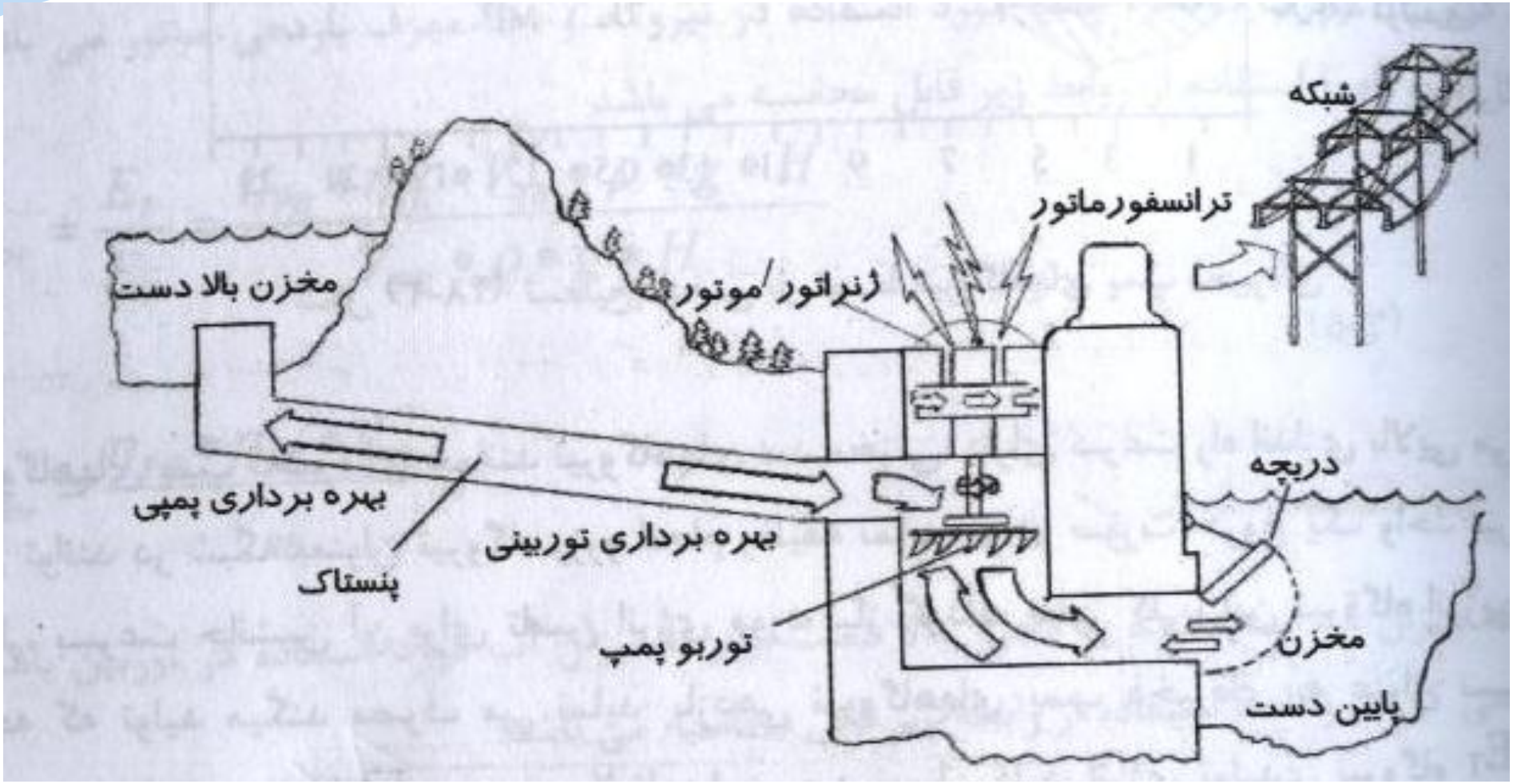
-Ludington Pumped Storage Station, USA, 1872 MW .1973


بار مصرفی
شبکه
بار پایه تولیدی
بهره برداری پمپی
بهره برداری
توربینی
+
-
1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23



ساختار ساده نیروگاههای پمپ ذخیره‌ای

ساختار ساده یک نیروگاه تلمبه ذخیره ای با توربین و پمپ توام



نیروگاه Herdecke در کشور آلمان

تعريف نيروگاههاي آبي متوسط و كوچك (متعارف در دنيا)

- كوچكتر از ۱۰۰ KW ⟷ ميكرو
- ۱۰۰ KW تا ۱۰۰۰ KW ⟷ مينـي
- ۱ MW تا ۱۰ MW ⟷ كوچك
- ۱۰ MW تا ۱۵۰ MW ⟷ متوسط

ویژگیها و مزایای نیروگاههای آبی متوسط و کوچک

- انرژي پاك و مطمئن
- وجود پتانسيل‌هاي آبي گسترده و قابل استحصال در كشور
- امكان سرمايه‌گذاري بيشتر براي بخش خصوصي در اجراي اين پروژه‌ها به روش‌هاي B.O.T ، B.O.O و ... بخصوص براي سرمايه‌گذاران داخلي
- بالا بودن ضريب ايمني نيروگاه نسبت به نيروگاههاي حرارتي در مقابل حوادث طبيعي

انرژی باد و توربین های بادی

مصرف انرژی

- . در سال ۲۰۳۰ ميلادي مصرف انرژي جهاني ۲ برابر خواهد شد ، تقاضاي انرژي جهاني سالانه ۸/۱ درصد بين سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ افزايش خواهد يافت
- انتشار گاز دي اكسيد كربن به طور متوسط تا ۱/۲ درصد در سال افزايش می‌يابد و تا سال ۲۰۳۰ به ۴۴ ميليارد تن خواهد رسيد كه ۲۵ درصد از اين ميزان مربوط به بخش صنعت و ۴۰ درصد براي خدمات و مصارف خانگي خواهد بود

- باد هوايي است كه حركت دارد و جابه‌جا می‌شود . باد از نسيم ملايم گرفته تا طوفان بر اثر اختلاف فشار هوا بين دو منطقه به وجود می‌اید باد به دليل حركت هوا از مناطق پر فشار به مناطق كم فشار ايجاد می‌شود . اختلاف فشار ، روي سرعت باد تأثير می‌گذارد . در صورتي كه اختلاف كم باشد ، باد خفيف است ، اما در صورتي كه اختلاف زياد باشد ، باد شديد است . اين اختلاف فشار در نتيجه دماست . چون فشار هواي سرد نسبت به هواي گرم بيشتر است ، در نتيجه هوا از ناحيه پر فشار سرد به ناحيه كم فشار حركت می‌كند و باد به وجود می‌اید .

تاریخچه استفاده از انرژی باد

ایرانیان اولین کسانی بودند که در حدود ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برای آردکردن غلات از آسیابهای بادی استفاده کرده اند که امروزه آثار آن در نواحی خواف و تایباد در شرق کشور به چشم می خورد.

همچنین مصریان باستان از نیروی باد برای راندن کشتی های خود روی رودخانه نیل استفاده کردند.

در قرن هفدهم میلاد مردم هلند طرح پایه آسیابهای بادی را بهبود دادند.

در آغاز قرن بیستم اولین توربین های بادی سریع و مدرن ساخته شد.

امروزه فعالترین کشورها در این زمینه آلمان ، ایتالیا، آمریکا، دانمارک و هند می باشند.

مزایای استفاده از انرژی باد

- عدم نیاز توربینهای بادی به سوخت که در نتیجه از میزان مصرف سوختهای فسیلی می کاهد.
- رایگان بودن انرژی باد
- توانایی تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق
- کمتر بودن نسبی قیمت انرژی حاصل از باد در بلندمدت
- تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی
- قدرت مانور زیاد جهت بهره برداری در هر ظرفیت و اندازه (از چند وات تا چندین مگاوات)
- عدم نیاز به آب
- عدم نیاز به زمین زیاد برای نصب
- ایجاد اشتغال
- نداشتن آلودگی زیست محیطی

انرژی باد و محیط زیست

انرژی باد در بین انرژیهای تجدیدپذیر یکی از بهترین و اقتصادی ترین روشهای تولید برق

طبق آمار موجود تولید یک کیلووات ساعت انرژی برق بادی از انتشار آلاینده های زیست محیطی به شرح زیر جلوگیری می نماید.

- *گرم ۸۵۰= CO2 (دی اکسید کربن)*
- *گرم ۹/۲= SO2 (دی اکسیدگوگرد)*
- *گرم ۶/۲= NOX (اکسید نیتروژن)*
- *گرم ۱/۰= خاک*
- *گرم ۵۵= خاکستر*

بررسی اقتصادی استفاده از انرژی باد

در ارزیابی نیروگاههای بادی هزینه ها و درآمدهای طرح، مدت زمان برگشت سرمایه و قیمت انرژی الکتریکی تولیدی و نرخ بازده داخلی سرمایه شاخص های نهایی برای مقایسه کامل مؤلفه های مختلف می باشند.

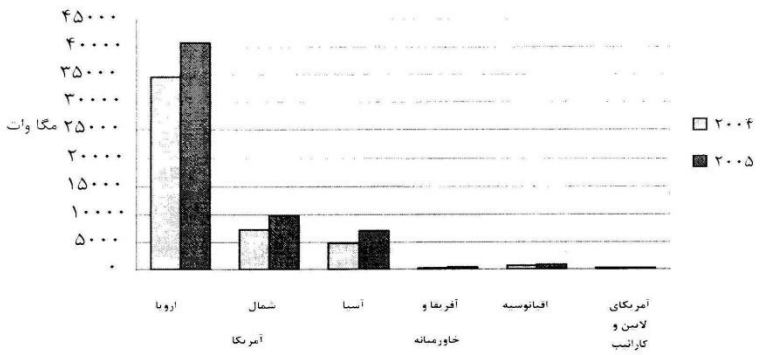
برق تولید شده توسط انرژی باد در سال ۱۹۷۵ حدود ۳۰ سنت برای هر کیلووات ساعت بوده اما اکنون به کمترازه۵ سنت رسیده است. توسعه توربین های جدید قیمت را نیز کمتر خواهند کرد.

کل سرمایه در گردش صنعت انرژی باد جهان در سال ۲۰۰۲ میلادی برابر با ۱۳۸۱ خورشیدی برابر ۷ میلیارد یورو بوده
قیمت سرمایه گذاری انرژی باد در حدود ۱۰۰۰ دلار بر کیلووات برآورد می شود که در حدود ۷۵۰ دلار آن به هزینه تجهیزات و مابقی به هزینه های آماده کردن سایت و نصب و راه اندازی مرتبط می شود.

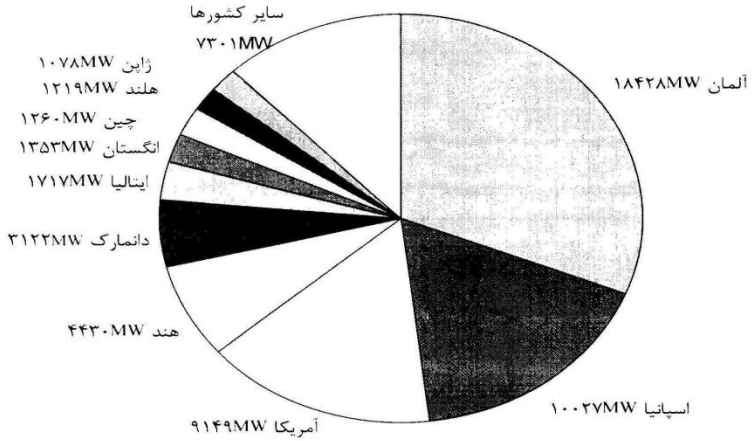
در دنیا پنج کشور آلمان و آمریکا و اسپانیا و دانمارک و هند پیشتاز دیگران می باشند

کل ظرفیت نصب توربینهای بادی در دنیا تا پایان سال ۲۰۰۴ میلادی برابر ۶۱۶/۴۷ گیگاوات می باشد.

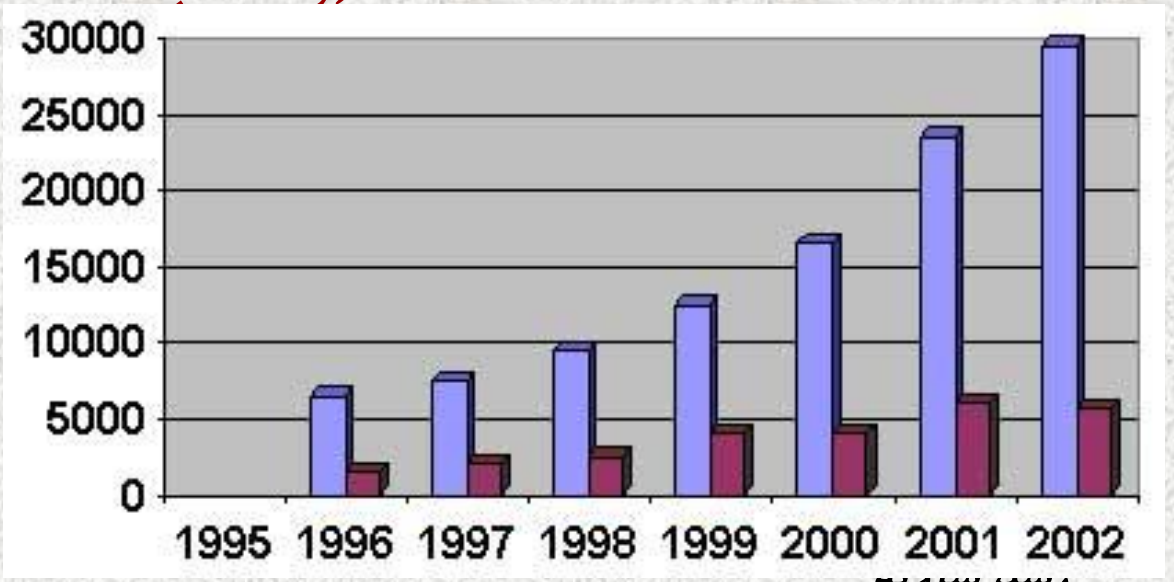
نمودار۳- ظرفیت نصب شده سالانه به تفکیک مناطق مختلف دنیا



نمودار٤- ظرفیت تجمعی نصب شده ۱۰ کشور برتر(دسامبر ۲۰۰۵)



از انتهای سال ۱۹۹۷ تا انتهای سال ۲۰۰۲(ظرف ۵ سال) ظرفیت نصب شده جهان چهار برابر شده است(از ۷۶۰۰ به ۳۱۰۰۰ مگاوات)

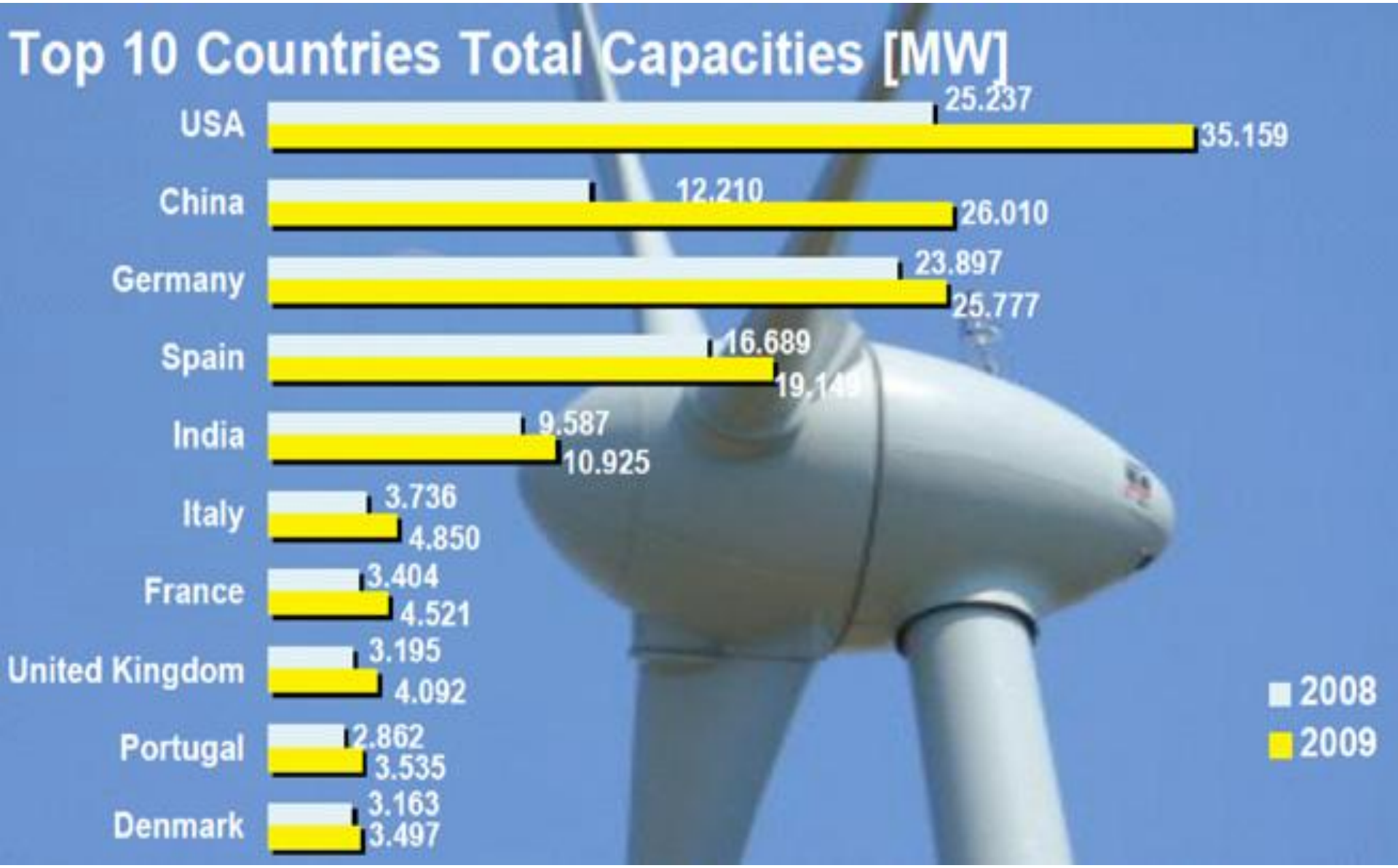


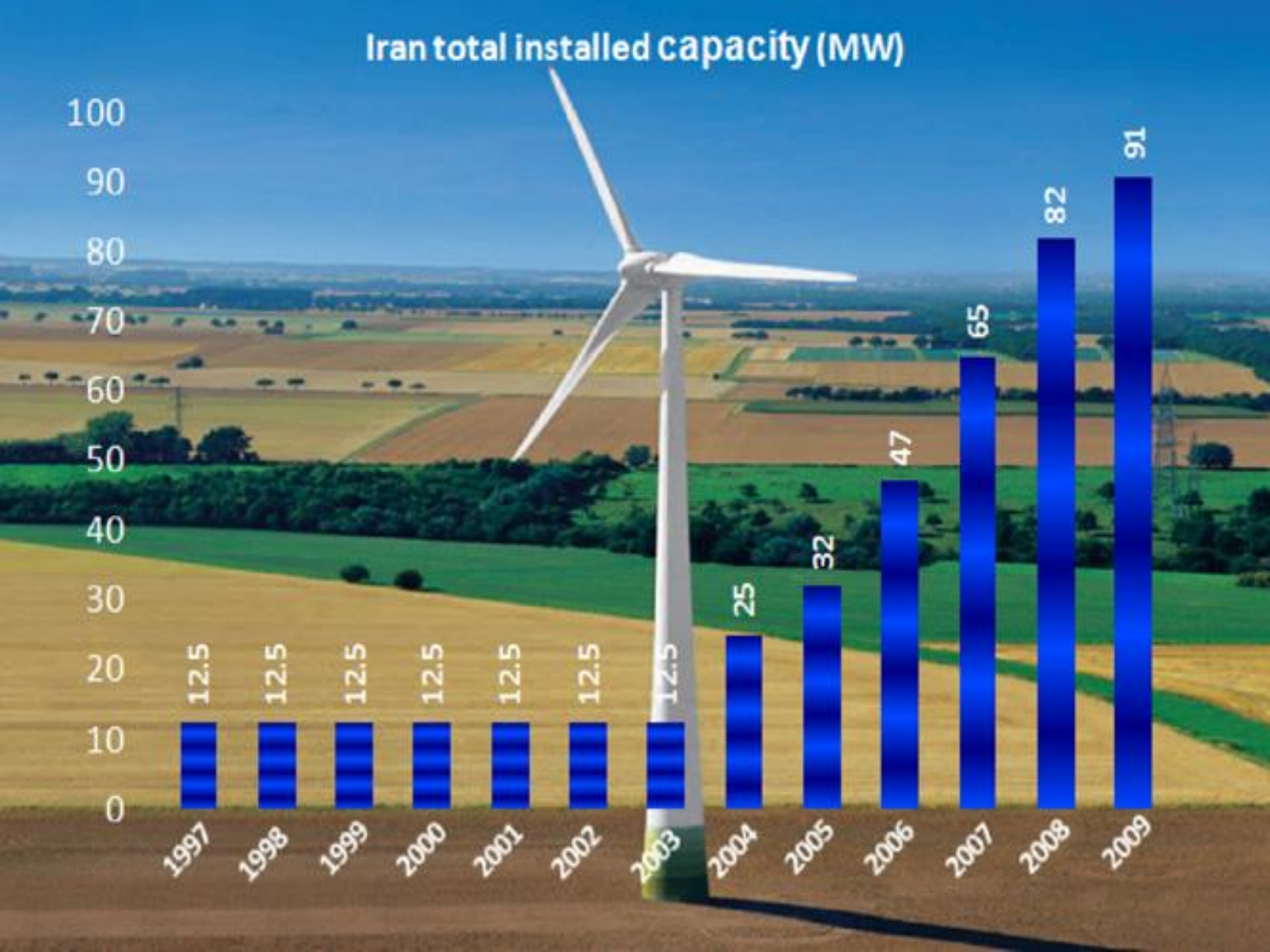
ظرفیت انرژی بادی
در مقیاس مگاوات

رشد ظرفیت نصب شده توربین با[redacted]ر جهان تا پایان سال ۲۰۰۲

توسعه انرژی باد در ایران

ده کشور برتر استفاده کننده از انرژی باد




Iran total installed capacity (MW)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
12.5
12.5
12.5
12.5
12.5
12.5
12.5
25
32
47
65
82
91
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009

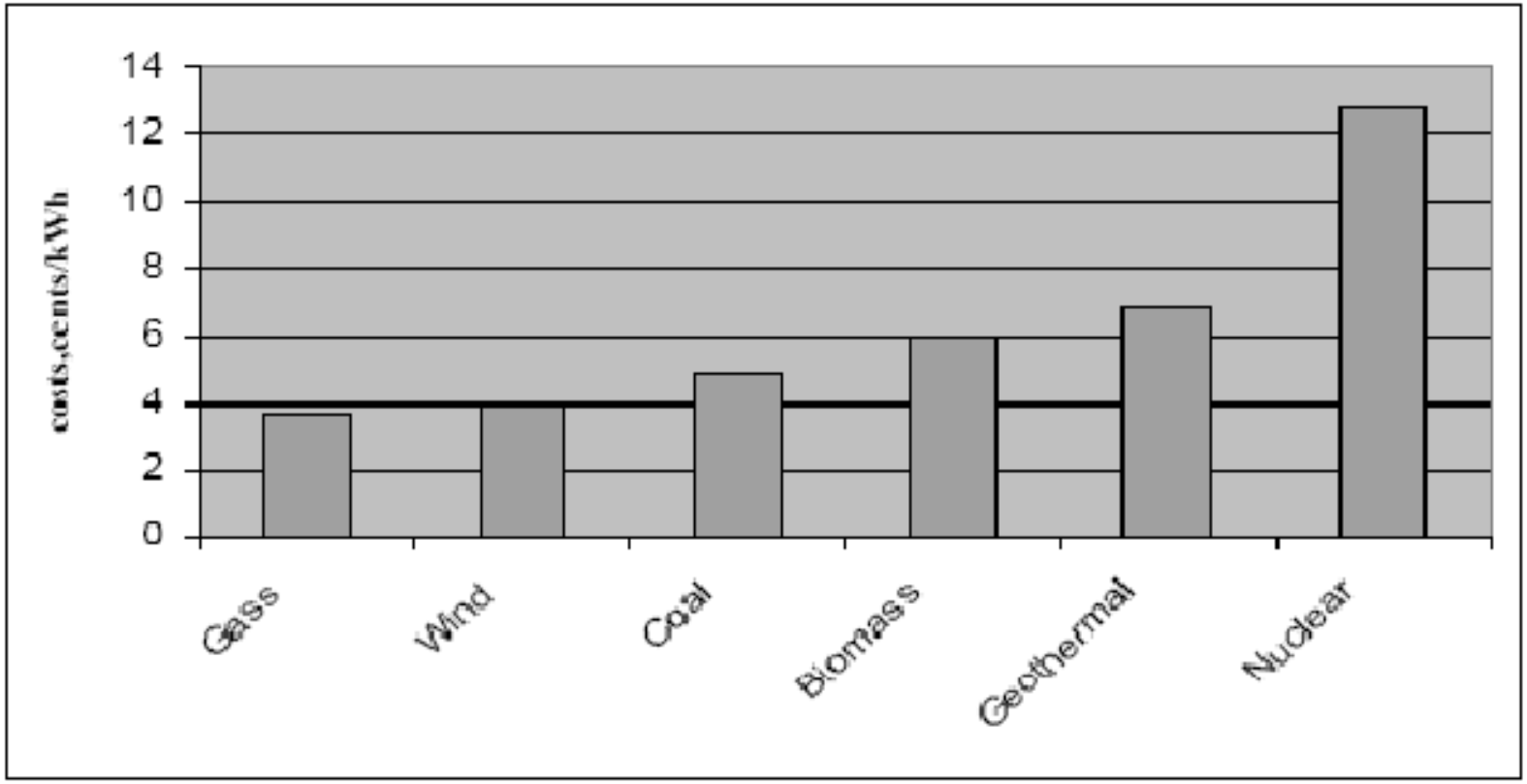
مزایای نیروگاه های بادی

۱. قیمت پایین توربینهاي برق بادي درمقایسه بادیگر انرژی های نو:

❖ هرچنددرابتدای کارتوربین های بادی، قیمت تمام شده براي هر کیلو وات ۳۰ تا ۵۰ سنت بود لیکن هم اکنون به کمتر از ۴ سنت رسیده است . این کاهش قابل توجه را مي توان ناشي از موارد زیر دانست :

- پیشرفت هاي قابل توجه تکنولوژي ساخت توربینها و در نتیجه کاهش هزینه تمام شده نهایي
- استفاده از سیستم هاي کامپیوتري به منظور نظارت بر عملکرد و کاربرد توربین ها
- ساخت توربین هاي بزرگ و افزایش تولید برق توسط هر توربین از ۱۰kw به ۵۰kw و یا بالاتر
- کاهش ریسك سرمایه گذاري در انرژي بادي به سبب استقبال مردم از انرژی های پاك و اقبال دولتها به آن ۳۳

مقایسه قیمت تمام شده تولید انرژی توسط تکنولوزی های مختلف



۲- کمک در جهت ایجاد اشتغال در کشور

ايجاد اشتغال اين صنعت در ميان ديگر صنايع انرژي از همه بيشتر است نصب يك مگا وات برق بادي در اروپا براي ۱۵ الي ۱۹ نفر اشتغال ايجاد مي كند كه اين رقم در كشورهاي در حال توسعه تا دو برابر مي رسد

۳-عدم آلودگي محيط زيست

جايگزيني هر ۱% از انرژي برق بادي با انرژي برق توليدي از نيروگاه هاي سوخت فسيلي مي توان حدود ۳% از انتشار گازهاي گلخانه اي كاست.

- از ذخيره سازي با استفاده از نيروگاه هاي آب تلمبه اي يا ديگر روش ها ذخيره سازي برق در شبكه مي توانند براي به وجود اوردن تعادل در ميزان توليد نيروگاه هاي بادي استفاده كرد اما در مقابل استفاده از اين روش ها موجب افزايش ۲۵% هزينه هاي دائم اجراي چنين طرح هايي مي شوند . ذخيره سازي انرژي الكتريكي موجب به وجود آمدن تعادل بين دو بازه زماني كم مصرف و پر مصرف خواهد شد و از اين جهت ميزان صرفه جويي عايد از ذخيره سازي انرژي هزينه هاي اجراي آن را جبران مي كند . يكي ديگر از راهكارهاي ايجاد تعادل در توليد و مصرف سازگار كردن ميزان مصرف با ميزان توليد با استفاده از ايجاد تعر فه هاي متفاوت زماني براي مصرف كننده هاست .

- نسبت ميزان توان حقيقي توليد شده توسط نيروگاه و ماكزيمم ظرفيت توليدي نيروگاه را ضريب ظرفيت مي نامند.
- يك نيروگاه بادي نصب شده در يك محل مناسب در ساحل ضريب ظرفيتي ساليانه اي در حدود ۳۵% دارد
- ضریب ظرفیت نیروگاه هسته ای ۹۰ درصد است
- نيروگاه هايي كه از توربين هاي گاز طبيعي براي توليد انرژي الكتركي استفاده مي كنند به علت پر هزينه بودن تأمين سوخت معمولاً تنها در زمان اوج مصرف به توليد مي پردازن . به همين دليل ضريب اين توربين ها پايين بوده و معمولاً بين ۵-۲۵% مي باشد

موارد کاربرد توربین بادی

۱- توربين هاي بادي خارج از شبكه:

- ❖ شارژ باتري: قطر رتور توربين ۵ متر و ظرفيت معمول ۴۰ تا ۱۰۰۰ وات
- ❖ گرمايش آب:
- ❖تأمين برق در مناطق دورافتاده:

۲- توربين هاي بادي متصل به شبكه:

- ❖ توربين‌هاي بادي منفرد: براي تأمين بارهاي مسكوني، تجاري ، صنعتي و كشاورزي. ظرفيت ۱۰ تا ۱۰۰ كيلو وات
- ❖ مزارع بادي: ظرفيت بين ۵۰ تا ۵۰۰ كيلووات- ظرفيت كل بيش از ۱۰۰ مگاوات

۳- پمپهاي بادي:

۱. توربینهای بادی کوچک Small

- ازتوربینهای بادی کوچک جهت تامین برق جزیره ها و یا مناطقی که تامین برق از طریق شبکه سراسری مشکل می باشد استفاده می شود.
- قدرت ۵۰ تا ۶۰ کیلو وات توان تولیدی
- قطر پره رتور ۱۰ – ۱۵ متر

۲. توربینهای بادی متوسط: Medium

ت‌ول‌ی‌د ای‌ن ت‌ورب‌ی‌ن‌ه‌ا ب‌ی‌ن ۵۰ تا ۱۵۰۰کیلووات است. انواع متداول آن بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ کیلو وات تولید می کنند.

قطر پره ها ۱۵ – ۶۰ متر

از این توربینها جهت تامین مصارف مسکونی و تجاری و صنعتی و کشاورزی استفاده می شود.

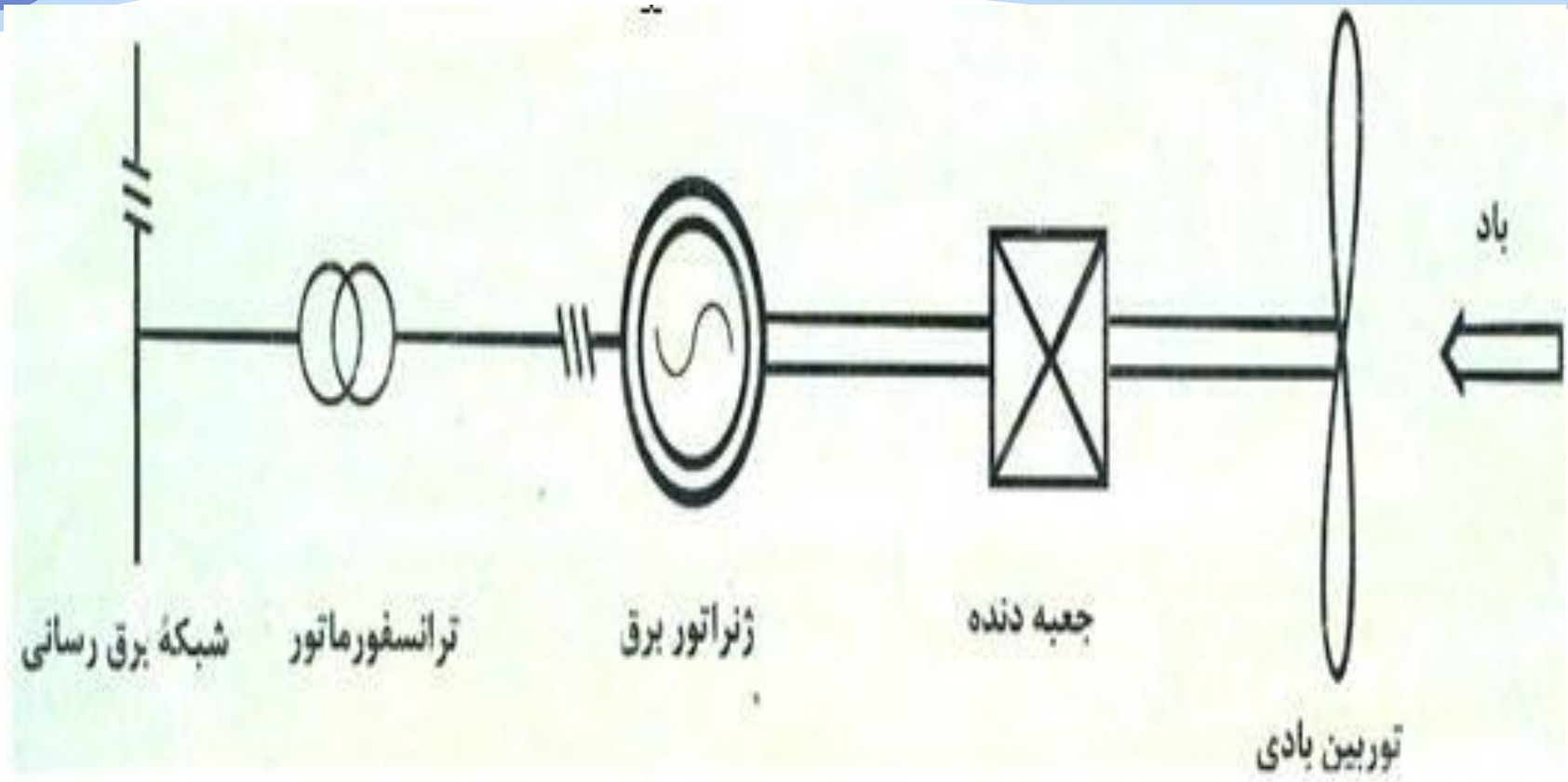
۳. توربینهای بادی بزرگ(مزارع بادی) Large:

توان تولید ۲ تا ۳ مگا وات

قطر پره ۶۰ تا ۱۰۰ متر

این نوع توربینها معمولاً شامل چند توربین بادی متمرکز می باشند که به صورت متصل به شبکه و یا جدا از شبکه طراحی می گردند.

صرفه ي اقتصادي توربين هاي بزرگ و قابليت اطمينان آنها در مقابل توربين هاي متوسط با مرتب كمتر است


باد
توربین بادی
جعبه دنده
ژنراتور برق
ترانسفورماتور
شبکهٔ برق رسانی

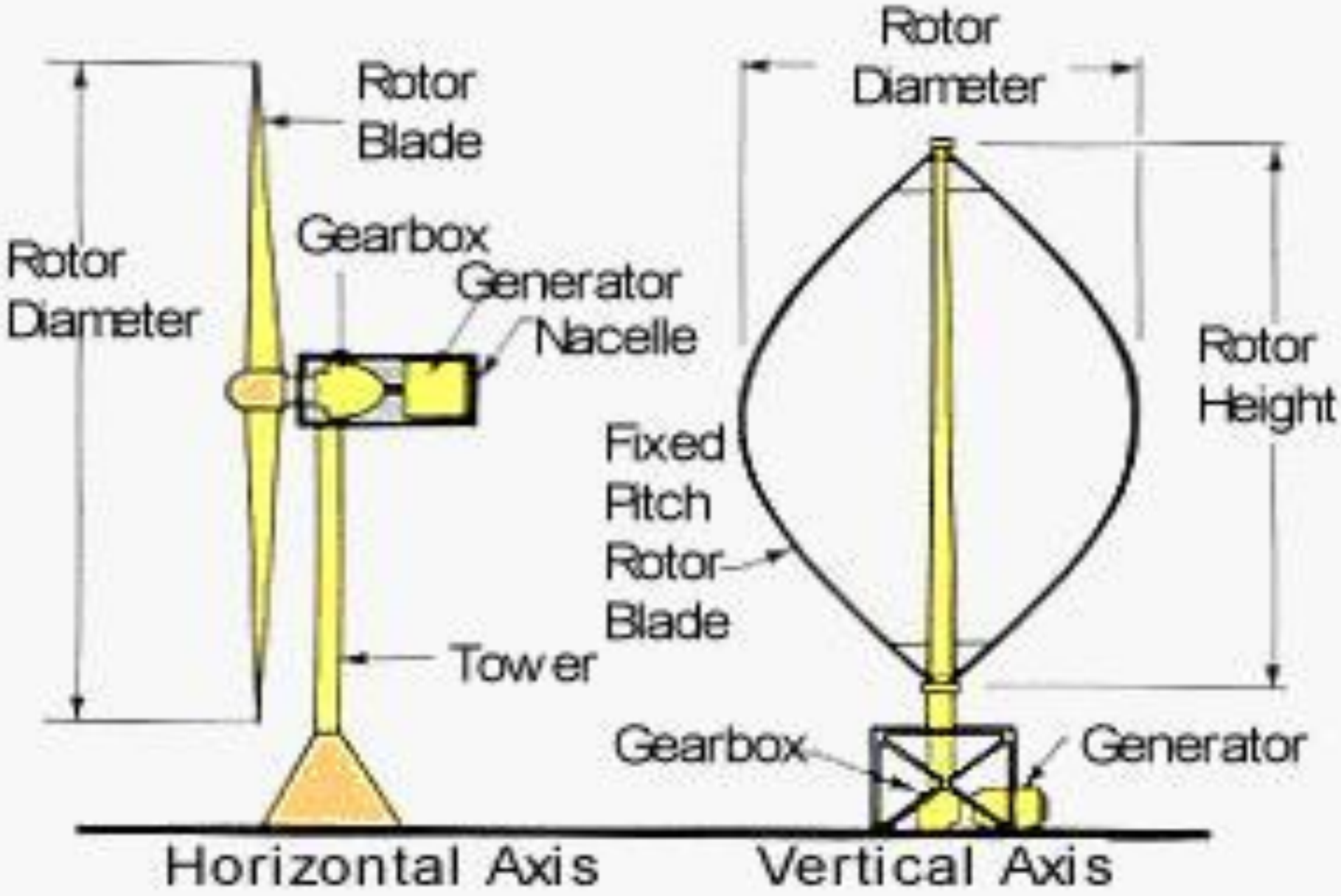
انواع توربین‌های بادی

۱– توربین‌های بادی با محور چرخشی عمودی VAWT

Vertical Axis Wind Turbine

۲– توربین‌های بادی با محور چرخشی افقی HAWT

Horizontal Axis Wind Turbine


Rotor
Blade
Rotor
Diameter
Gearbox
Generator
Nacelle
Tower
Horizontal Axis
Rotor
Diameter
Rotor
Height
Fixed
Pitch
Rotor
Blade
Gearbox
Generator
Vertical Axis

۱– توربین‌های بادی با محور چرخشی عمودی

این توربینها از دو بخش اصلی تشکیل شده اند:

یک میله اصلی که رو به باد قرار می گیرد و میله های عمودی دیگر که عمود بر جهت باد کار گذاشته می شوند. این توربینها شامل قطعاتی با اشکال گوناگون بوده که باد را در خود جمع کرده و باعث چرخش محور اصلی می گردد.

یکی از مزایای این سیستم وابسته نبودن آن به جهت وزش باد می باشد.

عمده ترین توربین های بادی محور عمودی عبارتند (ساوینیوس داریوس ، صفحه ای و کاسه ای).

توربین‌های بادی با محور چرخش افقی

خصوصیات:

۱- این توربینها نسبت به مدل محور عمودی رایج تر بوده

۲- همچنین از لحاظ تکنولوژیک پیچیده تر و گرانتر نیز می باشند.

۳- ساخت آنها مشکلتر از نوع محور عمودی بوده

۴- راندمان بسیار بالایی دارند

۵- در سرعتهای پایین نیز توانایی تولید انرژی الکتریکی را دارند

۶- توانایی تنظیم جهت در مسیر وزش باد را نیز دارند.

۷- این توربینها ۳ یا در مواردی ۲ پره می باشند که روی یک برج بلند نصب می شوند.

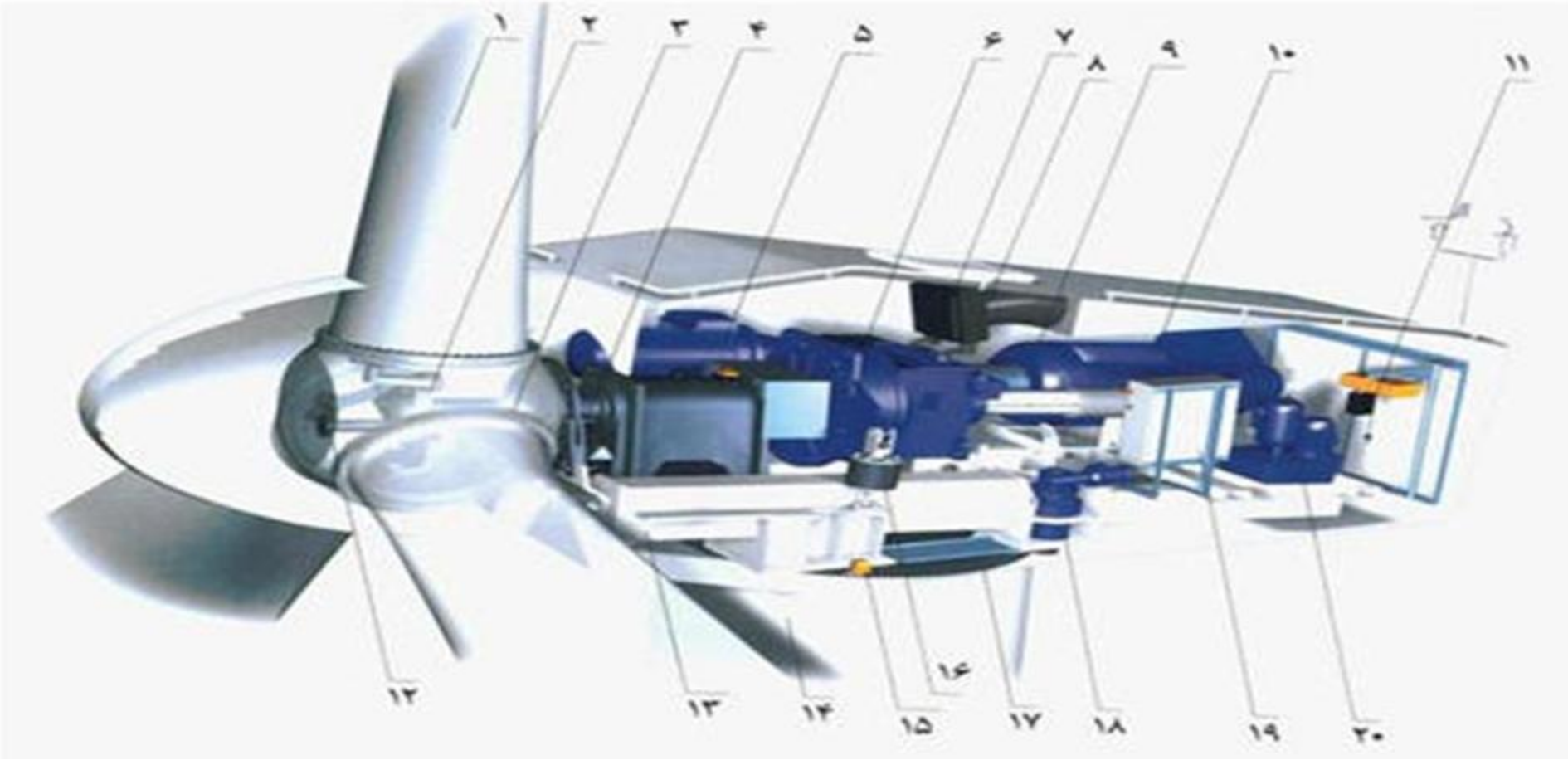
۸- این پره ها همواره در جهت وزش باد قرار می گیرند.

- توربين هاي افقي معمولاً از نظر سرعت به دو دسته تقسيم مي شوند :

۱. کم سرعت
۲. پر سرعت

- مهم ترين عامل در تعيين سرعت توربين هاي بادي محور افقي ، تعداد پره ها مي باشد . هر چه تعداد پره ها بيشتر باشد ، سرعت کمتر است و گشتاور بيشتري توليد مي کند . پر طرفدار ترين اين توربين ها ، سه پره مي باشد چرا که در نوع با پره بيشتر به دليل پيچيدگي شکل هاب ، صرفه اقتصادي ندارند .

اجزای توربین



۱. پره ها
۲. توپی پره (Hub)
۳. یاتاقان (Bearing)
۴. محور اصلی
۵. مولد ثانویه
۶. گیر بکس
۷. ترمز دیسکی
۸- خنک کن روغن
۹- محور گاردان
۱۰- مولد اصلی
۱۱- بالابر
۱۲- جک pitch (تنظیم زاویهٔ پره)
۱۳- شاسی
۱۴- کنترل YaW (تنظیم زاویهٔ توربین)
۱۵- دستهٔ گیربکس
۱۶- چرخ دنده YaW
۱۷- گیر بکس YaW
۱۸- برج
۱۹- سیستم کنترل فوقانی VMP
۲۰- واحد هیدرولیک

اجزاء توربین

۱- پره ها:

بیشتر توربین ها ۲ یا ۳ پره دارند ,باد به پره ها بر خورد می کند و باعث چرخش آنها می شود.

مواد ساختمانی یک پره ممکن است از چوب و یا چوبهایی که بهم چسبانده شده و روی ان روکشی از فایبر گلاس قرار می گیرد . یکی از خواص خوب چوب این است که در اثر کار زیاد ، خستگی در ان بوجود نمی اید و ترک نمی خورد . تنها عیب ، کمی مقاومت ان است

ساخت پره های توخالی از الومینیوم برای اولین بار در اوایل سال ۱۹۵۰ ، در یک مبدل انرژی بادی بکار رفت

در حال حاضر ساختمان پره ها با روکش فایبر گلاس

۲- ترمز :

با استفاده از سیستم ترمز دیسکی می توان توربین را به طور هیدرولیکی در مواقع عادی حتی اضطراری متوقف کرد .

۳- بخش کنترل :

بخش کنترل توربین را هنگامی که سرعت باد بین ۴ تا ۲۵ متر بر ثانیه است به کار می اندازد و هنگامی که سرعت باد به بالاتر از ۲۵ متر بر ثانیه می رسد آن را متوقف می کند .

توربین ها نمی توانند در سرعت های بیشتر از ۲۵متر بر ثانیه به کار خود ادامه دهند . در سرعت بالای ۳۰ متر بر ثانیه امکان سقوط برج ها نیز وجود دارد.

۴- ناسل :

- قسمت اصلی توربین بادی که روتور به آن متصل است را ناسل می گویند .
- ناسل در بالای برج قرار دارد .
- شامل جعبه دنده و شافت اصلی ژنراتور و بخش کنترل و ترمز است .
- بعضی از ناسل ها آنقدر بزرگ هستند که تکنسین ها می توانند داخل آن بایستند .
- در گذشته توربین های بادی با یک سرعت دورانی ثابت (دور روتور) کار می کردند اما مدل های امروزی تقریباً سیستم یک سرعته را کنار گذاشته اند .
- از میان ۵۸ مدل توربین موجود ۲ مدل یک سرعته و ۲۲ مدل دو سرعته و ۳۴ مدل با سرعت متغیر وجود دارد .

سنسور های اندازه گیری :

شامل دو سنسور سرعت سنج و جهت نما می باشند که اولی سرعت باد و دومی جهت باد را مشخص می کند و اطلاعات حاصل را به بخش کنترل می دهد .

بر اساس این اطلاعات زمان کار توربین زاویهٔ چرخ انحراف (YAW SYSTEM) مشخص می شود .

که این چرخ توربین را دقیقاً در جهت وزش باد قرار می گیرد .

موتور انحراف(سیستم YAW) :

یک سیستم ترکیبی الکتریکی مکانیکی است هدایت این سیستم توسط واحد کنترل انجام می شود . بر

اساس اطلاعات رسیده از قسمت اندازه گیری واحد کنترل جهت باد قالب را تعیین کرده و به موتور انحراف

فرمان می دهد که این موتور توربین را در راستای مناسب بچرخاند .

این سیستم فقط در توربین های بزرگ متصل به شبکه کاربرد دارد .

در توربین های بادی سایز کوچک به جای چرخ انحراف (YAW SYSTEM) از بالچه استفاده می کنند .

این بالچه توسط جریان باد خود به خود توربین را در راستای مناسب قرار می دهد .

ژنراتور

۱– ژنراتور آسنکرون: بیشتر ژنراتورهای متصل به شبکه –ساده و ارزان – اخذ توان راکتیو از شبکه

۲– ژنراتور سنکرون: گران قیمت – به توان راکتیو نیازی ندارد.

۳– ژنراتور DC

جعبه دنده Gearbox

کنترل قدرت

۱- تنظیم با پدیده قطع: stall regulation

ساده ترین گزینه – پره ها ثابت – برای هر دو نوع توربین محور عمودی و محور افقی- زاویه جریان هوا بروی پره ها افزایش می یابد تا جائیکه جریان از پره ها جدا گردد. انحراف مجموعه پره ها با حداکثر زاویه ۹۰ درجه

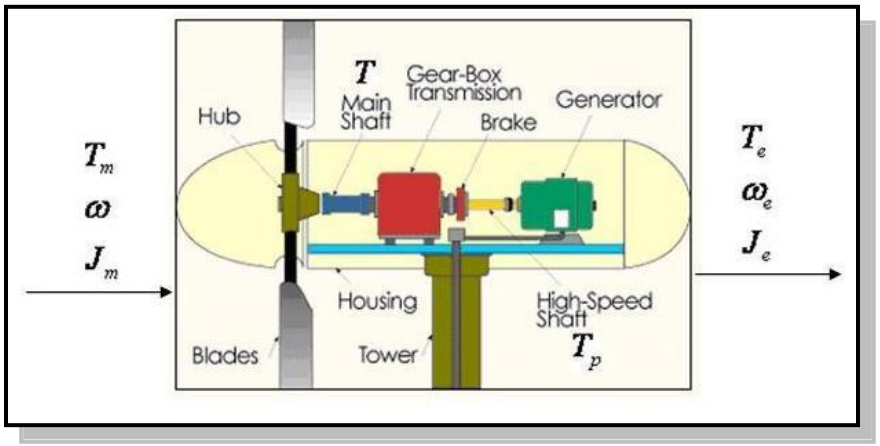
۲- کنترل گام: Pitch Control

با تغییر گام در طول تمام پره یا بخش انتهایی زاویه حمله بتدریج کاهش می یابد. تنها برای توربین محور افقی – هزینه های اضافی – پیچیدگی ناشی از کنترل گام

گزینه های اصلی برای طراحی ساختار توربین بادی

- تعداد پره ها (بطور معمول ۲ یا ۳)
- جهت روتور (باد از روبرو یا از پشت)
- جنس پره ها
- نوع هاب
  ۱. انعطاف ناپذیر Rigid
  ۲. بالا و پایین Teetering
  ۳. مفصلی Hinged
- سرعت ثابت یا متغیر
- ژنراتور سنکرون یا القائی
- نوع سیستم کنترل
- جعبه دنده یا اتصال مستقیم ژنراتور

چگونگی تولید توان در سیستم های بادی



توان خروجی از توربین بادی تابعی از سه فاکتور است :

- توان بادی که می وزد
- منحنی توان ماشین
- توانایی ماشین برای پاسخ دادن به وزش باد

کاربردهای غیر نیروگاهی

۱- پمپهای بادی آبکش جهت تأمین آب آشامیدنی حیوانات در مناطق دور افتاده

۲- آبیاری در مقیاس کم

۳- آبکشی از عمق کم جهت پرورش آبزیان

۴- تأمین آب مصرفی خانگی

۵- کاربرد توربینهای بادی کوچک بعنوان تولید کننده برق

۶- تأمین برق جزیره های مصرف

۷- شارژ باتری

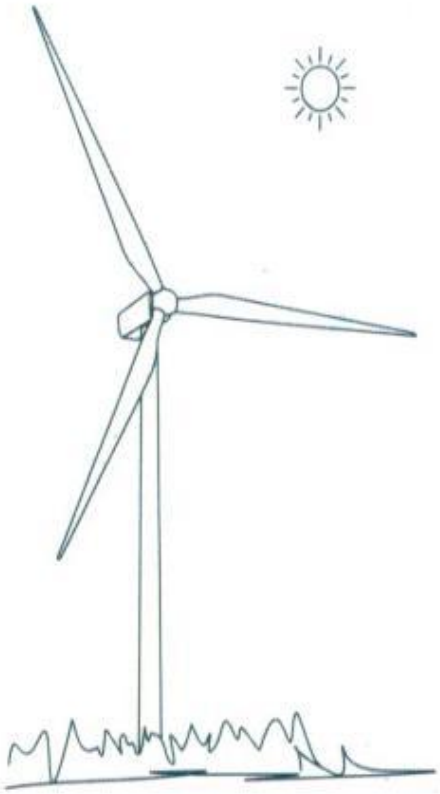
کاربردهای نیروگاهی

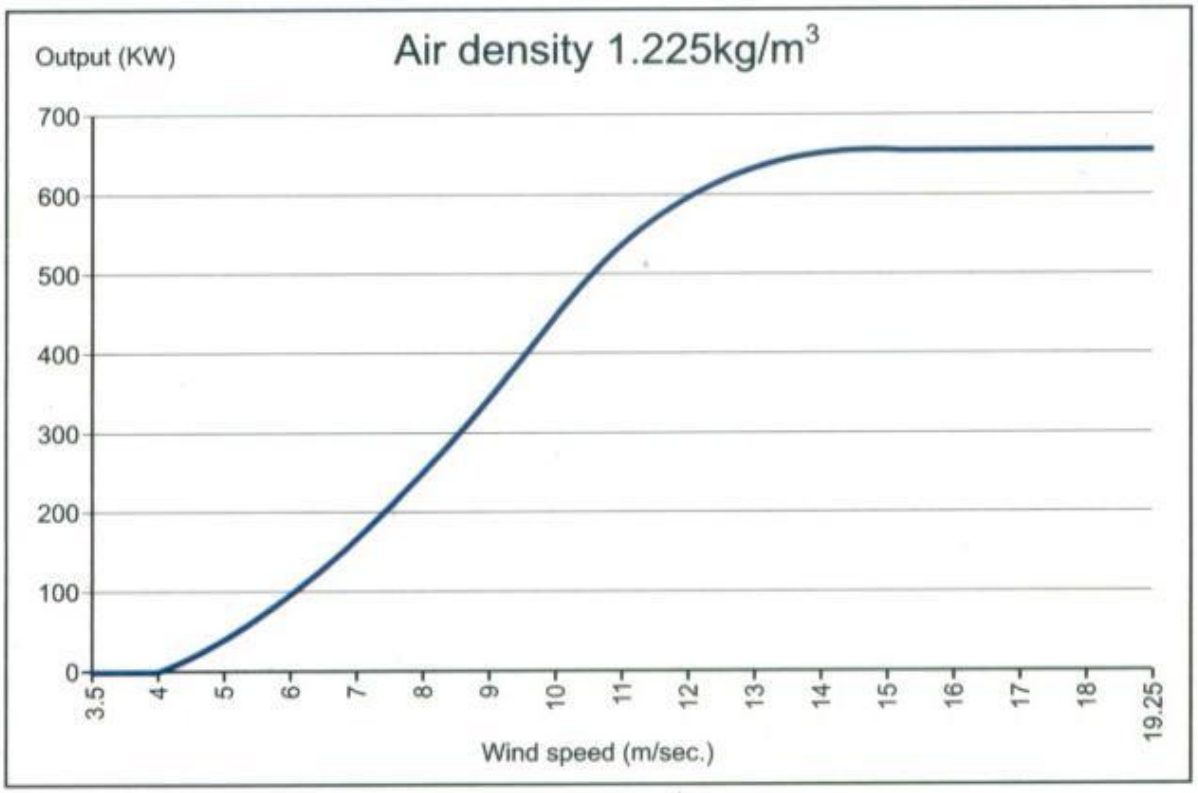
۱) نیروگاههای بادی منفرد جهت تأمین انرژی الکتریکی واحدهای مسکونی و تجاری و صنعتی و یا کشاورزی

۲) مزارع برق بادی جهت تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق شبکه

معرفی توربین باد S47-660 kW محصول شرکت صبا نیرو

پارامترهای فنی توربین باد S47-660kW	
پارامترهای فنی	مقدار
عمر مفید توربین باد	۲۰ سال
شرایط دمایی	-20°C تا +40°C
سطح جاروب شده	1,735 m²
سرعت چرخشی روتور	28.5 RPM
ترمز آیرودینامیکی	Feathered
جهت چرخش روتور	ساعتگرد از نمای روبرو
سیستم های کنترلی	OptiSlip و Optimal Pitch/OptiTip
ارتفاع برج	40 m
نوع ژنراتور	آسنکرون – 660kW – ۵۰ هرتز
دور ژنراتور	1515-1650 RPM
نوع گیربکس	خورشیدی / محورهای موازی
جهت قرارگیری توربین نسبت به باد	رو به باد
حداقل سرعت باد برای تولید برق	4 m/s
سرعت باد برای ایجاد توان نامی	15 m/s
حداکثر سرعت مجاز باد برای تولید توان	25 m/s



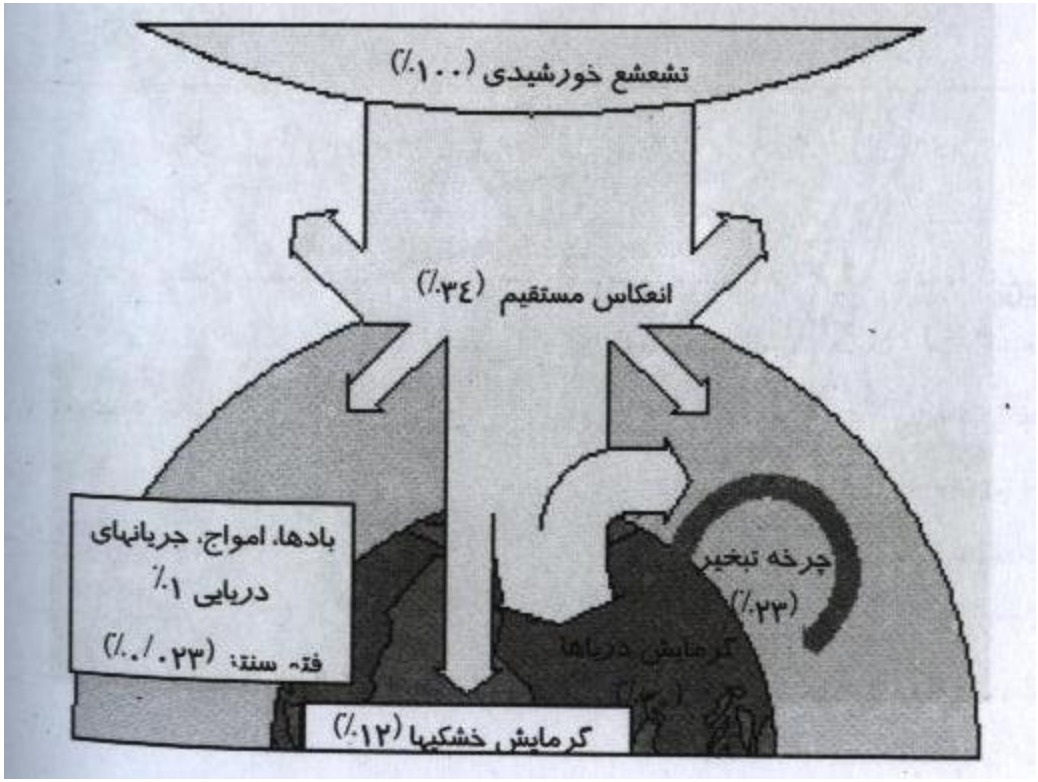


منحنی قدرت خروجی توربین باد **S47-660 kW**

انرژی خورشیدی

مقدمه

جریان انرژی خورشید بر روی زمین



مقدمه

خورشید کره ای به قطر تقریبی $1.39*10^{6}$ کیلومتر

در فاصله متوسط $1.49*10^{8}$کیلومتری زمین

این کره که عمدتاً از هیدروژن تشکیل شده، یک راکتور هسته ای طبیعی بسیار بزرگ می باشد

روزانه حدود ۳۵۰ میلیارد تن از جرمش بر اثر گداخت هسته ای به انرژی تبدیل می شود.

بیرونی ترین لایه خورشید که از آن انرژی ساطع می گردد، دارای دمای ۵۷۶۲ کلوین می باشد،

در حالی که دمای قسمت های داخلی آن حدود $8*10^{6}$ تا $40*10^{6}$کلوین تخمین زده می شود.

میزان انرژی ساطع شده از خورشید حدود $3.8*10^{23}$کیلووات است،

$1.7*10^{14}$کیلووات به جو زمین می رسد.

- حدود ۳٤ درصد از این انرژی بر اثر انعکاس مستقیم به فضا باز می گردد،
- حدود ٤۲ درصد از آن پس از رسیدن به سطح زمین، به طور مستقیم در دریاها و خشکی ها تبدیل به گرما
- حدود ۲٤ درصد آن صرف چرخه تبخیر و باران کره زمین و ایجاد باد ها، جریان های دریایی و امواج و پدیده فتوسنتز می شود.

مقدار انرژی تابشی خورشید بر روی کره زمین ٦۰۰۰ برابر کل مصرف انرژی‌های سالیانه بر روی زمین است

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

- مطابق مطالعات انجام یافته، بیشترین چگالی تابش متوسط سالیانه بر یک صفحه افقی در سطح زمین به حدود ۳۰۰ وات بر متر مربع می رسد.
- متوسط چگالی تابش سالیانه در قسمت مرکزی ایران ۲۵۰ وات بر متر مربع
- میزان کل دریافت انرژی خورشیدی در کشور ایران بالغ بر ۲۸۰۰ ساعت در سال
- حدود 10^{16}مگاژول در سال یا معادل ۱۶۳٤ میلیارد بشکه نفت خام می باشد که این مقدار ۲۵۰۰ برابر تقاضای نهایی انرژی کل کشور در سال ۱۳۷۸ می باشد.

در کشور ایران استان کرمان با متوسط سالانه ۲۰مگاژول بر متر مربع در روز بالاترین

استان گیلان با متوسط حدود ۱۳.۹ مگازول بر متر مربع در روز پایین ترین میزان دریافت انرژی خورشیدی

متوسط سالانه انرژی دریافتی برای کل کشور معادل ۱۷.۸ مگاژول بر متر مربع در روز است.

مزایای نیروگاههای خورشیدی

الف) تولید برق بدون مصرف سوخت

ب) عدم احتیاج به آب زیاد

پ) عدم آلودگی محیط زیست

ت) امکان تأمین شبکه‌های کوچک و ناحیه‌ای

ث) استهلاک کم و عمر زیاد

ج) عدم احتیاج به متخصص

کاربردهای غیر نیروگاهی

الف – آبگرمکن‌های خورشیدی و حمام خورشیدی

ب – گرمایش و سرمایش ساختمان و تهویه مطبوع خورشیدی

پ – آب شیرین کن خورشیدی

ت – خشک کن خورشیدی

ث – اجاقهای خورشیدی

ج – کوره خورشیدی فتوولتاییک

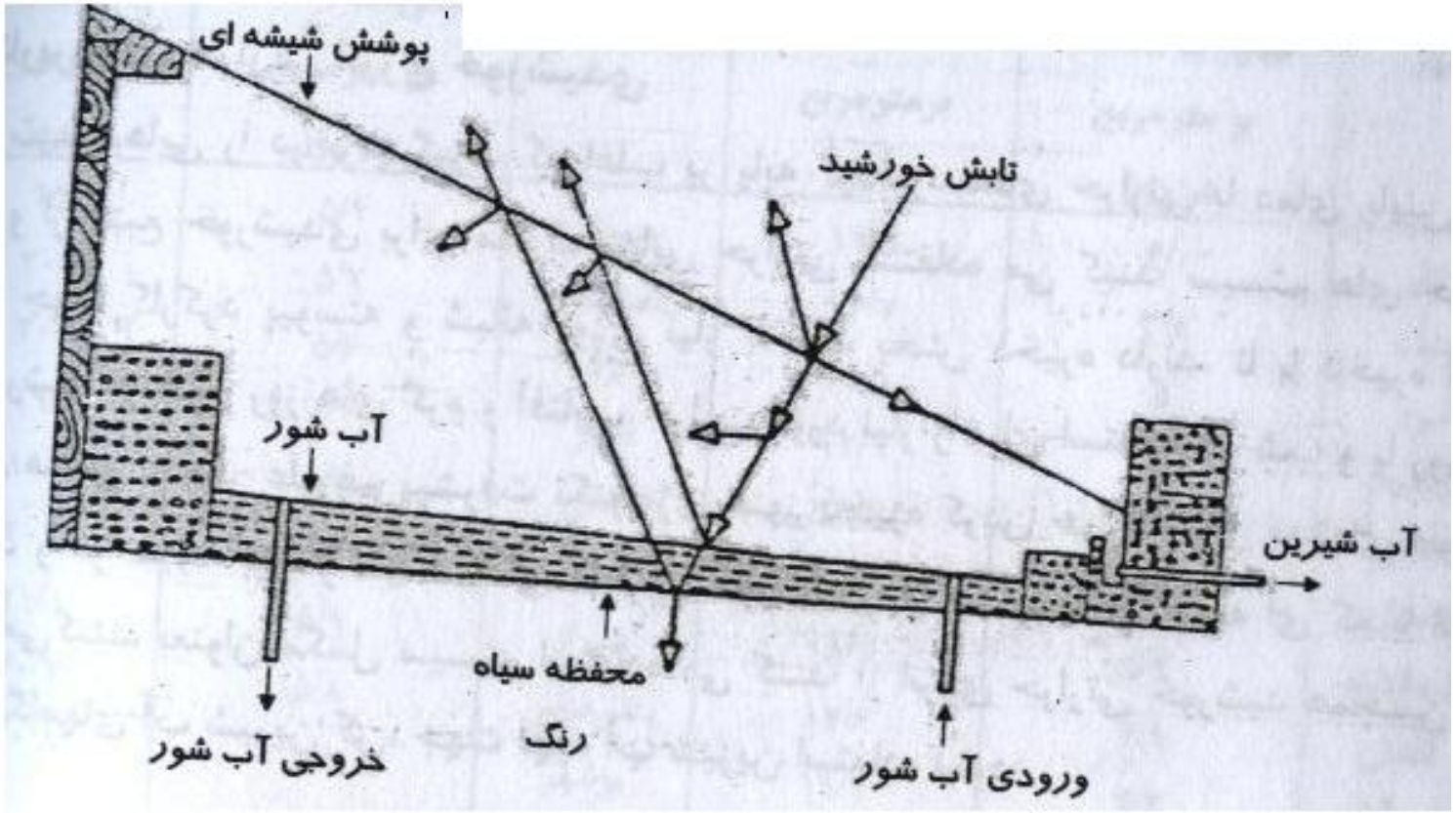
چ – خانه‌های خورشیدی

انرژی خورشیدی در منازل مسکونی

از انرژی حرارتی خورشید علاوه بر استفاده نیروگاهی، می توان در زمینه های زیر بصورت صنعتی، تجاری و خانگی استفاده کرد:

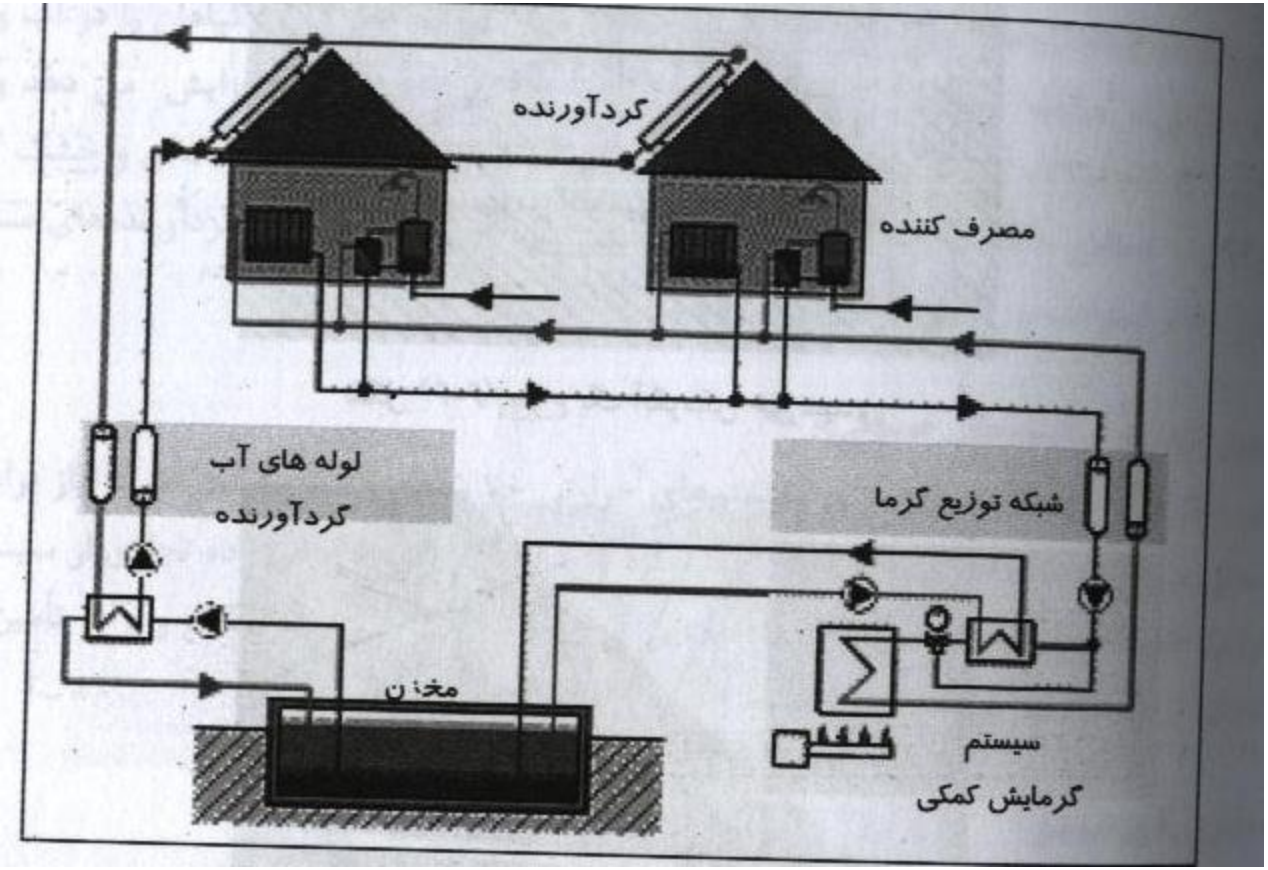
- گرمایش آب مصرفی(آب گرمکنهای خورشیدی) برای منارل، ساختمانها، کارخانجات و استخرها)
- گرمایش فضای داخلی ساختمانها
- سرمایش فضای داخلی ساختمانها و یخچالهای خورشیدی
- آب شیرین کنهای خورشیدی (در اندازه های خانگی و صنعتی)
- خشک کن های خورشیدی (برای خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی)
- خوراک پزهای خورشیدی

تولید آب شیرین

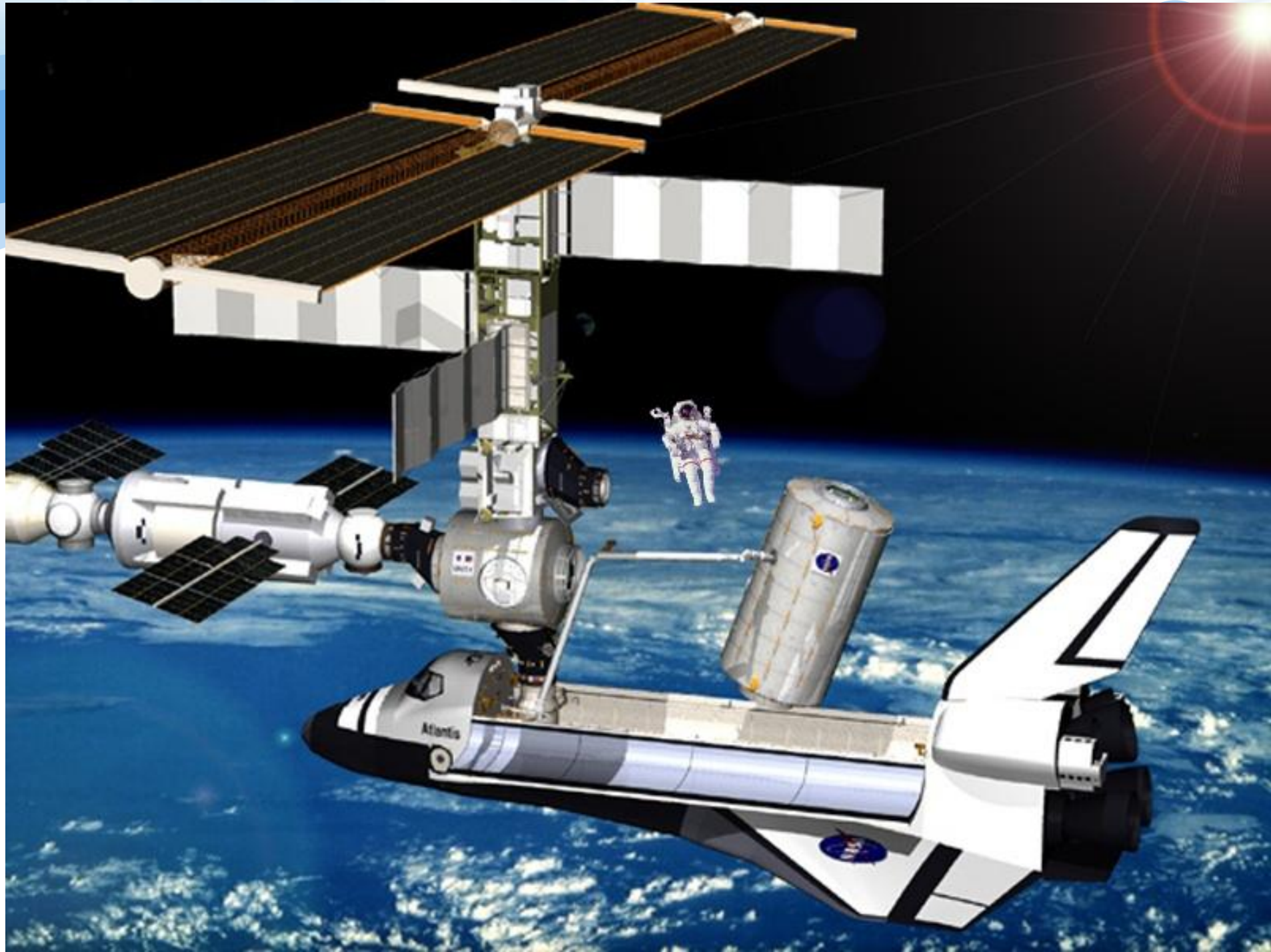


گرمایش فضای ساختمان ها

نمودار یک شوفاژ خورشیدی مرکزی در ترکیب با شوفاژ برقی



آبگرمکن خورشیدی


Atlantis

تحمل مشکلات

مرکز آموزش تکاور نزاجا

نیروگاه خورشیدی در ایران

در بخش نیروگاهی، نیروگاه ۳۰ کیلوواتی آزمایشی طالقان تا کنون توانسته در حدود ٦٥ مگاوات ساعت انرژی خورشیدی را به الکتریسیته تبدیل کرده و به شبکه سراسری تحویل دهد و همچنین یک نیروگاه ۲٥۰ کیلوواتی به صورت پایلوت در شیراز در کنار نیروگاه گازی شیراز توسط متخصصان داخلی در حال احداث است.

نیروگاه پایلوت شیراز به وسیله ٦ هزار آینه محدب نور خورشید را جمع کرده و پس از تبدیل حرارت به بخار آب، ماشین الکتریکی ویژه‌ای را برای تولید برق راه‌اندازی می‌کند.

تاریخچه ساخت نیروگاه های خورشیدی

اولین نیروگاه بخار خورشیدی در سال ۱۹۶۵ در نزدیکی ژنو ساخته شد ، که از نوع دریافت کننده مرکزی بود . میدان آینه ها از ۱۲۱ دستگاه آینه مدور شلجمی با قطر 58mm و با سطح کلی $30\ m^2$ روی ردیاب مکانیکی در محوطه ای به ابعاد 7m در 7m بنا گردید . ارتفاع دریافت کننده مرکزی از میدان آینه ها 3m بود .

برای بالا بردن ضریب جذب انرژی خورشیدی سطح خارجی لوله را به رنگ سیاه مینا

کرده و قسمتی از آنرا به شکل مارپیچ و قسمت دیگر را به شکل حلزونی فرم دادند .

آب مورد نیاز دریافت کننده مرکزی بوسیله یک پمپ سانتریفوژ برای دبی زیاد و یک پمپ

پیستونی برای فشار زیاد تأمین می شود و آب پس از کسب گرمای اولیه در گرمترین قسمت

دیگ ، به بخار و سپس در ناحیه ای با گرمای کمتر به بخار خشک تبدیل می گردد۳۹٤

نیروگاه های خورشیدی

- ۱- نیروگاه های حرارتی – خورشیدی:
- ۸۰% برق تولیدی

- ۲- نیروگاه های فتوولتائیک:
- ۲۰ % برق تولیدی

مشکلات نیروگاه های خورشیدی

۱. چگالی کم انرژی خورشیدی ← نیاز به سطح بسیار زمین برای احداث

۲. لزوم ردیابی خورشید توسط سطوح دریافت کننده

۳. تغییرات طبیعی انرژی خورشید در طول روز و سال ← برق بر طبق نیاز مصرف تولید نمی گردد.

- برای حل مشکل سوم ۲ راه حل داریم:
- الف) پیوند آن با سیستم پشتیبان سوخت فسیلی

نیروگاه های حرارتی خورشیدی

۱. نیروگاه های خورشیدی هیلواستاتی(دریافت کننده مرکزی)

۲. نیروگاههای با گردآورنده های سهموی دراز

۳. برج های نیرو (دودکش خورشیدی)

۴. نیروگاه های با استخر آب شور (استخر خورشیدی)

۵. نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی

۲.دریافت کننده مرکزی:

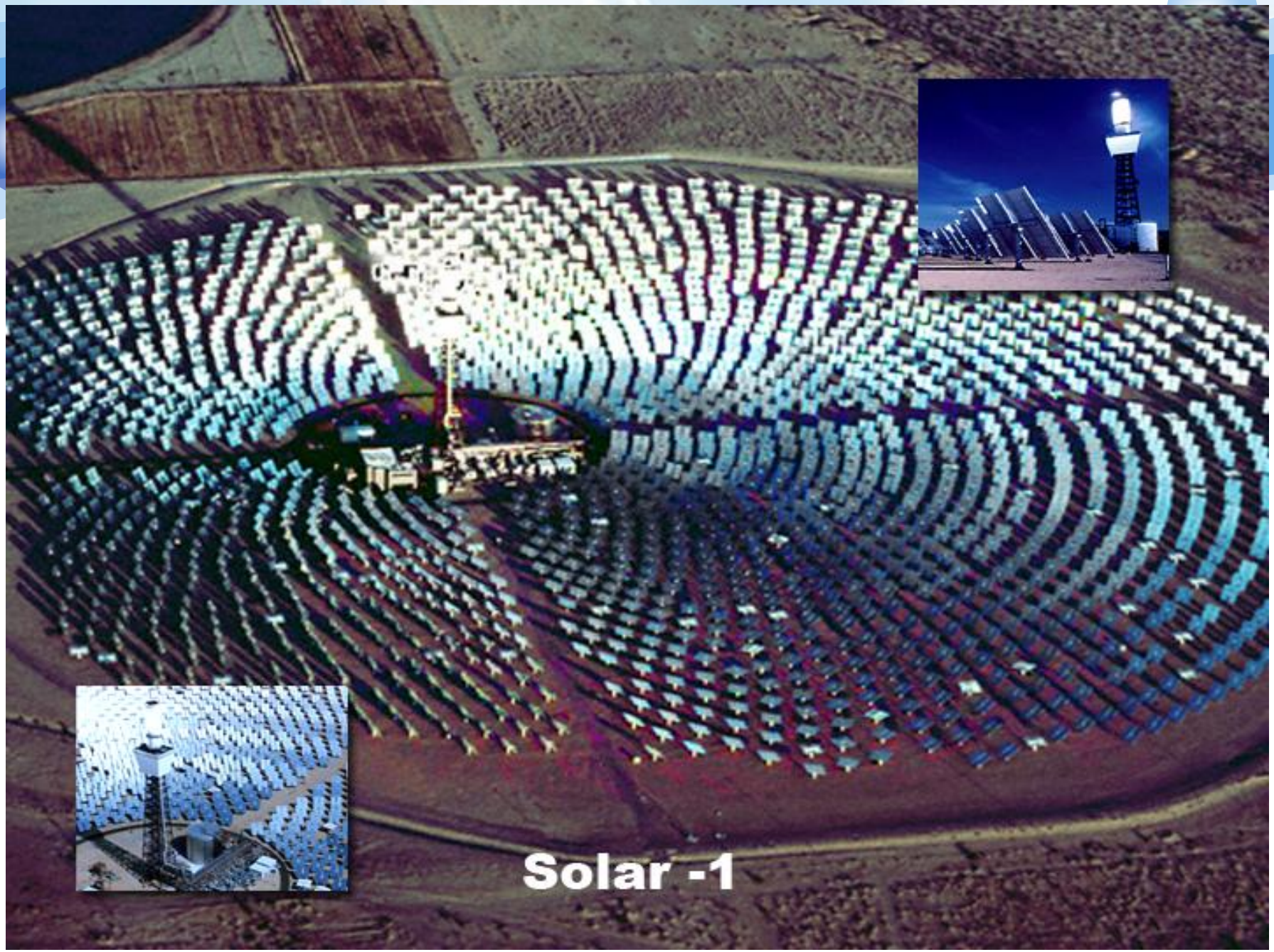
- اولین ایده توسط دانشمندان روسی در سال ۱۹۵۰ داده شد.
- اولین نیروگاه در سال ۱۹۸۱ بنام سولار ۱ با ظرفیت ۱۰MW بهره برداری شد.
- از دهه ۱۹۸۰ تا کنون سیستمهای زیادی در آمریکا ،روسیه، اسپانیا،ژاپن و فرانسه اجرا شده است.
- حرارت تولیدی در دریافت کننده مرکزی به ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد می رسد. به همین دلیل در مقایسه با سایر سیستمها دارای راندمان بالاتری

نیروگاه های حرارتی خورشیدی هیلواستاتی

- **مزایا:**
  - ۱- بازدهی نسبتاً بالای نیروگاه
  - ۲- دمای بالای بخار تولید شده
  - ۳- پیوند ساده با سوخت پشتیبان سوخت نفت یا گاز طبیعی
  - ۴- امکان تولید انبوه قطعات خورشیدی مشابه
  - ۵- قابلیت همزمان برق و حرارت

نیروگاه های حرارتی خورشیدی هیلواستاتی

- **معایب:**
  - ۱- بازدهی نسبتاً کم در سیستم های پیوندی با سوخت فسیلی
  - ۲- اتلاف انرژی گرمایی
  - ۳- نیاز به پایه های بسیار با دوام برای آینه ها


Solar -1

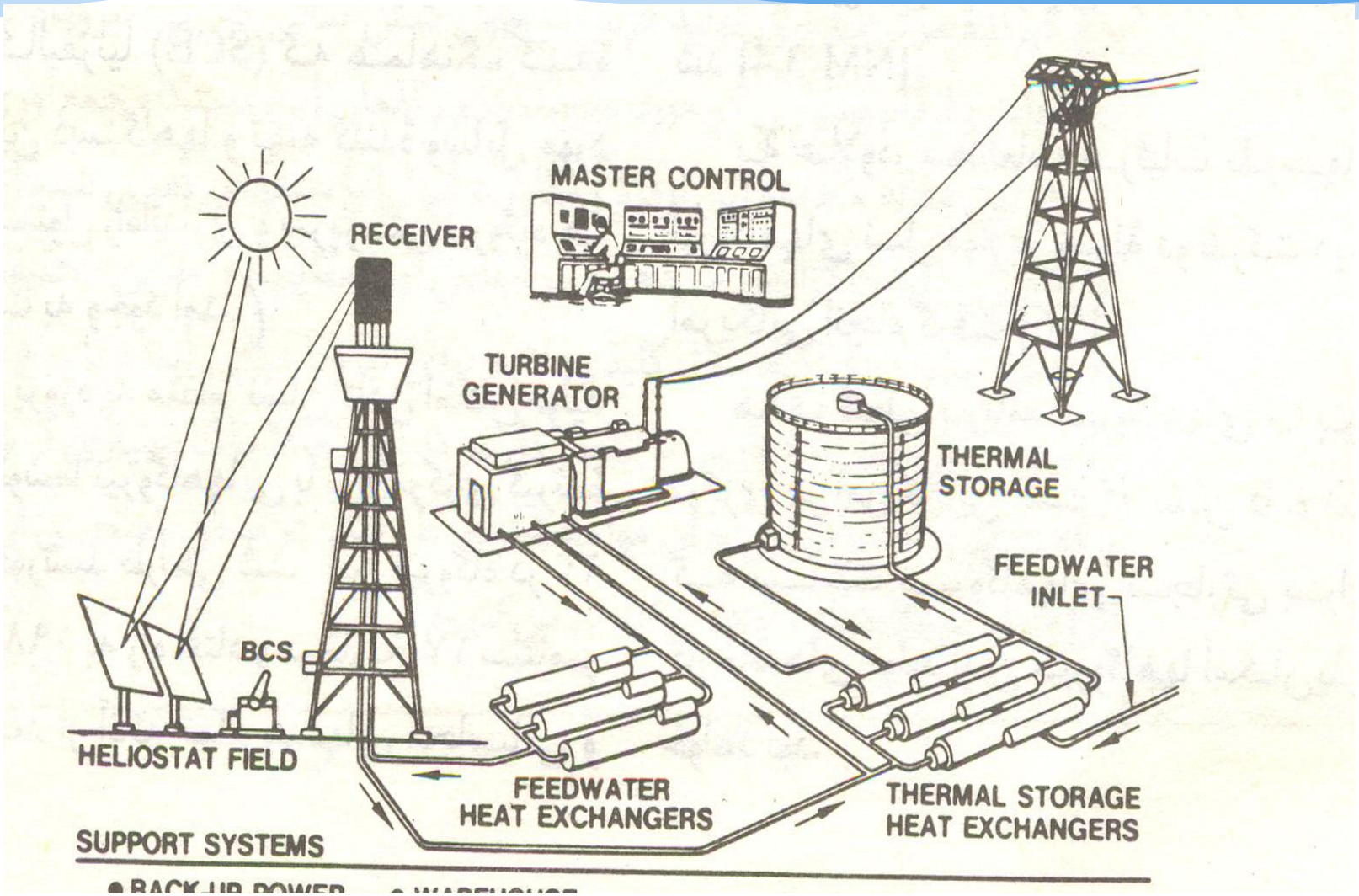
•معرفی نیروگاه:

- نیروگاه از نوع دریافت کننده مرکزي واقع در طالقان

نیروگاه های حرارتی خورشیدی هیلواستاتی

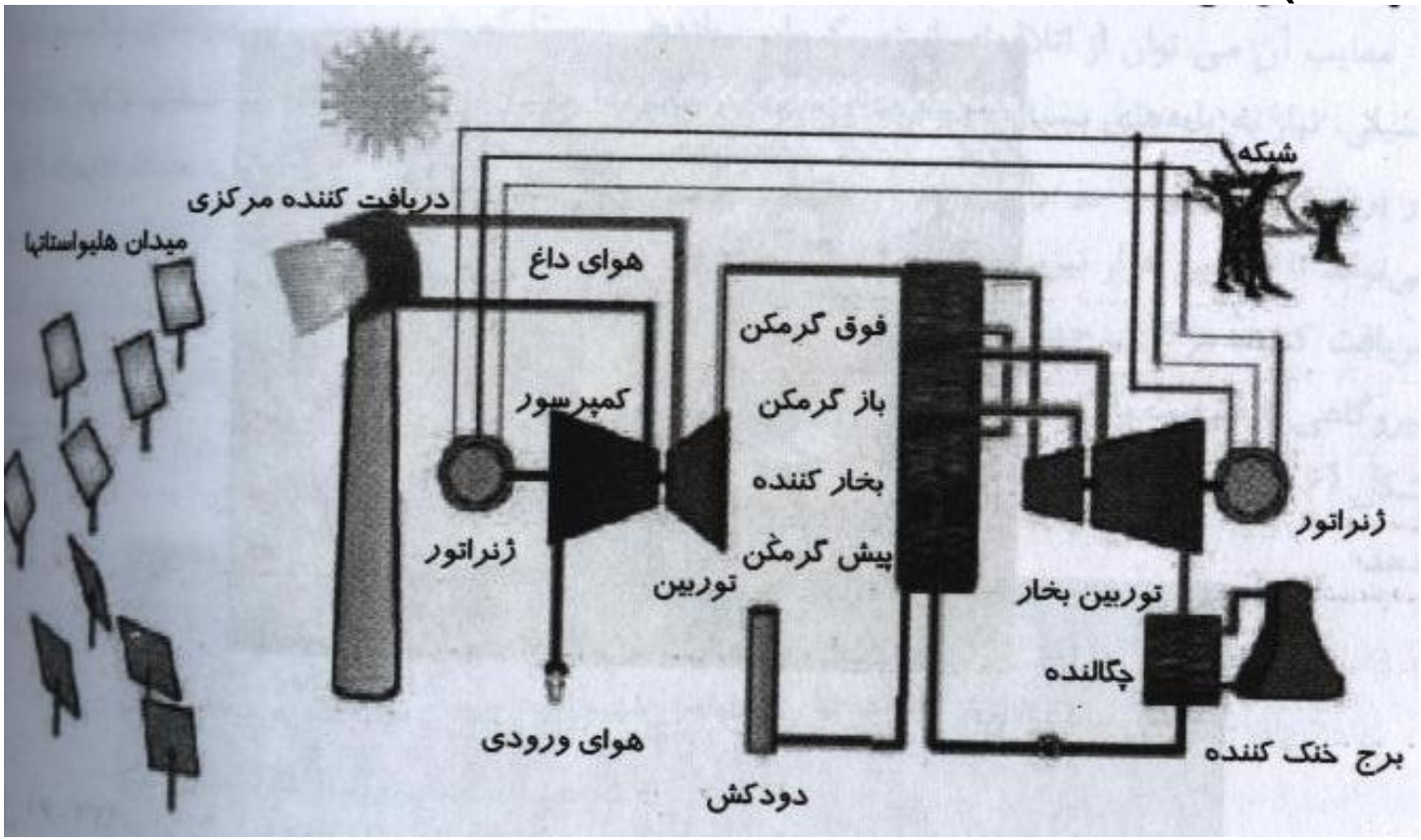
- **نمونه:**
  - نیروگاه ۱۰ مگا واتی Solar -2 در آمریکا
  - تعداد هیلواستاتها: ۱۸۱۸
  - سطح هر هیلواستات m^2 ۴۰ و بازدهی کل آن ۱۳%

نیروگاه خورشیدی



سیستم های تولید برق

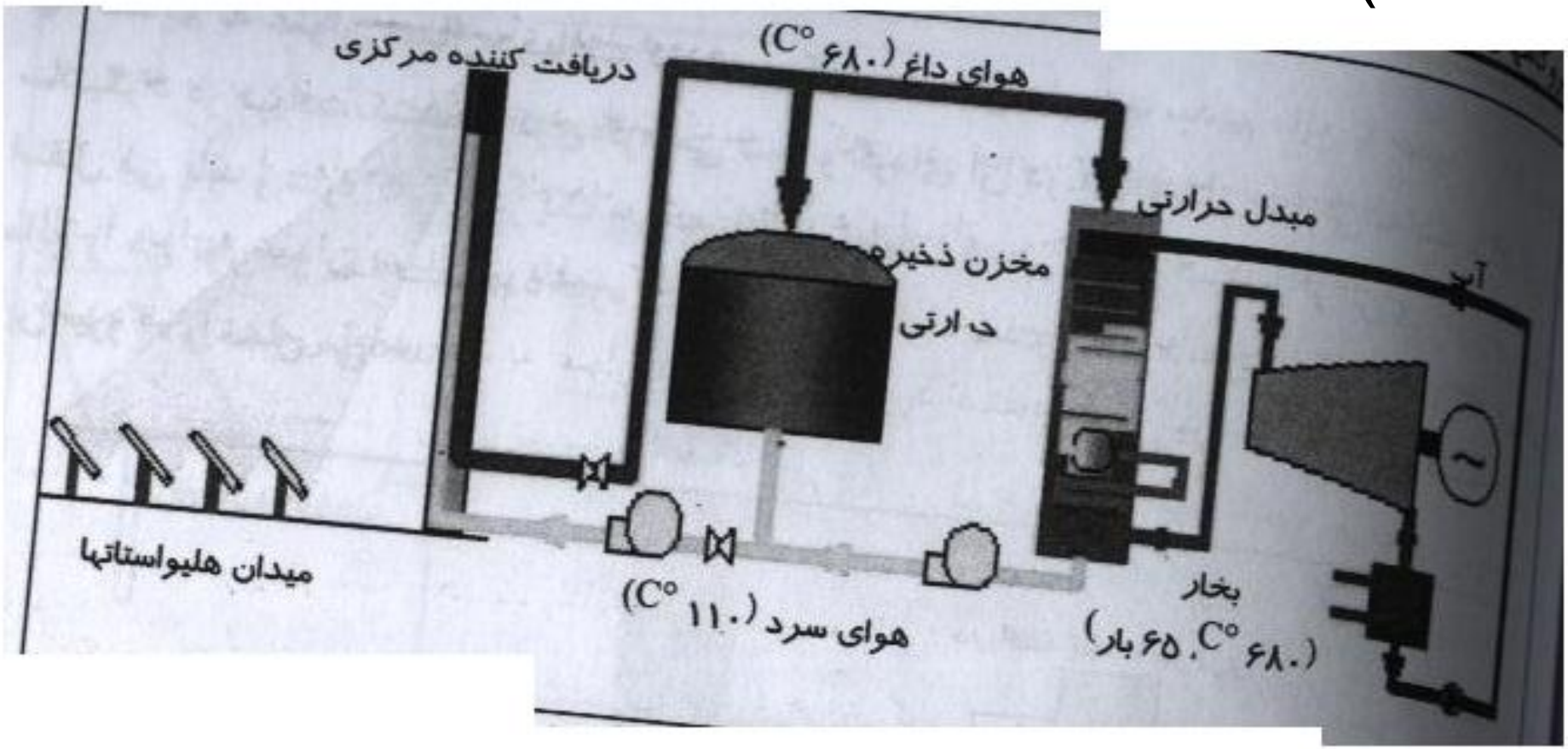
الف) هوا به عنوان سیال دریافت کننده مرکزی



دیاگرام کاری یک نیروگاه سیکل ترکیبی هیلواستاتی با سیکل

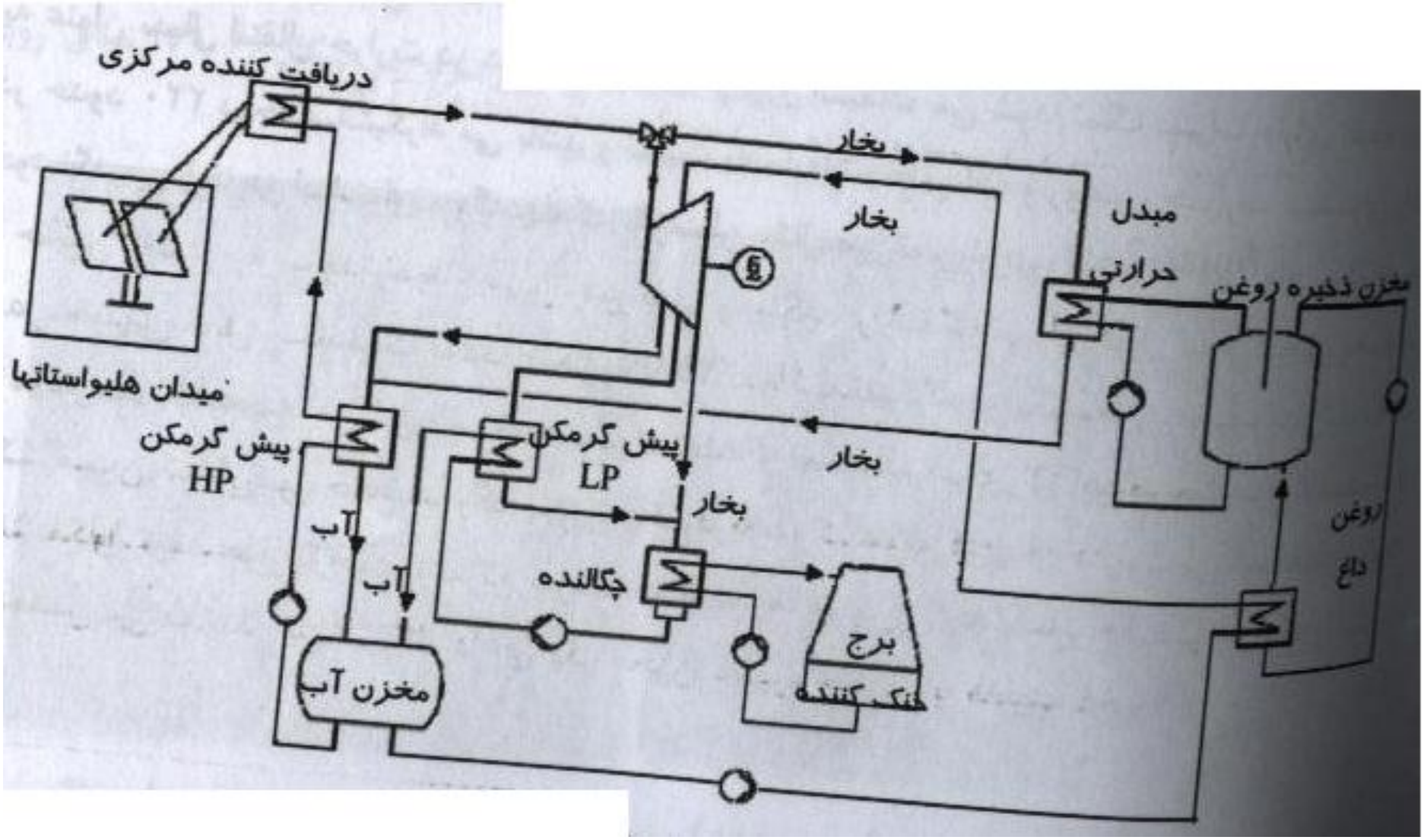
سیستم های تولید برق

الف) هوا به عنوان سیال دریافت کننده مرکزی

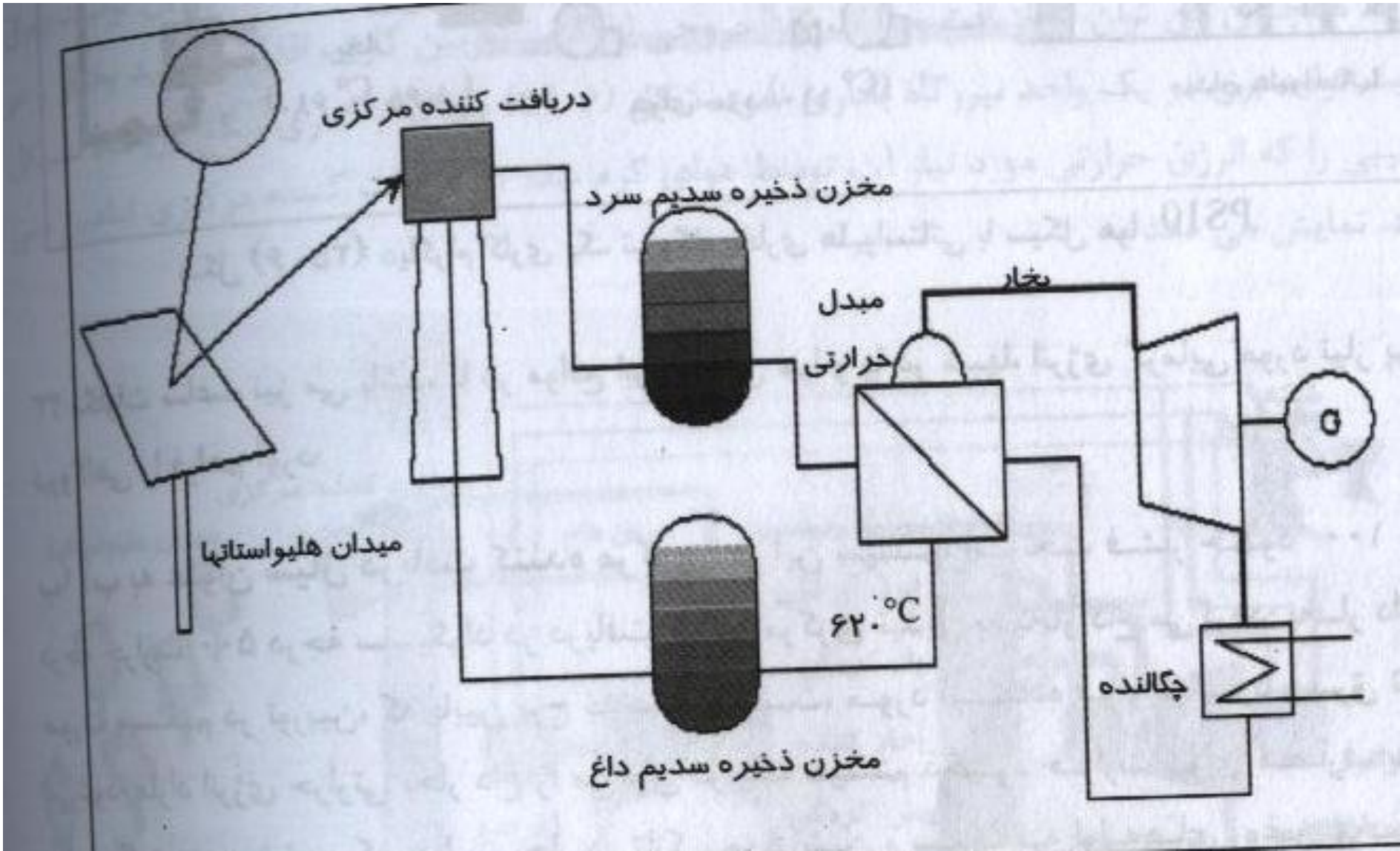


دیاگرام یک نیروگاه هیلواستاتی با سیکل هوا

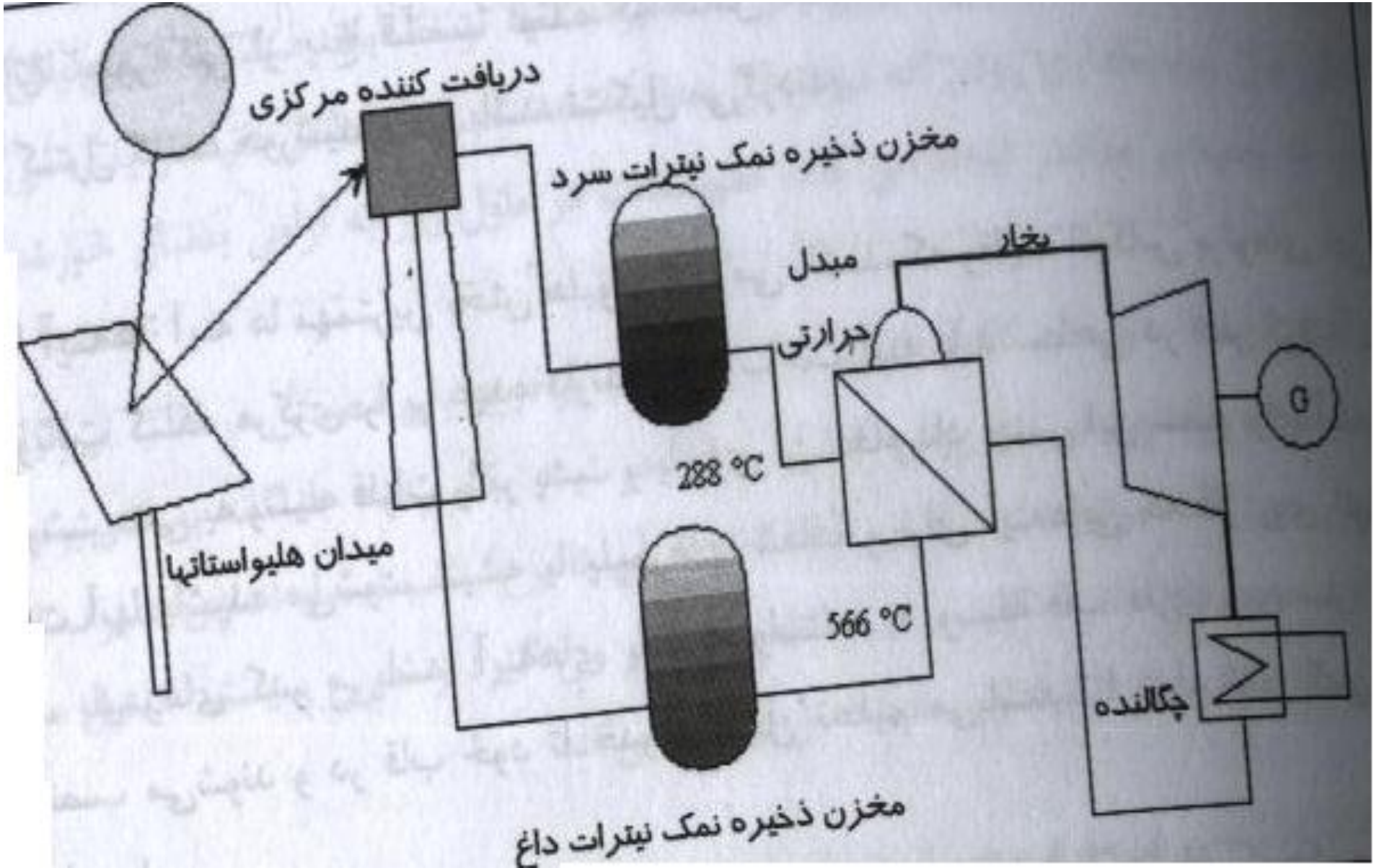
ب) آب به عنوان سیال دریافت کننده مرکزی



ج) سدیم به عنوان سیال دریافت کننده مرکزی



د) نمک نیترات به عنوان سیال دریافت کننده مرکزی



نمونه های ساخته شده نیروگاههای خورشیدی دریافت کننده مرکزی تا سال ۱۹۹۶

نام نیروگاه	کشور	ظرفیت مگا وات	سیستم انتقال حرارتی	عامل ذخیره	سال
SSPS	اسپانیا	0.5	سدیم مایع	سدیم	1981
EURELLOS	ایتالیا	1	بخار آب	آب – نمک نیترات	1981
SUN SHINE	ژاپن	1	بخار آب	آب – نمک نیترات	1981
SOLAR-1	آمریکا	10	بخار آب	سنگ داغ – روغن	1982
1-CESA	اسپانیا	1	بخار آب	نمک نیترات	1983
CAT B/MSEE	آمریکا	1	نیترات مذاب	نمک نیترات	1984
THEMIS	فرانسه	2.5	Hi- Tec Salt	Hi- Tec Salt	1984
SPP-5	روسیه	5	بخار آب	بخار آب	1986
TSA	اسپانیا	1	هوا	سرامیک	1993
SOLAR-2	آمریکا	10	نمک نیترات	نمک نیترات	1996

نیروگاه های حرارتی خورشیدی با گردآورنده های سهموی

در ظرفیت های بین ۳۰ تا ۱۵۰ مگا واتی

بازدهی ۱۵٪

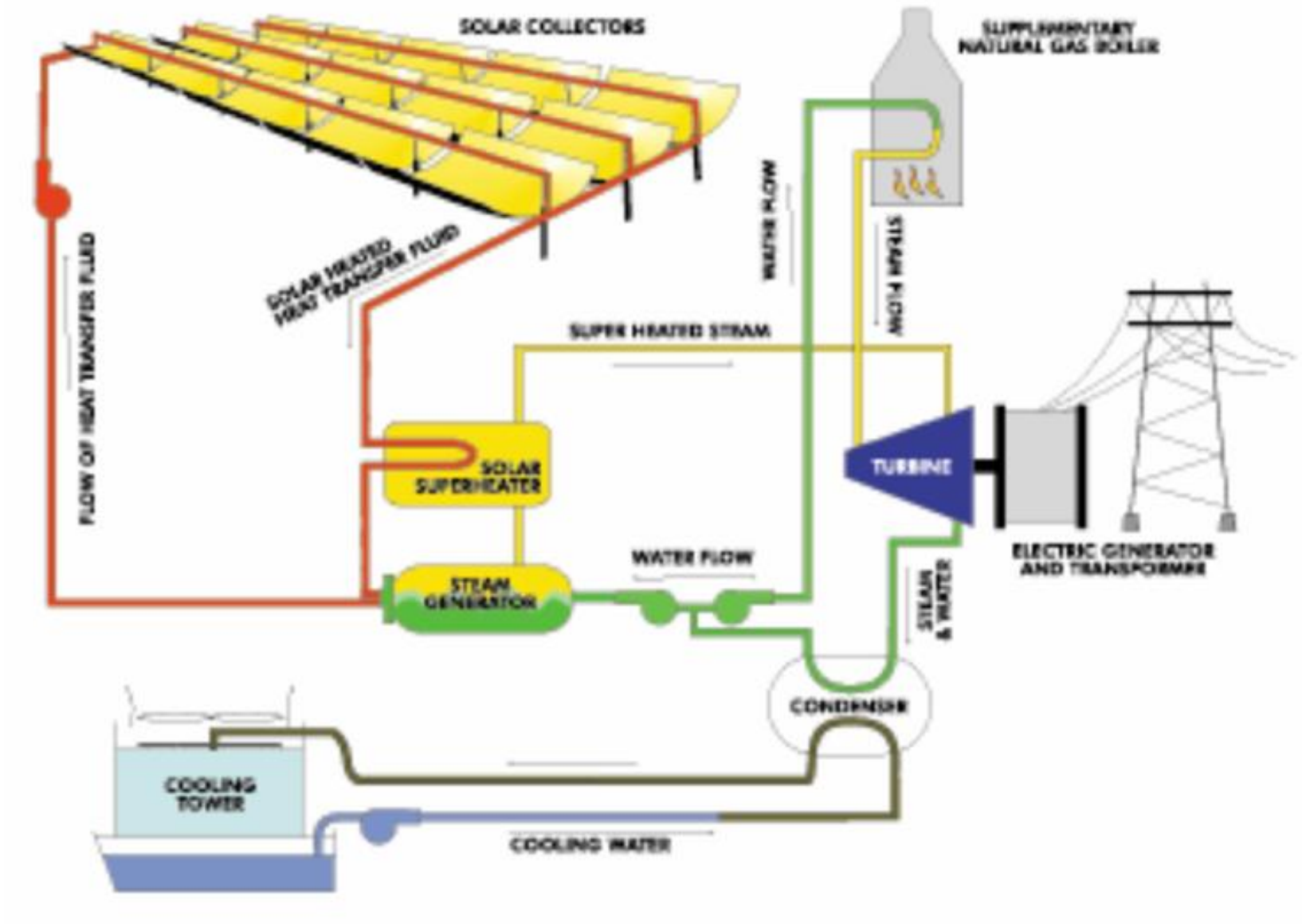
ضریب تمرکز بین ۲ تا ۴۰

درجه حرارتهایی تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد

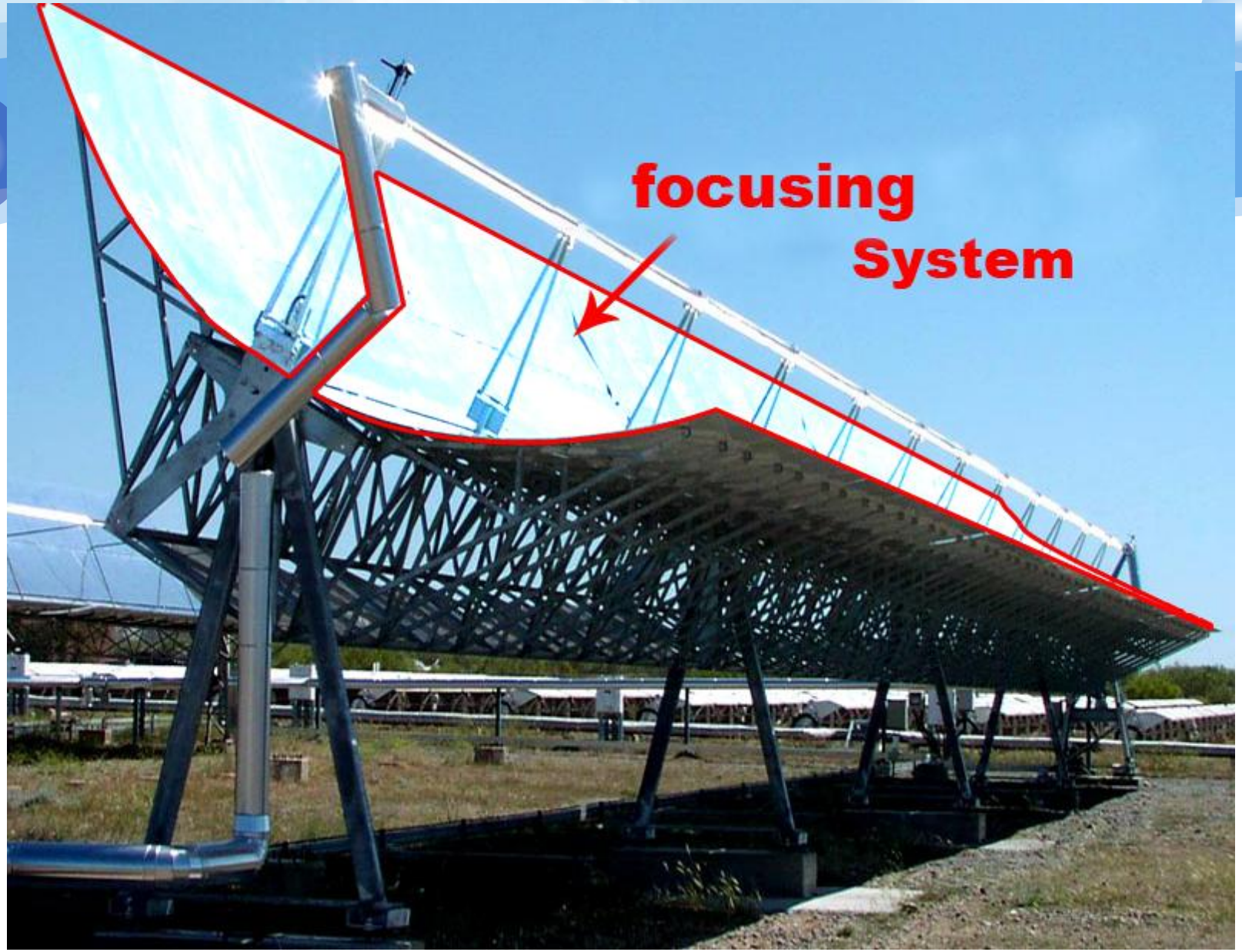
داخل لوله ها روغن جریان دارد

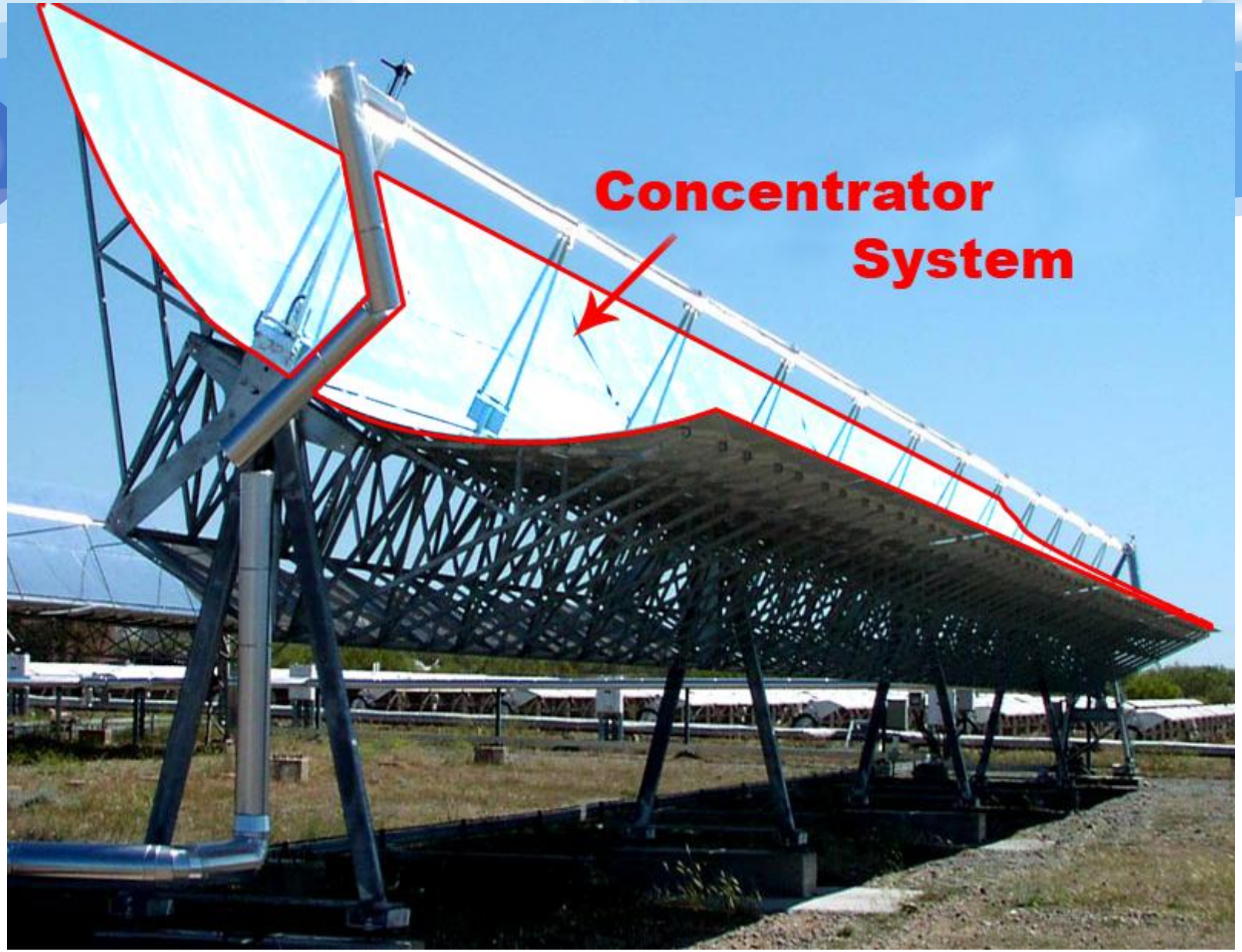
۳.سهموی خطی:

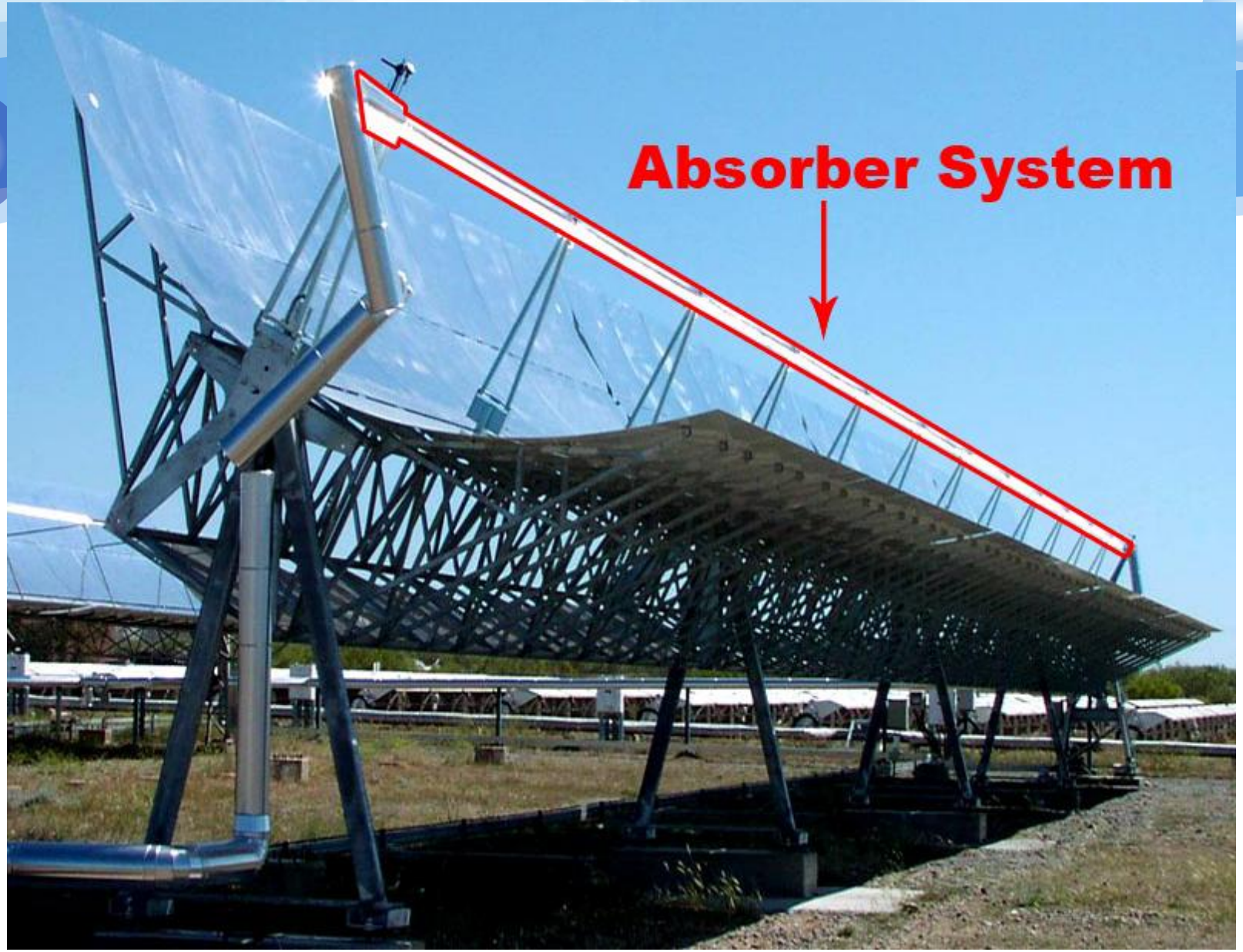
- نیروگاه سهموی خطی شیراز در کنار نیروگاه سیکل ترکیبی شیراز در حال احداث می باشد.

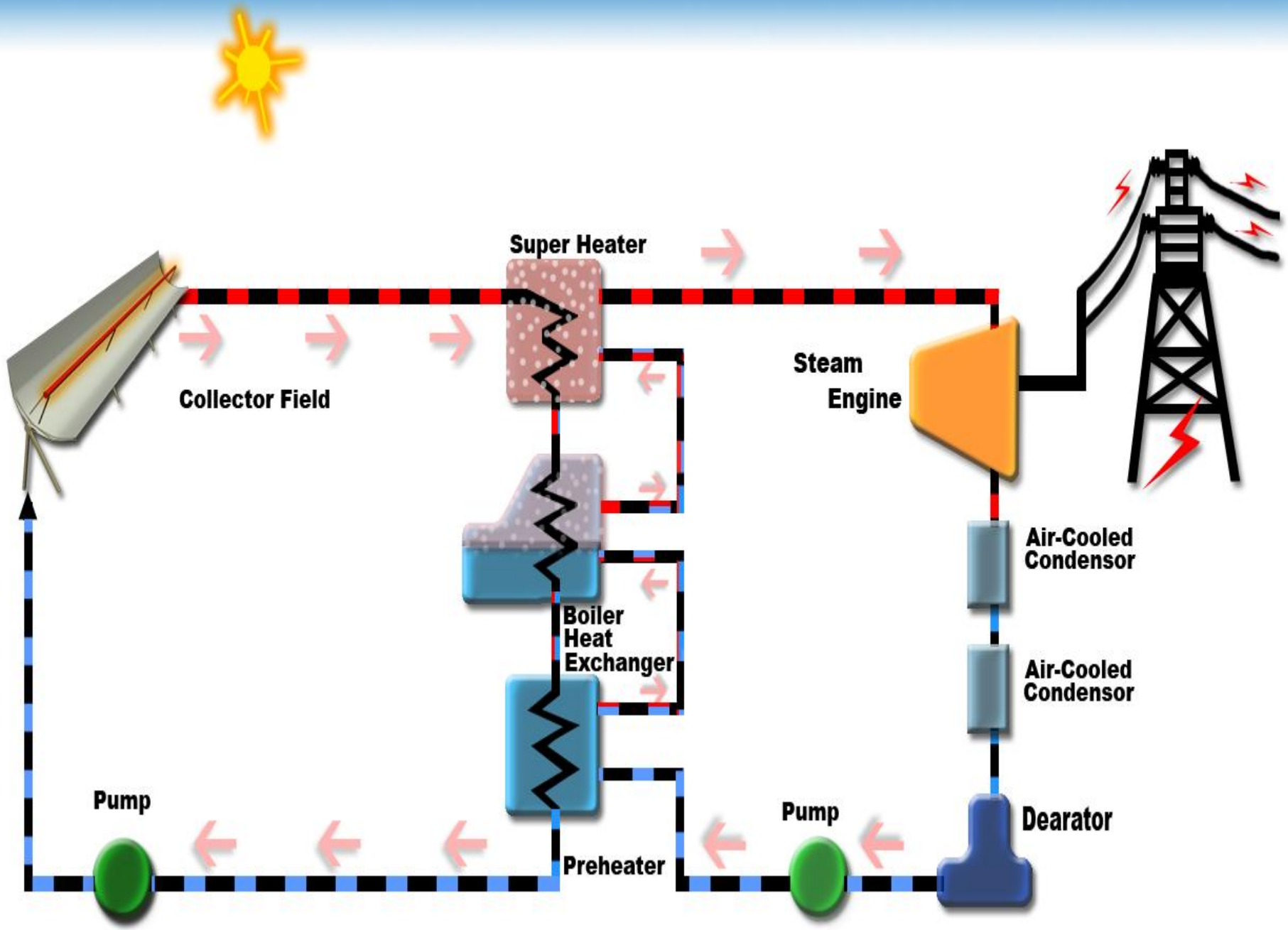

SOLAR COLLECTORS
SUPPLEMENTARY NATURAL GAS BOILER
FLOW OF HEAT TRANSFER FLUID
SOLAR HEATED HEAT TRANSFER FLUID
WATER FLOW
STEAM FLOW
SUPER HEATED STEAM
SOLAR SUPERHEATER
TURBINE
ELECTRIC GENERATOR AND TRANSFORMER
WATER FLOW
STEAM GENERATOR
STEAM & WATER
CONDENSER
COOLING TOWER
COOLING WATER

نیروگاههایی که گیرنده آنها آینه‌های سهموی ناودانی


focusing
System


Concentrator
System


Absorber System


Super Heater
Collector Field
Steam
Engine
Air-Cooled
Condensor
Air-Cooled
Condensor
Boiler
Heat
Exchanger
Pump
Pump
Dearator
Preheater

نیروگاه های حرارتی خورشیدی با گردآورنده های سهموی

مزایا:

۱– زمان کوتاه نصب

۲– فن آوری قابل اعتماد

۳– امکان تولید انبوه قطعات خورشیدی مشابه

۴– امکان تولید همزمان برق و حرارت

نیروگاه های حرارتی خورشیدی با گردآورنده های سهموی

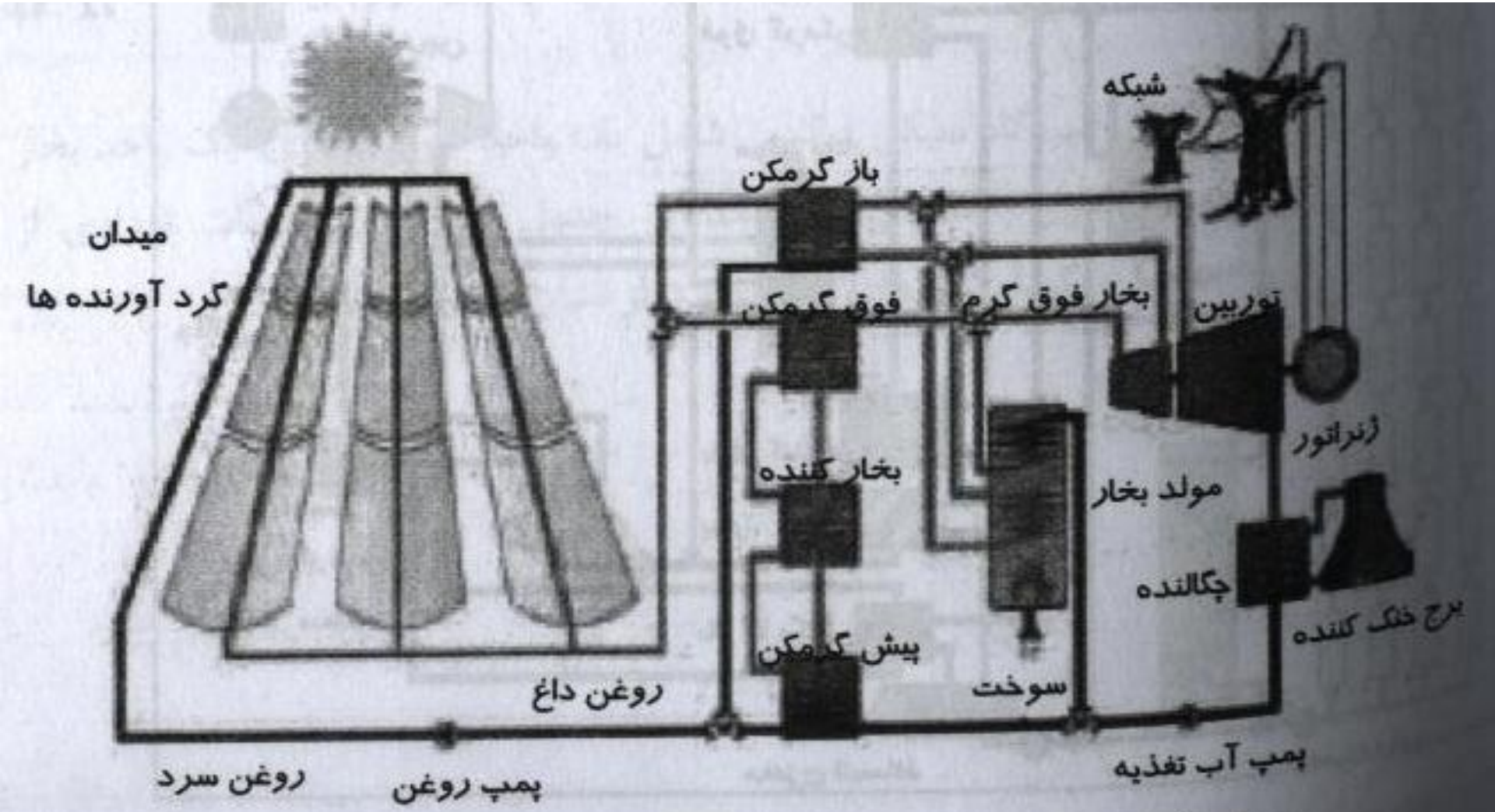
معایب:

۱– محدودیت دمای کارکرد بخش خورشیدی به ۴۰۰ درجه سانتیگراد

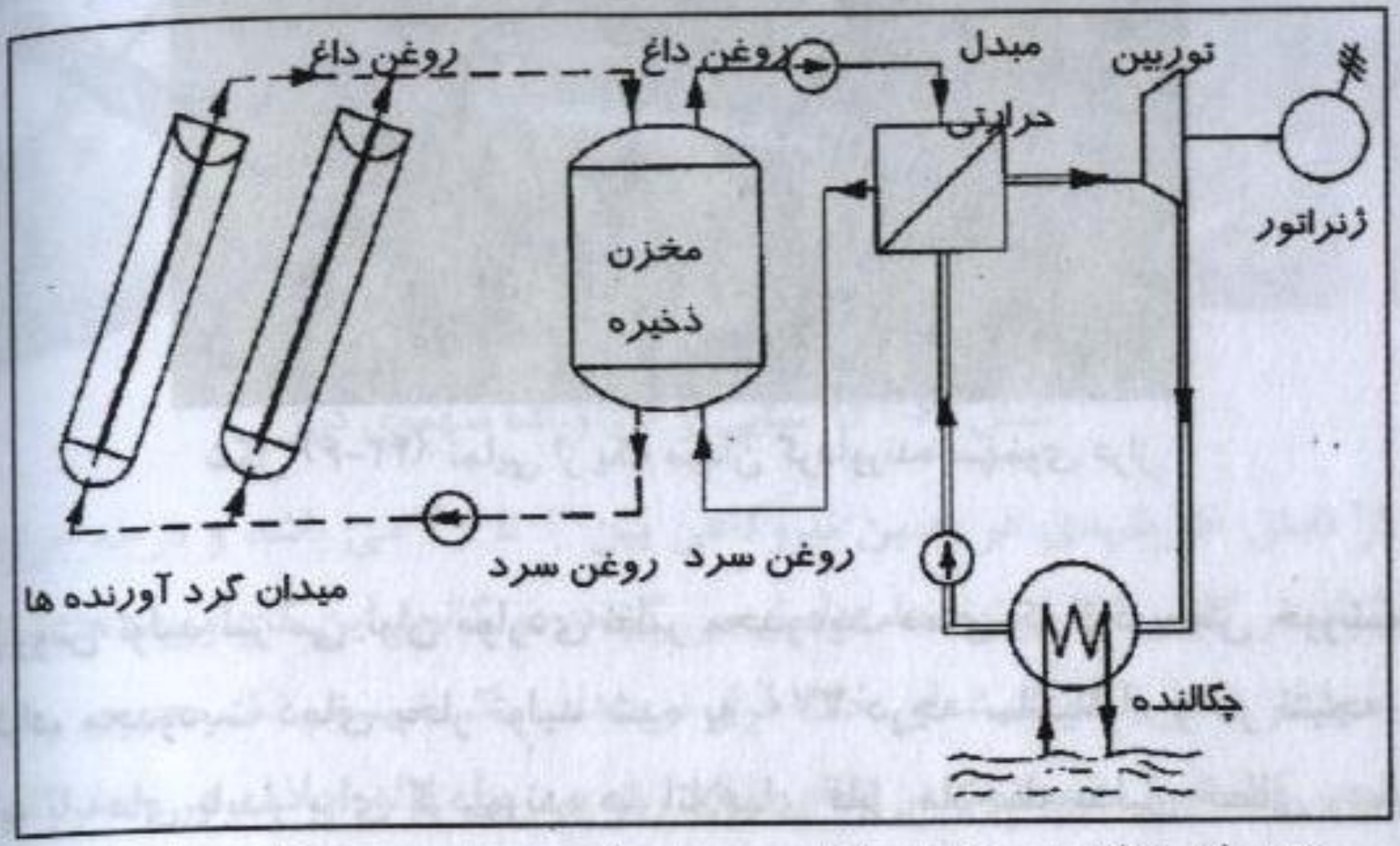
۲– محدودیت دمای بخار به ۳۷۰ درجه سانتیگراد

۳– اتلاف های قابل ملاحظه بخاطر ردیابیها

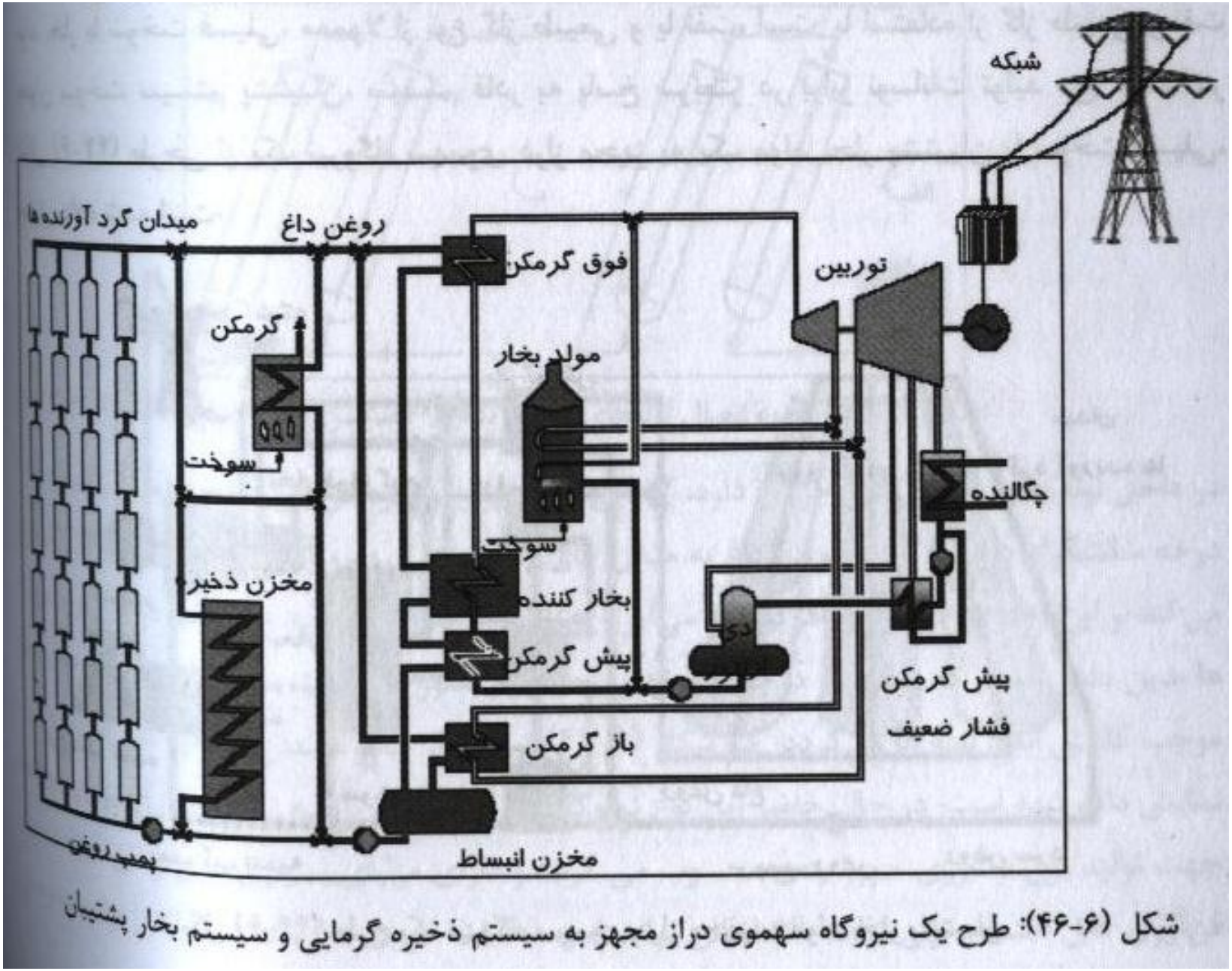
۴– نیاز به آب برای تمیزکاری



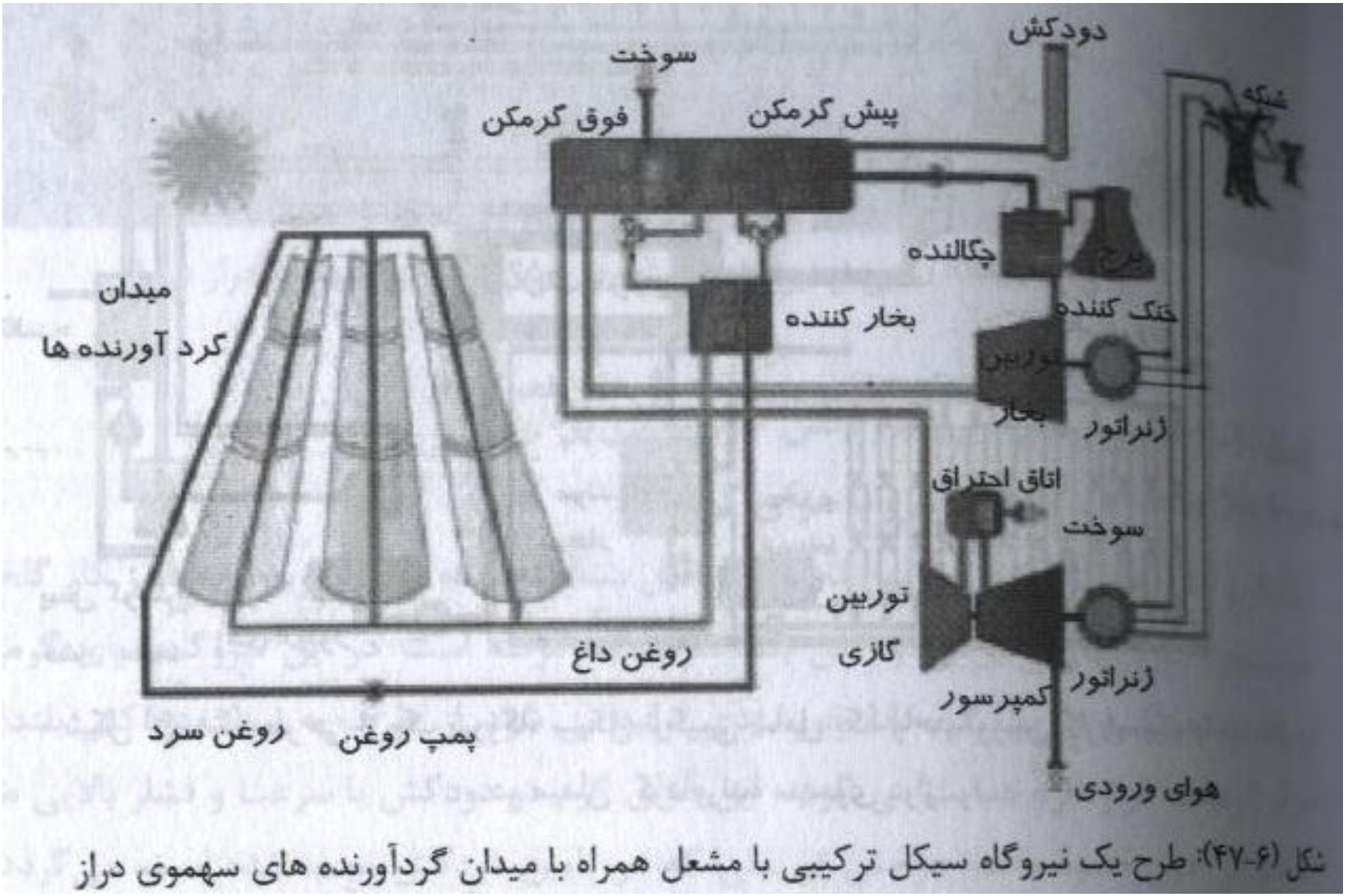
شکل (۶-۴۴): طرح یک نیروگاه سهموی دراز مجهز به مولد بخار پشتیبان



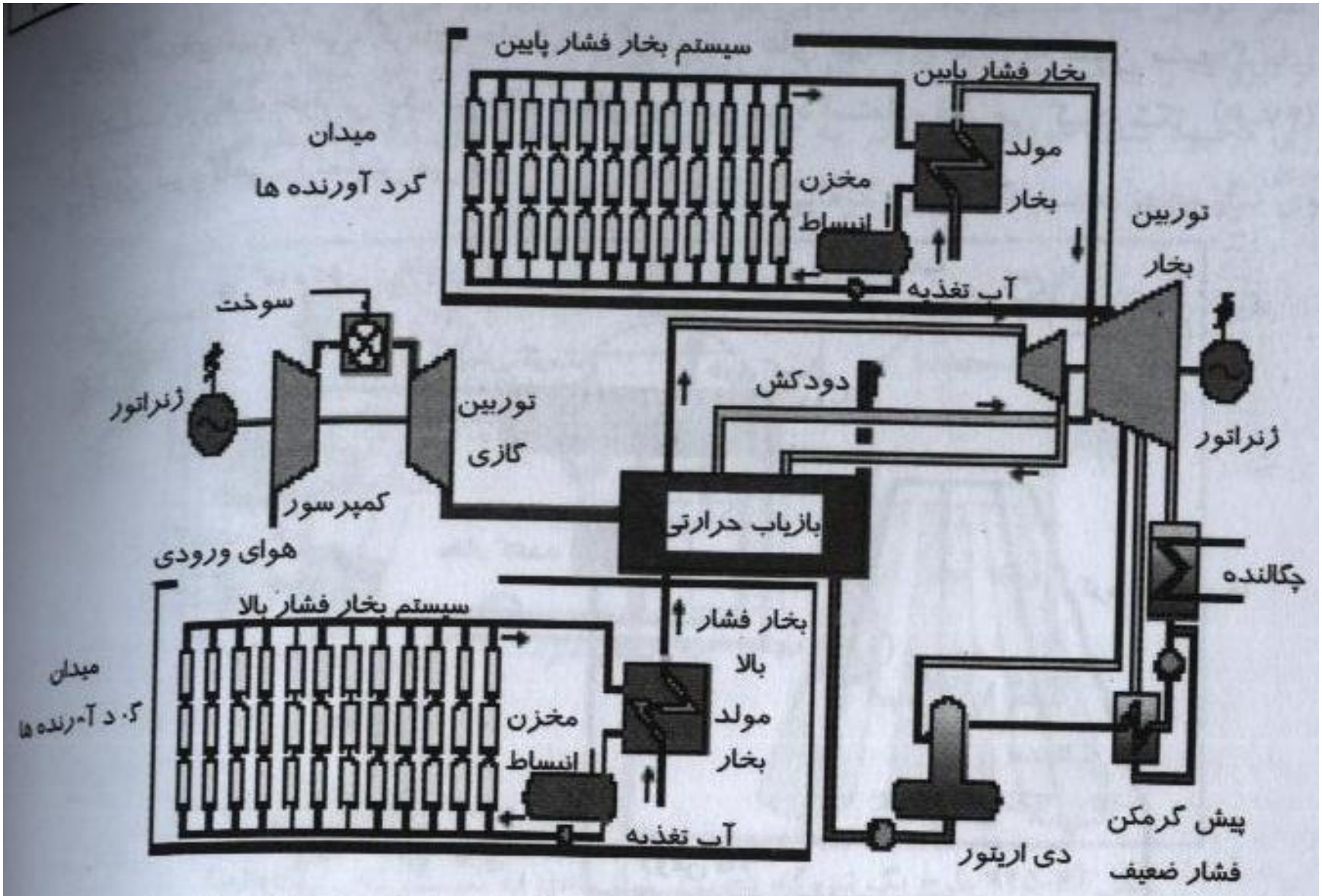
شکل (۶-۴۵): طرح یک نیروگاه سهموی دراز مجهز به سیستم ذخیره گرمایی



شکل (۶-۴۶): طرح یک نیروگاه سهموی دراز مجهز به سیستم ذخیره گرمایی و سیستم بخار پشتیبان



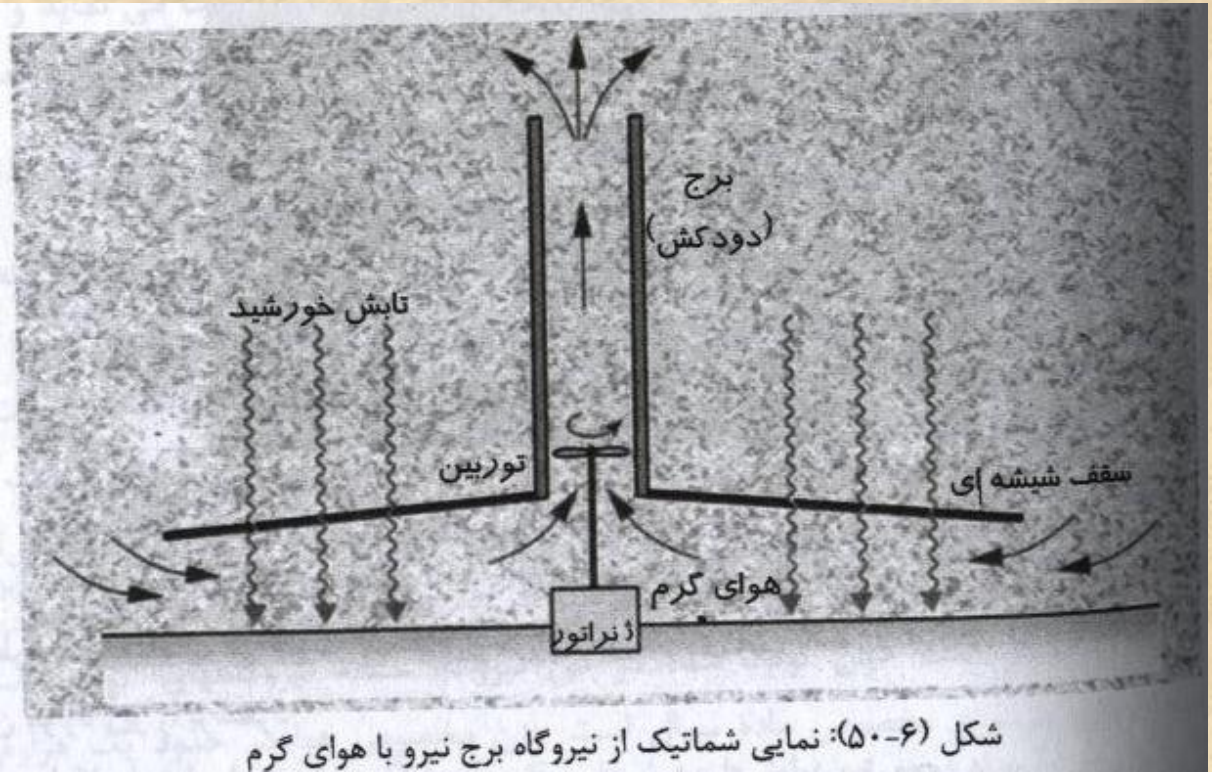
شکل (۶-۴۷): طرح یک نیروگاه سیکل ترکیبی با مشعل همراه با میدان گردآورنده های سهموی دراز



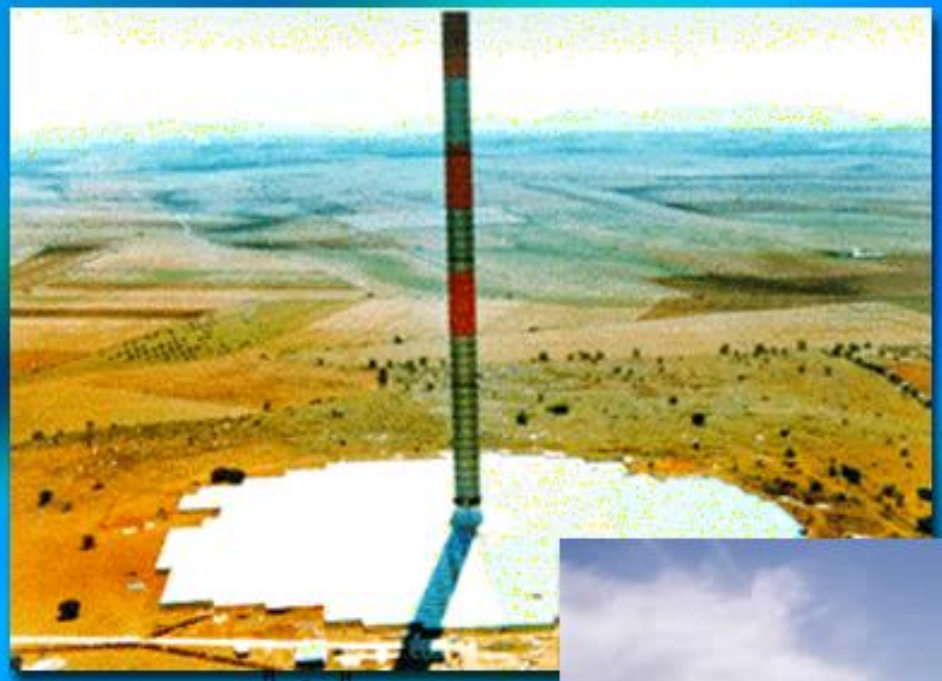
شکل (۶-۴۸): طرحی از یک نیروگاه سیکل ترکیبی شامل یک واحد توربین گازی، یک واحد بخار و دو میدان گردآورنده سهموی دراز

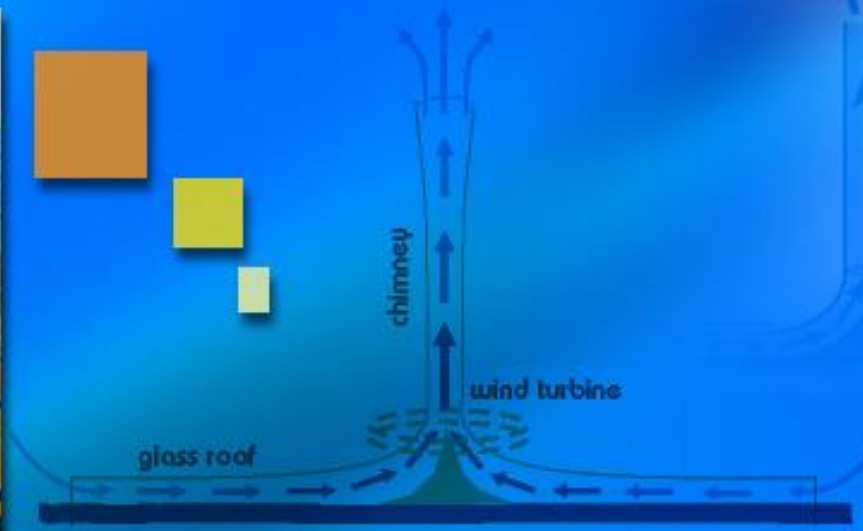
برج های نیرو (دودکش خورشیدی)

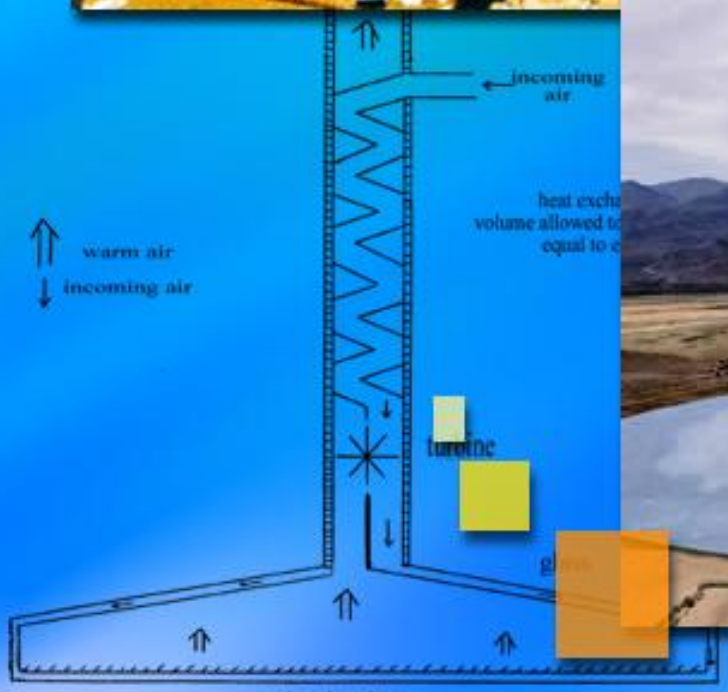
- هنوز در مرحله آزمایشی است
- یک نمونه در دشت لامانشا در جنوب مادرید دارای برج به ارتفاع ۲۰۰ متر و قطر ۱۰ متر و برج از ورق های گالوانیزه به ضخامت ۱/۲ میلیمتر، قطر میدان گلخانه در حدود ۲۴۰ متر
- با سرعت باد ۴ متر بر ثانیه توربین شروع به حرکت می نماید.
- توان نامی ۴۰ kw

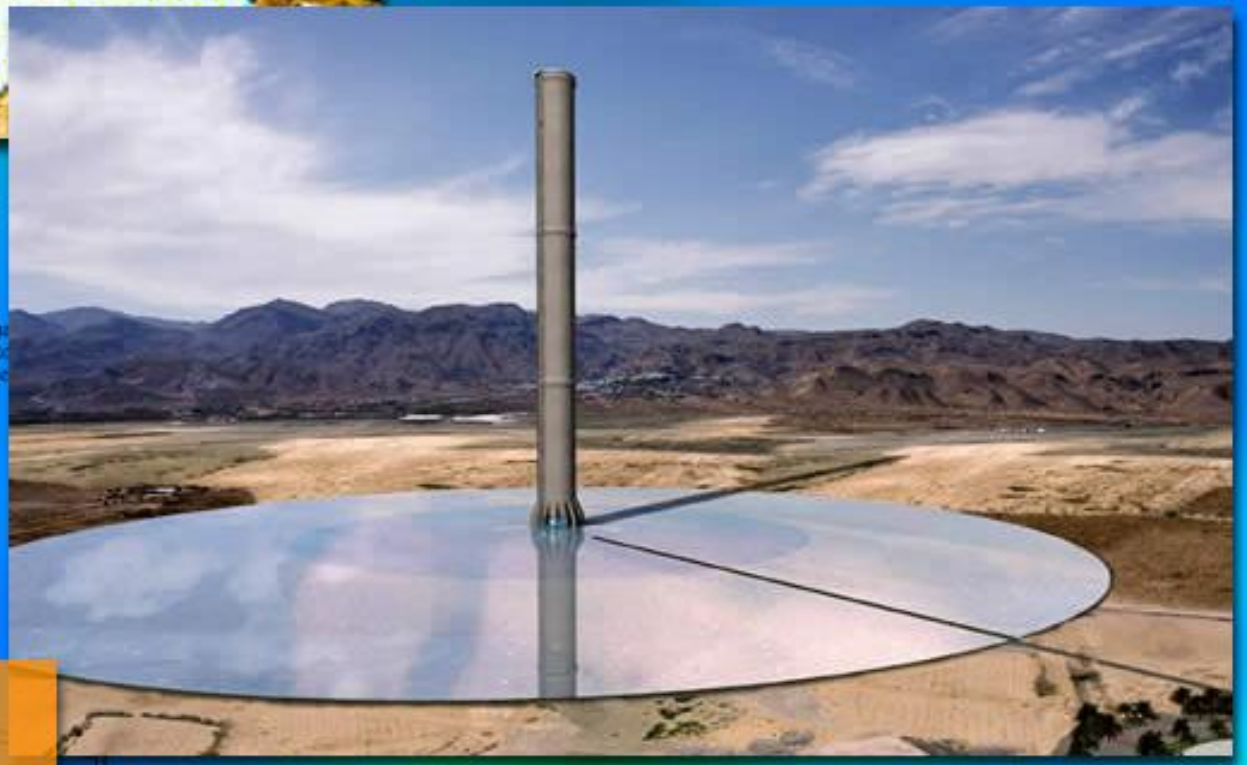


شکل (۶-۵۰): نمایی شماتیک از نیروگاه برج نیرو با هوای گرم




chimney
wind turbine
glass roof


incoming air
warm air
incoming air
solar absorber



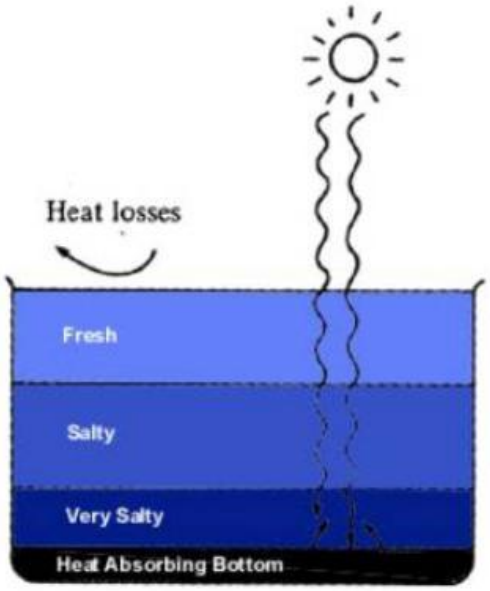
مزایای دود کش خورشیدی با هوای گرم

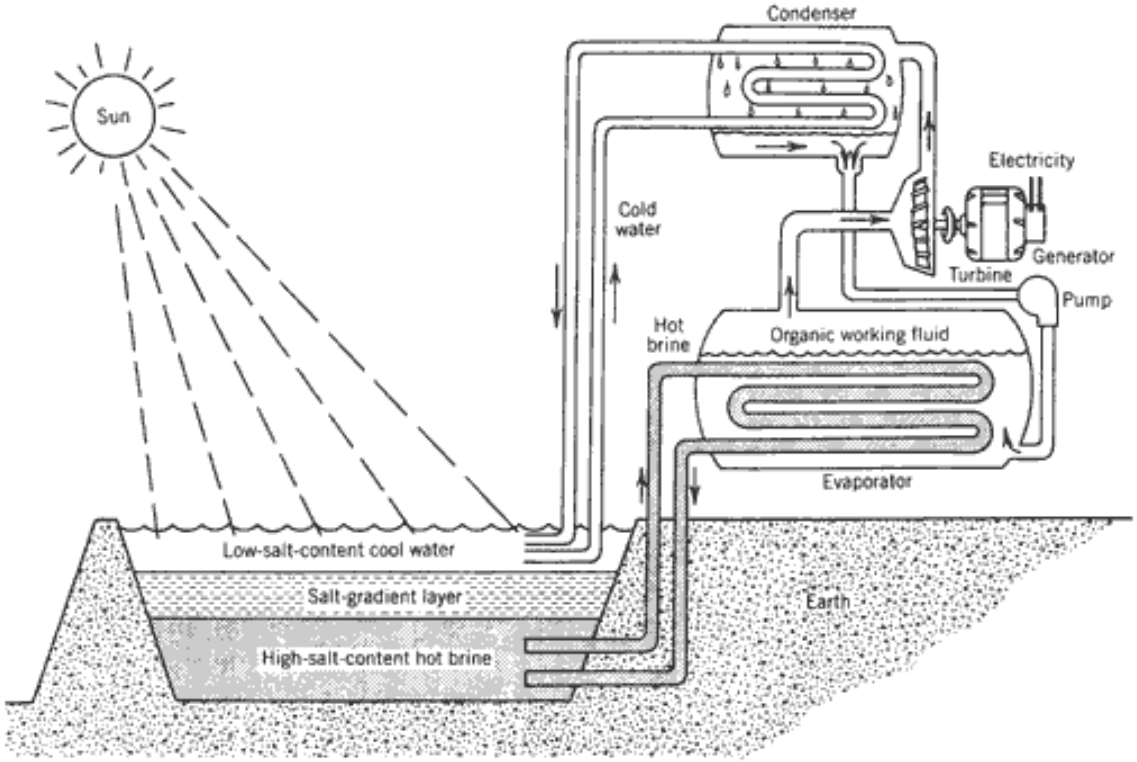
- امکان استفاده از تشعشع پراکنده و مستقیم خورشید برای تولید برق
- عدم آلودگی محیط زیست
- به دلیل عدم نیاز به آب نیروگاه را می توان در هر محلی حتی در زمین های کویری نصب کرد
- به دلیل عدم وجود دماهای بالا، دارای طول عمر بالاست

معایب دود کش خورشیدی با هوای گرم

- بازدهی کم نیروگاهی
- ناممکن بودن پیوند با سوخت فسیلی
- مدت زمان بهره برداری موثر سالیانه نیروگاه محدود می باشد.
- مقادیر زیادی مواد اولیه و سطح بزرگی زمین برای ساخت دودکش وگرم خانه
- برای تولید توان های بالا به دودکش بسیار بلند نیاز است
- کثیف شدن سطوح گرمخانه باعث کاهش بازدهی می گردد و بایستی شستشو گردد.

نیروگاه استخر خورشیدی Solar Pond




Condenser
Sun
Electricity
Cold
water
Generator
Turbine
Pump
Hot
brine
Organic working fluid
Evaporator
Low-salt-content cool water
Salt-gradient layer
Earth
High-salt-content hot brine

نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی

سیستم های فتوولتائیک

تاریخچه فتوولتاییک

عبارت فتوولتاییک "Photovoltaic" ترکیبی از کلمه یونانی "Photos" به معنی نور با "Volt" به معنای تولید الکتریسیته از نور است.

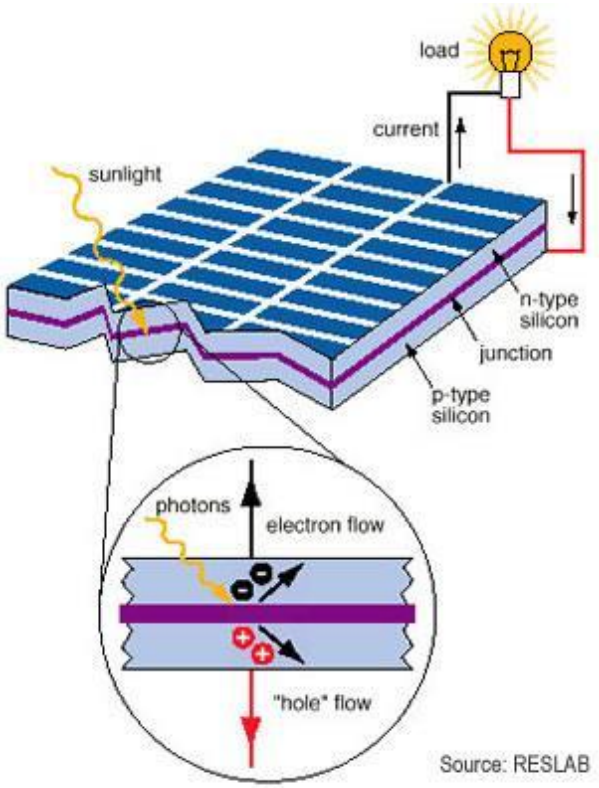
کشف پدیده فتوولتاییک به فیزیکدان فرانسوی Edmond Becquerel نسبت داده می‌شود که در سال ۱۸۳۹ با چاپ مقاله‌ای (Becquerel۱۸۳۹) تجربیات خود را با باتری‌تر (Wet Cell) ارائه نمود. او مشاهده نمود که ولتاژ باتری وقتی که صفحات نقره‌ای آن تحت تابش نور خورشید قرار می‌گیرند، افزایش می‌یابد.

اما اولین گزارش از پدیده PV در یک ماده جامد در سال ۱۸۷۷ بود وقتیکه دو دانشمند کمبریج R.E. Day و W.G.Adams در مقاله‌ای به انجمن سلطنتی تغییراتی که در خواص الکتریکی سلنیوم وقتی که تحت تابش نور قرار می‌گیرد را، توضیح دادند (Adams and Day۱۸۷۷).

در سال ۱۸۸۳ Charles Edgar Fritts که یک مهندس برق اهل نیویورک بود، یک سلول خورشیدی سلنیومی ساخت که از برخی جهات شبیه به سلولهای خورشیدی سیلیکونی امروزی بود. این سلول از یک ویفر نازک سلنیوم تشکیل شده بود که با یک توری از سیمهای خیلی نازک طلا و یک ورق حفاظتی از شیشه پوشانده شده بود. اما سلول ساخت او خیلی کم بازده بود. بازده یک سلول خورشیدی عبارت از درصدی از انرژی خورشیدی تابیده به سطح آن می‌باشد که به انرژی الکتریکی تبدیل شده باشد. کمتر از ۱٪ انرژی خورشیدی تابیده شده به سطح این سلول ابتدایی به الکتریسیته تبدیل می‌شد. با وجود این، سلول‌های سلنیومی سرانجام در نورسنج‌های عکاسی به طور وسیعی بکار گرفته شد.

سیستم های فتوولتائیک

❖به پدیده ای که در اثر آن و بدون استفاده از مکانیزم های مکانیکی انرژی تابشی به انرژی الکتریکی تبدیل شود را پدیده فتوولتائیک نامند. در واقع این پدیده از فرضیه ذره ای بودن انرژی تابشی بنا نهاده شده است. هر سیستمی نیز که از این خاصیت استفاده نماید را سیستم فتوولتائیک گویند. این مطلب در شکل زیر نشان داده شده است.



مکانیزم سلول های خورشیدی

سیستم فتوولتائیک انرژی موجود در نور خورشید را توسط سلولهای خورشیدی مستقیماً به برق از نوع DC تبدیل می کند. با استفاده از برق حاصله و بهره جویی از تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی موجود، می توان انرژی الکتریکی کلیه بارهای DC و AC را تأمین نمود. حدود نیم قرن پیش برای اولین بار و به عنوان مولد الکتریکی در سفینه های فضایی از این سلول ها استفاده گردید.

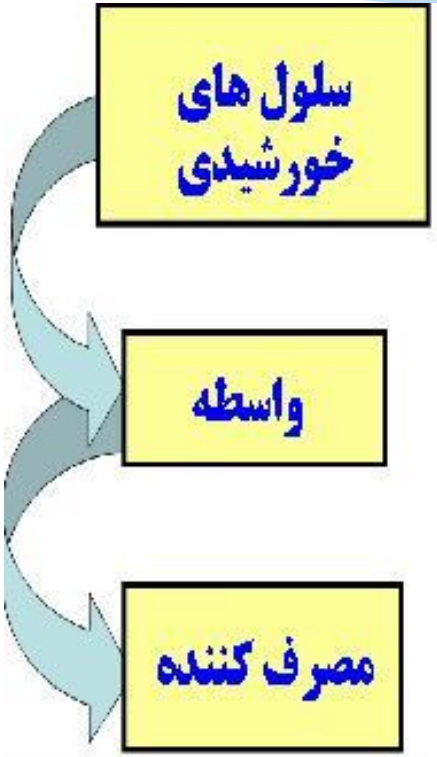
۱.سلولهای فتو ولتاییک:

- به سیستمی که در اثر تابش نور خورشید مستقیما الکتریسیته تولید کند سیستم فتو ولتاییک میگوییم.
- این سیستمها مصرف زیادی دارند واز ۳ بخش شامل
- ۱. پنل فتو ولتاییك
- ۲. بخش واسطه
- ۳. مصرف کننده

تشکیل شده اند.

جریان خروجی سیستم DC میباشد.

سلولها در ۳ نوع تک کریستالی،چند کریستالی و فیلمهای نازک آنوف موجود می باشند.

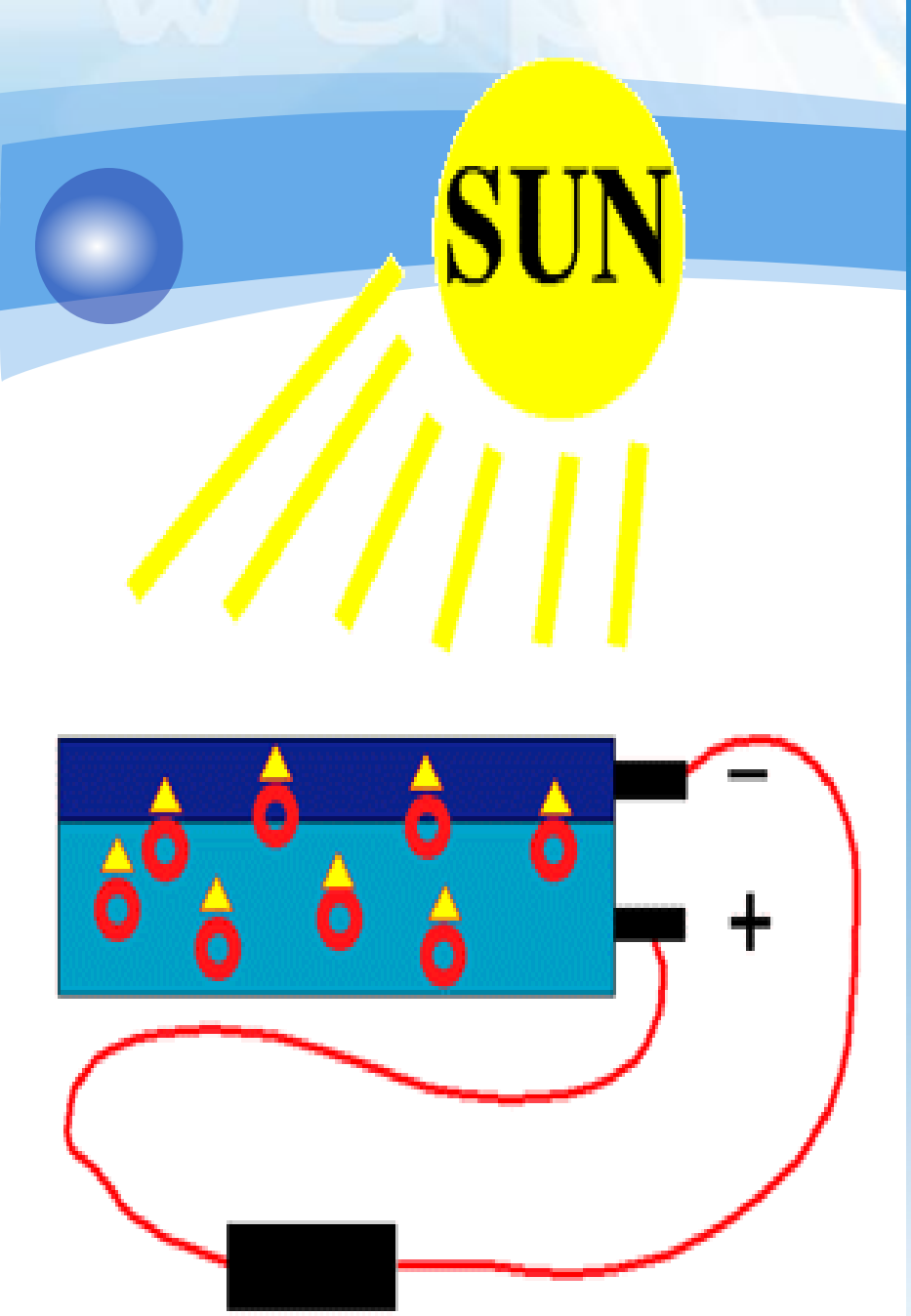

سلول های
خورشیدی
واسطه
مصرف کننده

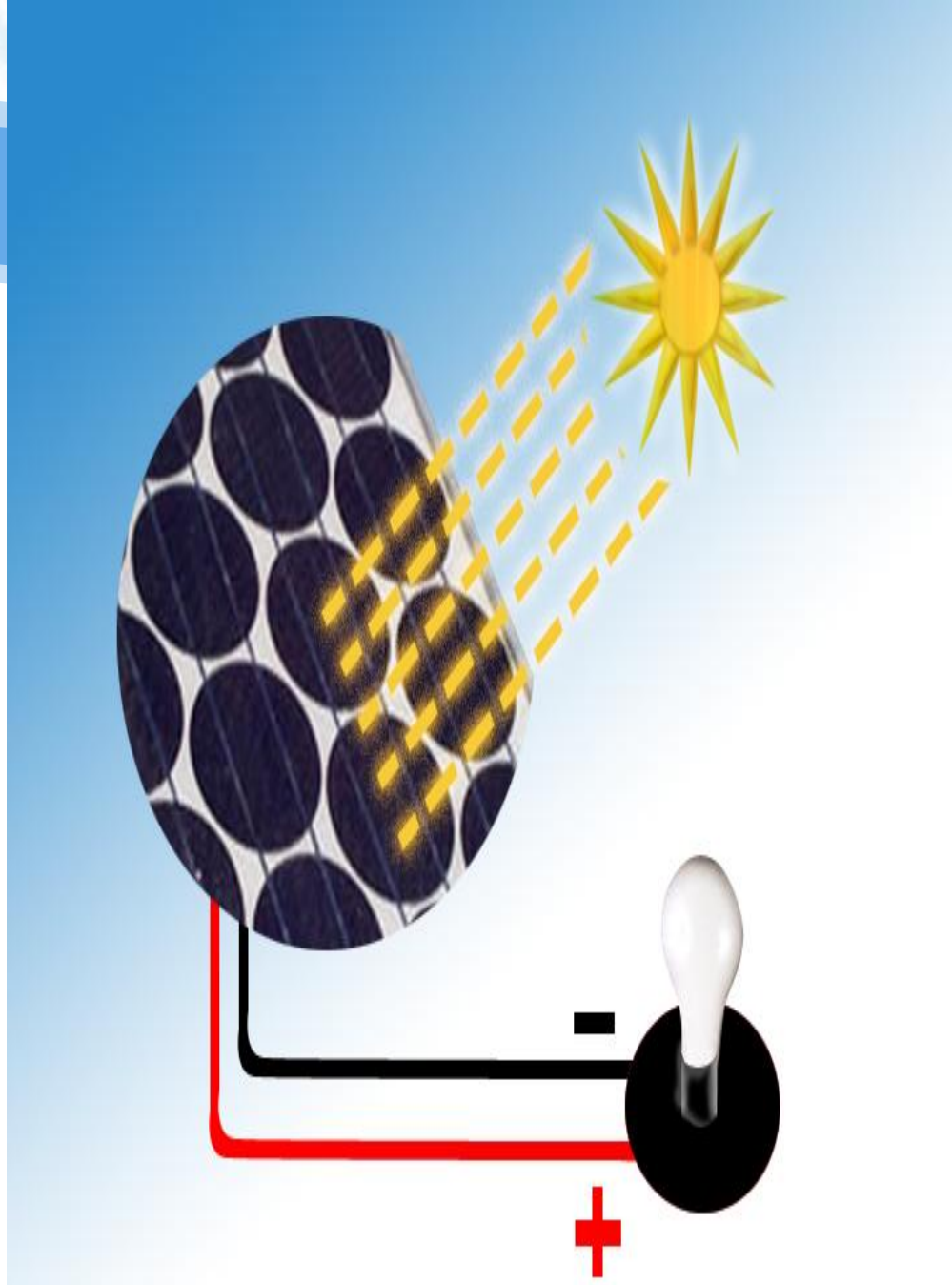
سیستم های فتوولتاییک از سه بخش اصلی تشکیل شده است :

۱- ماژول یا پنل های خورشیدی که مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی می باشد.

۲- قسمت واسطه یا بخش توان مطلوب، انرژی الکتریکی حاصل از سیستم های فتوولتائیک را بر اساس طراحی انجام شده، متناسب با نیاز مصرف کننده، مدیریت و القا می نماید . این تجهیزات عمدتا ازشارژ کنترل، باطری، اینورتر و... بر اساس نیازمصرف کننده و طبق نظر طراح سیستم، طراحی و مشخصات آن تهیه و تدوین می گردد.

۳- مصرف کننده یا بار الکتریکی ، کلیه مصرف کنندگان الکتریکی اعم از مصارف برق مستقیم (AC,DC) را متناسب با میزان مصرف شامل می گردد.


SUN
−
+


-
+

دلایل عمده توجه به صنعت فتوولتائیک:

عمده دلایل توجه به صنعت فتوولتاییک در یک دهه اخیر و رشد سالانه آن به شرح ذیل می باشد:

- عدم نیاز به سوخت فسیلی و مشکلات سوخت رسانی بویژه در مناطق صعب العبور
- قابلیت تولید در محل مصرف، کاهش و صرفه جویی در هزینه های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی و عدم نیاز به شبکه سراسری برق
- امکان نصب و راه اندازی در توان های مختلف، متناسب با نیاز مصرف کننده
- طول عمر مناسب و سهولت در بهره برداری
- امکان نصب بر نما و یا روی سقف خانه ها و توانایی ذخیره سازی انرژی در باطری

انواع روشهای استفاده از سیستمهای فتوولتائیک عبارتند از :

۱. سیستمهای متصل به شبکه سراسری برق(Grid Connected)

در این روش، انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک (با استفاده از تجهیزات الکتریکی مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب، همچون اینورترهای متصل به شبکه و ...)مطابق ، با مشخصات سطح ولتاژ، اختلاف فاز، فرکانس و... شبکه سراسری به شبکه سراسری برق تزریق می گردد.

۲. سیستمهای مستقل از شبکه (Stand Alone)

این نوع کاربرد، بدون نیاز به وجود شبکه سراسری برق قادر به تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف کننده می باشد. در این روش انرژی الکتریکی مورد نیاز با استفاده از پنلهای فتوولتائیک، سیستمهای ذخیره و کنترل، بعنوان یک واحد نیروگاهی با طول عمر مناسب ۳۰ سال می تواند با قابلیت اطمینان بالا قابل نصب و راه اندازی می باشد.

مصارف و کاربردهای فتوولتائیک

- روشنایی خورشیدی
- سیستم تغذیه یک واحد مسکونی
- سیستم پمپاژ آب توسط پمپهای خورشیدی
- یخچالهای خورشیدی
- سیستم تغذیه ایستگاههای مخابراتی
- سیستم تغذیه ایستگاههای زلزله نگاری
- نیروگاه فتوولتائیک
- حفاظت کاتدیک و ...

- 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 می‌گردد، مانند برق جاده‌ها و تونلها 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 می‌توان با استفاده از پنلهای فتوولتائیک و سیستمهای ذخیره کننده و کنترل نسبتاً ساده، تأمین نمود.

سیستم پمپاژ خورشیدی:

سیستم پمپهای 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.

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

❖ 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 بوده‌است که در طی ۵ سال گذشته بیش از ۱۰۰۰۰ یخچال خورشیدی برای کاربردهای بهداشتی و درمانی در سراسر آفریقا راه اندازی شده‌است.

❖ 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 فعلاً مقرون به صرفه و اقتصادی نیست.

❖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 تعریف شده‌است. از جمله کاربردهای آن می‌توان به تأمین برق اضطراری در مواقع بروز حوادث غیر مترقبه، سیستم تغذیه کننده یک چادر عشایری و کمپ‌های جنگلی اشاره نمود.

برآورد هزینه سیستم های برق خورشیدی

بالا بودن هزینه سرمایه گذاری اولیه در سیستم های برق خورشیدی(فتوولتائیک) مهمترین مسئله بر سر راه توسعه و ترویج آن می باشد. حمایت های دولتی و سیاست های تشویقی، توجه به امر تحقیق و توسعه زیرساختارها و... از جمله فعالیت هایی است که در کشورهای پیشرو ،در رشد این صنعت ، توسعه و ترویج بازار آن موثر بوده و راهگشای مفیدی در این خصوص خواهد بود.

سلول های خورشیدی (فتوولتاییک)

عنصر اصلی فناوری فتوولتاییک، سلول خورشیدی است. سلول‌های فتوولتاییک (PV) که عموم آن را با نام سلول‌های خورشیدی می‌شناسند، از مواد نیمه رسانای حالت جامد تشکیل شده‌اند. سیلیکون، عمومی ترین ماده نیمه رسانا است که به واسطه فراوانی آن در سلول‌های PV مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر چه سلیکون عنصر فراوانی است و درصد زیادی از پوسته زمین را تشکیل می‌دهد، ولی سلول‌های سیلیکونی به خاطر فرآیند ساخت و خالص سازی سیلیکون، قیمت بالایی دارند .

یک سلول خورشیدی

سلول های خورشیدی سیلیکونی را به سه دسته تقسیم می کنند:

- سیلیکون تک کریستالی
- سلیکون چند کریستالی
- سلیکون آمورف

ماده اصلی تشکیل دهنده بیشتر سلول های خورشیدی موجود در بازار را لایه نازک سیلیسیوم میباشد. بر طبق خواص فیزیکی نیمه هادی ها با آلائیدن ماده اصلی به اعمال ناخالصی از(نوعN) مانند فسفر و (نوعP) مانند بور به ماده اصلی، میدان الکتریکی در سطوح خارجی سلول، ایجاد می‌شود بر اساس قوانین حاکم بر فیزیک مواد تشکیل دهنده در برابر انرژی تابشی (نور خورشید) قادر به تولید جریان الکتریکی می باشد. جریان و ولتاژ خروجی این سلول ها DC می باشد. به مجموعه ای از این سلول ها که درکنار یکدیگر سری وموازی می گردند پنل یا ماژول فتوولتاییک گویند .

فناوری‌های مختلف سلول‌های خورشیدی

سیستم‌های فتوولتاییک که در حال حاضر به صورت صنعتی تولید می‌شوند، از نظر فناوری به دو دسته کلی سیلیکون کریستالی به عنوان فناوری نسل اول و فیلم–نازک به عنوان فناوری نسل دوم دسته‌بندی می‌گردد. سلول‌های سیلیکون کریستالی به انواع مونوکریستالی، پلی‌کریستالی و کریستال نواری تقسیم می‌گردد. فناوری‌های کلیدی و مهم فیلم–نازک را نیز می‌توان شامل a-Si، CIS و CIGS و CdTe دانست. نسل سوم سلول‌های فتوولتاییک نیز که بیشتر در سطح آزمایشگاهی تولید می‌شوند و مراکز پژوهشی در حال توسعه آن‌ها می‌باشند، به سلول‌هایی اطلاق می‌شود که توانایی عبور از حد Shockley-Queisser را دارند یعنی دارای بازده نامی بالاتر از ۳۲٪ می‌باشند. از انواع این سلول‌ها می‌توان به نانوسازه‌های سیلیکونی، مبدل‌های Up/Down ، سلول‌های Hot Carrier و سلول‌های ترموالکتریک یا Hot Lattice اشاره کرد.

تولید سلول های خورشیدی در جهان

بازار جهانی تولید سلول های PV با رشد چشمگیری در حال پیشرفت است. این رشد از سال ۲۰۰۳ در حدود ٪۵۰ در سال بوده است. در سال ۲۰۰۶ ظرفیت تولید سلول های فتوولتاییک در سطح جهان به ۲،۵۲۰ مگاوات رسید. در این سال سهم سلول های فتوولتاییک کریستالی بیش از ٪۹۰ و سهم سلول های PV فیلم-نازک در حدود ٪۸ بوده است. با توجه به رشد سریعتر تولید سلول های PV فیلم-نازک (سالامه در حدود ٪۸۰) پیش بینی می‌گردد تا سال ۲۰۱۰ رقم سهم این سلول ها به ٪۲۵ تا ٪۳۰ برسد.

رقم تولید سلول های فتوولتاییک در سال ۲۰۰۷ به بیش از ۳.٤ گیگاوات رسیده است. در این بین شرکت های ژاپنی که با روند رو به کاهش سهم خود از تولید سلول های فتوولتاییک در جهان مواجه هستند، در حدود ٪۲٦ بازار را در اختیار داشته اند. شرکت های چینی ولی با رشد خیره کننده از سهم ٪۲۰ در سال ۲۰۰٦ به ٪۳٥ در سال ۲۰۰۷ دست یافته اند.

ظرفیت نصب شده فتوولتاییک در سال ۲۰۰۷ در جهان به رکورد بیش از ۲.۸۲٦ مگاوات رسیده است. در این بین، کشور آلمان با در دست داشتن ٤۷٪ ظرفیت نصب شده جهان به ۱.۳۲۸ مگاوات رسیده است. این در حالی است که در کشور آلمان متوسط چگالی تابش سالیانه در حدود ۱۱۰ وات بر متر مربع می باشد در حالی که متوسط چگالی تابش سالیانه در قسمت مرکزی ایران ۲۵۰وات بر متر مربع می باشد.

پس از آلمان، اسپانیا با رشد خیره کننده ٤۸۰ درصدی و در دست داشتن ۲۳٪ از ظرفیت جهان به رقم ٦٤۰ مگاوات رسیده است. پس از این دو کشور، ژاپن با ۲۳۰ مگاوات و آمریکا با ۲۲۰ مگاوات و در دست داشتن حدود ۸٪ بازار جهانی در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

نیروگاه های فتوولتایی

در نیروگاه های فتوولتایی بدون بهره گیری از تجهیزات متحرک، بطور مستقیم انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد.

پس از بحران انرژ در سال ۱۹۷۳ میلادی، افزایش ÷یوسته ای در تولید این گونه مبَدل ها صورت پذیرفت.در حال حاضر بیشترین استفاده از مبدل های فتوولتایی در کاربردهای کوچک و پراکنده می باشد، لیکن احداث نیروگاه های بزرگ در گستره تولید مگا وات برای اتصال به شبکه انتقال نیز در دست بررسی می باشند.امروزه از مبدل های فتوولتایی به طور گسترده برای مصارف خارج از شبکه سراسری نظیر شارژ کردن باطری ها، پمپاژ آب، تامین انرژی مورد نیاز ایستگاه های مخابراتی، ماهواره ها و ... استفاده می گردد.

در سالیان اخیر از روش های جدیدی بطور فزاینده، اما پراکنده، برای اتصال سیستم های فتوولتائیک به شبکه سراسری استفاده می گردد. در این روش ها با نصب سیستم های فتوولتائیک بر روی پشت بام منازل در مواقعی که نور خورشید وجود دارد و می توان از پرتوهای آن بهره مند شد، برق تولید می گردد و مازاد مصرف آن، توسط خطوط انتقال به شبکه تحویل داده می شود تا برای مصرف نقاط دیگر مورد استفاده قرار گیرد. شب ها و یا در مواقعی که تابش آفتاب ضعیف است، برق مورد نیاز منازل مذکور از شبکه سراسری تامین می گردد. نصب سیستم های فتوولتائیک بر روی بام منازل از این مزیت برخوردار است که از اسکلت و بنای ساختمان برای نگهداری مدول ها استفاده می شود که این امر موجب کاهش هزینه تمام شده تاسیسات خورشیدی می گردد.

سیستمهای فتوولتائیک

۱ – پنلهای خورشیدی:

۲ – تولید توان مطلوب یا بخش کنترل:

۳ – مصرف کننده یا بار الکتریکی:

مصارف و کاربردهای فتوولتائیک

۱. – مصارف فضانوردی و تأمین انرژی مورد نیاز ماهواره‌ها جهت ارسال پیام

۲. – روشنایی خورشیدی:

۳. – سیستم تغذیه کننده یک واحد مسکونی:

۴. – سیستم پمپاژ خورشیدی:

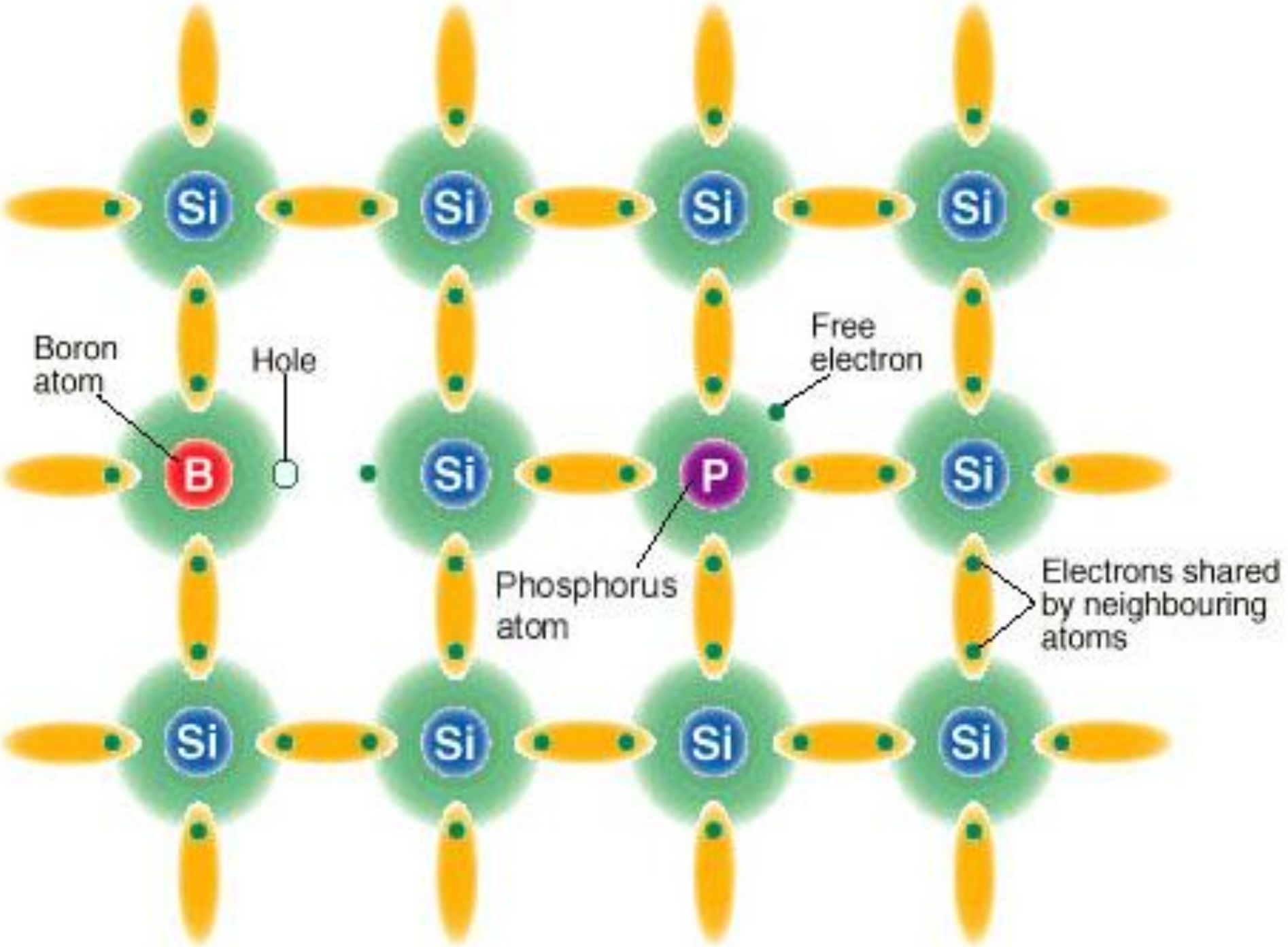
۵. – سیستم تغذیه کننده ایستگاههای مخابراتی و زلزله نگاری:

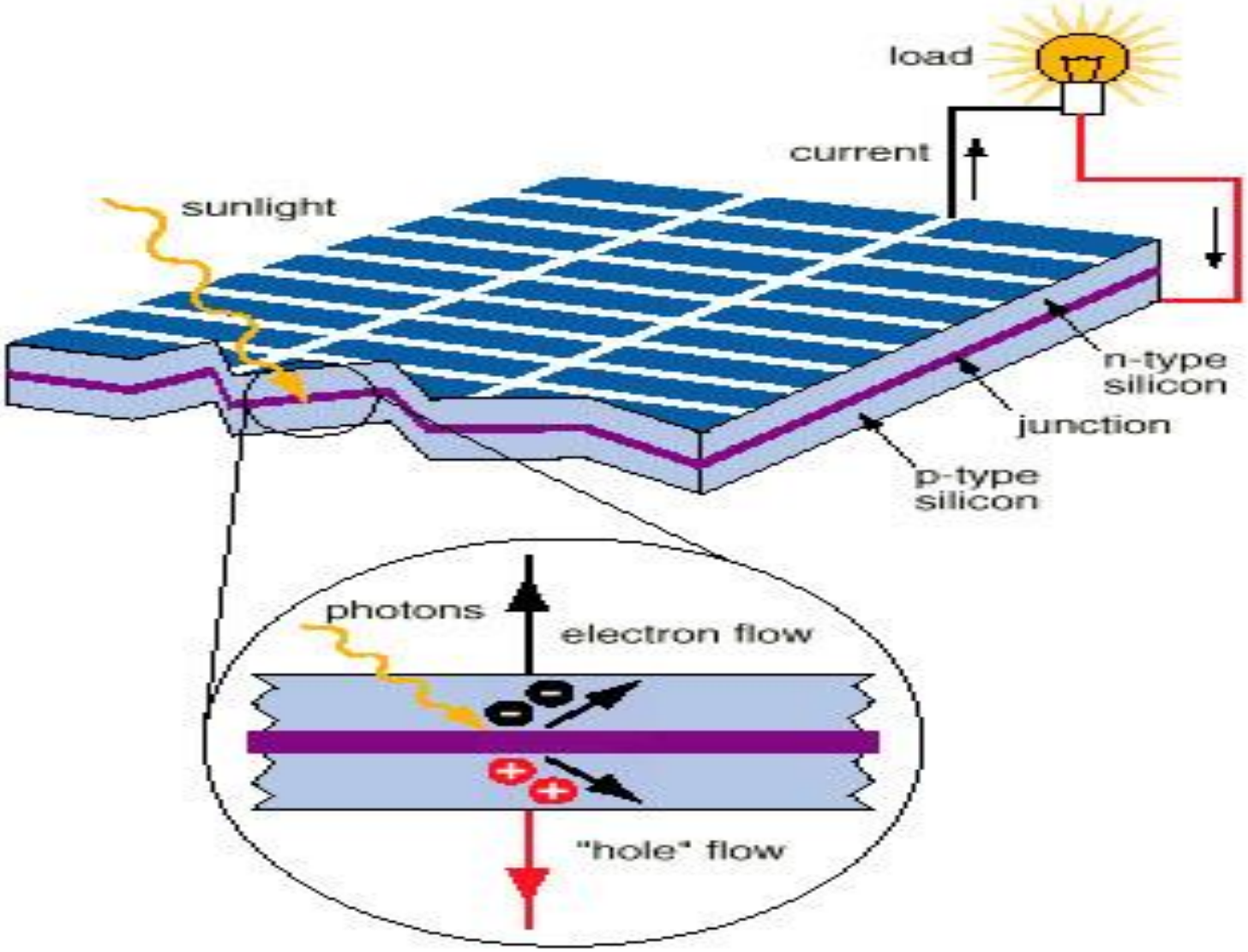
۶. – ماشین حساب، ساعت، رادیو، ضبط صوت و وسایل بازی

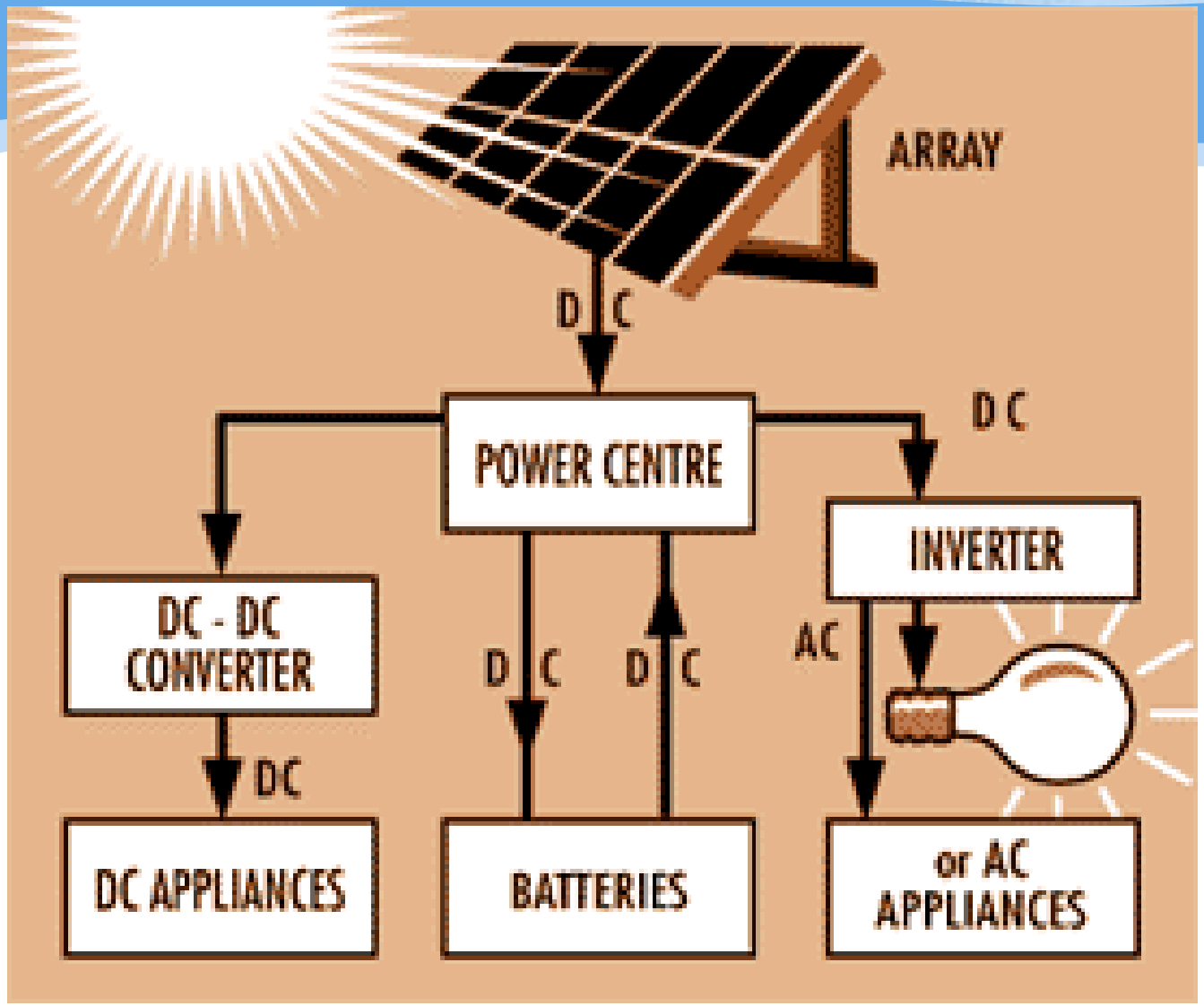
۷– نیروگاههای فتوولتائیک:

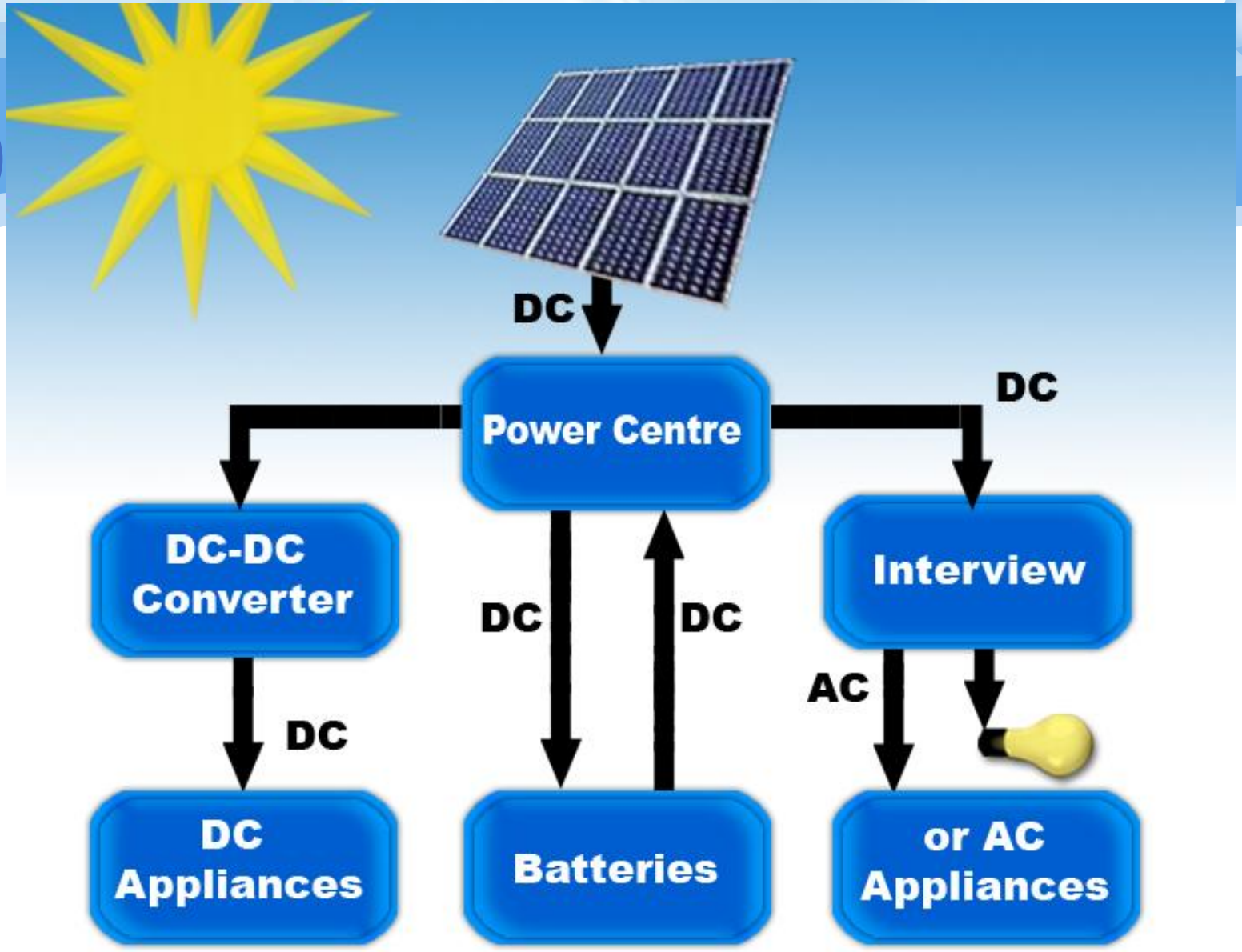
۸– مکان های غیر قابل دسترسی

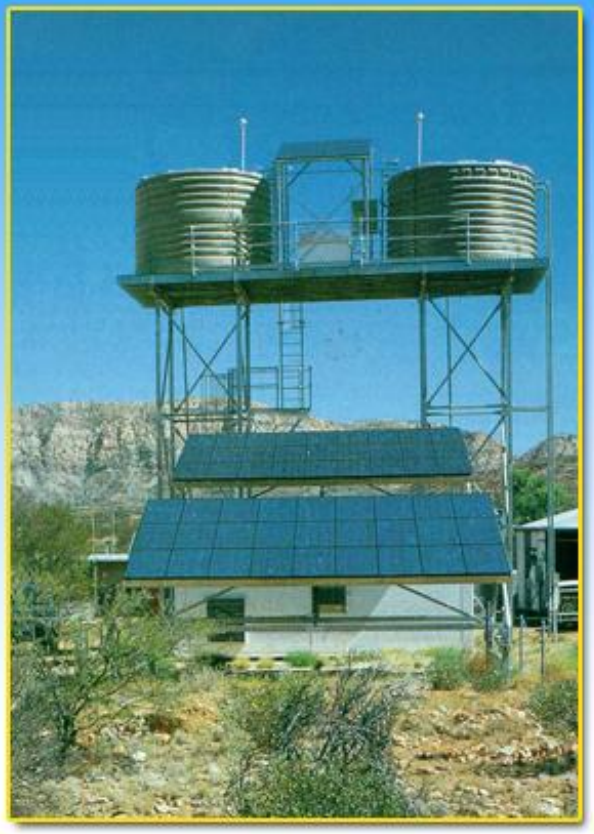
۹– سیستم تغذیه کننده پرتابل یا قابل حمل

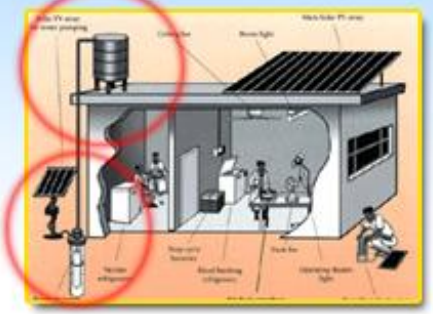

Si
Si
Si
Si
Boron atom
Hole
Free electron
B
Si
P
Si
Phosphorus atom
Electrons shared by neighbouring atoms
Si
Si
Si
Si

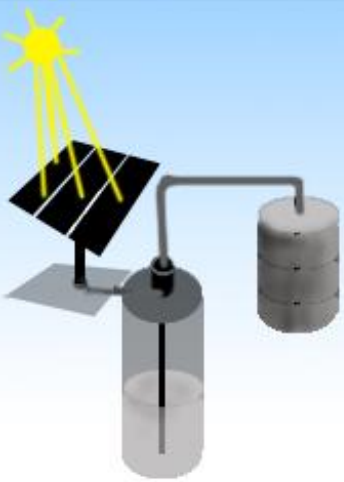

load
current
sunlight
n-type
silicon
junction
p-type
silicon
photons
electron flow
"hole" flow


ARRAY
D C
POWER CENTRE
D C
DC - DC
CONVERTER
INVERTER
AC
D C
D C
DC
DC APPLIANCES
BATTERIES
or AC
APPLIANCES


DC
Power Centre
DC
DC-DC Converter
DC
DC
Interview
AC
DC
DC Appliances
Batteries
or AC Appliances







پیل سوختی Fuel cell

فهرست:

- ✓ فصل اول: مقدمه
- ✓ فصل دوم: تكنولوژي پيل‌هاي‌سوختي
- ✓ فصل سوم: كاربردهاي پيل‌سوختي

٤٧٧

مقدمه:

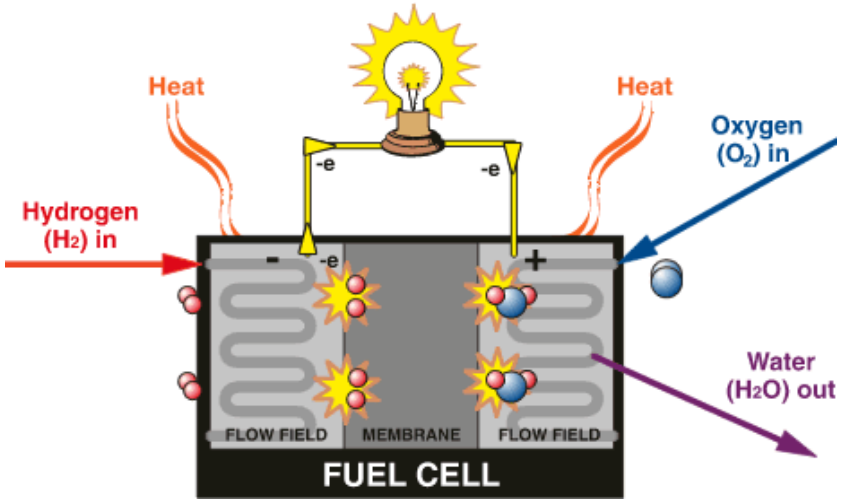
✓ عصر هيدروژن و دلايل رويكرد به آن

- پيل‌سوختي

- سير تحولات پيل‌سوختي:

- سال ۱۸۳۹ توسط سر ويليام گرو ساخته شد.
- سال ۱۸۸۹توسط لودويك مند و چارلز لنجر نامگذاري شد.
- سال ۱۹۳۲، تحقيقات فرانسيس بيكن، محقق دانشگاه كمبريج
- اوايل دهه ۶۰، اوج‌گيري فعاليت‌هاي فضايي
- دهه ۷۰: كاربرد در سيستم‌هاي زميني – اولين خودروي هيبريدي
- دهه ۸۰: كاربردهاي نظامي
- سال ۱۹۹۰: سرمايه‌گذاري جدي وزارت انرژي آمريكا
- سال ۲۰۰۰: هواپيماي هيبريدي ناسا

ساختمان و عملکرد:



$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + Electricity + Heat$$

$$2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4\bar{e}$$

$$\longrightarrow \qquad 2H_{2+}O_2 \rightarrow 2H_2O$$

$$O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \rightarrow 2H_2O$$

✓ مزاياي پيل‌هاي سوختي:

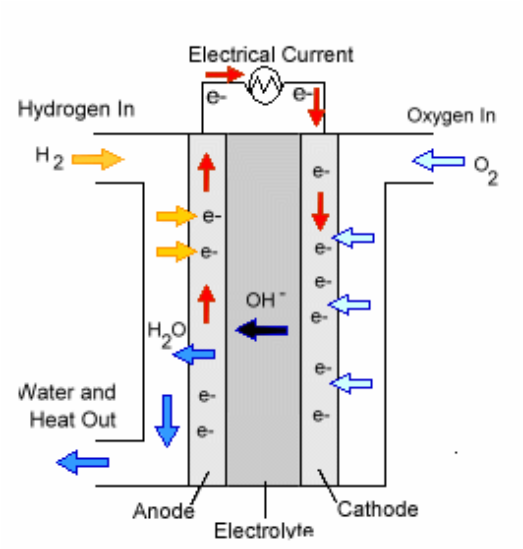
- راندمان بالا
- كاهش آلايندگي
- رفع وابستگي كشورها
- كاربردهاي CHP
- عدم حساسيت به محل نصب
- كاركرد بي‌صدا
- ساختمان ساده
- قابليت اطمينان بالا
- عمرمفيد زياد

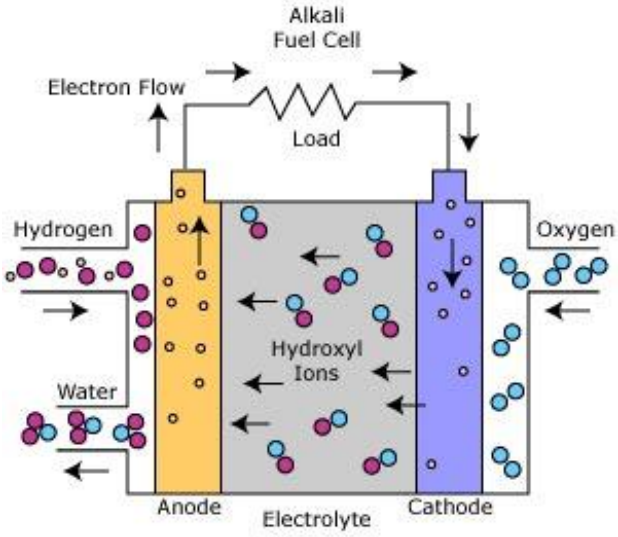
✓ معايب پيل‌هاي سوختي:

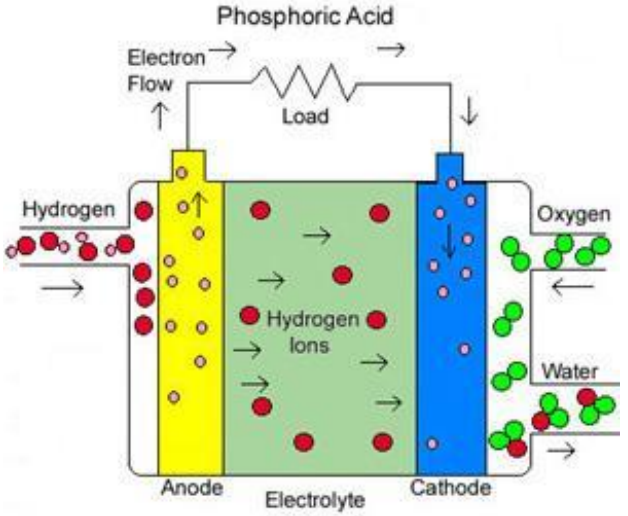
- چالش‌هاي تبديل هيدروكربن به هيدروژن
- قيمت بالا
- سنگيني
- برد پاييتنِ‌تر و استارت طولاني‌تر خودروهاي هيبريدي
- هنوز كاملاً توسعه نيافته است.

➢ به‌نظر مي‌رسد، در آينده نزديك شاهد رفع تمام معايب باشيم!

٤٨٠

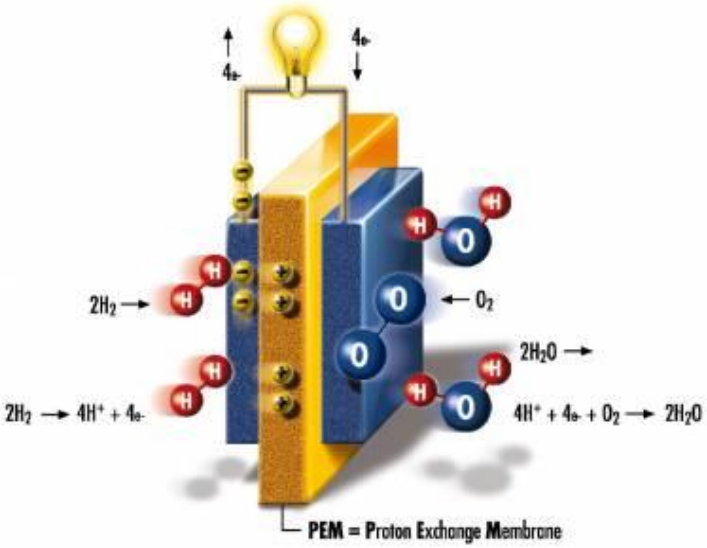


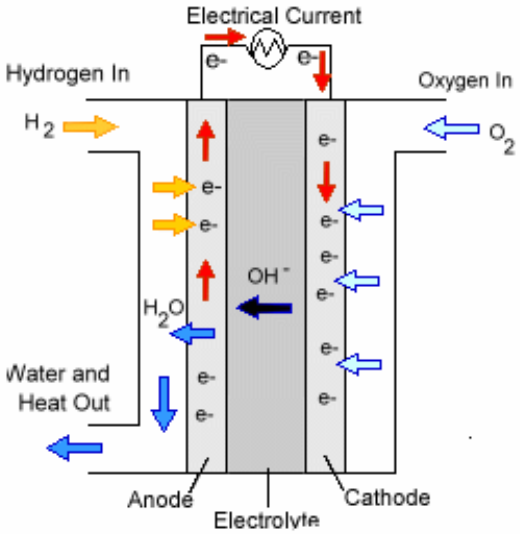


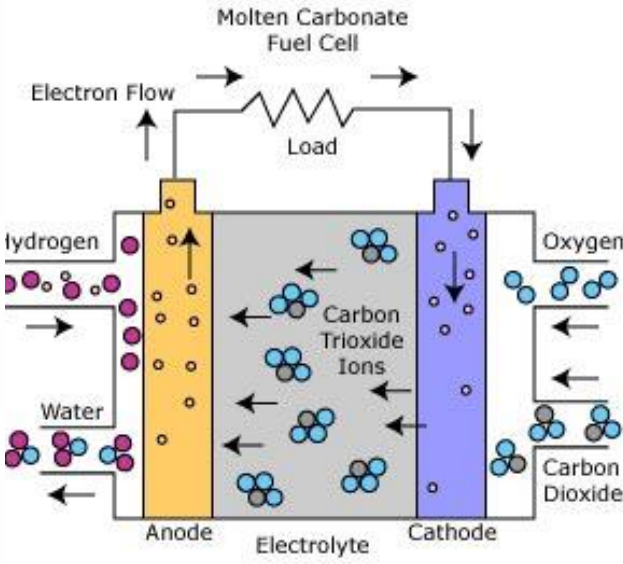


فصل دوم:

تكنولوژي پيل‌هاي سوختي



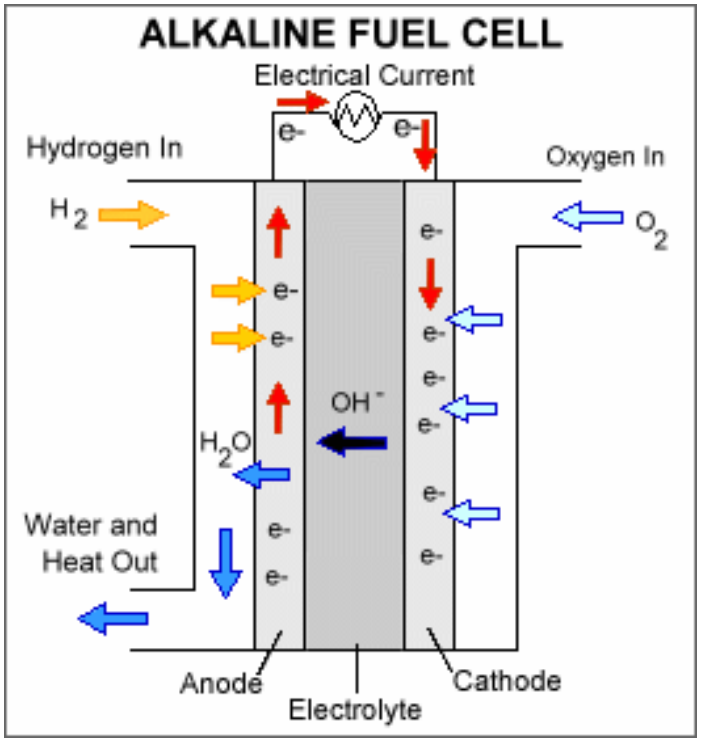




انواع پيل‌هاي سوختي

- ✓ پيل‌سوختي قلايي(آلكالين) Alkaline Fuel Cell (AFC)
- ✓ پيل‌سوختي اسيدفسفريك Acid Phosphoric Fuel Cell (APFC)
- ✓ پيل‌سوختي كربنات‌مذاب Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)
- ✓ پيل‌سوختي اكسيدجامد Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)
- ✓ پيل‌سوختي پليمري (غشا پروتوني) Proton Exchange Membrane (PEM)
- ✓ پيل‌سوختي متانولي Methanol Fuel Cell

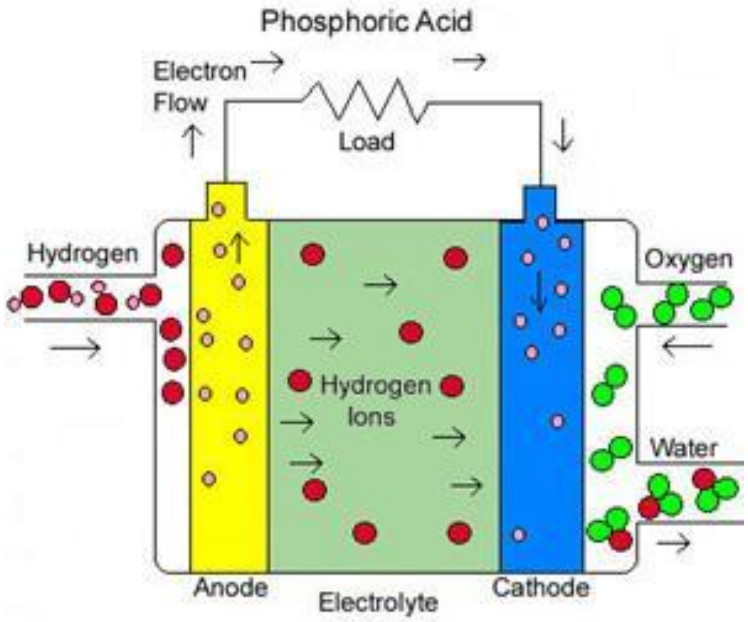
پيل‌سوختي قليايي(آلكالين):



آند: $2H_2 + 4OH^- \rightarrow 4H_2O + 4\bar{e}$

كاتد: $O_2 + 2H_2O + 4\bar{e} \rightarrow 4OH^-$

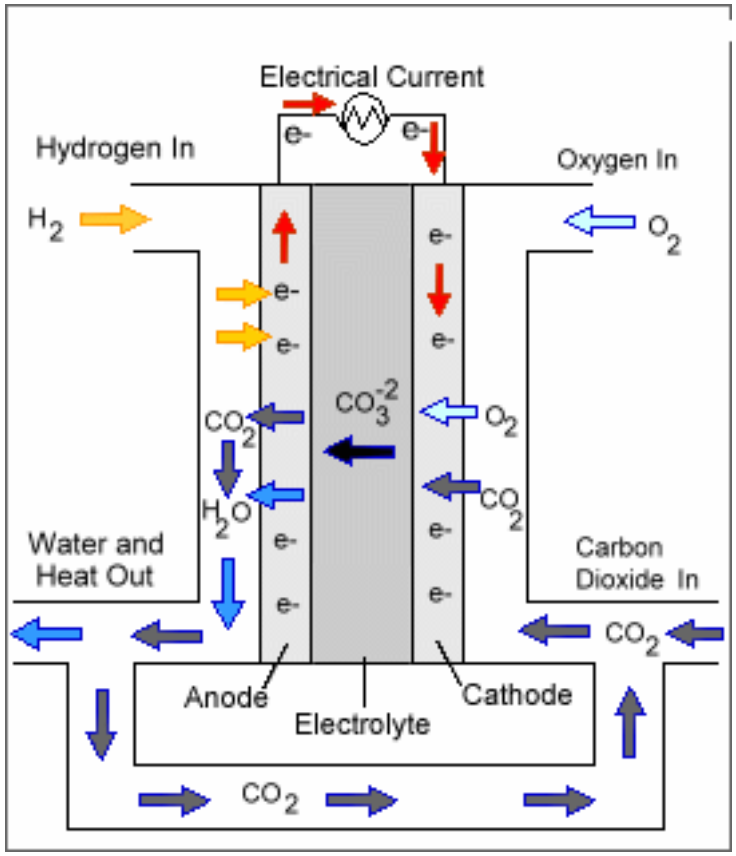
پیل‌سوختي اسیدفسفریك:



آند: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2\bar{e}$

کاتد: $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2O$

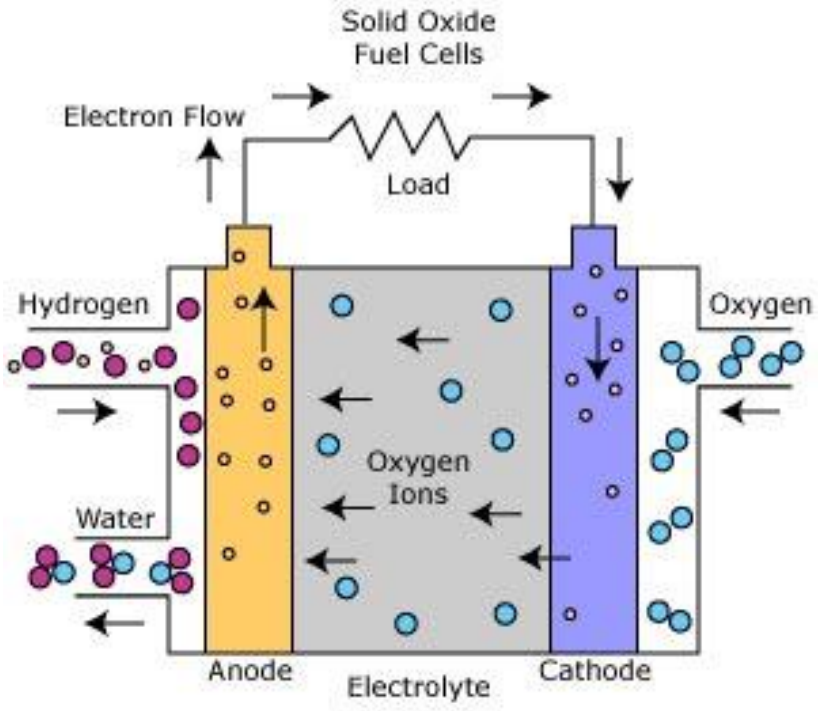
پیل‌سوختي کربنات‌مذاب:



آند: $H_2 + CO_3^{-2} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2\bar{e}$

کاتد: $2O_2 + 2CO_2 + 4\bar{e} \rightarrow 2CO_3^{-2}$

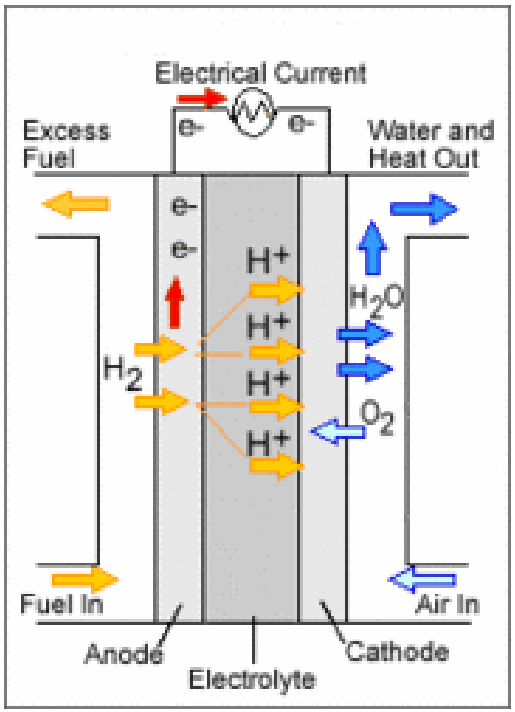
پیل‌سوختي اکسیدجامد:



آند: $H_2 + O^{-2} \rightarrow H_2O + 2\bar{e}$

کاتد: $\frac{1}{2}O_2 + 2\bar{e} \rightarrow O^{-2}$

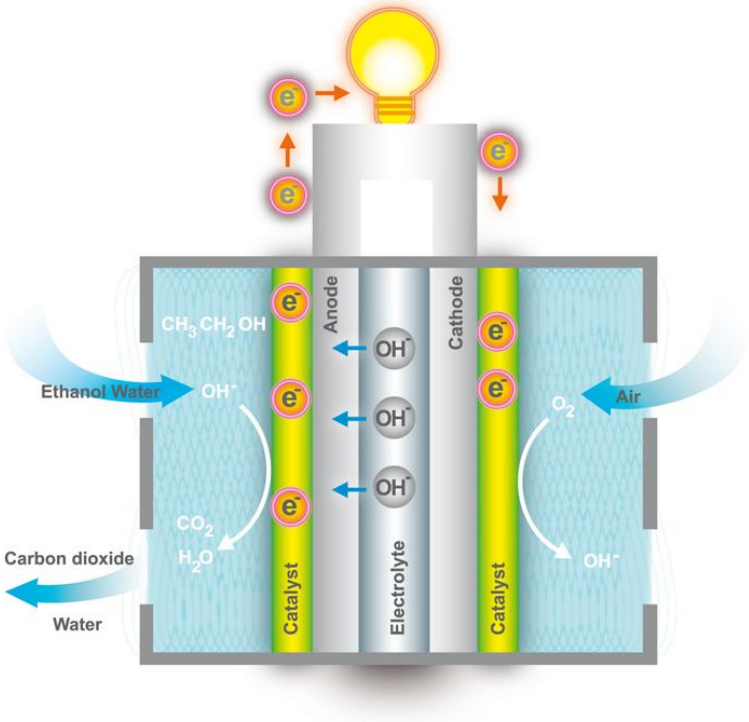
پيل‌سوختي پليمري:



آند: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2\bar{e}$

كاتد: $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2\bar{e} \rightarrow H_2O$

پيل‌سوختي متانولي:



آند: $CH_3OH + H_2O \rightarrow CO_2 + 6H^+ + 6e^-$

کاتد: $3/2O_2 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow 3H_2O$

	پيل‌سوختي قلوايي	پيل‌سوختي متانولي	پيل‌سوختي كربنات‌مذاب	پيل‌سوختي اسيدفسفريك	پيل‌سوختي پليمري	پيل‌سوختي اكسيدجامد
الكتروليت	هيدروكسيد پتاسيم	غشاء پليمري	مايع كربنات مذاب ثابت	مايع اسيد فسفريک ثابت	غشاء تعويض يوني	سراميک
دماي عملياتي	۶۰-۹۰	۶۰-۱۳۰	۶۵۰	۲۰۰	۸۰	۱۰۰۰
بازده	%۴۰-۶۰	%۴۰	%۴۵-۶۰	%۳۵-۴۰	%۴۰-۶۰	%۵۰-۶۵
توان توليدي	تا ۲۰ كيلووات	كمتر از ۱۰ كيلووات	بيش از يک مگاوات	بيش از ۵۰ كيلووات	تا ۲۵۰ كيلووات	بيش از ۲۰۰ كيلووات
كاربرد	زيردريايي، فضايي	كاربردهاي قابل‌حمل	نيروگاهي	نيروگاهي	وسائل نقليه، نيروگاهي كوچک	نيروگاهي

سيستم پيل‌سوختي:

جهت توليد انرژي با بازدهي بهينه, نياز داريم به:

- ✓ تغذيه مداوم سوخت و اكسيدكننده
- ✓ خروج آب توليدي از واكنش الكتروشيميايي درون پيل
- ✓ مرطوب نگهداري غشا توسط مرطوب نگهداشتن گازهاي ورودي
- ✓ كنترل درجه حرارت و فشار

تجهيزات جانبي كه اين شرايط بهينه را براي پيل فراهم مي‌آورند, سيستم پيل‌سوختي نام دارند.

۱- سيستم سوخت‌رسان كه شامل مبدل سوخت و يا سيستم ذخيره هيدرروژن مي‌باشد.
۲- سيستم تامين هوا يا اكسيدكننده كه اكسيژن موردنياز پيل‌سوختي را فراهم مي‌آورد.
۳- سيستم مديريت آب و حرارت كه شامل سيستم مرطوب‌كننده گازهاي ورودي, سيستم خنك‌كننده و شيرهاي كنترل فشار است.

٤٩٠

فصل سوم:

كاربردهاي پيل‌سوختي

تقسيم‌بندي پيل‌هاي سوختي براساس كاربردشان:

۱- پيل‌هاي سوختي دما بالا :

مهم‌ترين نوع: پيل‌سوختي اكسيدجامد

كاربرد: - نيروگاه‌هاي هيبريدي پيل‌سوختي- توربين گازي

- نيروگاه‌هاي هيبريدي پيل‌سوختي- ميكروتوربين گازي

۲- پيل‌هاي سوختي دما پايين:

مهم‌ترين نوع: پيل‌سوختي پليمري

كاربردها: - سيستم هيبريدي پيل‌سوختي پليمري- توربين بادي

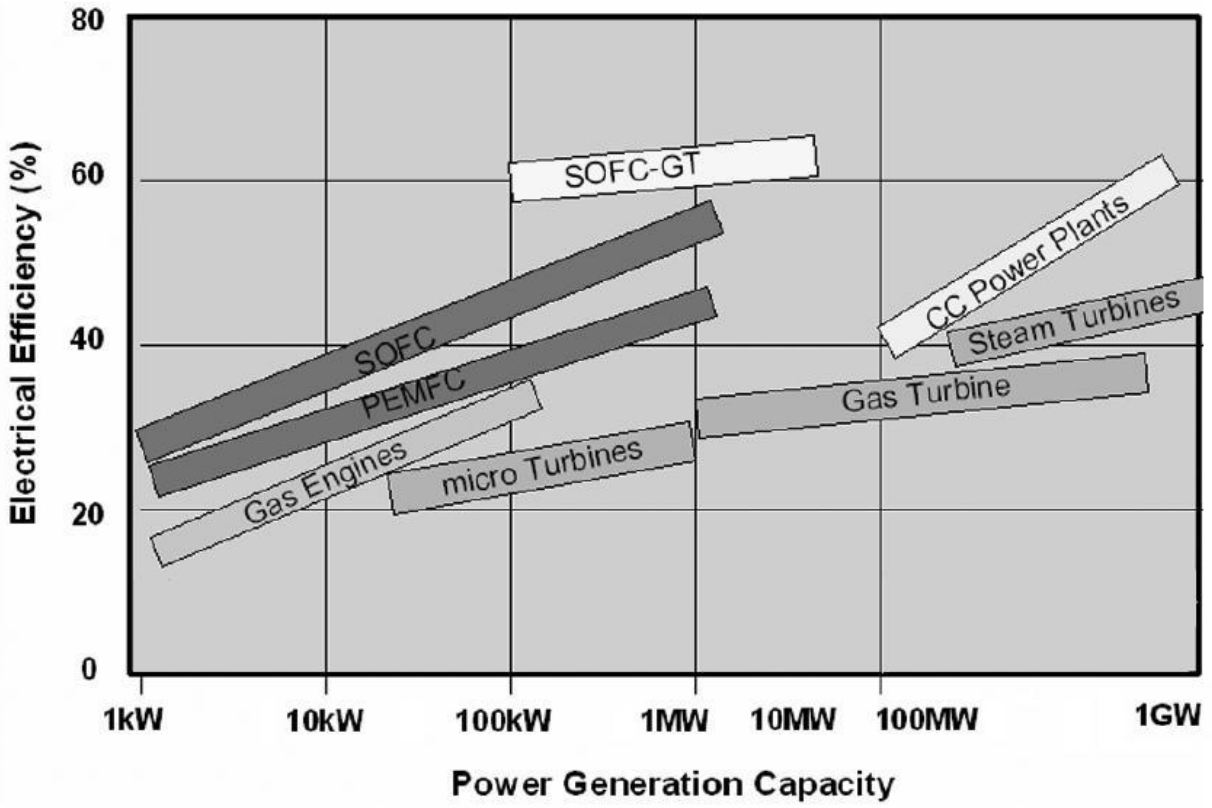
- سيستم هيبريدي پيل‌سوختي پليمري- سلول‌هاي خورشيدي

- اتومبيل‌هاي هيبريدي

٤٩٢

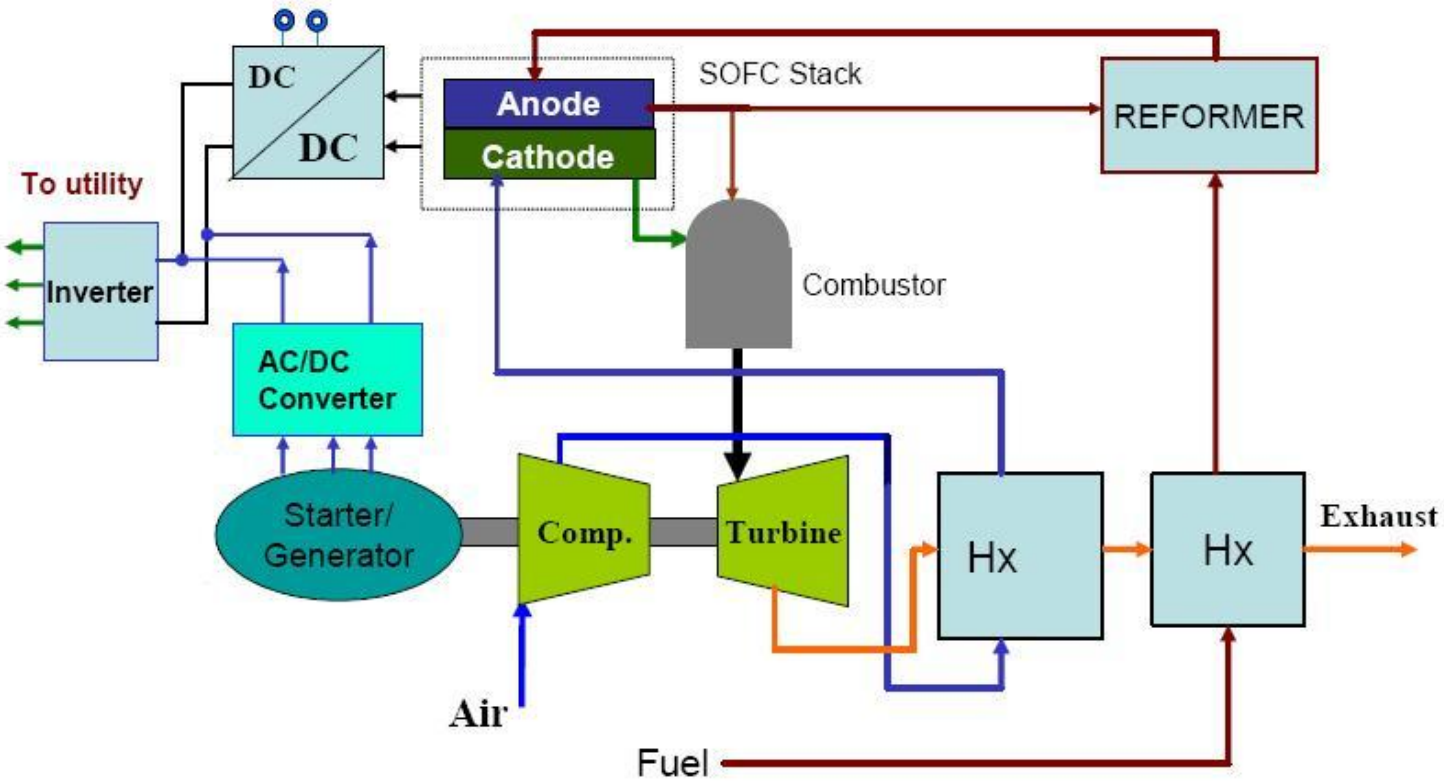
نيروگاه‌هاي هيبريدي:

يك نيروگاه هيبريدي، شامل تركيب دو يا چند نوع تكنولوژي نيروگاهي است، با اين هدف كه بتوانيم بهترين استفاده را از مشخصات عملكردي آن‌ها داشته و بالاترين راندمان را استحصال كنيم.



۱- پيل‌هاي سوختي دما بالا :

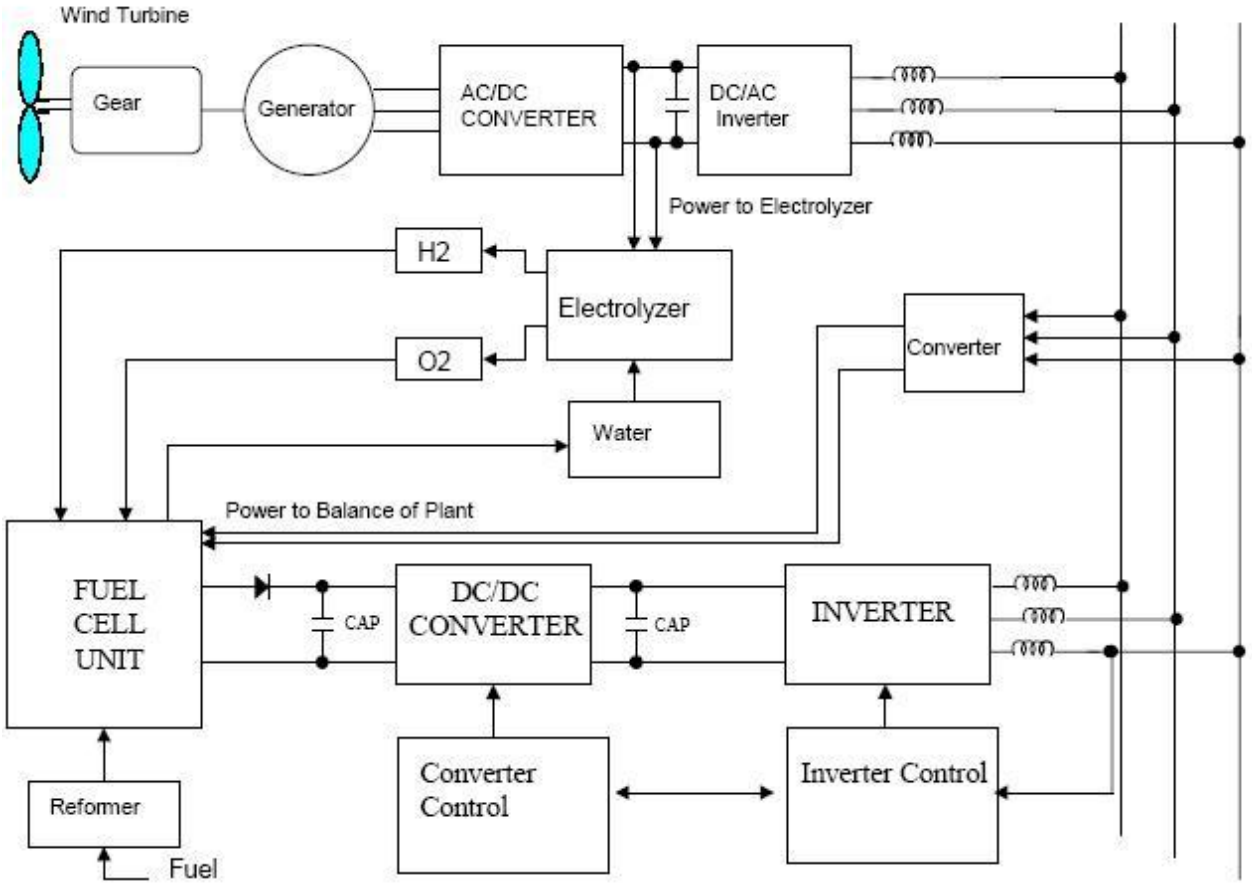
نيروگاه‌هاي هيبريدي پيل‌سوختي- ميكروتوربين گازي:



٤٩٤

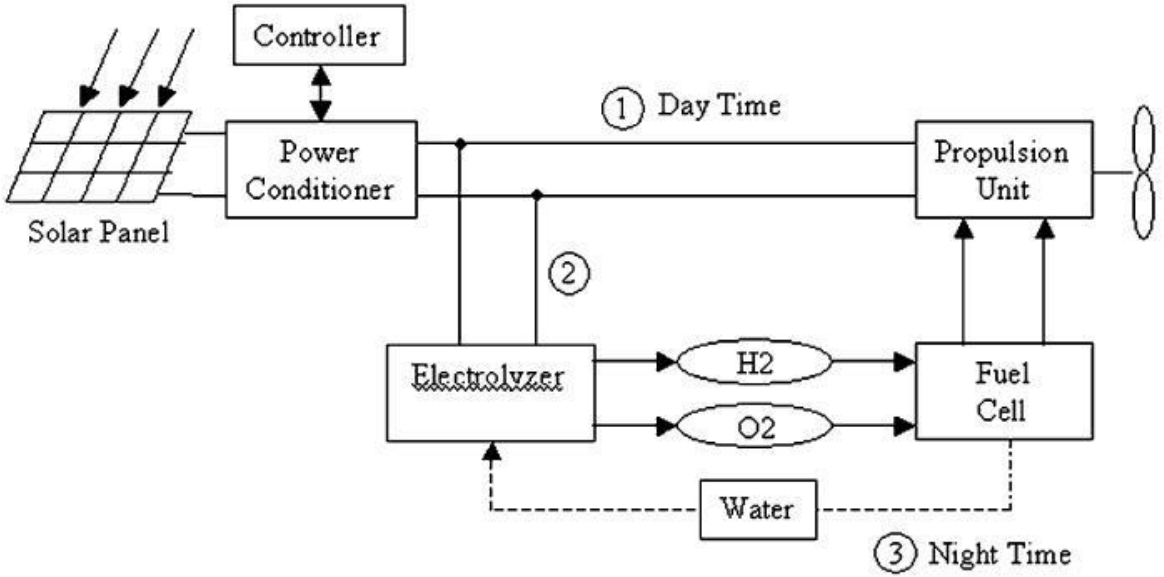
۲- پيل‌هاي سوختي دما پايين:

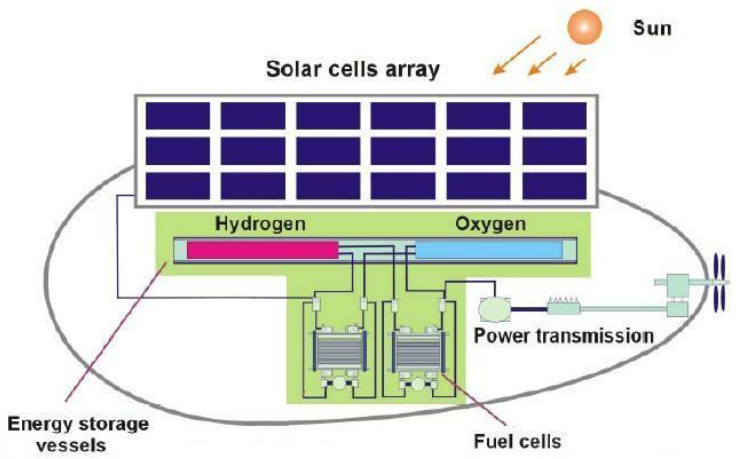
سيستم هيبريدي پيل‌سوختي پليمري- توربين بادي

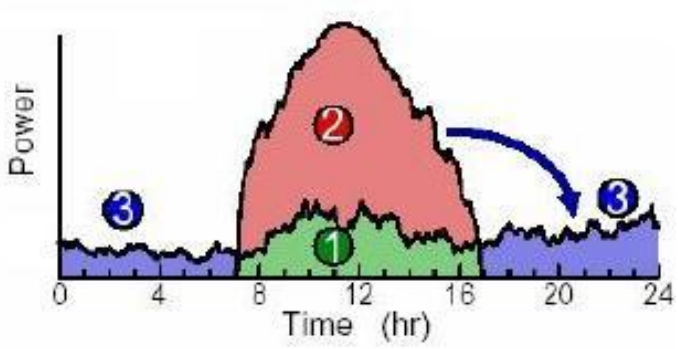


٤٩٥

سيستم هيبريدي پيل‌سوختي پليمري- سلول‌هاي خورشيدي:



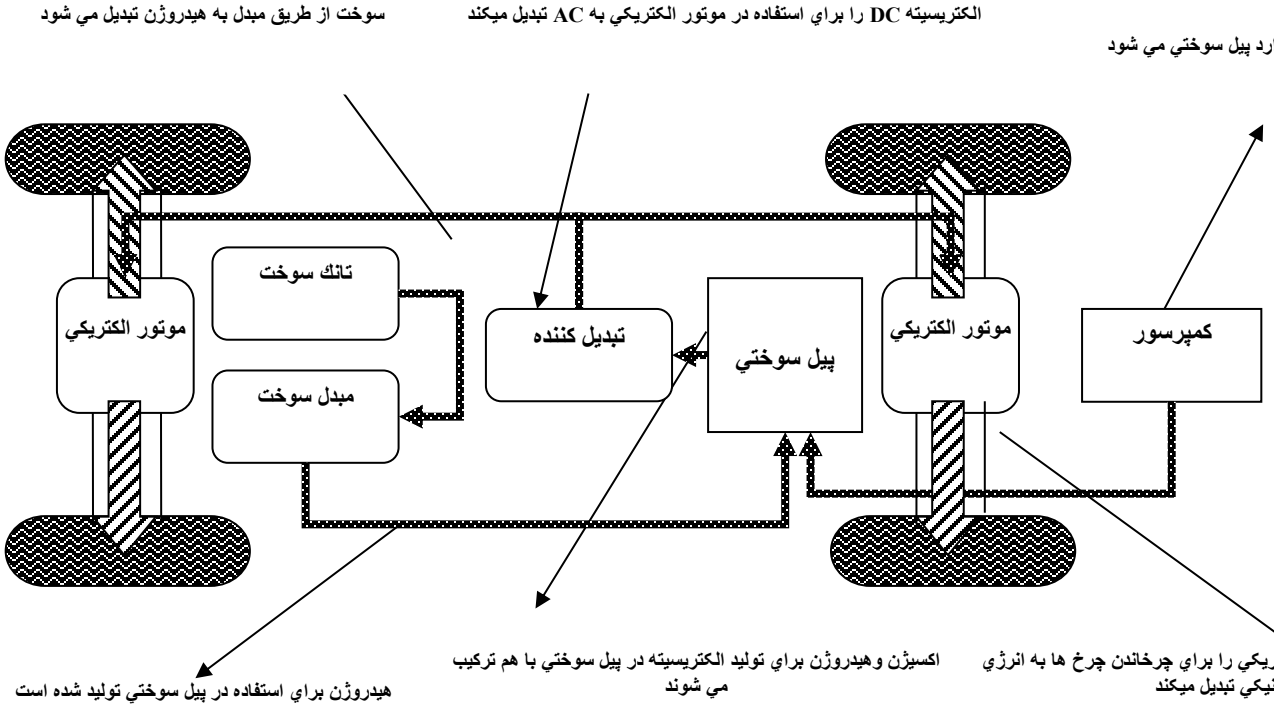




٤٩٦

اتومبيل‌هاي هيبريدي:

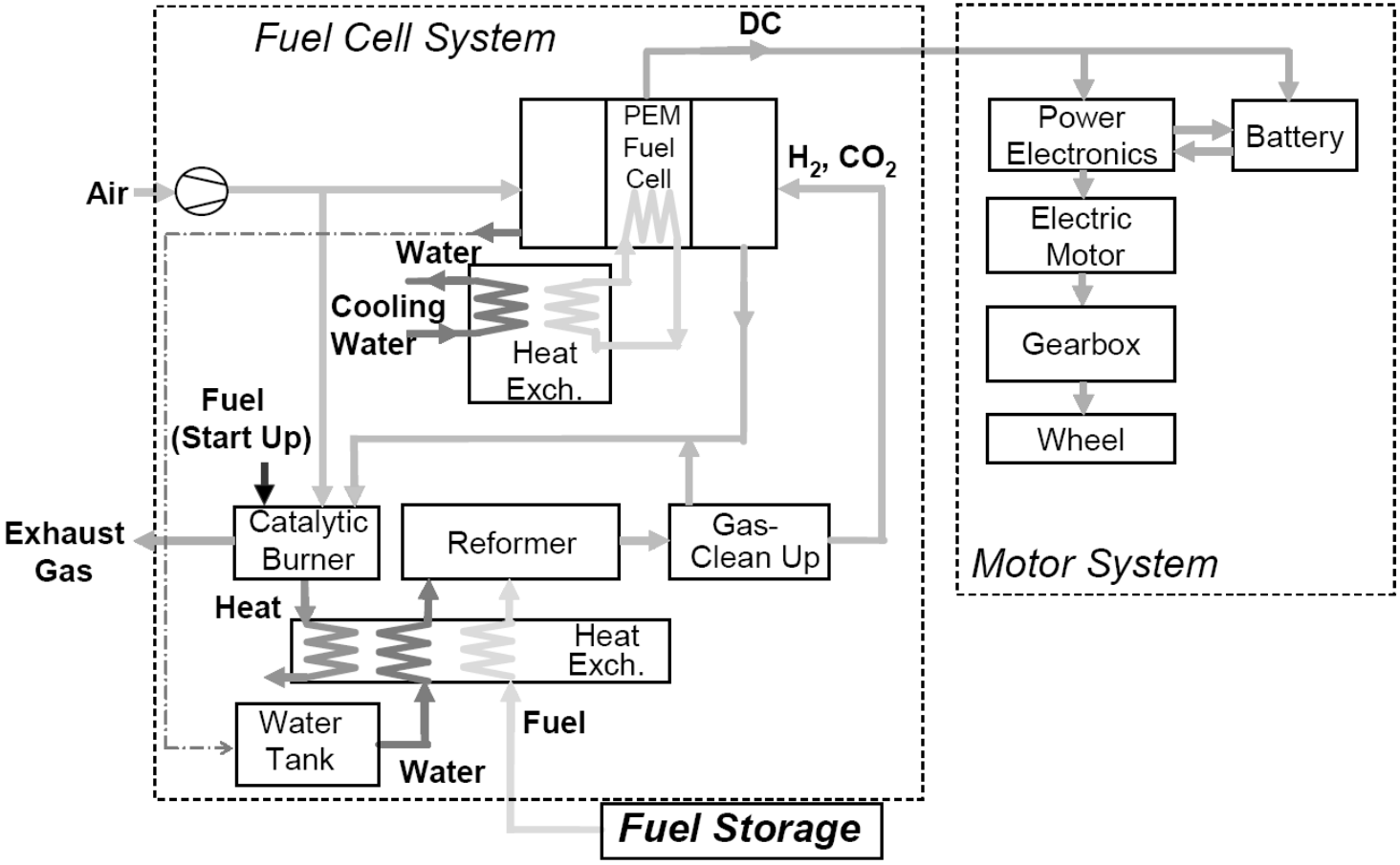
نوع اول:



٤٩٧

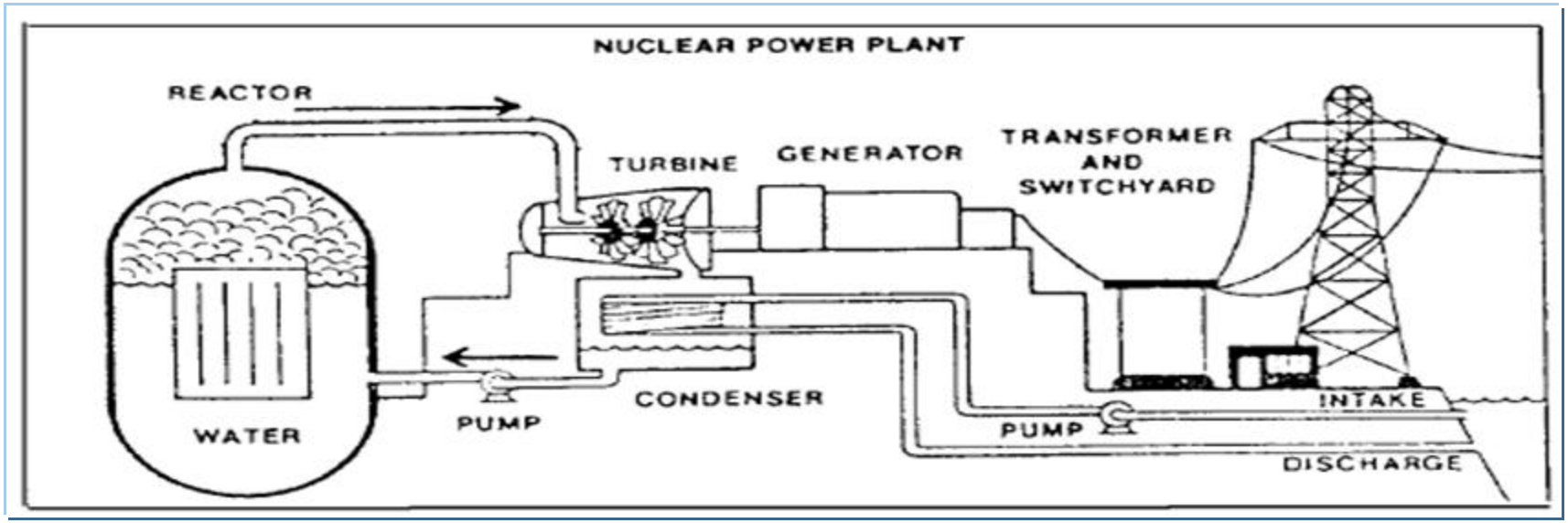
اتومبيل‌هاي هيبريدي:

نوع دوم:



٤٩٨

نیروگاه هسته‌ای



مقدمه:

تکنولوژی تولید وبهره برداری از سوخت هسته ای یکی از پیشرفته ترین فن آوریهایی است که از طیف گسترده علوم بهره می گیرد.

استفاده تجاری برای تولید انرژی الکتریکی از سال ۱۹۶۰ واز آن زمان برای تامین بار پایه استفاده می گردد.

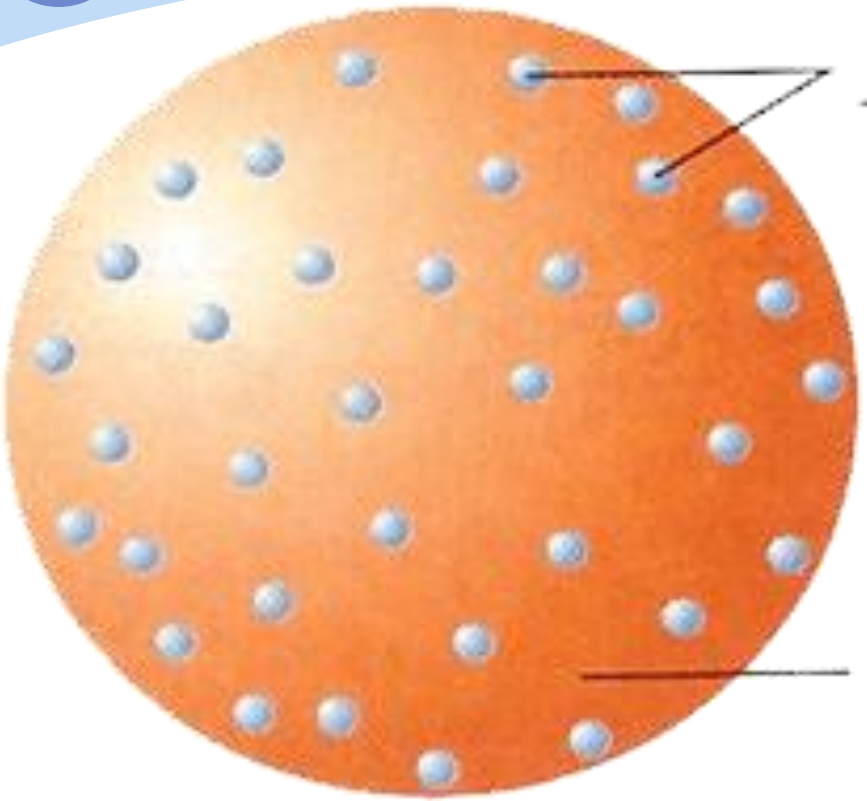
در سال ۱۹۹۹ حدود ۱۷٪ (۳۸نیروگاه)برق جهان را در کشورهایی که سوخت فسیلی ارزان در اختیار ندارند تامین می کرده است .

آمریکا با ظرفیت حدود ۹۶گیگا وات بیشترین ظرفیت هسته ای وبقیه کشورها حدود ۳۲ گیگا وات را مورد استفاده قرار می دادند .

در ایران نیز ساخت ۲ واحد نیروگاهی با ظرفیت ۲۰۰۰ مگا وات در دهه ۵۰ در دستور کار قرار گرفته ودر حال حاضر طبق اظهارات وزارت نیرو حدود ۶۰۰۰ مگا وات نیروگاه در دستور کار قرار دارد .

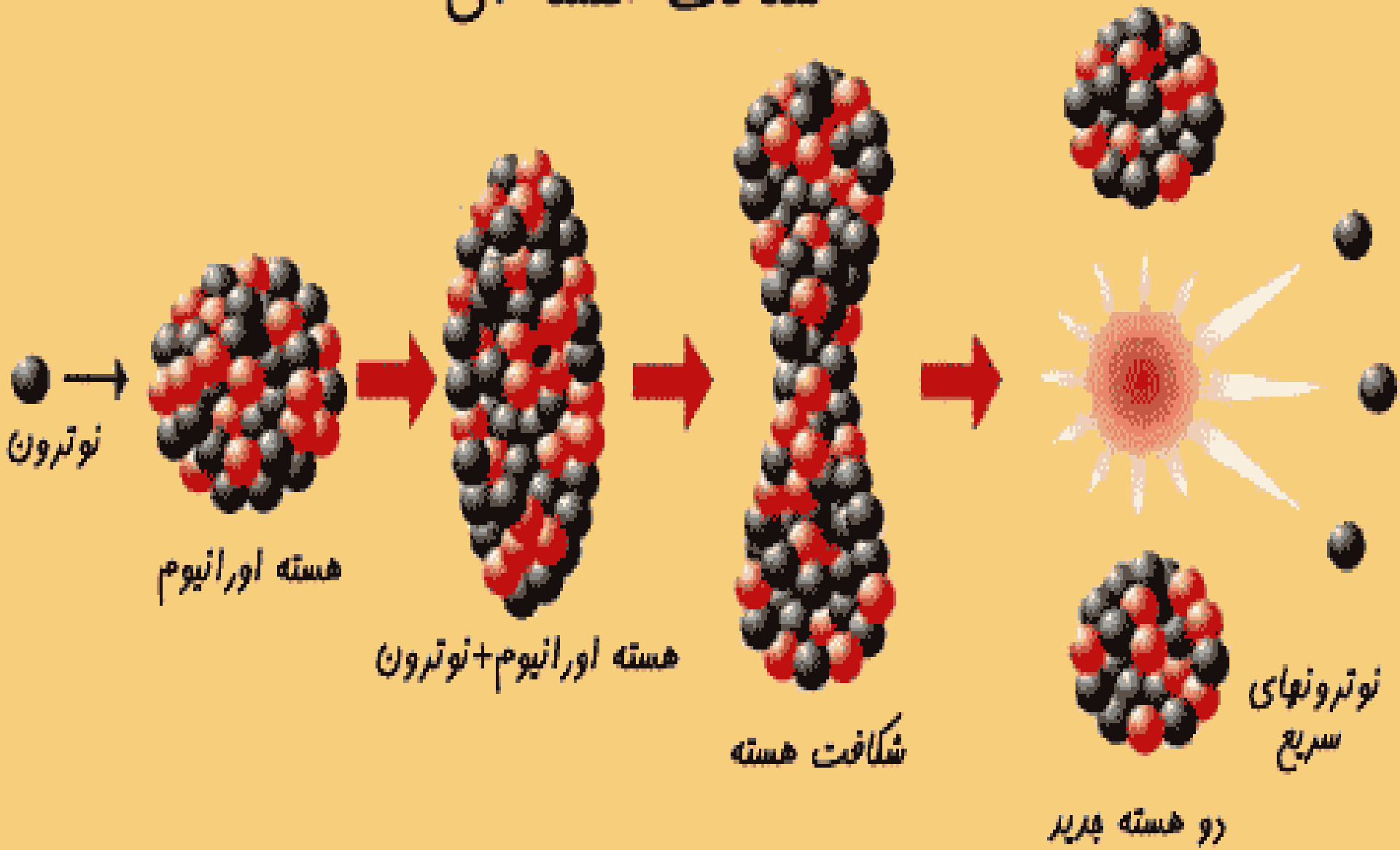
MEHR

اتم و هسته



شکل ۱ مدل اتمی تامسون

شکافت هسته ای



مواد مورد نیاز در راکتورهای هسته ای

۱– سوخت

۲– کند کننده ها

۳– خنک کننده ها

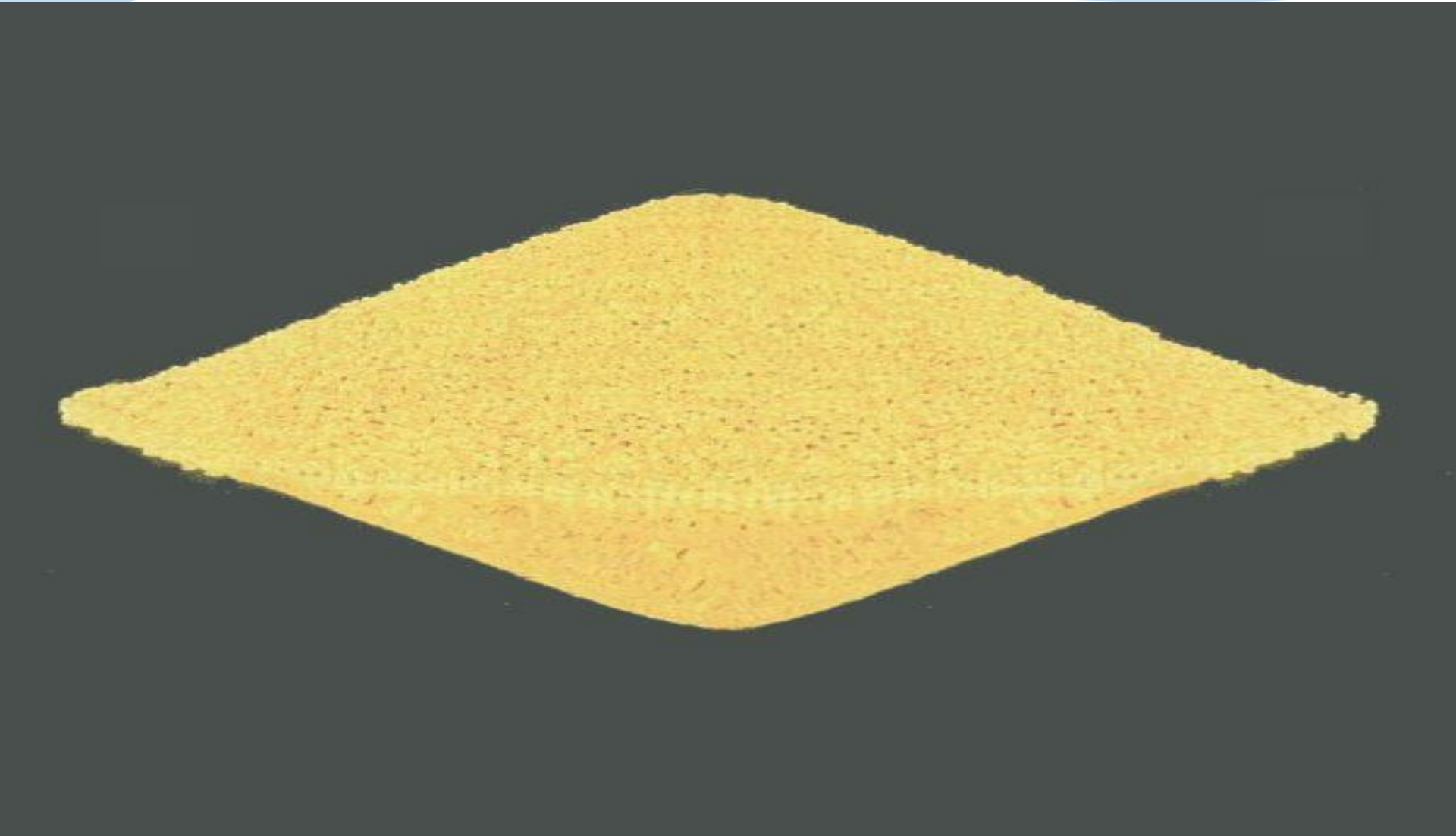
۴– مواد مناسب برای غلاف سوخت

۵– میله های کنترل

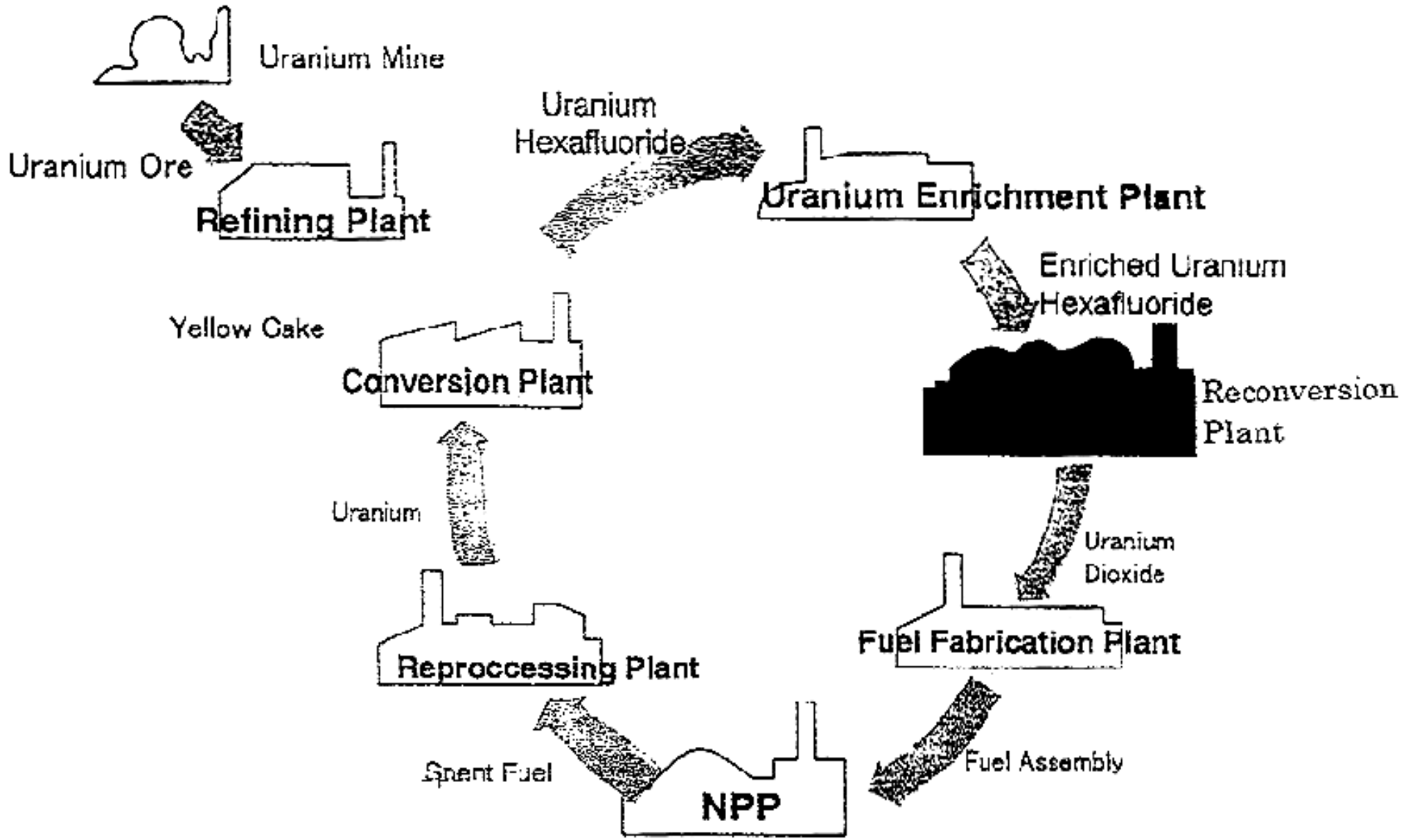
۶– منعکس کننده

۷– حفاظ ایمنی

چرخه سوخت هسته ای



Nuclear Fuel Cycle



سوخت

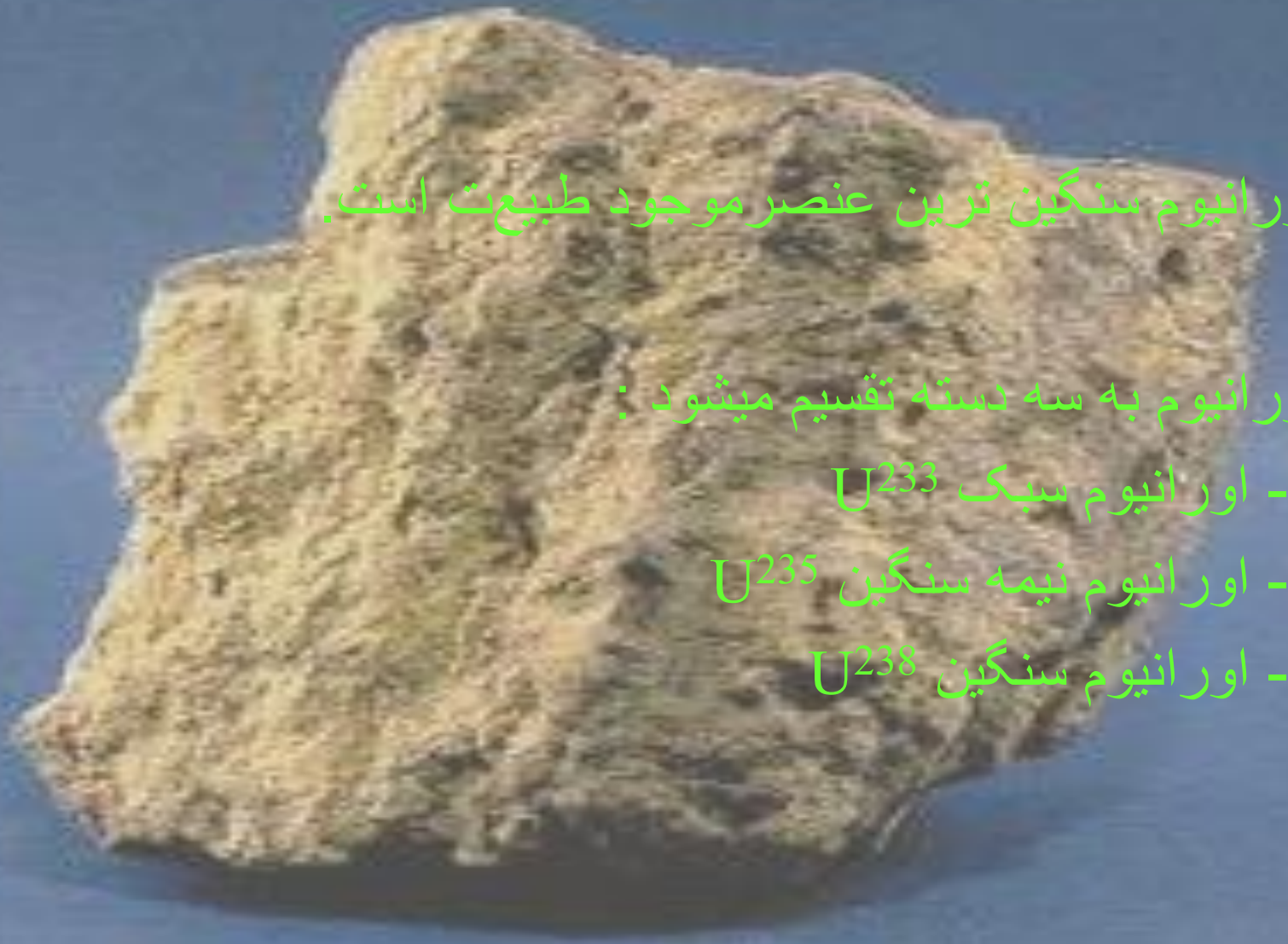
سه ویژگی سوخت راکتورهای هسته ای

- باید غلظت مناسبی از مواد رادیواکتیو داشته باشد .
- در مقابل مواد خورنده و شیب دما مقاوم باشد .
- استحکام مکانیکی کافی داشته باشد .

مهمترین سوختهای مورد استفاده در راکتورهای اتمی :

- اورانیوم
- توریوم ۲۳۲
- پلوتونیوم ۲۳۹

ساختار اورانیوم



اورانیوم سنگین ترین عنصرموجود طبیعت است.

اورانیوم به سه دسته تقسیم میشود :

۱- اورانیوم سبک U^{233}

۲- اورانیوم نیمه سنگین U^{235}

۳- اورانیوم سنگین U^{238}

کند کننده ها

شکافت هسته اورانیوم توسط ذرات نوترون با سرعتm/s ۲۰۰۰صورت می گیرد که این عمل سرعتی در حدود s/m ۱۰۰٬۰۰۰٬۰۰۰می گیرد و باید به نحوی از این سرعت کاست تا فرایند شکافت به طور زنجیره ای ادامه یابد .

انواع کندکننده ها :

- آب سبک
- آب سنگین
- گرافیت

www.Win2Farsi.com

آب سبک و آب سنگین

آب سبک همین آب معمولی است که انسان و حیوانات از آن استفاده میکنند .

آب سنگین ماده ای است که علاوه بر پروتون یک نوترون نیز دارد و دوتریوم نامیده می شود .

خنک کننده ها

شرایط اصلی خنک کننده های راکتورهای هسته ای

- خواص ترمودینامیکی خوب
- عدم برهم کنش شیمیایی با دیگر قسمتهای راکتور
- سطح مقطع جذب نوترونی خیلی پائین
- پرتوزا نشدن در اثر واکنشهایی که ممکن است هنگام عبور خنک کننده از قلب راکتور رخ بدهد

مواد مناسب برای غلاف سوخت

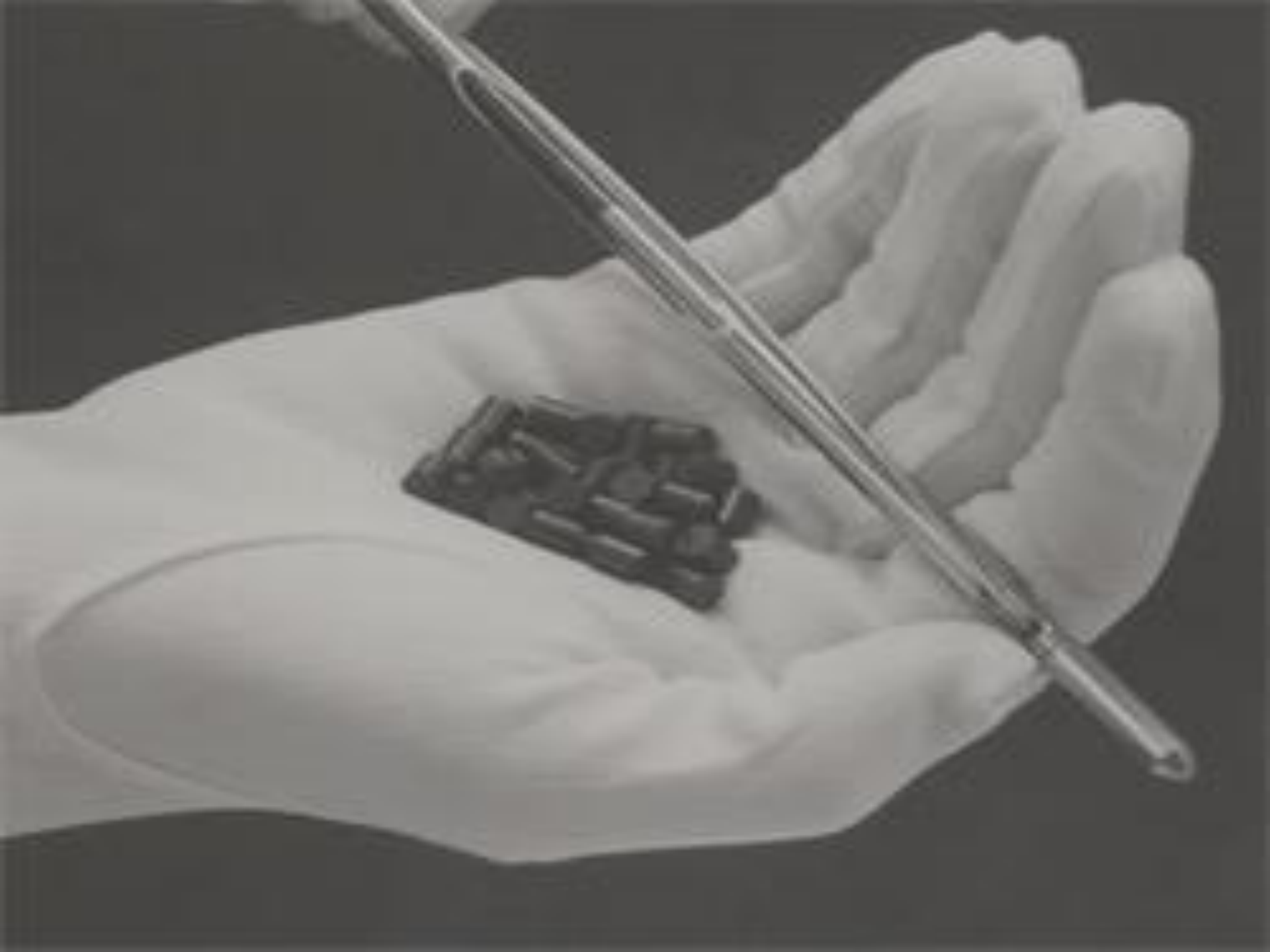
مواد مناسب برای غلاف سوخت باید دارای سطح مقطع جذب نوترون خیلی پائین ، رسانندگی گرمایی بالا و استحکام خوب در دماهای بالا باشد .

فلزها و آلیاژهای مورد استفاده در غلاف سوخت

- **آلومینیوم**
- **برلیوم**
- **منیزیم**
- **زیرکونیم**
- **فولاد زنگ نزن**

ميله هاي كنترل

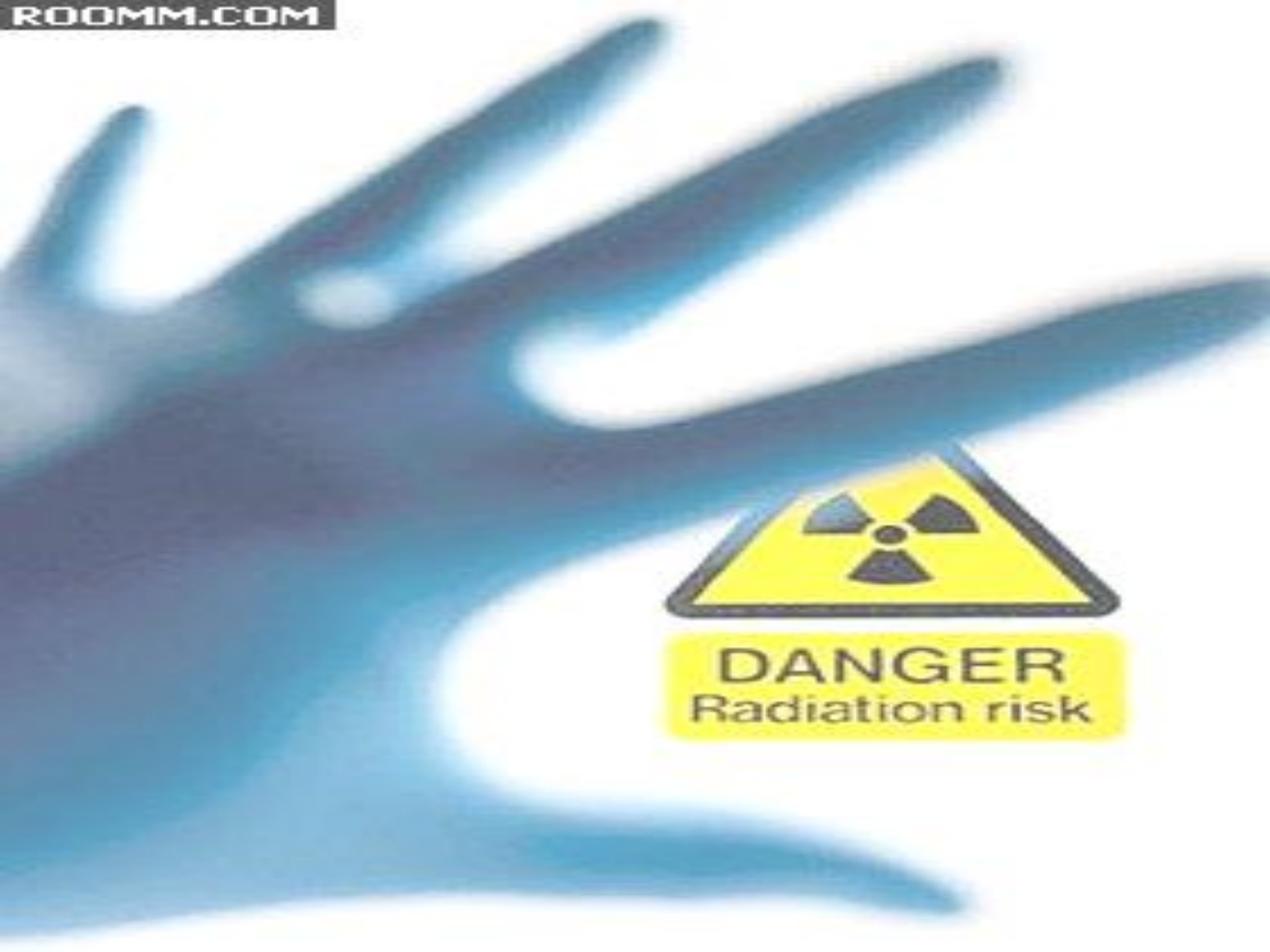
موادی که برای کنترل راکتور مورد استفاده قرار می گیرند باید دارای سطح مقطع جذب بالایی باشند . علاوه بر این از مواد سطح مقطع پائین تر هم می توان در قلب راکتور برای « شکل دهی به شار » و کنترل های ظریف راکتور استفاده کرد . بدین منظور می توان از میله های کنترل از جنس فولاد زنگ نزن استفاده کرد.

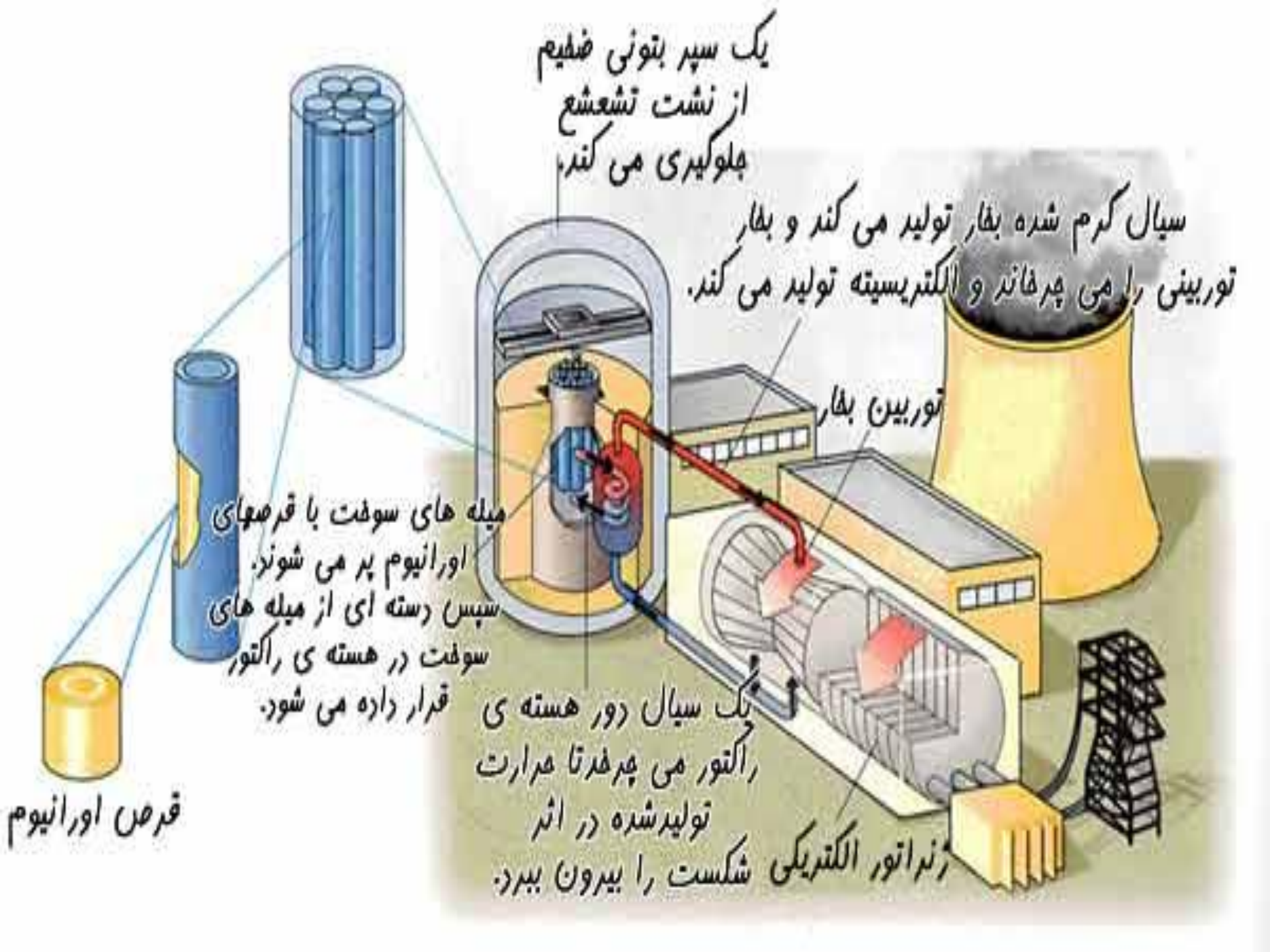


منعکس کننده

ناحیه ای که مجاور به قلب راکتور قرار داده شده ماده منعکس کننده نامیده می شود . از این رو با قرار دادن آیینه هایی از جنس گرافیت و برلیوم در اطراف راکتور تعدادی از نوترونها در نتیجه یک یا چند برخورد با این ماده مجدداً به داخل قلب باز می گردند .

ROOMM.COM




یک سپر بتونی ضخیم
از نشت تشعشع
جلوگیری می کند.
سیال گرم شده بخار تولید می کند و بخار
توربینی را می چرخاند و الکتریسیته تولید می کند.
توربین بخار
میله های سوخت با قرصهای
اورانیوم پر می شوند.
سپس دسته ای از میله های
سوخت در هسته ی راکتور
قرار داده می شود.
یک سیال دور هسته ی
راکتور می چرخد تا حرارت
تولیدشده در اثر
شکست را بیرون ببرد.
ژنراتور الکتریکی
قرص اورانیوم

انواع راکتورها

انواع راکتور بر حسب نوع استعمال:

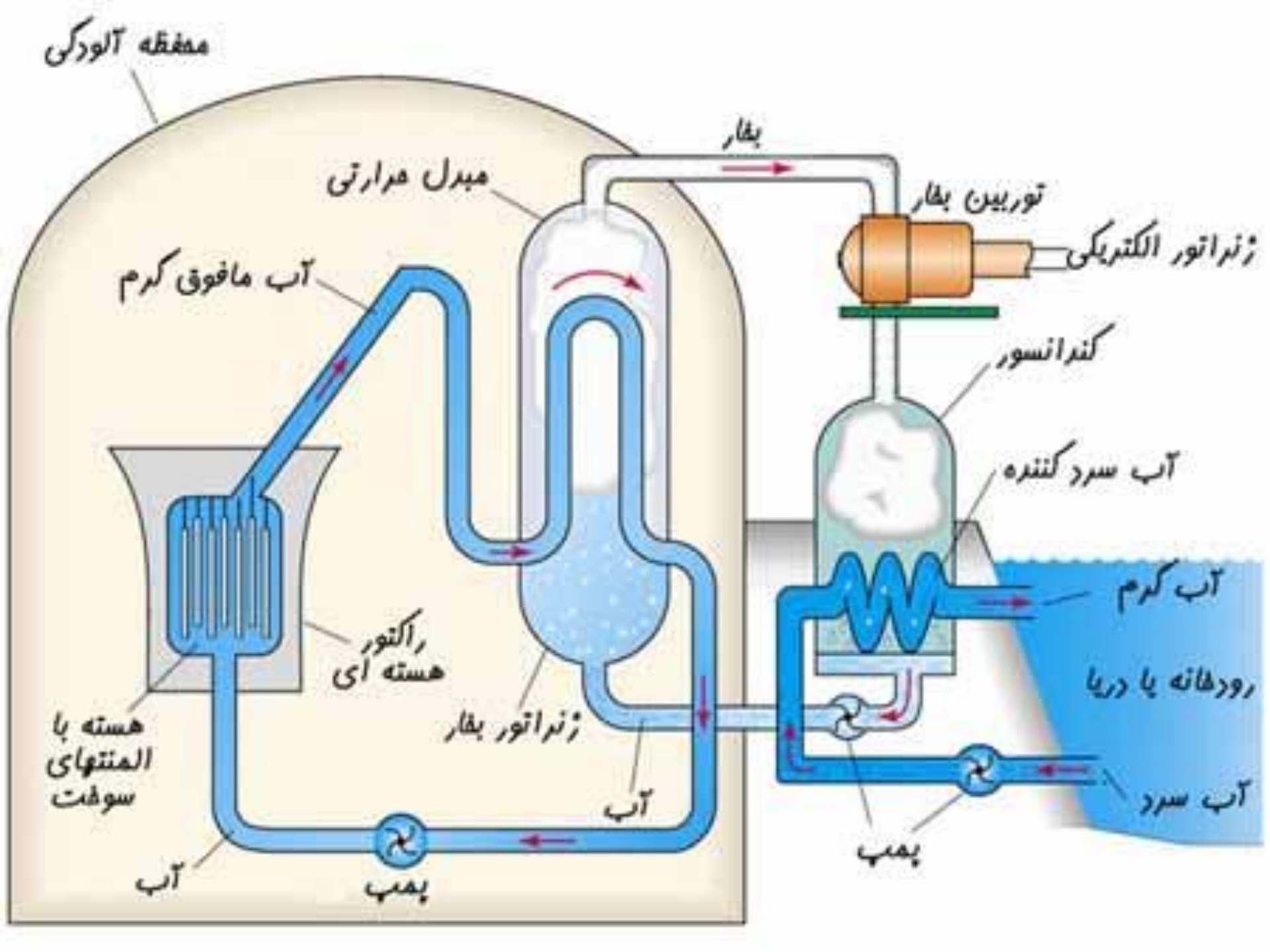
- راکتور تحقیقاتی برای آزمایش و تحقیقات و اندازه گیری نوترونها
- راکتور برای تولید ایزوتوپ رادیو اکتیو
- راکتور تکثیر برای تولید عناصر جدید قابل تقطیع
- **راکتور قدرت که وسیله تولید انرژی در نیروگاههای هسته ای است**

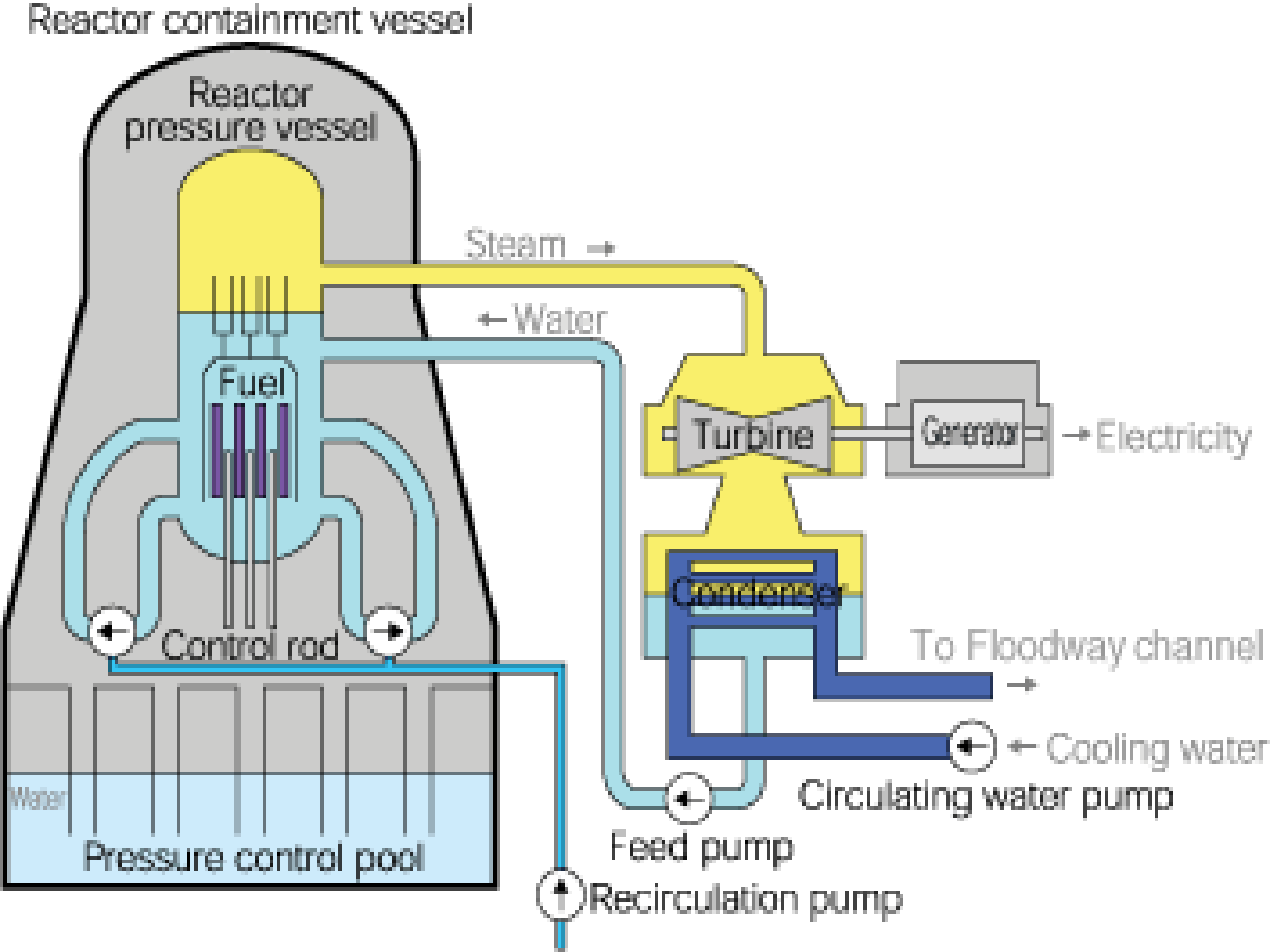
www.Win2Farsi.com

انواع راکتورهای قدرت(حرارتی)

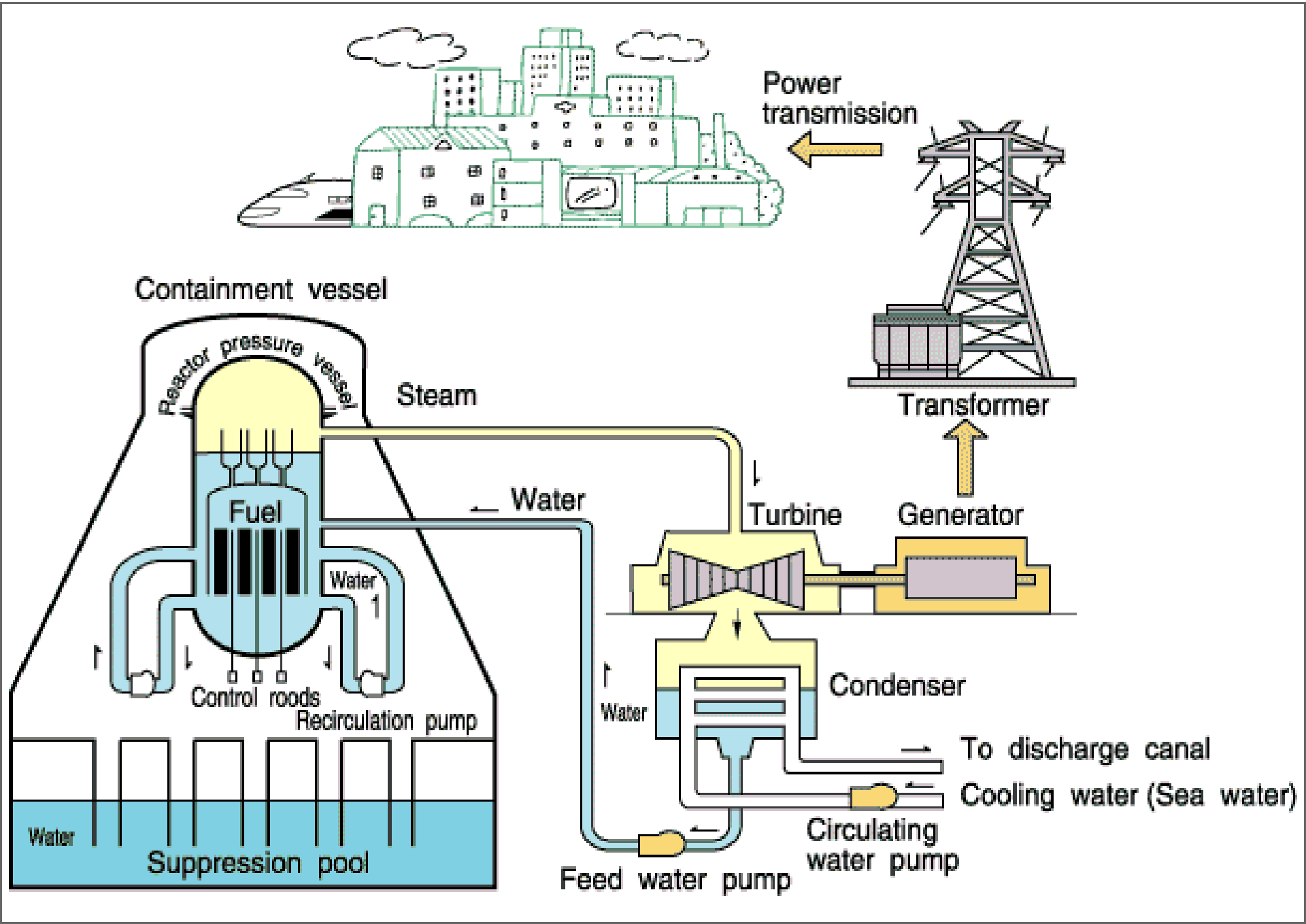
- راکتورهای آب سبک (LWR)
- راکتورهای آب تحت فشار (PWR)
- راکتورهای آب جوشان (BWR)
- راکتورهای حرارتی گازی (GCR)
- راکتورهای گازی پیشرفته (AGR)
- راکتورهای با خنک کننده گازی دما بالا (HTGR)
- راکتورهای آب سنگین (HWR)
- راکتورهای زاینده

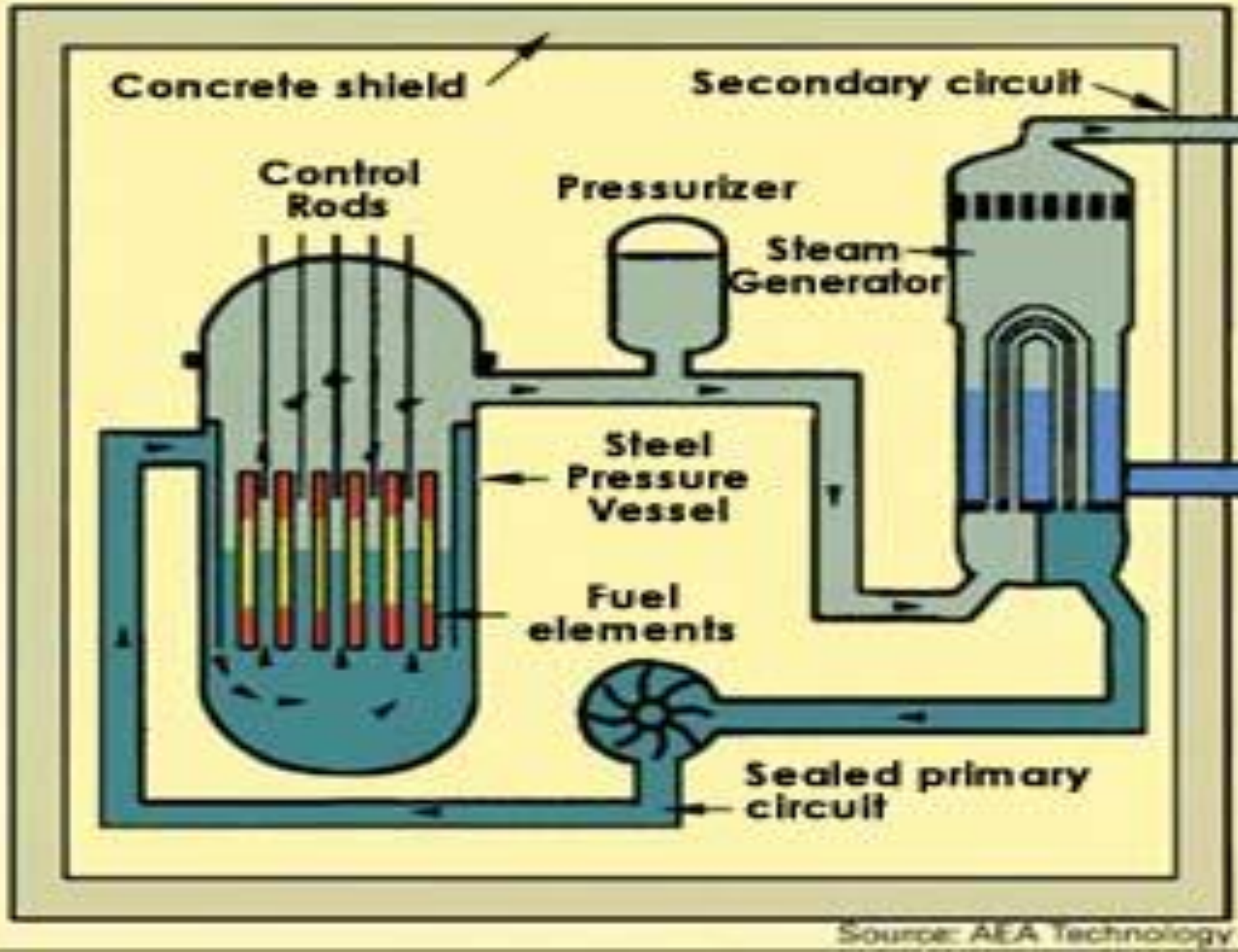
I. راکتور سریع زاینده با خنک کننده فلز(LMFBR)
II. راکتور زاینده گازی (GCFR)
III. راکتور زاینده نمک مذاب
IV. راکتور زاینده آب سبک

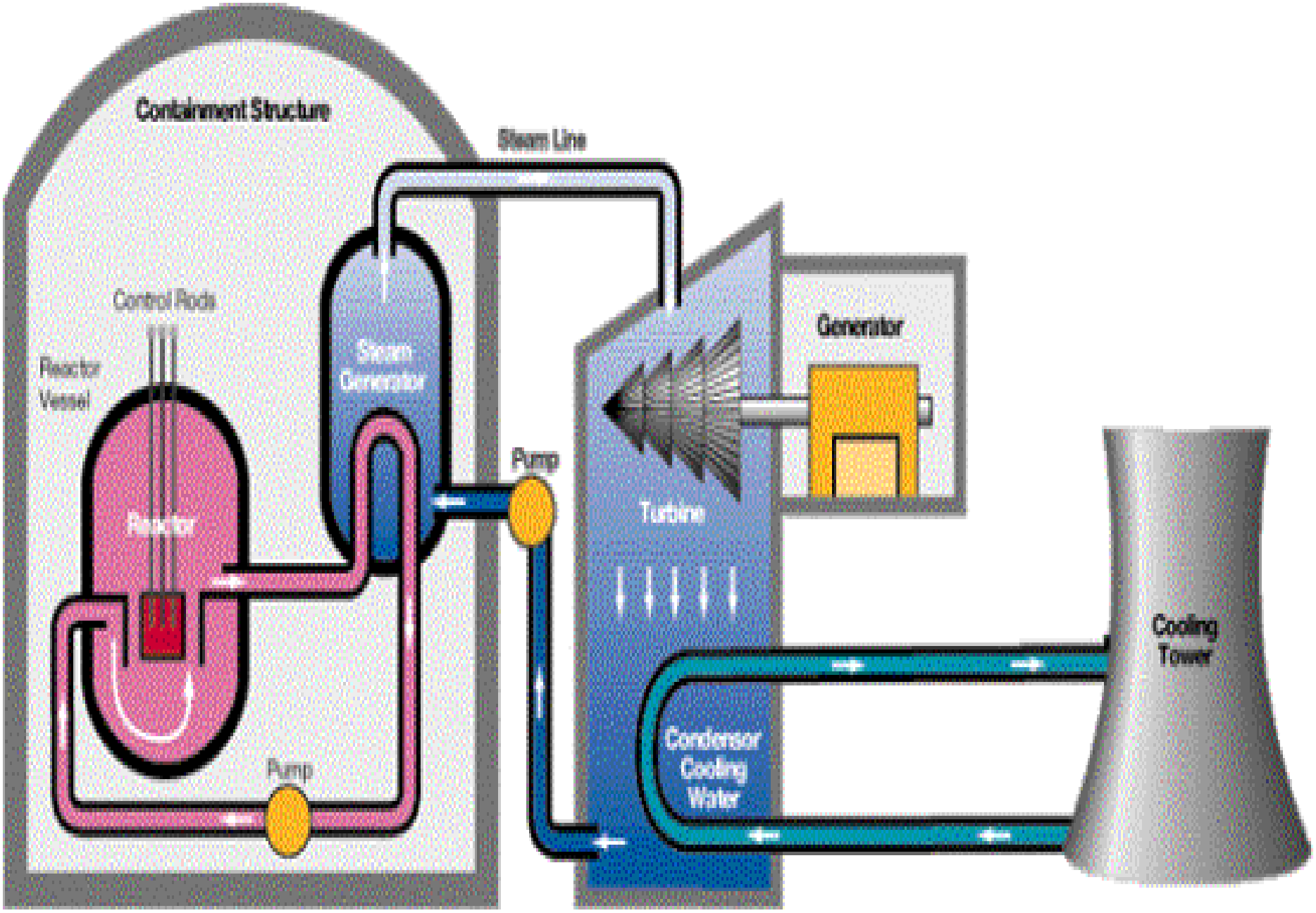

محفظه آلودگی
بخار
مبدل حرارتی
توربین بخار
ژنراتور الکتریکی
آب مافوق گرم
کندانسور
آب سرد کننده
آب گرم
رودخانه یا دریا
راکتور هسته ای
هسته با المنتهای سوخت
ژنراتور بخار
آب
آب سرد
آب
پمپ
پمپ

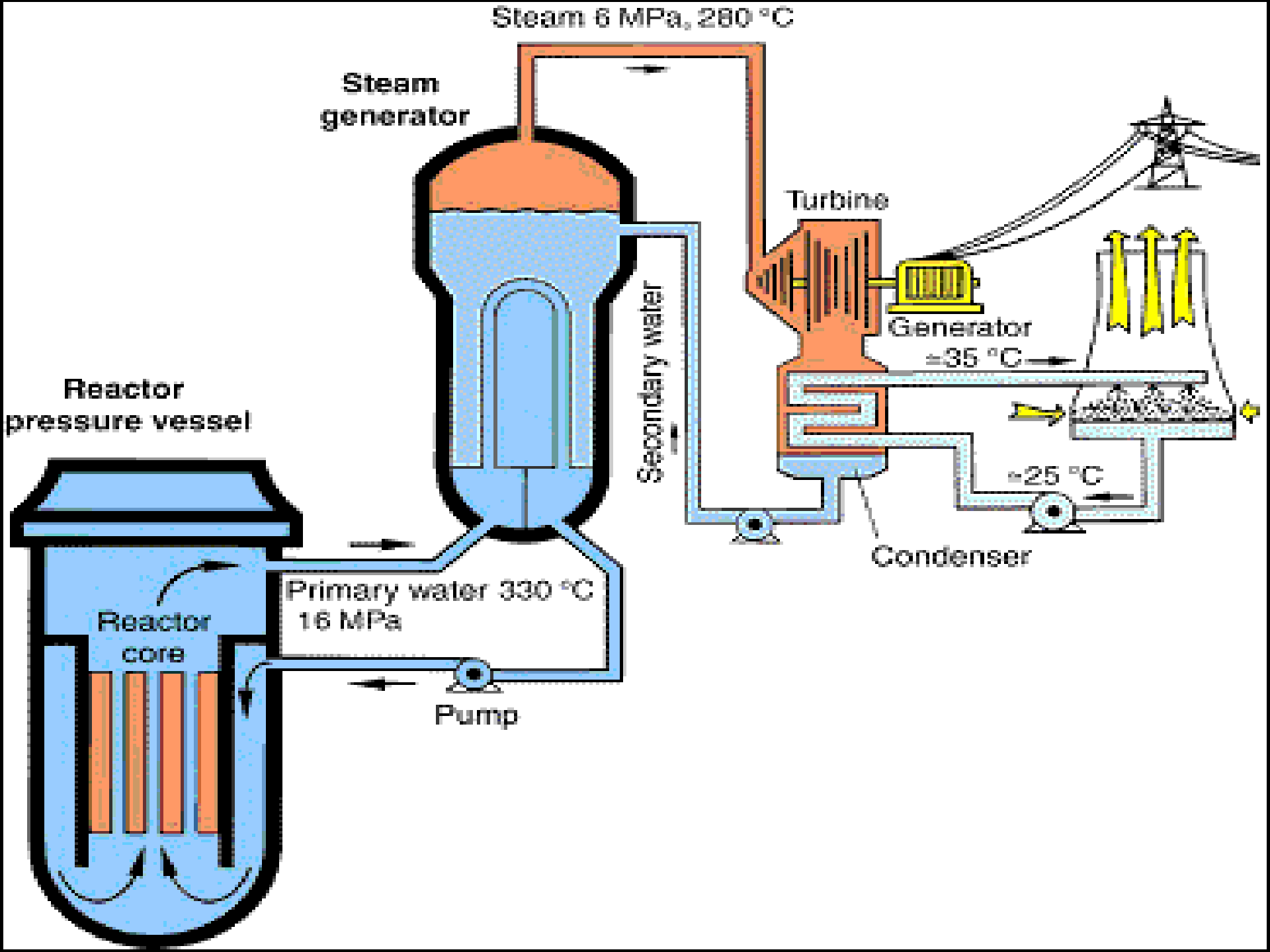

Reactor containment vessel
Reactor pressure vessel
Steam
Water
Fuel
Turbine
Generator
Electricity
Condenser
Control rod
To Floodway channel
Cooling water
Circulating water pump
Water
Pressure control pool
Feed pump
Recirculation pump

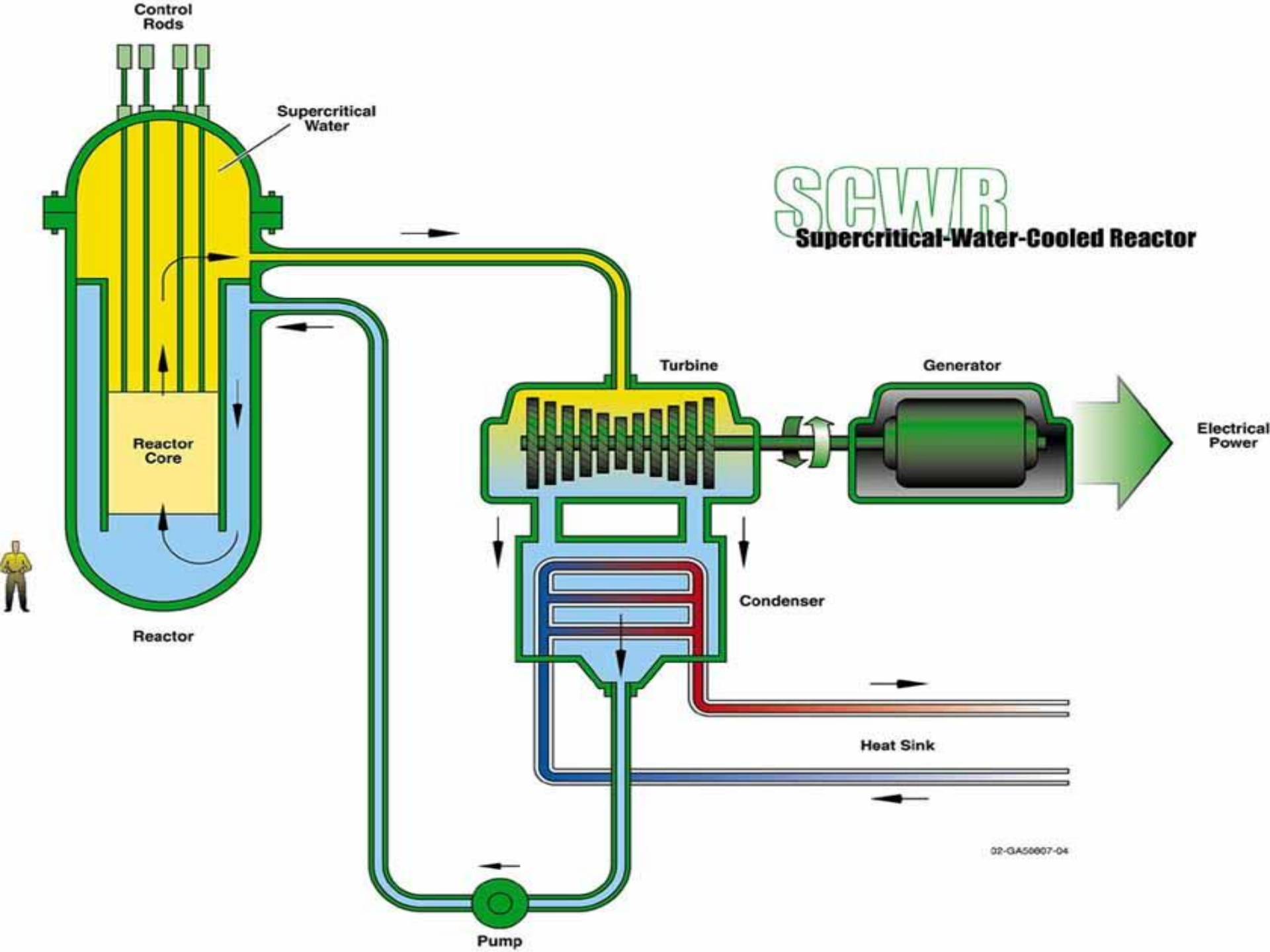
Boiling Water Reactor

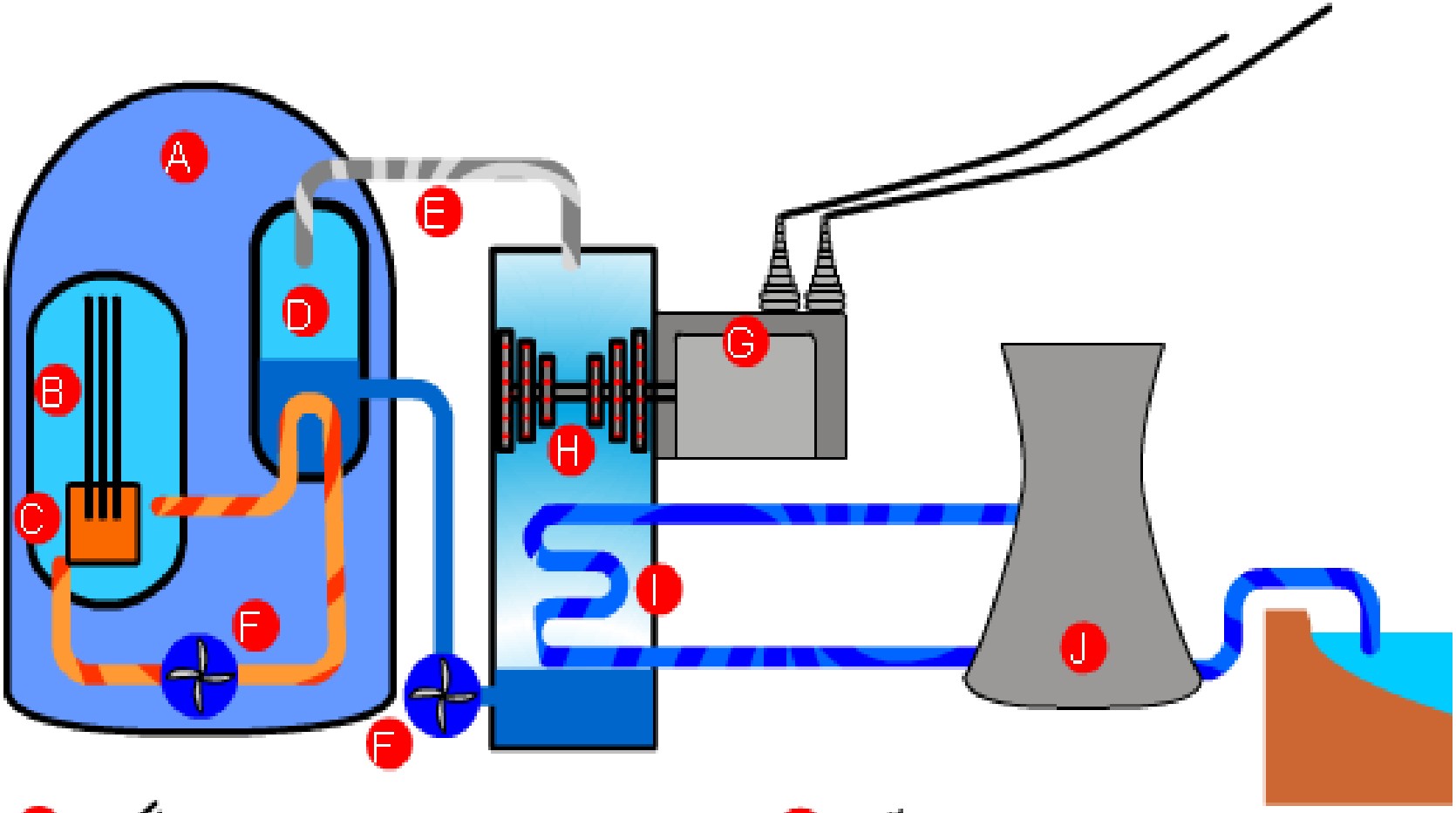



Concrete shield
Secondary circuit
Control Rods
Pressurizer
Steam Generator
Steel Pressure Vessel
Fuel elements
Sealed primary circuit
Source: AEA Technology


Containment Structure
Steam Line
Control Rods
Reactor Vessel
Steam Generator
Generator
Pump
Turbine
Reactor
Cooling Tower
Condenser Cooling Water
Pump

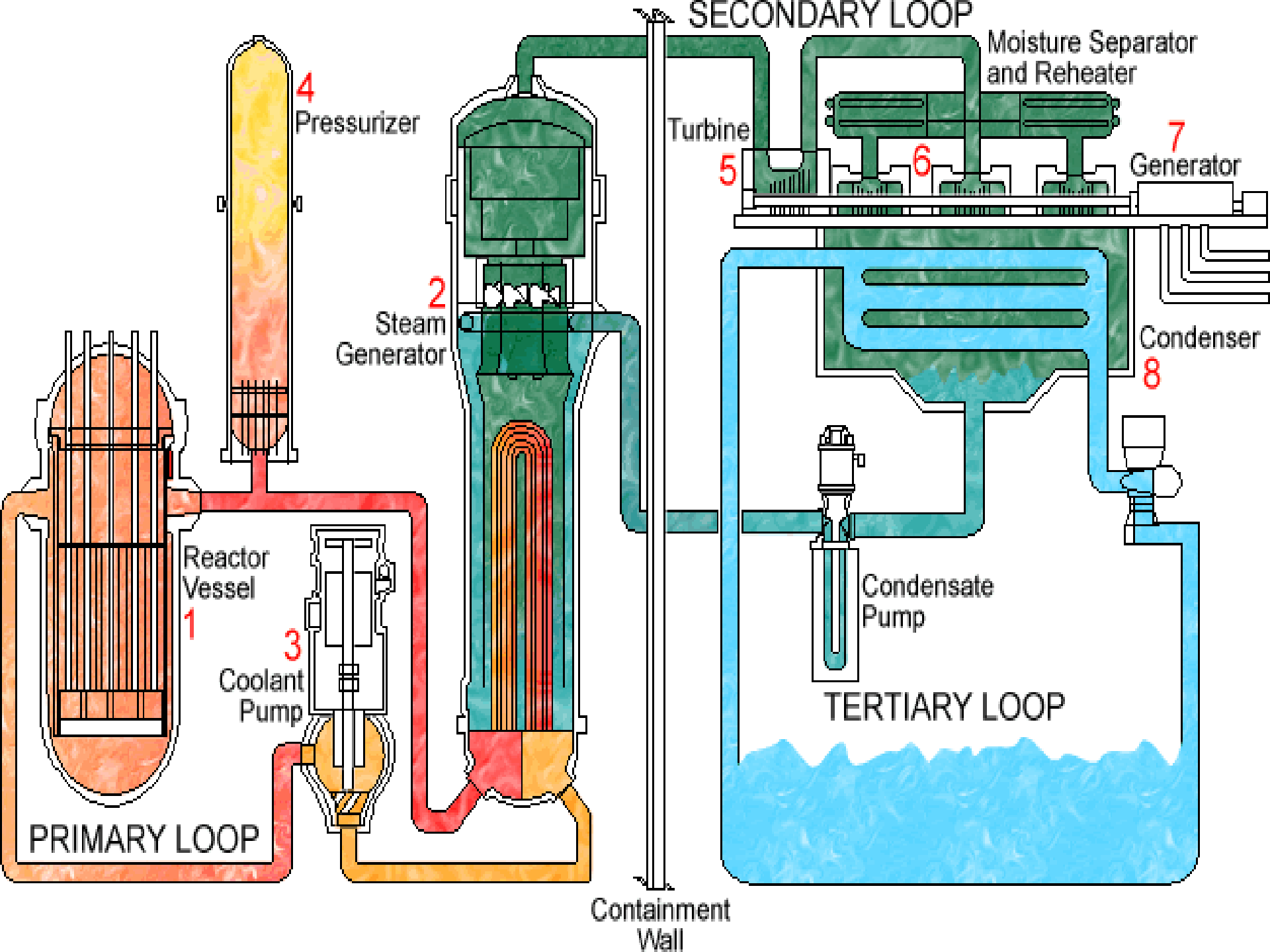

Steam 6 MPa, 280 °C
Steam generator
Turbine
Generator
≈35 °C
≈25 °C
Secondary water
Condenser
Reactor pressure vessel
Primary water 330 °C
16 MPa
Reactor core
Pump


Control Rods
Supercritical Water
SCWR
Supercritical-Water-Cooled Reactor
Turbine
Generator
Electrical Power
Reactor Core
Reactor
Condenser
Heat Sink
Pump
02-GA50607-04



A ساختمان اصلی راکتور
B میله های کنترل
C راکتور
D مولد برق
E خط انتقال بخار

F پمپ آب
G ژنراتور برق
H توربین بخار
I کندانسور آب خنک کن
J برج خنک کن


SECONDARY LOOP
Moisture Separator
and Reheater
4
Pressurizer
Turbine
5
6
7
Generator
2
Steam
Generator
Condenser
8
Reactor
Vessel
1
3
Coolant
Pump
Condensate
Pump
TERTIARY LOOP
PRIMARY LOOP
Containment
Wall

MEHR

تولید پراکنده
Dispersed
Generation

تولید پراکنده(Dispersed Generation)

بر اساس تعریف منابع تولید پراکنده به منابعی اطلاق می گردد که ظرفیت تولید آنها از چند کیلو وات تا چند مگا وات باشد
این واحدها در پست ها و در فیدرهای توزیع در نزدیکی بارها قرارمی گیرد
تکنولوژی واحدهای تولید پراکنده شامل فتوولتائیک ها، توربین های بادی ، پیل های سوختی، توربین های کوچک گازی و میکروتوربین ها با ژنراتور -موتورهای احتراق داخلی و.... می باشد .

اتصال واحدهای تولید پراکنده DGبه شبکه برق می تواند:

- احداث خطوط جدید را به تعویق اندازد
- با تولید و ارسال توان بیشتر راندمان شبکه را افزایش دهد
- فیدرهای پربار شبکه را کاهش دهد
- مسیرهای انتقال توان شبکه را کاهش دهد
- تلفات شبکه را کاهش دهد

در سیستمهای توزیع ، از دیدگاه اقتصادی و فنی قابل توجه اهمیت استفاده از واحدهای DG می باشد

واحد های تولید پراکنده

محدودهٔ تقریبی توانهای نامی اقتصادی تولیدات پراکنده (برحسب کیلووات)

نوع مصرف / تولید پراکنده	مسکونی	تجاری	کشاورزی	صنعتی	عمومی
دیزل ژنراتور	۱۹۴۰-۵۰۰۰	۲۰۹۰-۵۰۰۰	۳۲۱۵-۵۰۰۰	۳۸۲۰-۵۰۰۰	۳۲۹۰-۵۰۰۰
میکروتوربین با CHP	۱۰۰-۲۵۰	۱۲۰-۲۵۰	۱۹۵-۲۵۰	۲۳۰-۲۵۰	۲۰۰-۲۵۰
توربین صنعتی	۲۵۲۰-۵۰۰۰	۳۱۰۰-۵۰۰۰	۳۸۶۰-۵۰۰۰	۴۴۱۰-۵۰۰۰	۴۱۴۵-۵۰۰۰
باد	-	-	-	-	-
فتوولتائیک	-	-	-	-	-
پیل سوختی	-	-	-	-	-
میکروتوربین بدون CHP	۹۰-۲۵۰	۱۳۵-۲۵۰	۲۱۰-۲۵۰	-	۲۲۰-۲۵۰

مقایسه جبران کننده ها در خطوط توزیع

جبران کننده	مزایا	معایب
خازن موازی	سادگی ازنظراصول کاروساختمان	سوئیچ کردن همراه باحالت گذرا است
کندانسورسنکرون	توانايي تحمل اضافه بارادارد قابل کنترل کامل است هارمونیک کم تولید می کند	نیازبه نگهداری زیادی دارد پاسخ کنترل آن کند است رفتارش نسبت به محل قرارگرفتنش حساس است نیازبه فونداسیون محکمی دارد
راکتور کنترل شونده با تریستور(TCR)	پاسخ آن سریع است قابل کنترل کامل است	تولید هارمونیک مي کند رفتارش نسبت به محل قرارگرفتنش حساس است
خازن سوئیچ شونده با تریستور (TSC)	وقتی خراب می شود به سرعت قابل تعمیراست تولیدهارمونیک نمی کند	ازنظرکنترل پیچیده است پاسخ فرکانس آن کنداست رفتارش نسبت به محل قرارگرفتنش حساس است
تولید پراکنده DG	می تواند توان راکتیو و اکتیو را با هم تزریق کند توانایی جبران کامل افت ولتاژ همراه با کاهش تلفات را داراست	انجام یک جایابی درست وثابت در طول شبانه روز بسیارمشکل می باشد

مؤلفه های هزینه تولید انرژی الکتریکی

برخی از مشخصات اقتصادی و فنی تولیدات پراکنده

شماره	تولید پراکنده	گستره توانی (کیلووات)	هزینه خرید (دلار)	ضریب بهره[1] (درصد)	ضریب بار[2] (درصد)	ضریب ظرفیت[2] (درصد)	طول عمر (سال)	بازده (درصد)	ثابت بهره‌برداری (دلار در کیلووات بر سال)	متغیر بهره‌برداری (دلار در کیلووات ساعت)
۱	دیزل	۳۰-۵۰۰۰	۴۵۰-۱۴۰۰	۱۷	۶۴/۹	۸۰	۳۰	۲۵-۴۰	۱۰-۱۸	۰/۰۰۵-۰/۰۰۸
۲	میکروتوربین با CHP	۲۵-۲۵۰	۸۰۰-۱۵۰۰	۱۷	۶۴/۹	۹۵	۲۰	۷۰-۸۲	۳-۱۰	۰/۰۰۵-۰/۰۱
۳	توربین صنعتی	۱۰۰۰-۵۰۰۰	۵۰۰-۱۲۵۰	۱۷	۶۴/۹	۷۰	۲۰	۲۵-۴۲	۱۰-۲۵	۰/۰۰۲۵-۰/۰۰۴
۴	توربین باد	۵-۱۵۰۰	۹۰۰-۱۱۰۰	۱۷	۶۴/۹	۳۰	۲۰	۲۰-۴۰	۱۳/۵-۲۲	۰
۵	فتوولتائیک	۱-۱۰۰	۴۰۰۰-۵۰۰۰	۱۷	۶۴/۹	۲۰	۳۰	۵-۱۵	۰	۰/۰۰۱-۰/۰۰۴
۶	سلول سوختی	۵-۲۰۰	۳۰۰۰-۴۰۰۰	۱۷	۶۴/۹	۵۰	۳۰	۷۵-۸۰	۳-۱۰	۰/۰۱۳-۰/۰۱۶
۷	میکروتوربین بدون CHP	۲۵-۲۵۰	۷۵۰-۱۳۰۰	۱۷	۶۴/۹	۹۵	۲۰	۲۰-۳۰	۳-۱۰	۰/۰۰۵-۰/۰۱

۱- ضریب مزبور میزان بهره سرمایه‌گذاری و یا به‌عبارت دیگر بهره وام بانکی اخذ شده برای سرمایه‌گذاری و نصب تولید پراکنده می‌باشد.

۲- ضریب بار شبکه در سال ۱۳۸۰(با توجه به عدم امکان تفکیک انواع مصرف کنندگان از حیث تقاضا و مصرف انرژی الکتریکی، از ضریب بار کل کشور استفاده شده است).

۳- این ضریب برابر نسبت انرژی الکتریکی واقعی تولید توسط تولید پراکنده در یک دوره زمانی به کل انرژی الکتریکی تولیدی در صورتی که آن تولید در دوره زمانی مزبور با ظرفیت کامل بهره‌برداری گردد، می‌باشد (لازم به‌ذکر است که برای افزایش دقت محاسبات ضریب آماده به‌کاری تجهیز نیز در ضریب مزبور ملاحظه گردیده است، این ضریب برابر نسبت ساعات کاری واقعی تولید به کل ساعات ممکن در یک دوره مشخص می‌باشد)

مقادیر نرخ بهره، ضریب بار، ضریب ظرفیت و طول عمر دیزل ژنراتور به ترتیب برابر ۱۷، ۹، ۶۴ و ۸۰ درصد و ۳۰ سال می باشد.
با فرض رابطه نمایی برای تغییرات هزینه سرمایه گذاری نسبت به توان نامی این هزینه را از رابطه زیر می توان محاسبه نمود

$$cc(p)=10^{a.p+b}\ (\$/kw)$$

مقادیر a، b بر مبنای برازش منحنی نمایی روی داده های معلوم به دست آمده که در جدول زیر ارائه شده است.

مقادیر ضرایب رابطه نمایی هزینه سرمایه‌گذاری

تولید پراکنده	ضریب اول (a)	ضریب دوم (b)
دیزل ژنراتور	-۰/۰۰۰۱۰	۳/۱۴۹۱
میکروتوربین با CHP	-۰/۰۰۱۲۱	۳/۲۰۶۴
توربین صنعتی	-۰/۰۰۰۱۰	۳/۱۹۶۴
توربین باد	-۰/۰۰۰۰۶	۳/۰۴۱۷
سلول فتوولتائیک	-۰/۰۰۱۰۰	۳/۶۹۹۹
پیل سوختی	-۰/۰۰۰۶۴	۳/۶۰۵۳
میکروتوربین بدون CHP	-۰/۰۰۱۰۶	۳/۱۴۰۵

هزینه های مزبور برای دیزل ژنراتور مورد نظر برابر ۱۴۰۰ دلار برای هر کیلو وات می باشد. مقدار ضریب بهره که از سر شکن نمودن بهره کل روی سنوات عمر تجهیزات حاصل می شود از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$crf = gr \times (1 + gr)^{lif} / ((1 + gr)^{lif} - 1)$$

(بر حسب درصد)

در این رابطه gr و lif به ترتیب نرخ بهره بانکی و طول عمر دیزل ژنراتور می باشد. پس از تعیین ضریب بهره هزینه هر کیلو وات ساعت نصب تولید پراکنده مطابق رابطه زیر تعیین می گردد:

$$ic(p) = 8000 \times crf / (cf \times lf \times 8760)$$

(ریال در کیلووات ساعت)

در رابطه بالا cf، if به ترتیب ضرایب و بار می باشند و مقدار هزینه مزبور برای دیزل ژنراتور مورد برابر ۴۲۲ ریال برای هر کیلو وات ساعت برآورد می گردد.

ب) هزینه آمادگی به کار

$$oam(p) = oc(P) / (cf \times If \times ۸۷۶۰) + ov(p)$$

(ریال در کیلووات ساعت)

- کمیت های oc (p) و ov (p) به ترتیب مقادیر هزینه های ثابت و متغیر بهره برداری تولید پراکنده در توان نامی p می باشند.

بر اساس محاسبات صورت گرفته مقدار هزینه مزبور برای دیزل ژنراتور مورد نظر برابر ۹۵ ریال برای هر کیلو وات ساعت می باشد.

ج) هزینه سوخت

قیمتهای سوخت تحویلی وزارت نفت

نوع مصرف	قیمت داخلی		قیمت خارجی	
	گازوئیل (ریال در یک لیتر)	گاز طبیعی (ریال در متر مکعب)	گازوئیل (ریال در لیتر)	گاز طبیعی (ریال در متر مکعب)
مسکونی	۱۶۰	۷۵	۱۳/۵×۸۰	۳/۶×۸۰
تجاری	۱۶۰	۱۸۰	۱۳/۵×۸۰	۳/۶×۸۰
کشاورزی	۱۶۰	۱۳۰	۱۳/۵×۸۰	۳/۶×۸۰
صنعتی	۱۶۰	۱۳۰	۱۳/۵×۸۰	۳/۶×۸۰
عمومی	۱۶۰	۱۸۰	۱۳/۵×۸۰	۳/۶×۸۰

تعیین هزینه سوخت مستلزم محاسبه نرخ حرارتی دیزل ژنراتور بوده که بر طبق رابطه زیر تعیین می گردد.

$$hr(p) = {}^{۳۴۱۳}\!/_{(۰۹۰۲ \times .۰۱ \times eff(p))}$$

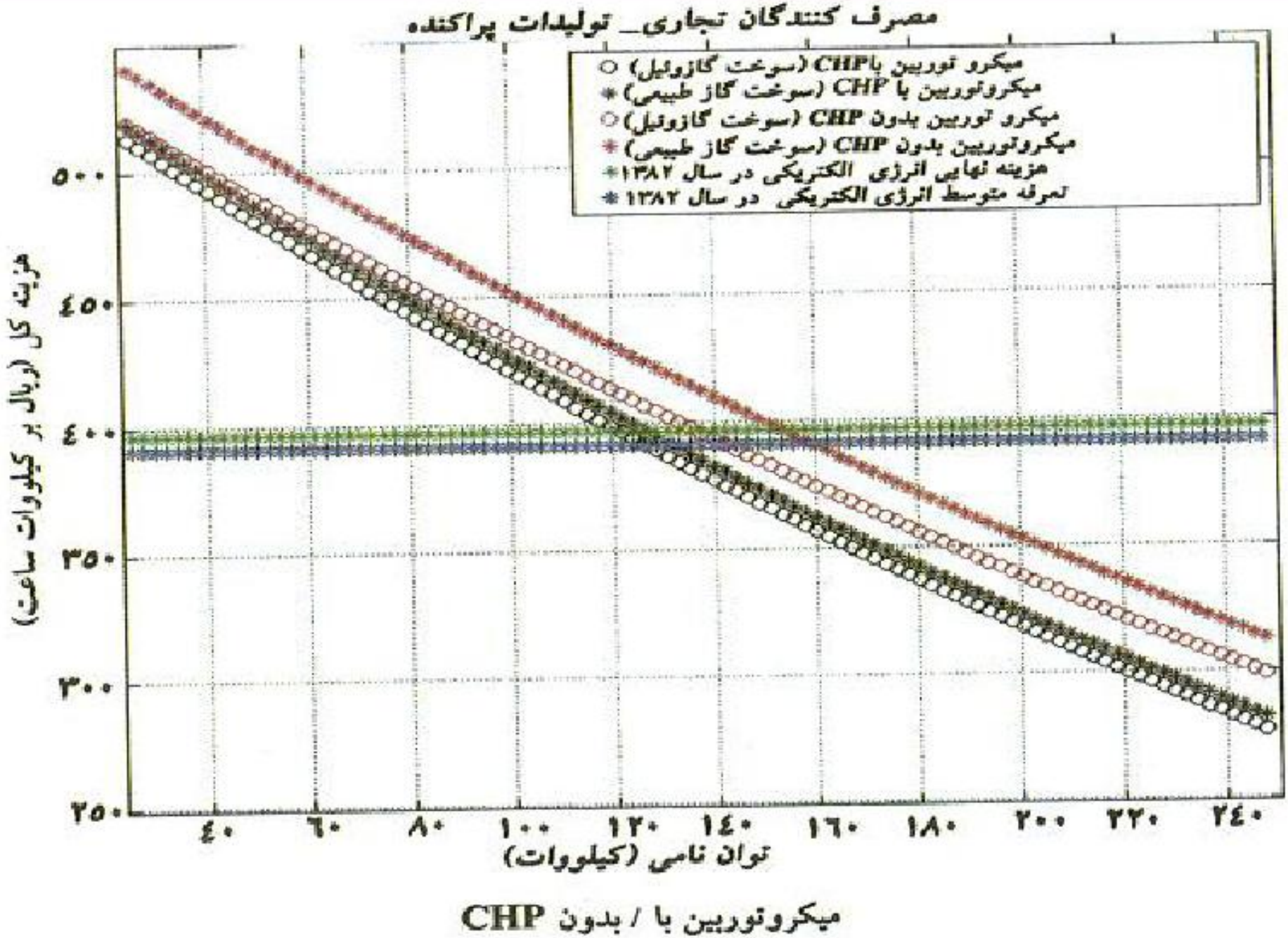
در رابطه قبلی eff(p) بازده تجهیز با توان نامیp می باشد

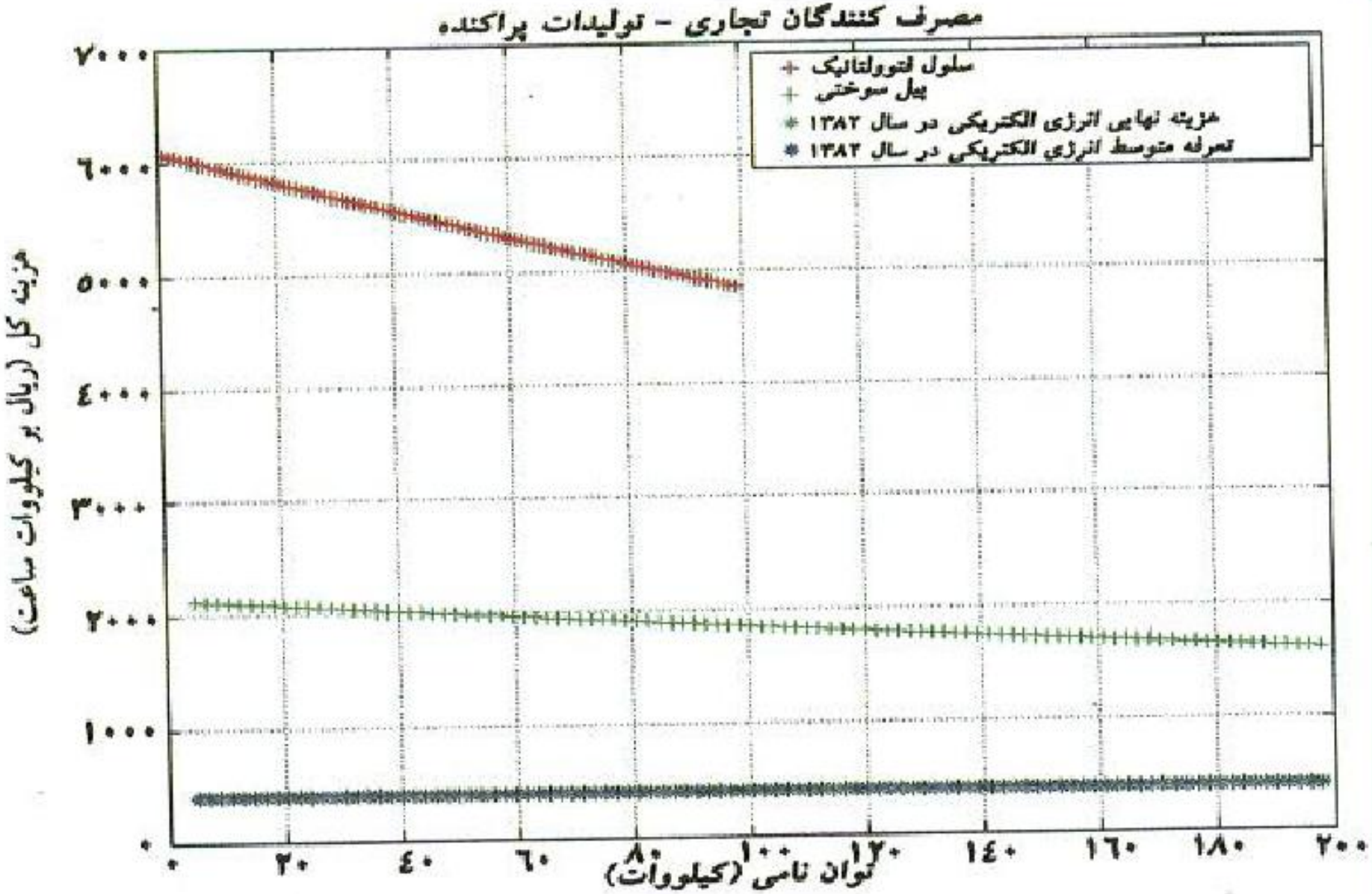
این بازده برای دیزل ژنراتور ۳۰ کیلو واتی ۲۵ درصد در نظر گرفته شده است. با این محاسبه مقدار نرخ حرارتی دیزل ژنراتور برابر ۱۵،۱ (بی تی یو بر کیلو وات ساعت) می گردد.

با محاسبه نرخ حرارتی ، هزینه سوخت از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$fc(p) = hr(p) \times {gc}/{hv}$$

(ریال در کیلووات ساعت)


مصرف کنندگان تجاری_ تولیدات پراکنده
میکرو توربین باCHP (سوخت گازوئیل)
میکروتوربین با CHP (سوخت گاز طبیعی)
میکرو توربین بدون CHP (سوخت گازوئیل)
میکروتوربین بدون CHP (سوخت گاز طبیعی)
هزینه نهایی انرژی الکتریکی در سال ۱۳۸۲
تعرفه متوسط انرژی الکتریکی در سال ۱۳۸۲
هزینه کل (ریال بر کیلووات ساعت)
۵۰۰
۴۵۰
۴۰۰
۳۵۰
۳۰۰
۲۵۰
۴۰
۶۰
۸۰
۱۰۰
۱۲۰
۱۴۰
۱۶۰
۱۸۰
۲۰۰
۲۲۰
۲۴۰
توان نامی (کیلووات)
میکروتوربین با / بدون CHP



سلول فتوولتائیک، پیل سوختی

منحنی تغییرات هزینه کل تولید توسط تولیدات پراکنده برای مصارف تجاری

مقایسه فنی

برخی از مشخصات عملکردی تولیدات پراکنده

معیار / تولید پراکنده	قابلیت دیسپاچینگ	سوخت	چگالی انرژی (کیلووات در مترمربع)	حالت بهره‌برداری
دیزل ژنراتور	دارد	گازوئیل یا گاز	۵۰	بار پایه
میکروتوربین	دارد	چند نوع گاز یا مایع	۵۹	بار پیک، میانی و پایه
توربین صنعتی	دارد	گاز	۵۹	بار پایه، میانی و پیک
باد	—	باد	۰/۰۱	—
فتوولتائیک	—	نور خورشید	۰/۰۲	—
سلول سوختی	دارد	گاز	۱-۳	بار پایه

آلودگی زیست محیطی تولیدات پراکنده(بر حسب پوند برکیلو وات ساعت)

نوع آلودگی / تولید پراکنده	CO	PM_{10}	NO_X	SO_X
دیزل ژنراتور	۰/۰۰۴-۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱۵-۰/۰۳۷	۰
میکروتوربین	۰/۰۰۳-۰/۰۵	۰/۰۰۰۱-۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۵-۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۳
توربین صنعتی	۰/۰۱-۰/۰۵	۰/۰۰۰۱-۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۷-۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۳
باد	۰	۰	۰	۰
فتوولتائیک	۰	۰	۰	۰
سلول سوختی	۰/۰۰۰۰۱	۰	۰/۰۰۰۰۰۲-۰/۰۰۰۰۰۶	۰

اثرات DG بر روی سیستمهای توزیع

اختلال هارمونیکی
اهمیت بارگذاری
فلیکر ولتاژ
تنظیم ولتاژ

Hodadownload.com

اختلال هارمونیکی

$$THD = \frac{V_H}{V_1} * 100$$

THD ، برابر با نسبت مقدار موثر ولتاژ هارمونیکی به مقدار موثر ولتاژ اصلی می باشد .

جدول زیر، ماکزیمم ضریب قدرت یک بار غیر خطی را به ازای اختلالات هارمونیکی در جریان آن، نشان می دهد.

Current THD (%)	Maximum True pf
20	0.98
50	0.89
100	0.71

Hodadownload.com

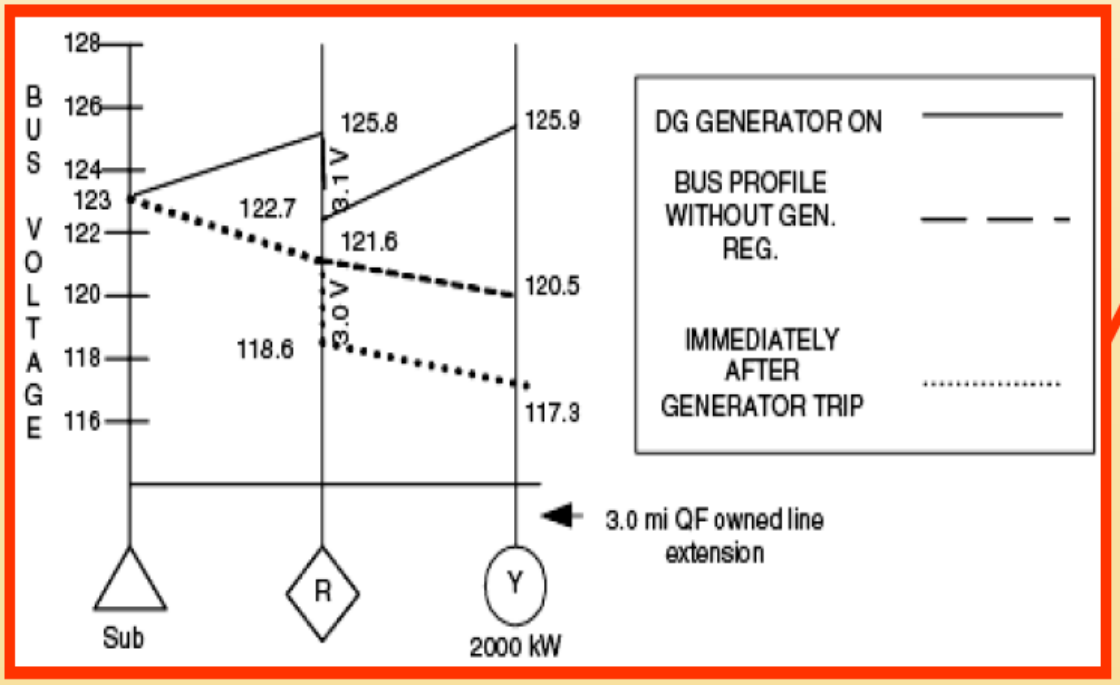
اهمیّت بارگذاری و فلیکر ولتاژ

اگر بارگذاری دقیقا متعادل باشد، افزایش DG به فیدر می تواند موجب برگشت توزیع توان شده و در این هنگام یک نقطه صفر یا یک نقطه نول بر فیدر ایجاد خواهد کرد.

افزایش ولتاژ میان نقطه صفر و واحد DG می تواند موجب قطع ناگهانی ژنراتور از مدار شود.

فلیکر

فلیکر، تغییرات سریع ولتاژ و یا تغییر سریع مقدار موثر ولتاژ بین دو سطح متوالی ولتاژ می باشد



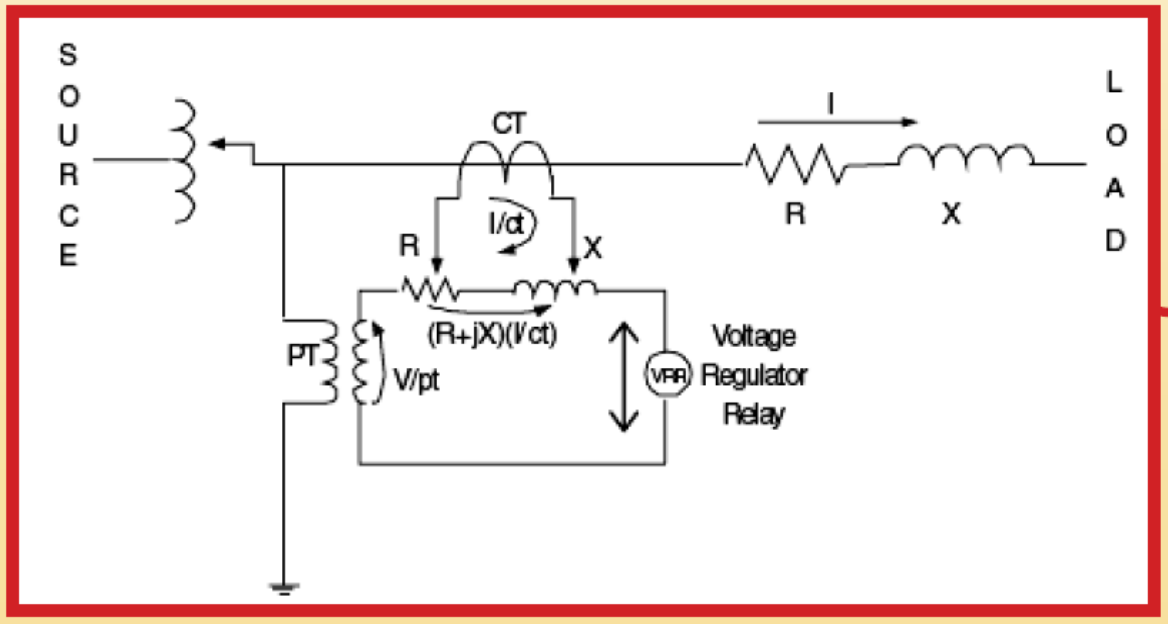
آنالیز گرافیکی حداقل پروفیل ولتاژ بار

ولتاژ فلیکر = 125.9 – 117.3 = 8.6 V

Hodadownload.com

مشکلاتی که در تنظیم ولتاژ ممکن است اتفاق افتد به شرح زیر می باشد.

- کاهش ولتاژ بوسیله رگولاتور جبران کننده افت خط در صورت وجودDG
- تاثیر DG در افزایش ولتاژ
- اثر متقابل تجهیزات تنظیم کننده ولتاژ



مدار جبران کننده افت خط

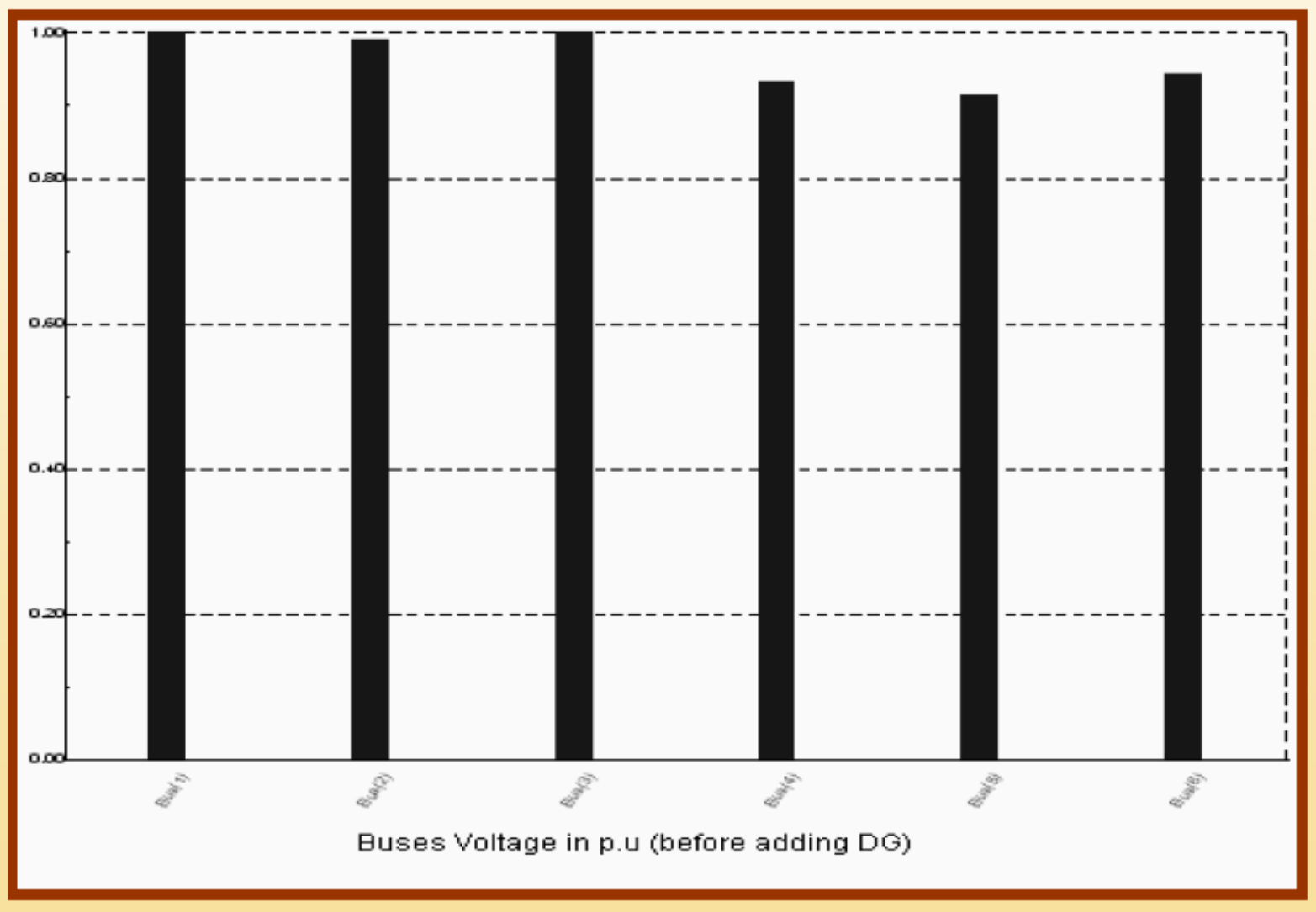
شبیه سازی DG

مشخصات شبکه ۶ باس IEEE

Lines	Length (km)	R(ohm)	X(ohm)	B1(micro s)
L(1)	1	0.89	0.2	400
L(2)	1.5	1.2	0.3	288
L(3)	1.23	1.23	0.738	236.16
L(4)	2	1	0.4	384
L(5)	3	3	1.5	576
L(6)	2	1	1	384
L(7)	1.5	1.5	0.3	192

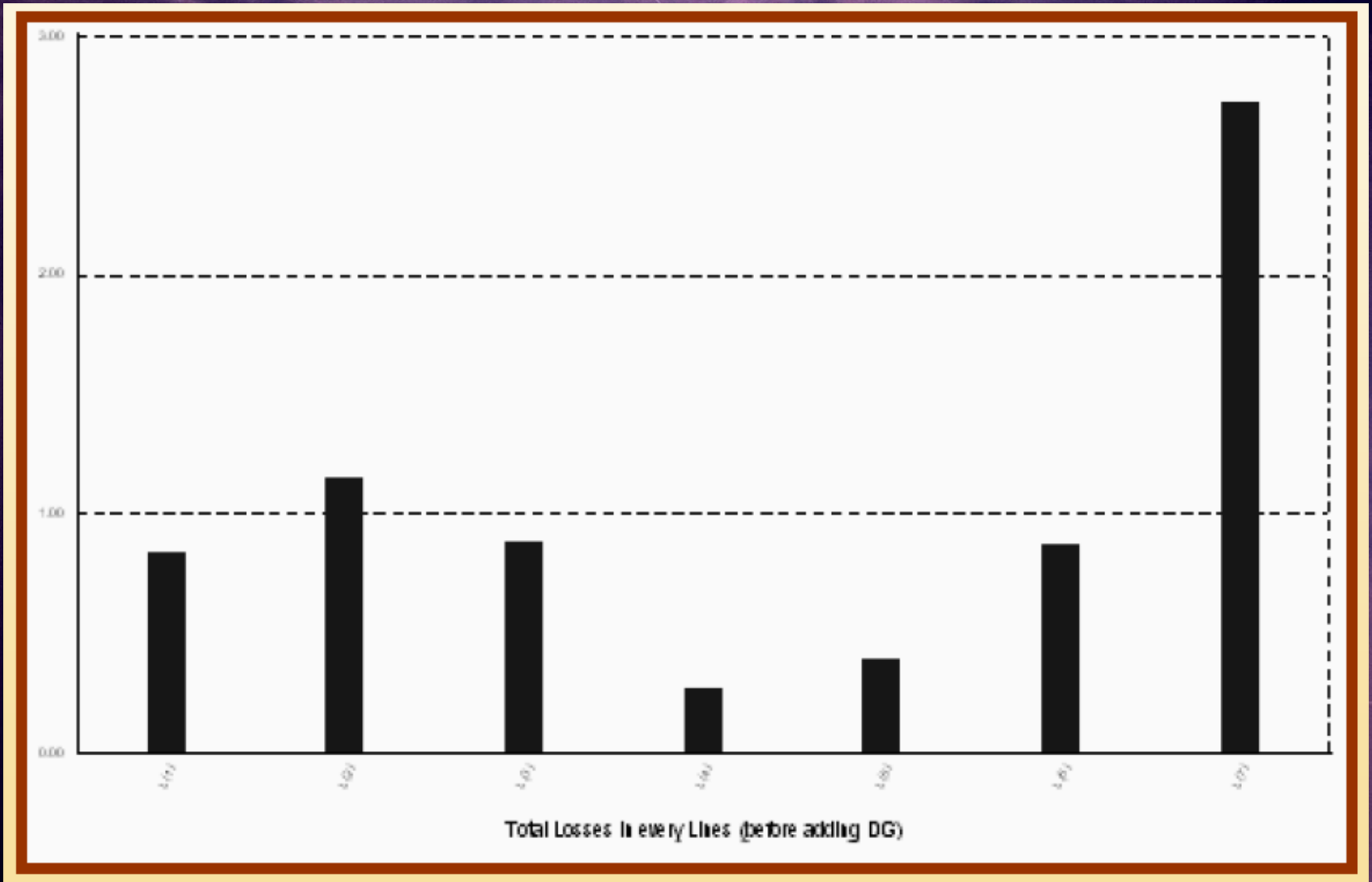
Load	P(MW)	Q(Mvar)	S(Mva)	PF
Load(4)	8	4	8.944272	0.8944272
Load(5)	9	5	10.29563	0.8741572
Load(6)	10	6.5	11.92686	0.8384436
load(2)	6	2	6.324555	0.9486833

پروفیل ولتاژ قبل از نصب DG

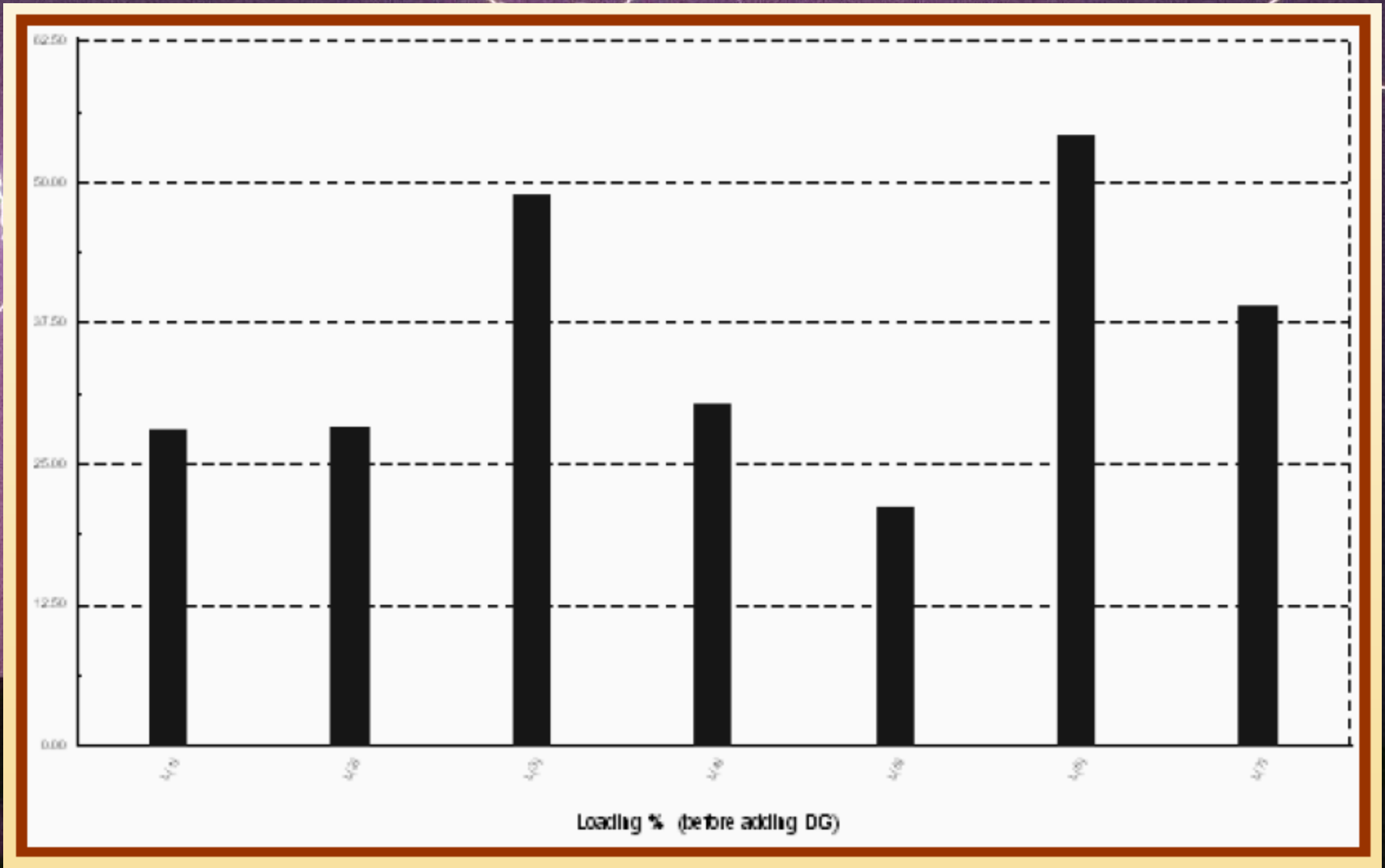


Hodadownload.com

تلفات قبل از نصب DG



بارگیری قبل از نصب DG



Hodadownload.com

پروفیل ولتاژ و تلفات قبل از نصب DG

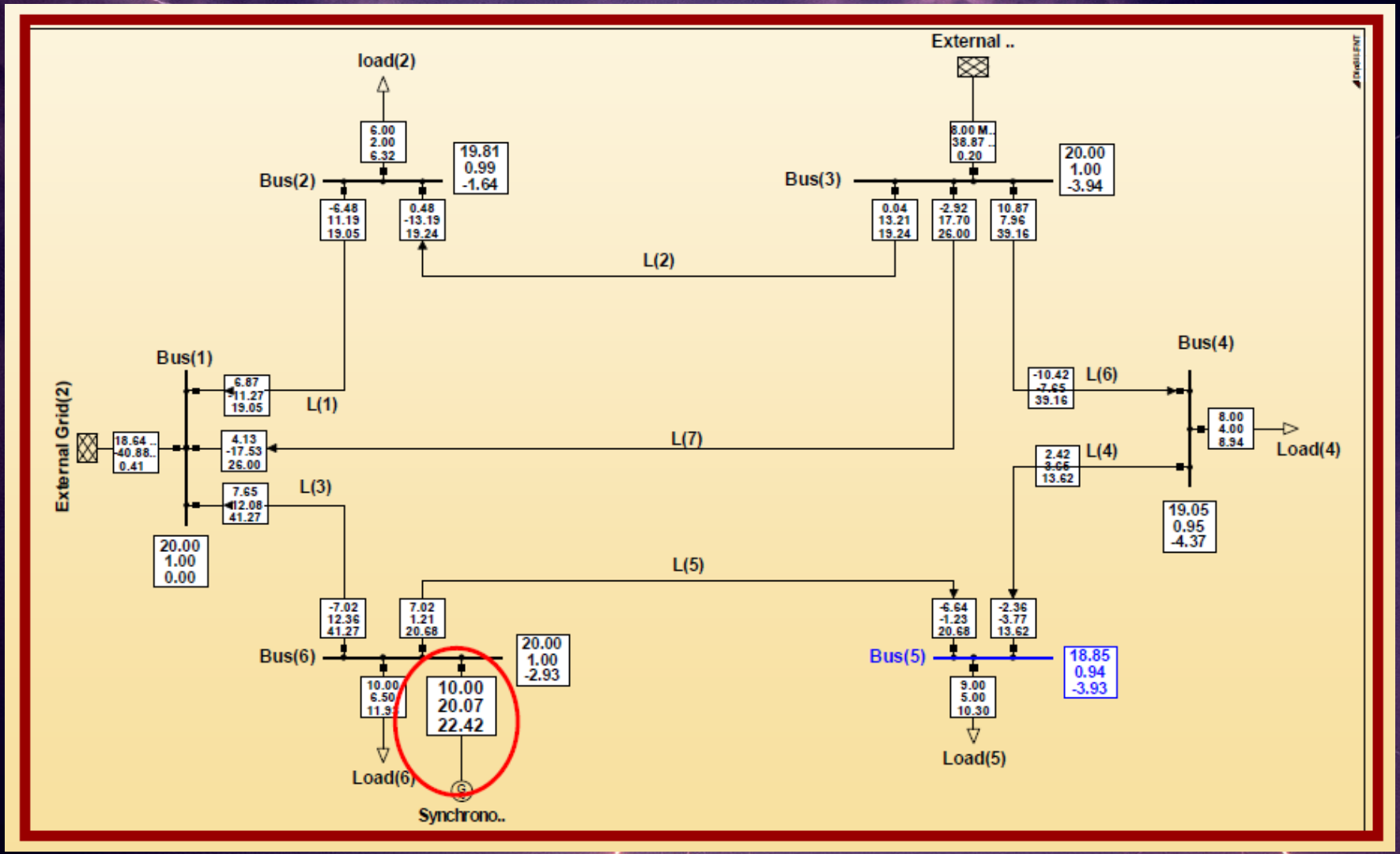
Lines	Loading %	Losses
L(1)	28.05173	0.834268
L(2)	28.33039	1.149093
L(3)	48.82335	0.878824
L(4)	30.19405	0.270125
L(5)	21.09696	0.394038
L(6)	54.11068	0.873484
L(7)	38.96934	2.725966
Sum		7.125798
average	35.653786	

Bus	voltage(p.u)
Bus(1)	1
Bus(2)	0.9897855
Bus(3)	1
Bus(4)	0.9339466
Bus(5)	0.9141221
Bus(6)	0.9433443
average	0.963533083

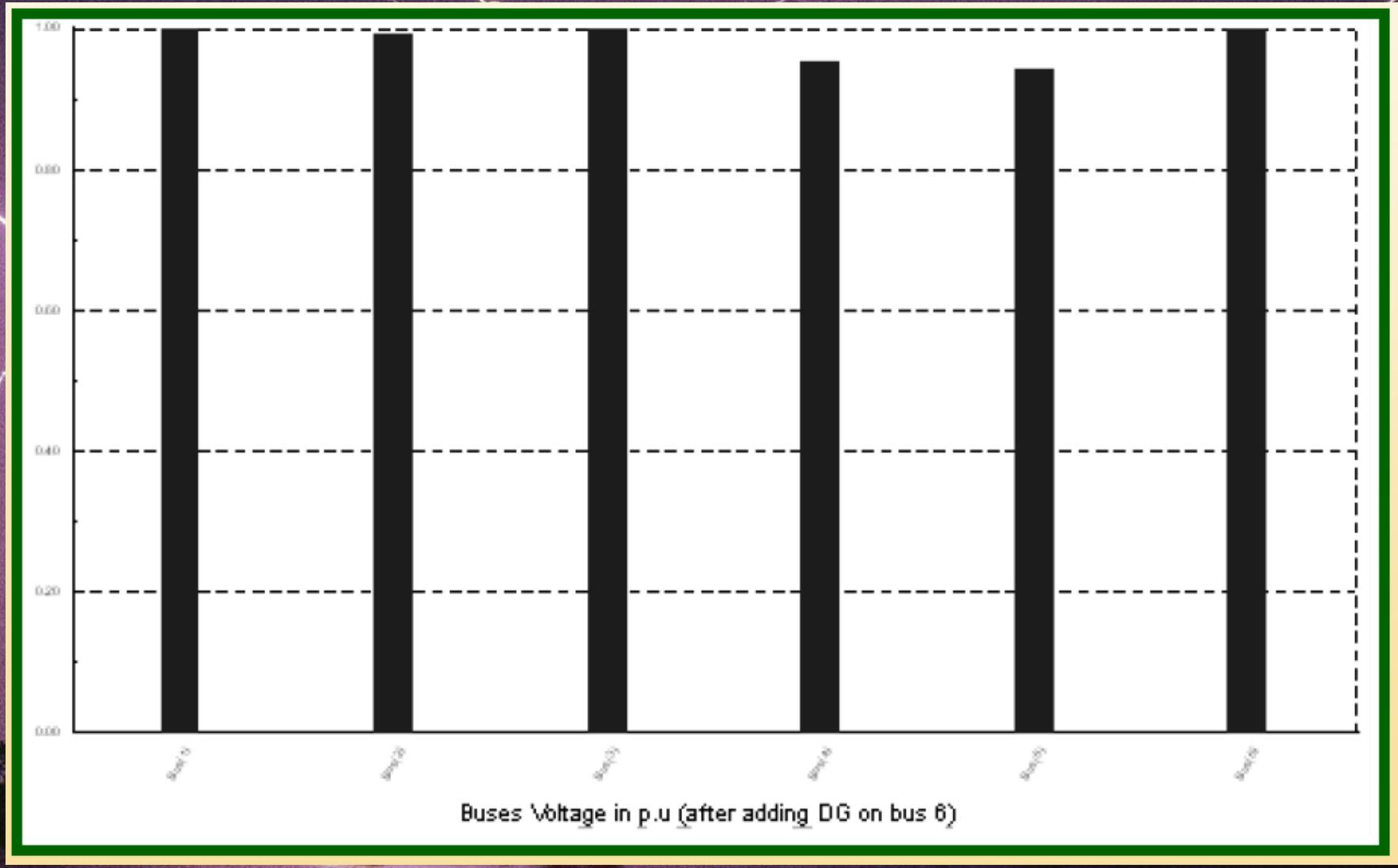
دراین آزمایش توزیع تلفات روی خطوط یکنواخت نمی باشد. به عنوان مثال، درخط L(7) تلفات آن تا ۱۲ مگاوات نسبت به خطوط دیگر بیشتراست

Hodadownload.com

شبکه ۶ باس IEEE پس از نصب DG

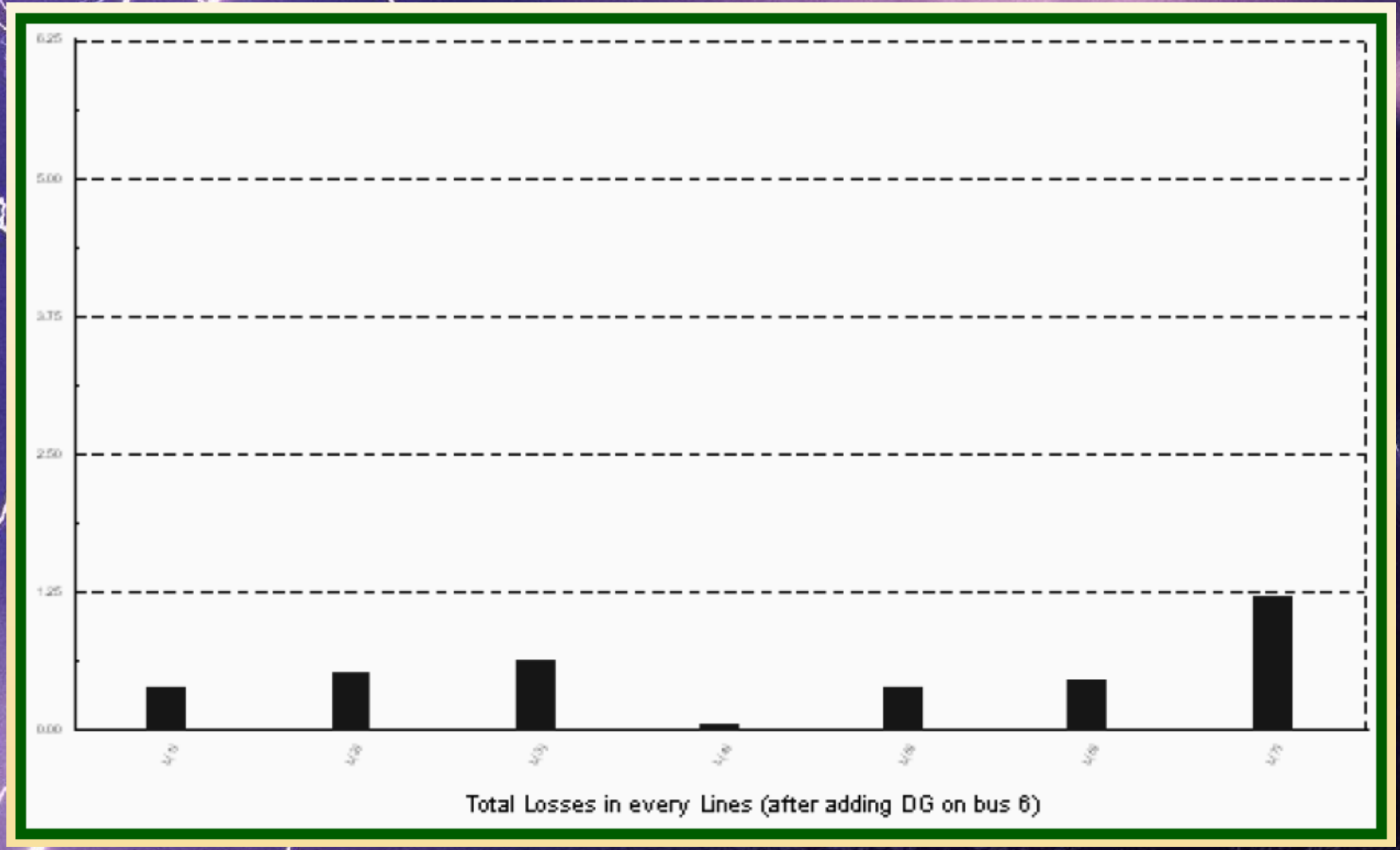


پروفیل ولتاژ بعد از نصبDG در باس ۶



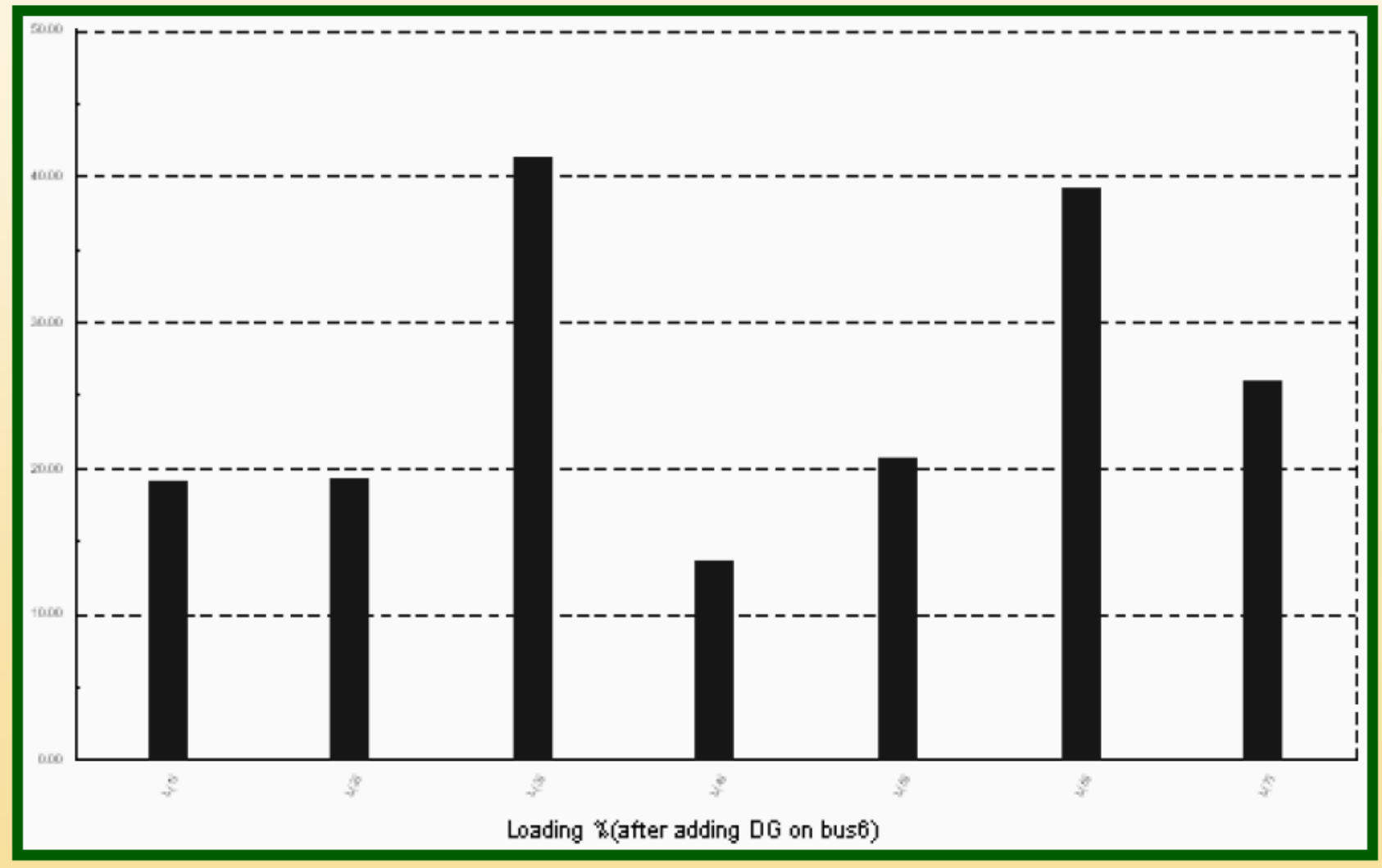
Hodadownload.com

تلفات بعد از نصب DGدر باس ۶



Hodadownload.com

بارگیری بعد از نصب DG در باس ۶



نتایج شبیه سازی DG

Lines	Loading %	Losses
L(1)	19.04528	0.383391
L(2)	19.23555	0.528259
L(3)	41.27043	0.624997
L(4)	13.61639	0.054189
L(5)	20.67694	0.382739
L(6)	39.15864	0.457096
L(7)	25.99815	1.211583
Sum		3.642253
average	25.571626	

Bus	voltage(p.u)
Bus(1)	1
Bus(2)	0.9907164
Bus(3)	1
Bus(4)	0.9527489
Bus(5)	0.9425309
Bus(6)	1
average	0.980999367

بهبود ولتاژ باس ها

کاهش تلفات نسبت به حالت بدون DG (۲ مگاوات)

توزیع یکنواخت تلفات روی خطوط نسبت به حالت بدون DG

کاهش بار خطوط ۲،۱ و ۴

Hodadownload.com

نتیجه گیری

اتصال واحدهای تولید پراکنده (DG) به شبکه برق می تواند

احداث خطوط جدید را به تعویق اندازد

با تولید و ارسال توان بیشتر راندمان شبکه را افزایش دهد

فیدرهای پربار شبکه را کاهش دهد

مسیرهای انتقال توان شبکه را کاهش دهد

تلفات شبکه را کاهش دهد

Hodadownload.com

منابع:

نقش تولید پراکنده در سیستم های قدرت
دکتر محسن کلانتر

مطالعه توسعه تولید پراکنده
دکتر مهدی صلاح نادری

Hodadownload.com

با تشکر

مدیریت تراکم در روز بهره‌برداری بازار و پس از بروز پیشامد و وقوع تراکم

	پرداختی بابت انرژی	پرداختی بابت فرصت از دست رفته	جمع پرداختی به تولیدکنندگان
قطع خط ۳-۱۸ با دوباره توزیع کردن	۱۴۲۷۳۱	۴۷۵۶	۱۴۷۴۸۷
قطع خط ۳-۱۸ با روش پیشنهادی	۱۴۴۲۱۶.۶	۸۱.۹	۱۴۴۲۹۸.۵
قطع خط ۱۶-۱۷ با دوباره توزیع کردن	۱۴۲۱۰۸.۶	۳۸۶۸	۱۴۵۹۷۶.۶
قطع خط ۱۶-۱۷ با روش پیشنهادی	۱۴۳۳۵۳	۲۰۶	۱۴۳۵۵۹
قطع خط ۲۶-۲۹ با دوباره توزیع کردن	۱۴۶۰۸۲.۶	۲۲۴۰.۵	۱۴۸۳۲۳.۱
قطع خط۲۶-۲۹ با روش پیشنهادی	۱۴۶۵۰۴.۲	۹۳۲.۵	۱۴۷۴۳۶.۷

خودكفايي در ساخت تجهيزات مورد نياز

- ✓ بهره گيري از عقد قراردادهاي خريد انبوه براي انتقال دانش فني و ساخت داخل تجهيزات و اجراي داخلي طرح ها
- ✓ ساخت تمام تجهيزات مورد نياز شبكه هاي توزيع و تقريباً تمام تجهيزات شبكه هاي انتقال در داخل كشور
- ✓ ساخت بيش از هشتاد درصد تجهيزات نيروگاههاي حرارتي و آبي در داخل كشور
- ✓ ارائه تمام خدمات مشاوره و پيمانكاري و مديريت پروژه توسط شركتهاي ايراني

خودکفايي در ساخت تجهيزات مورد نياز

نمايی از يک توربين ساخته شده در کارخانه توربين مپنا (توگا)

ساخت توربين هاي گازي نوع V94.2 باظرفيت ۱۶۰ مگاوات، با توربين‌هاي بخار نوع (E ظرفيت ۱۵۰ مگاوات و سيستم کنترل و ابزار دقيق (I & C

امکان ساخت توربين‌هاي بخار نوع KN از ظرفيت تا حدود ۳۰۰ مگاوات

خودکفايي در ساخت تجهيزات مورد نياز

(کارخانه ژنراتورسازی مپنا (پارس ژنراتور نمایی از

سازنده انواع ژنراتور تا ظرفيت ۲۵۰ مگاوات (نيروگاه هاي آبي) و
(مگاوات آمپر (نيروگاه هاي حرارتي ۴۰۰