

تولید پراکنده

فصل اول:

مقدمه

۱- تاریخچه:

شروع تولید انرژی برق:

✓ نامتمرکز و پراکنده برای محدوده های جغرافیایی محدود

✓ گسترش تعداد شرکت های خدماتی برق رسانی محلی.

ضرورت‌های تولید متمرکز:

✓ اقتصادی بودن (هزینه تولید پایین)

✓ تولید پشتیبان و رزرو (کیفیت توان)

✓ قابلیت اطمینان بالا و ایمنی

باعث حرکت از تولید نامتمرکز به سوی تولید متمرکز گردید.

ضرورت‌های جدید:

✓ رشد مصرف-محدودیت‌های اقتصادی-جغرافیایی انتقال

✓ اقتصادی شدن تولید برق از منابع تجدید پذیر

▪ پیشرفت فناوری های تولید برق از منابع تجدید پذیر

▪ پیشرفت فناوری های الکترونیک قدرت

▪ بازار رقابتی برق (خصوصی سازی و مقررات زدایی شرکت های توزیع)

✓ مسائل زیست محیطی

✓ مشکلات امنیت و قابلیت اطمینان

باعث گرایش دوباره به سمت تولید نامتمرکز (پراکنده) گردید.

تعاریف:

۱- منبع تولید توان با ظرفیت محدود (!؟) ← ناقص

۲- منبع تولید توان الکتریکی که مستقیماً به شبکه

توزیع یا به مصرف کننده متصل است ← کامل

تولید پراکنده
تولید نامتمرکز

Distributed Generation

Dispersed Generation

Embedded Generation

Distributed Resources

Distributed Utility

۲- ویژگی‌های منابع تولید پراکنده (DG):

الف- سطح ولتاژ:

فشار متوسط: $۱۱kV$ ، $۲۰kV$ ، $۳۳kV$

فشار ضعیف: $۴۰۰V$

ب- ظرفیت تولید:

EPRI:

$1kW < P < 50MW$

Gas Research Ins.:

$2MW < P < 25MW$

Preston & Rostler:

$1kW < P < 100MW$

Cardell:

$500kW < P < 1 MW$

Cigre:

$50kW < P < 100 MW$

ج- منابع اولیه انرژی:

۱- تجدید ناپذیر (سوخت فسیلی)

۲- تجدید پذیر

د- فناوری تولید:

۱- فناوری قدیمی: موتورهای احتراقی، دیزل، توربین گاز،...

۲- فناوری نو: پیل های سوختی، مبدل های قدرت،...

هـ- بهره برداری

مواردی که باید بررسی شوند:

- قابلیت دیسپاچینگ

- برنامه پذیری

- امکان عملکرد مستقل

نقش منبع تولید پراکنده پس از بهره برداری:

۱- نقش نیروگاه مستقل برق (IPP: Independent Power Producer)

۲- نقش مدیریت بار (کاهش دهنده بار شبکه)

۳- نقش رزرو چرخان

۳- دسته بندی

Micro DG: $P < 5\text{kW}$

Small DG: $5\text{kW} < P < 5\text{MW}$

Medium DG: $5\text{MW} < P < 50\text{MW}$

Large DG: $50\text{MW} < P$

فصل دوم:

معرفی منابع انرژی

۱- دسته بندی منابع انرژی

✓ منابع انرژی فناپذیر (تجدیدناپذیر)

✓ منابع انرژی تجدیدپذیر

۲- منابع انرژی فناپذیر

- ✓ انرژی زغال سنگ
 - ✓ انرژی نفت خام
 - ✓ انرژی گاز
 - ✓ انرژی هسته‌ای
 - ✓ سوخت‌های شیمیایی
 - ◀ هیدروژن به عنوان سوخت
 - ◀ گداحت هسته‌ای
- پیش بینی برای سال ۲۰۱۰
- پیش بینی برای سال ۲۰۵۰

توجه: با شروع مسئله بحران انرژی (۱۹۷۰) و امنیت انرژی و ...

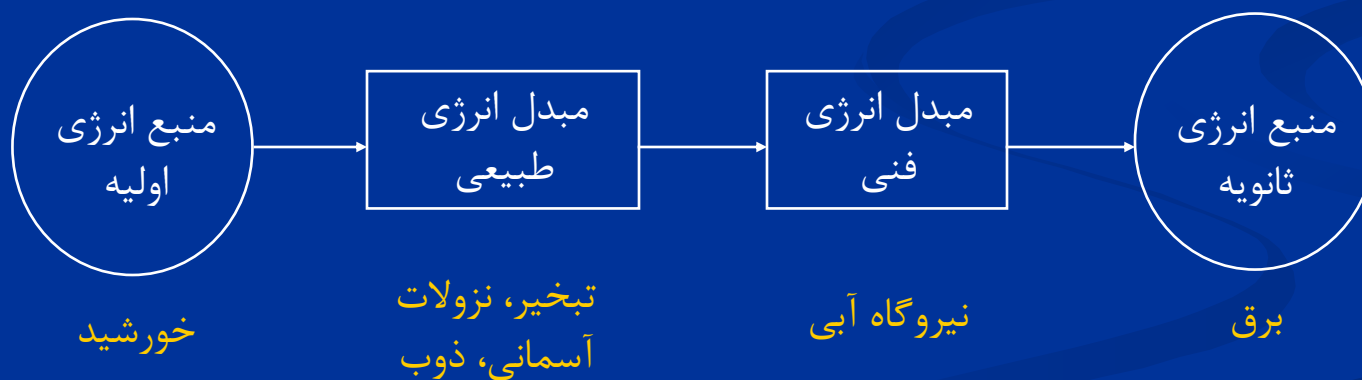
- ✓ اهمیت انرژی هسته‌ای
- ✓ اهمیت کاربرد تکنولوژی پیشرفته
- ✓ اهمیت توسعه منابع تجدید پذیر
- ✓ افزایش تولید سوخت‌های فسیلی
- ✓ بهینه سازی مصرف (حمل و نقل-نزدیکی محل کار و زندگی)

۳- منابع انرژی تجدید پذیر

✓ خورشید

✓ زمین

✓ ماه



منابع انرژی وابسته به خورشید

✓ انرژی آب

✓ انرژی باد

- باد
- امواج

✓ انرژی تشعشعی

- جریان اقیانوسها
- گرمایش سطح اتمسفر زمین
- تشعشع خورشیدی

✓ بیوماس

منابع انرژی وابسته به زمین

✓ انرژی زمین گرمایی

منابع انرژی وابسته به ماه

✓ انرژی جزر و مد

۳- ویژگی‌های منابع انرژی تجدیدپذیر

+ تجدید پذیر بودن

+ پتاسیل بالا

+ آلودگی زیست محیطی کم

+ تنوع در تولید

- هزینه سرمایه گذاری بالا

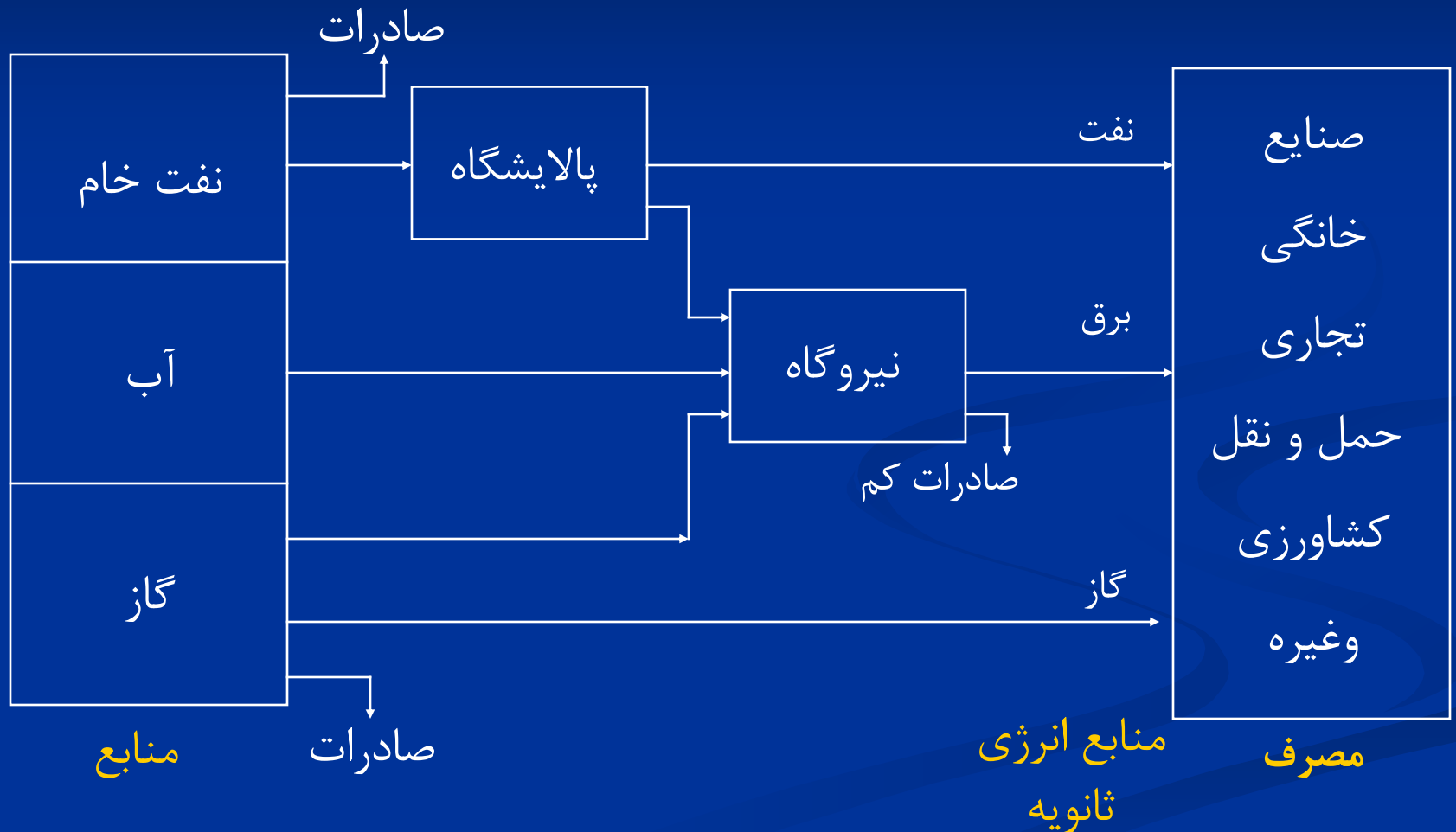
- محدود به موقعیت جغرافیایی خاص

- چگالی انرژی کم

- پیچیدگی تکنولوژیکی

- مشخصه خروجی متغیر

۴- ترکیب منابع انرژی در سمت مصرف

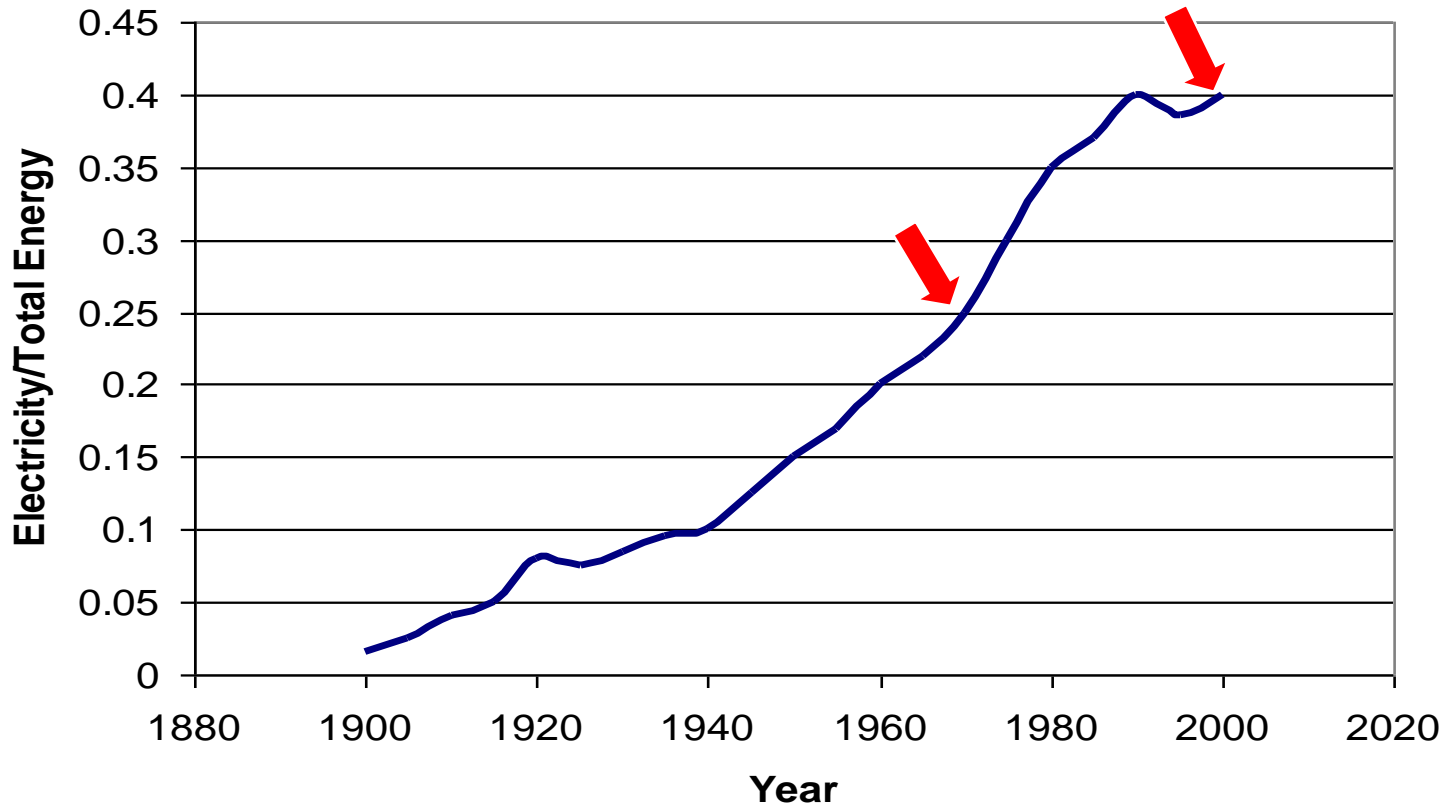


چرا مصرف‌کنندگان برق را انتخاب می‌کنند؟

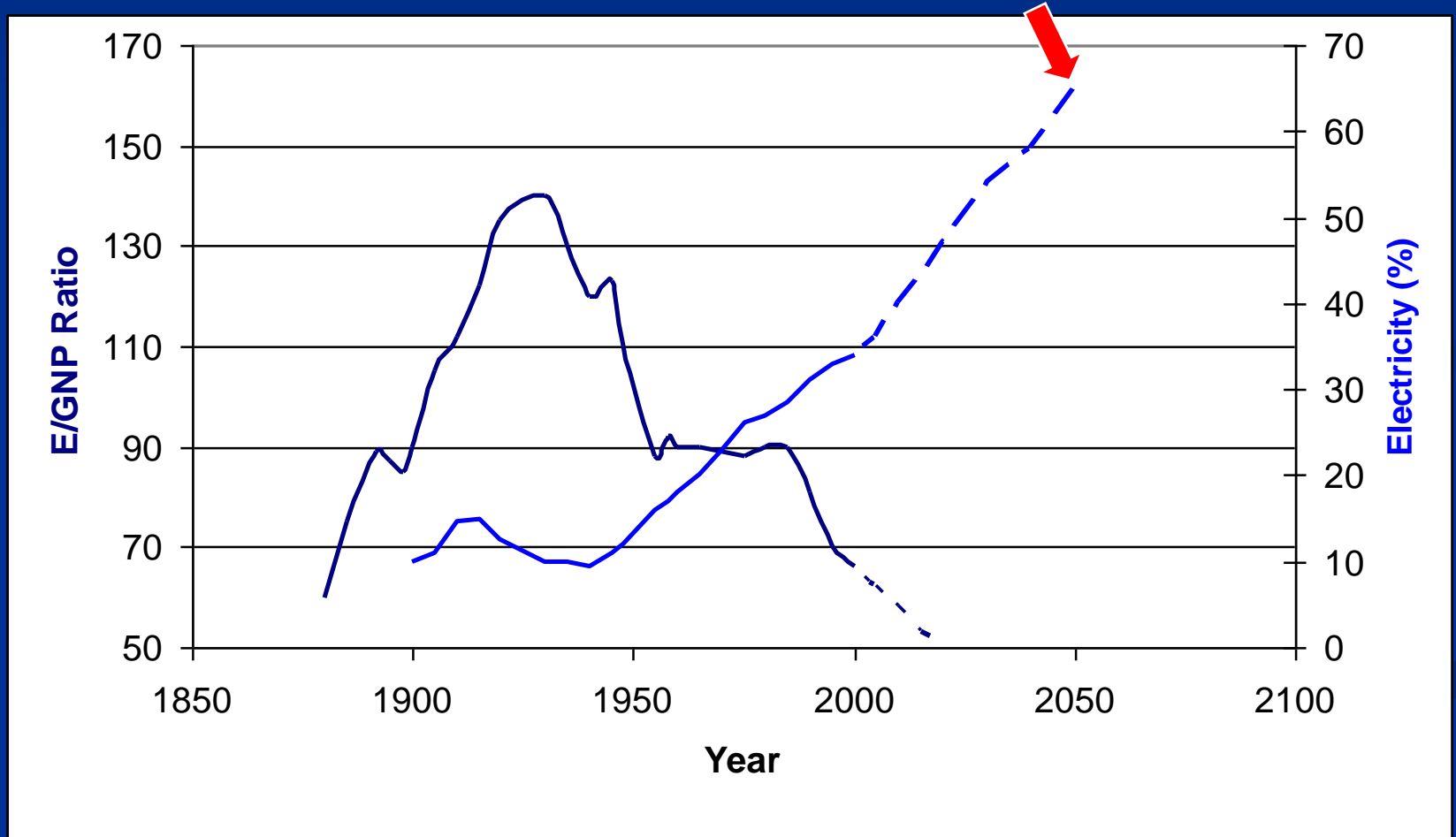
- ✓ کنترل آسان مصرف برق
- ✓ امکان انتقال سریع این نوع انرژی
- ✓ عدم آلودگی در محل مصرف
- ✓ سهولت در تغییر شکل آن به اشکال دیگر انرژی

مصرف برق در آمریکا

۴۰٪ مصرف انرژی برقی است.



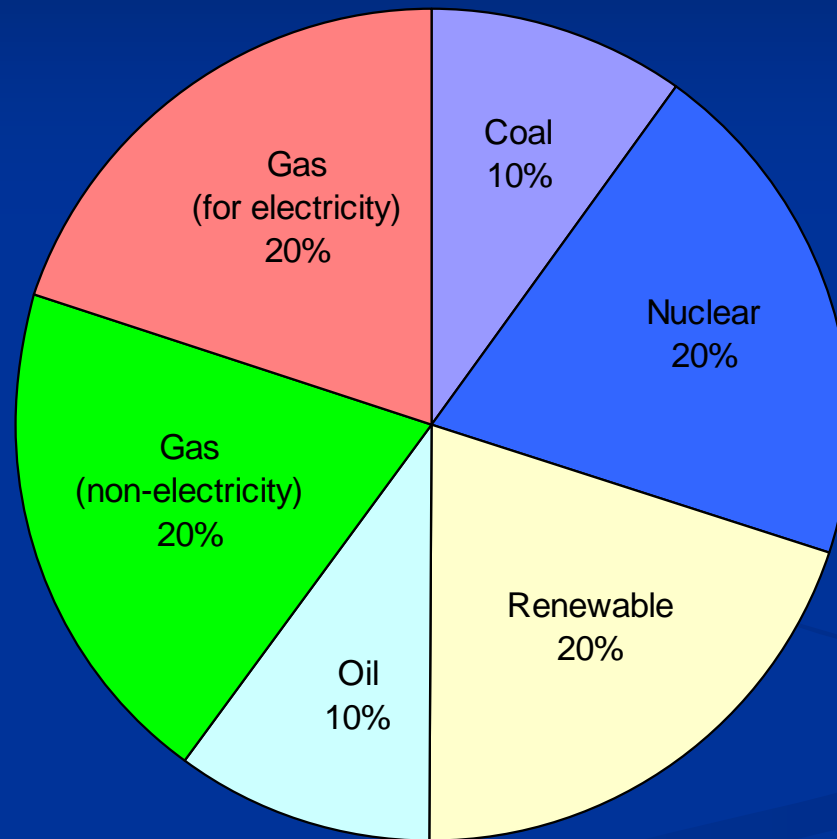
۶۵٪ مصرف انرژی تا سال ۲۰۵۰ از نوع انرژی الکتریکی است



پیش بینی مصرف انرژی در سال ۲۰۵۰

فسیلی	60% ✓
گاز برای مصارف برقی	20% ▪
گاز برای مصارف غیر برقی	20% ▪
نفت	10% ▪
زغال سنگ	10% ▪
هسته‌ای	20% ✓
تجدید پذیر	20% ✓

پیش بینی مصرف انرژی در سال ۲۰۵۰



پیش بینی های آژانس بین المللی انرژی

- ✓ افزایش تقاضای انرژی
- ✓ حفظ برتری سوختهای فسیلی
- ✓ اهمیت مسئله امنیت انرژی
- ✓ سرمایه گذاری ۱۶۰۰۰ میلیارد دلاری در بخش انرژی
- ✓ افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO₂)
- ✓ تغییر شاخص توسعه
 - سرانه مصرف انرژی
 - سهم انرژی صنعتی در کل انرژی
 - افزایش سهم جمعیت برق دار از کل مصرف

فصل سوم:

مزایا و معایب کاربرد DG

۱- مزایای کاربرد تولید پراکنده

۱- کارکرد به عنوان پشتیبان ظرفیت شبکه Capacity Support

تولید DG ← آزادسازی ظرفیت انتقال

۲- پشتیبانی ظرفیت اضطراری شبکه ← کاهش حجم خاموشی

۳- راه اندازی از حالت خاموش Black Start

تولید DG ← ایجاد جزیره های کوچک ← راه اندازی ساده تر شبکه

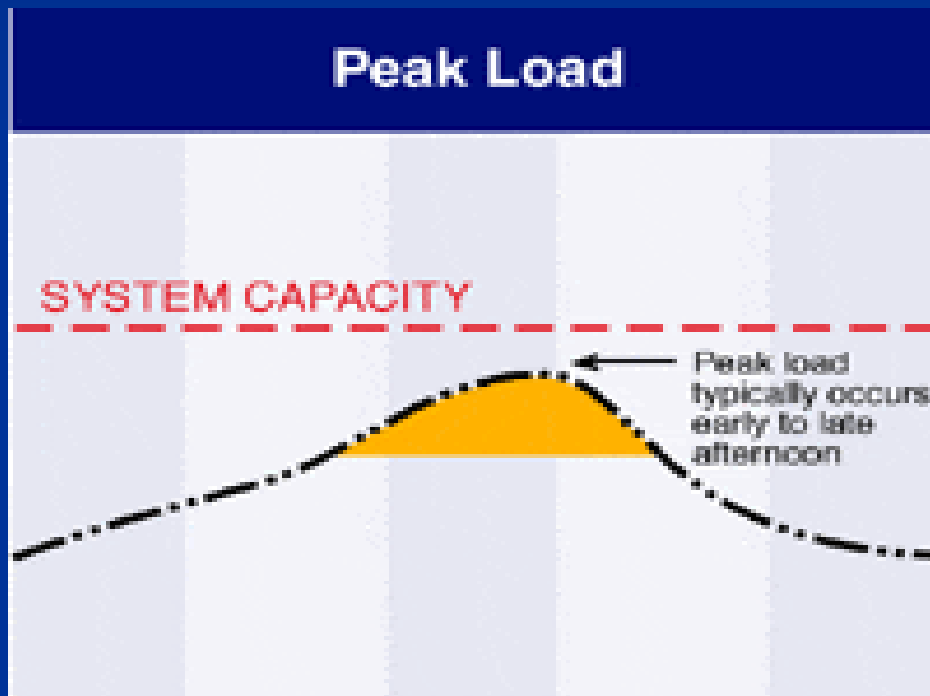
۴- تولید همزمان برق و گرما (CHP)

استفاده از حرارت تولید شده هنگام تولید برق

$$\eta = \frac{P_e + P_{Thermal}}{P_{in}} \quad \uparrow$$

۵- پیک سایه Peak Shaving

هزینه تولید برق در حالت پیک ↑ ← DG منبع کم هزینه برای بار پیک
تولید DG در شرایط پیک ← کاهش بارگذاری ← کاهش حرارت تجهیزات
← افزایش طول عمر تجهیزات



۶- قابلیت اطمینان بالا، مناسب برای تغذیه بارهای حساس

۷- ذخیره چرخان (Spinning Reserve)

DG سنکرون شده با شبکه به صورت بی بار ← تولید سریع در مواقع ضروری

۸- ذخیره نیمه چرخان (Non-Spinning Reserve)

DG با راه اندازی سریع به عنوان ذخیره غیر چرخان اما مؤثر

۹- تعادل پخش بار

کنترل DG در جهت متعادل کردن شرایط حالت ماندگار

۱۰- پشتیبانی ولتاژ (V) و توان راکتیو (Q)

هدف اصلی تولید توان اکتیو (P)، اما در کنار آن تولید توان راکتیو (Q) (در بعضی تکنولوژی ها)

کنترل V یا Q ← بهبود پروفیل ولتاژ ← کاهش تلفات

۱۱- بهبود کیفیت توان (در بعضی موارد)

۱۲- به تأخیر انداختن سرمایه گذاری در سیستم انتقال

۱۳- نصب و راه اندازی سریع

۱۴- آلودگی کمتر محیط زیست نسبت به تولید متمرکز

قابل نصب در محل مصرف

...

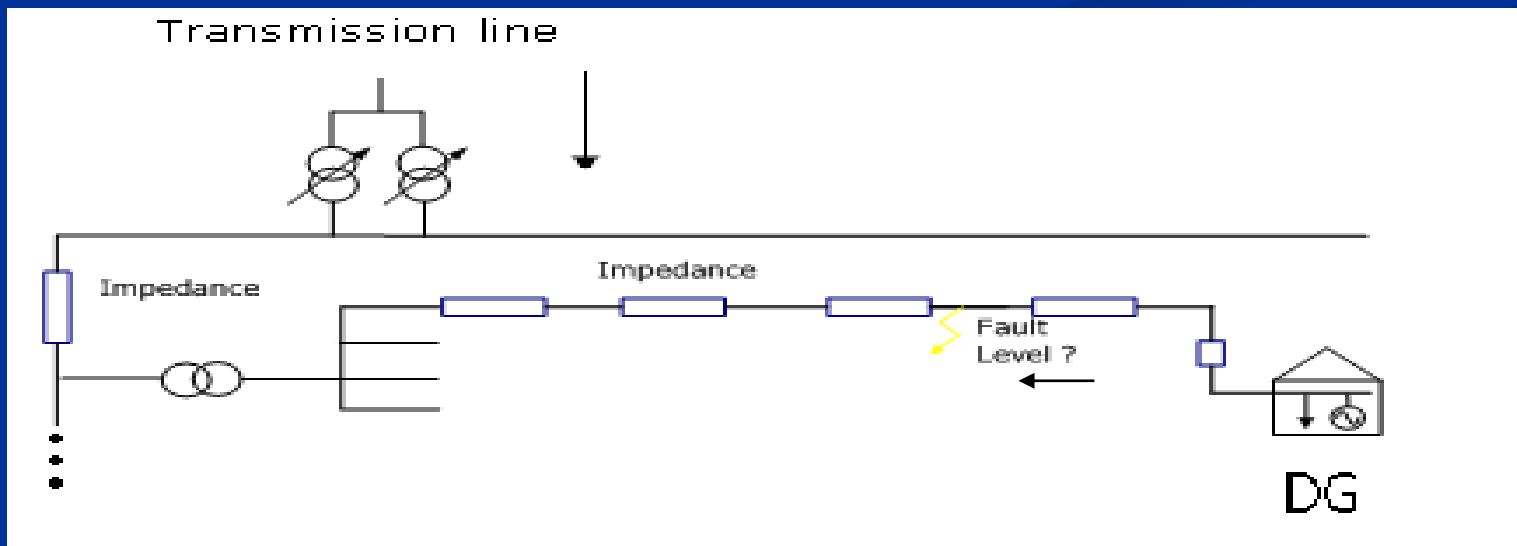
۲- معایب و معضلات منبع تولید پراکنده

۱- دشواری کنترل (خصوصاً در حالت مجزا /جزیره ای / Stand alone)

۲- به هم زدن تنظیم تجهیزات حفاظتی

حضور DG در شبکه توزیع، ساختار درختی شبکه را بر هم میزند!

۳- افزایش جریان اتصال کوتاه



۴- دشواری سنکرون کردن با شبکه (از حالت کارکرد مجزا به حالت متصل)

۵- انتخاب محل نصب منبع تولید پراکنده



۶- نامیسر بودن بهره برداری در مناطق شهری (در پاره ای موارد)

۷- موضوع پایداری (باید در هر طرح بررسی شود)

۸- دیسپاچینگ

لزوم اسکادا در سطح توزیع ← بالا رفتن هزینه

۹- منبع تولید پراکنده خصوصی (پیچیده شدن تجدید ساختار)

فصل چهارم:

فناوری‌های منابع تولید

پراکنده

■ **Distributed Energy Resources:**

- Photo Voltaic Energy

- Wind Energy

- Fuel Cells

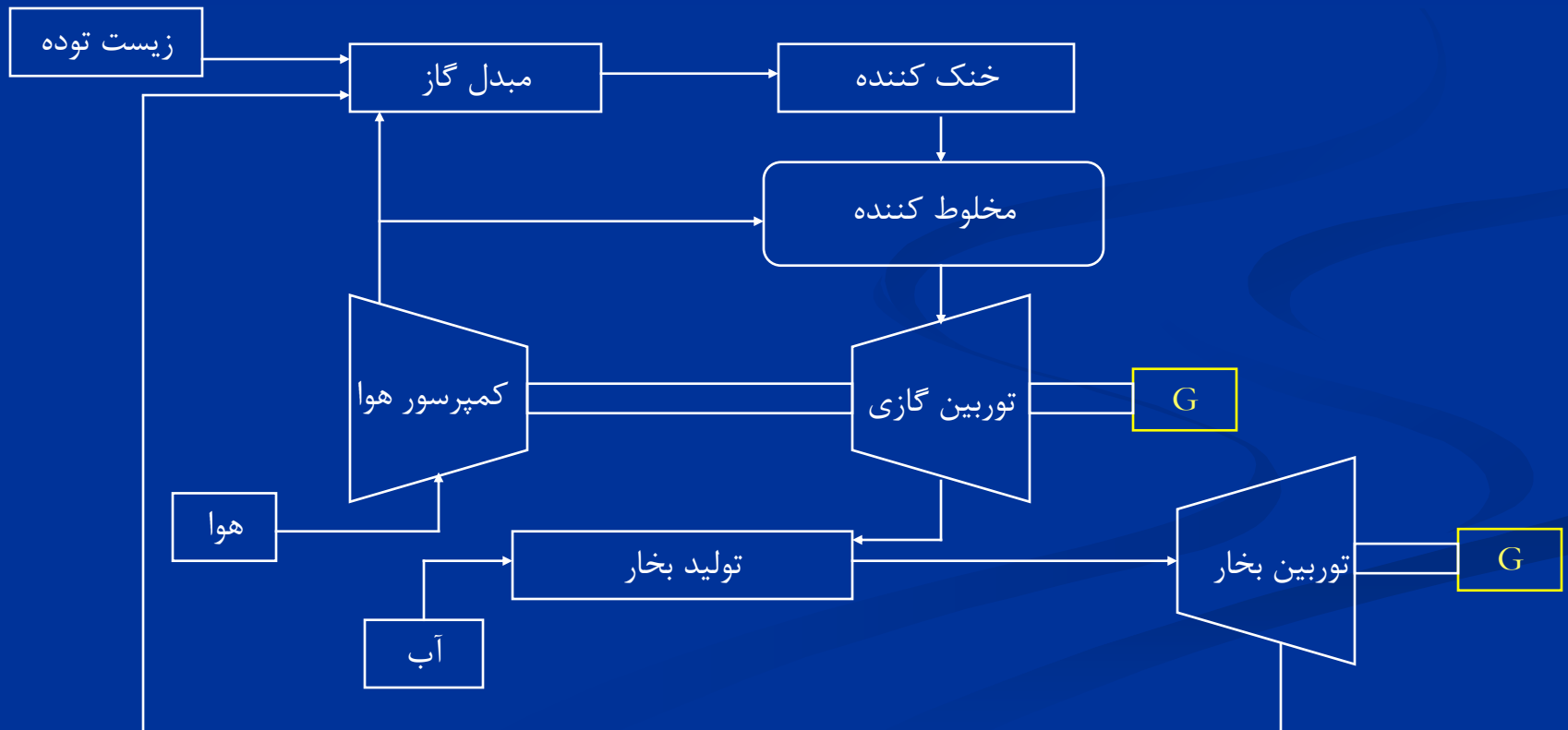
- Micro-Turbines

- Storage Devices

....

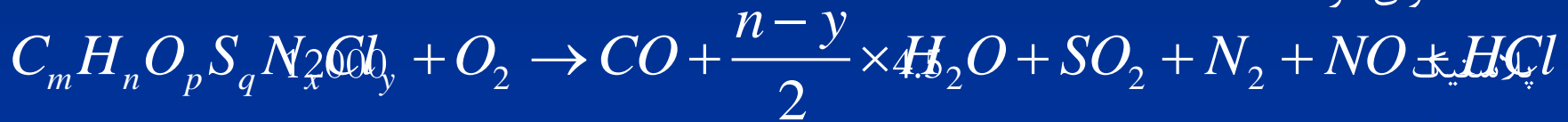
۱- زیست توده Biomass

- موادی هستند که از موجودات زنده به دست می آیند
- سوزاندن مستقیم زیست توده در کوره‌هایی شبیه کوره‌های سوخت زغال سنگ و در نتیجه تولید انرژی



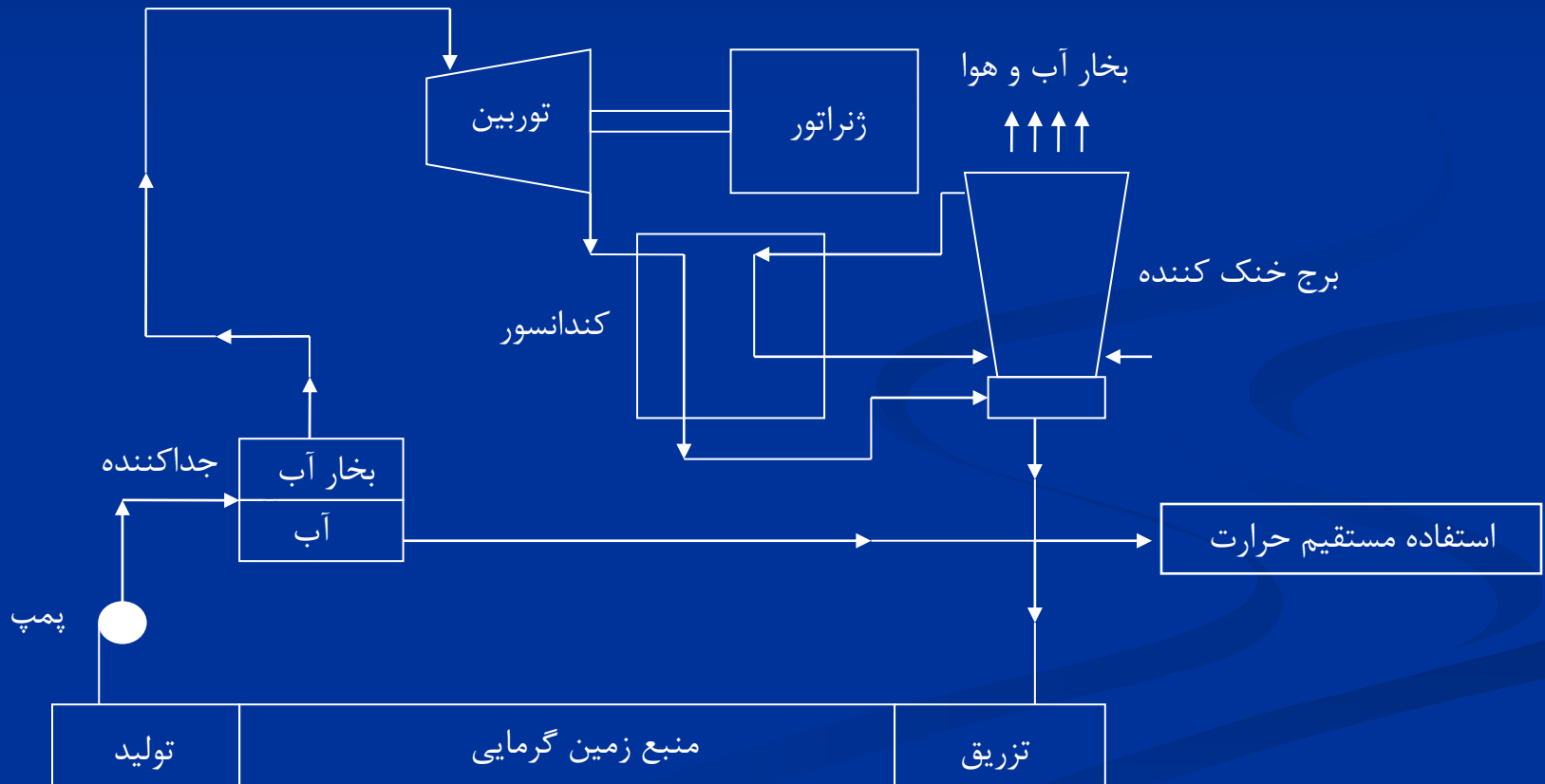
۲- نیروگاه زباله سوز

منابع زباله	درصد استفاده	ارزش گرمایی (Btu/Pound)
روزنامه-مجله واکنش سوختن زباله	18	8900
کاغذ-مقوای نازک	20	8900
پلاستیک	20.00	2000
پلاستیک فشرده	4.2	16700
نخ	3.3	9000
شیشه	5.8	0
زباله های گیاهی	20.2	8200
زباله های آهنی	5.7	0
زباله های آلومینیومی	1	0
چوب	7.3	8400
لاستیک	-	15000
خاک روبه	10	0

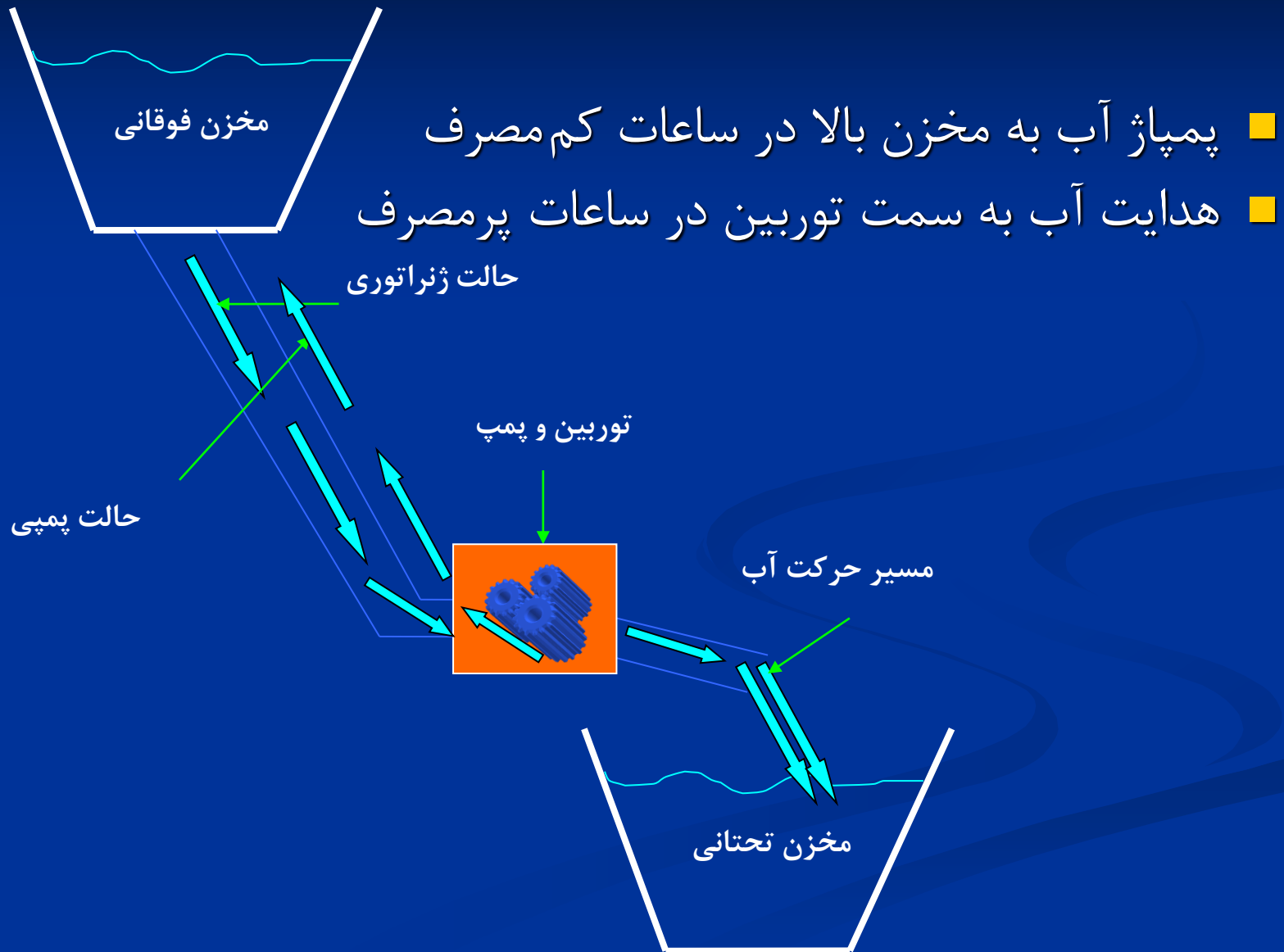


۳- نیروگاه زمین گرمایی

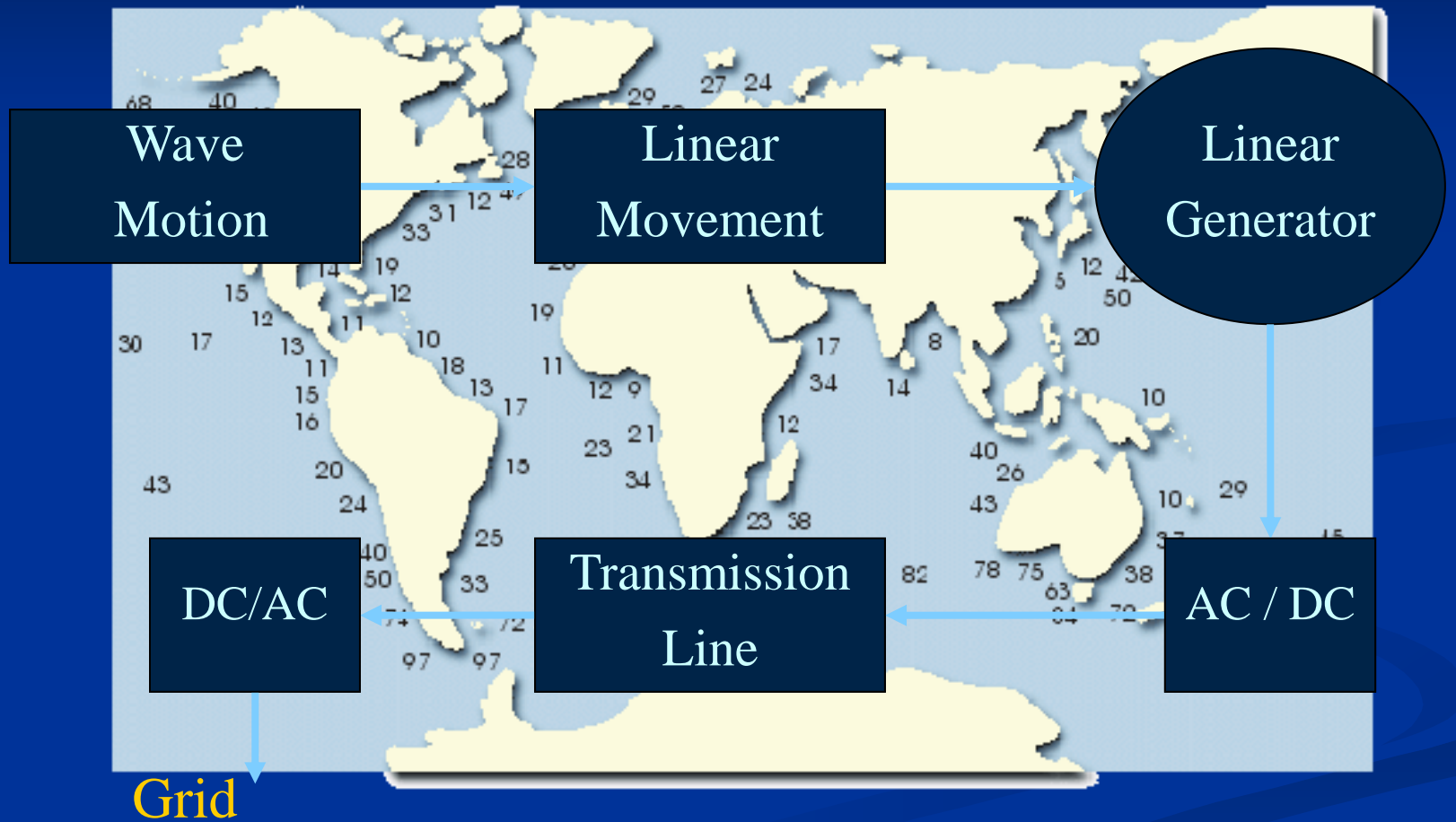
- گرمای طبیعی قسمت داخلی پوسته کره زمین
- استخراج انرژی زمین گرمایی و استفاده در بویلرها و در نتیجه تولید انرژی



۴- نیروگاه تلمبه ذخیره ای



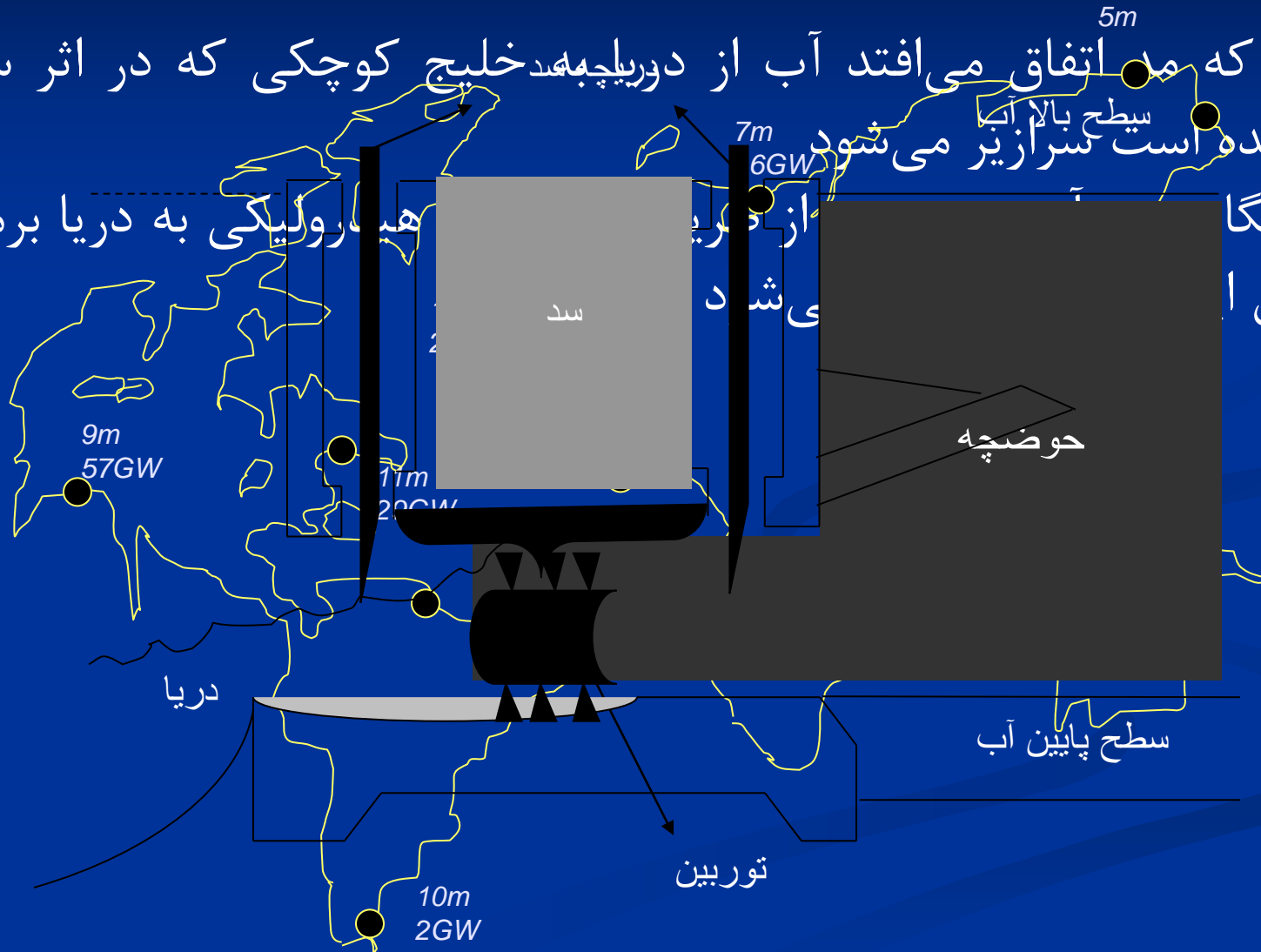
۵- نیروی امواج



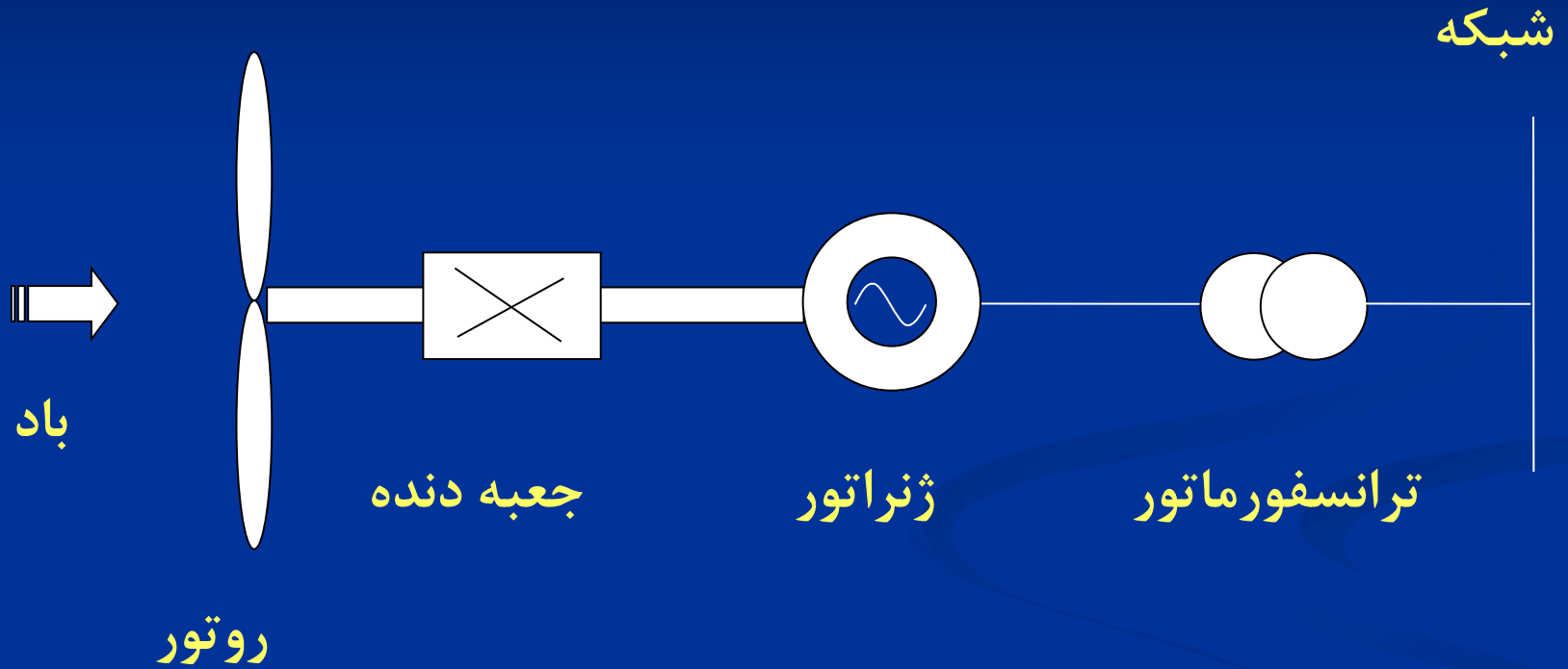
۶- نیروگاه جزر و مدی

زمانی که مد اتفاق می افتد آب از دریاچه به خلیج کوچکی که در اثر سدبندی درست شده است سرازیر می شود

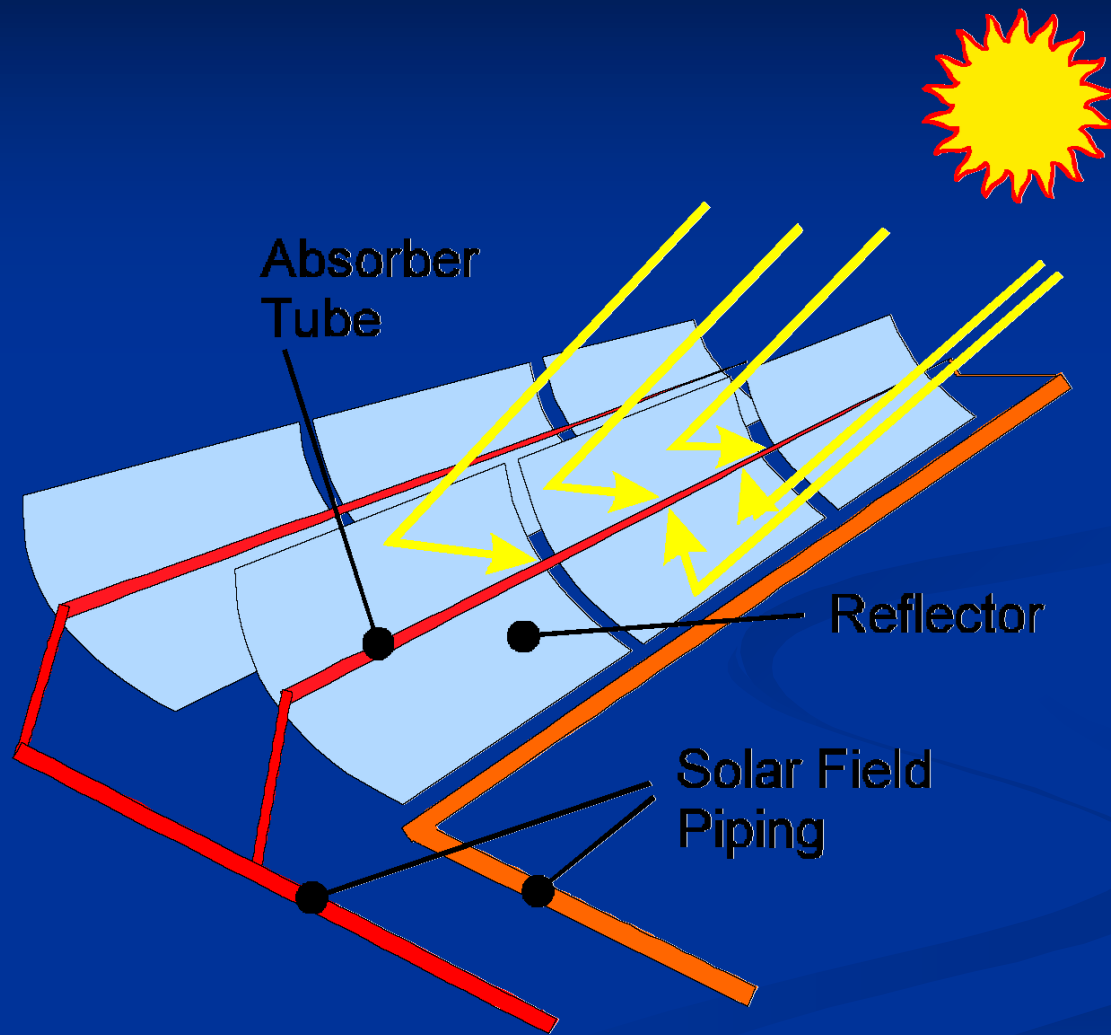
در هنگام و در حین



۷- نیروگاه بادی



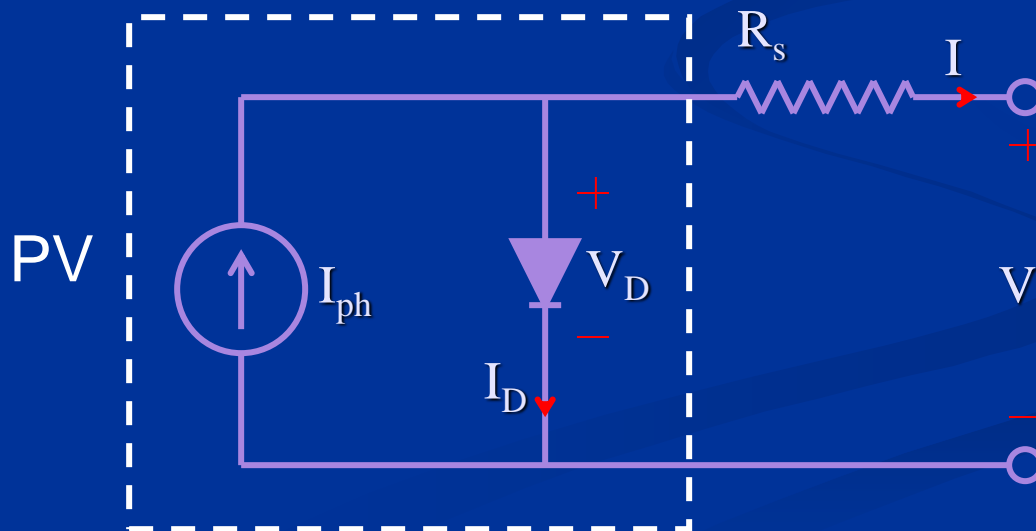
۸- نیروگاه خورشیدی-حرارتی



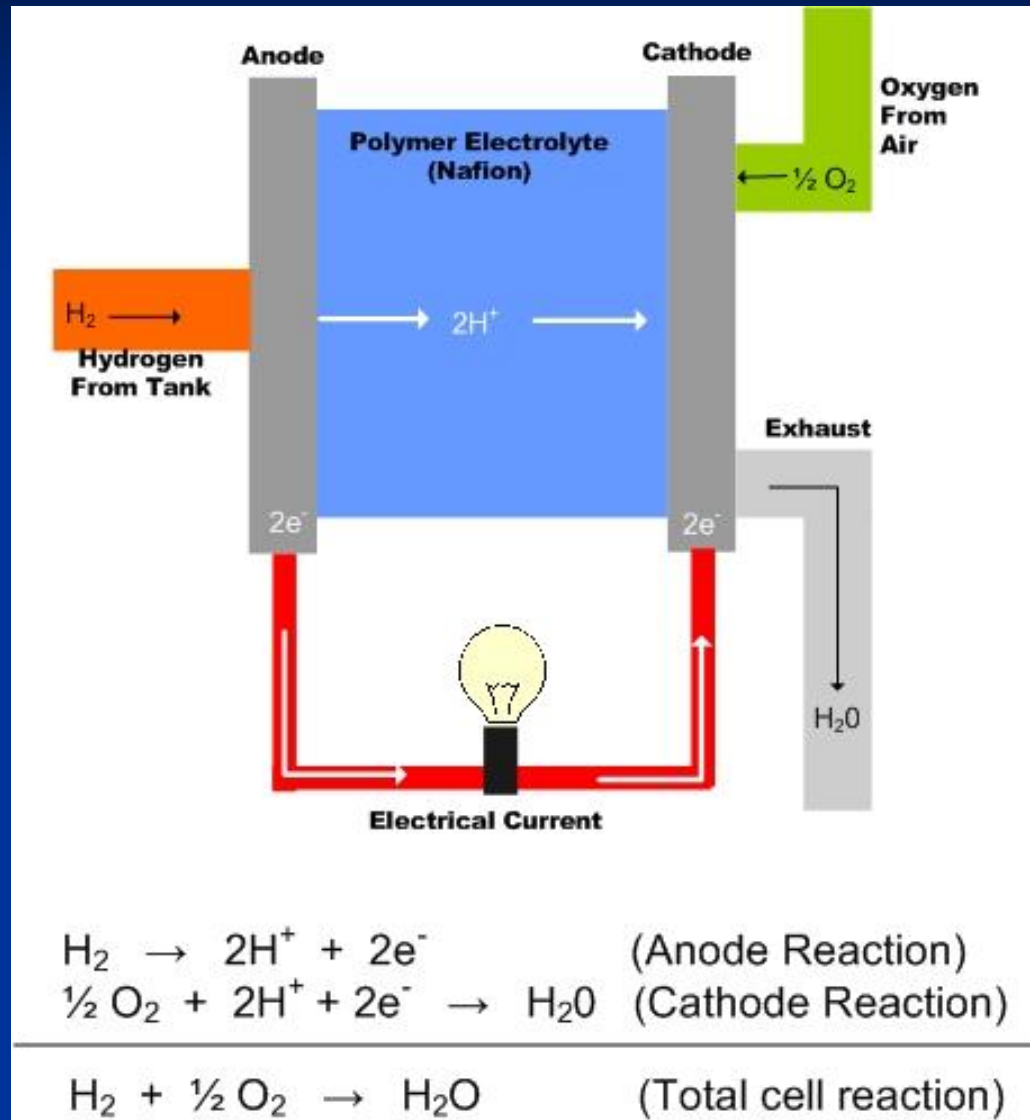
۹_سیستم فتوولتائیک (PV) Photovoltaic

مراحل تولید الکتریسیته

1. برخورد فوتون به لایه های نیمه هادی P و N
2. حرکت حاملهای اقلیت
3. تراکم بار منفی در N
4. در صورت اتصال به بار جریان معکوس از سر P به سمت N به راه می افتد



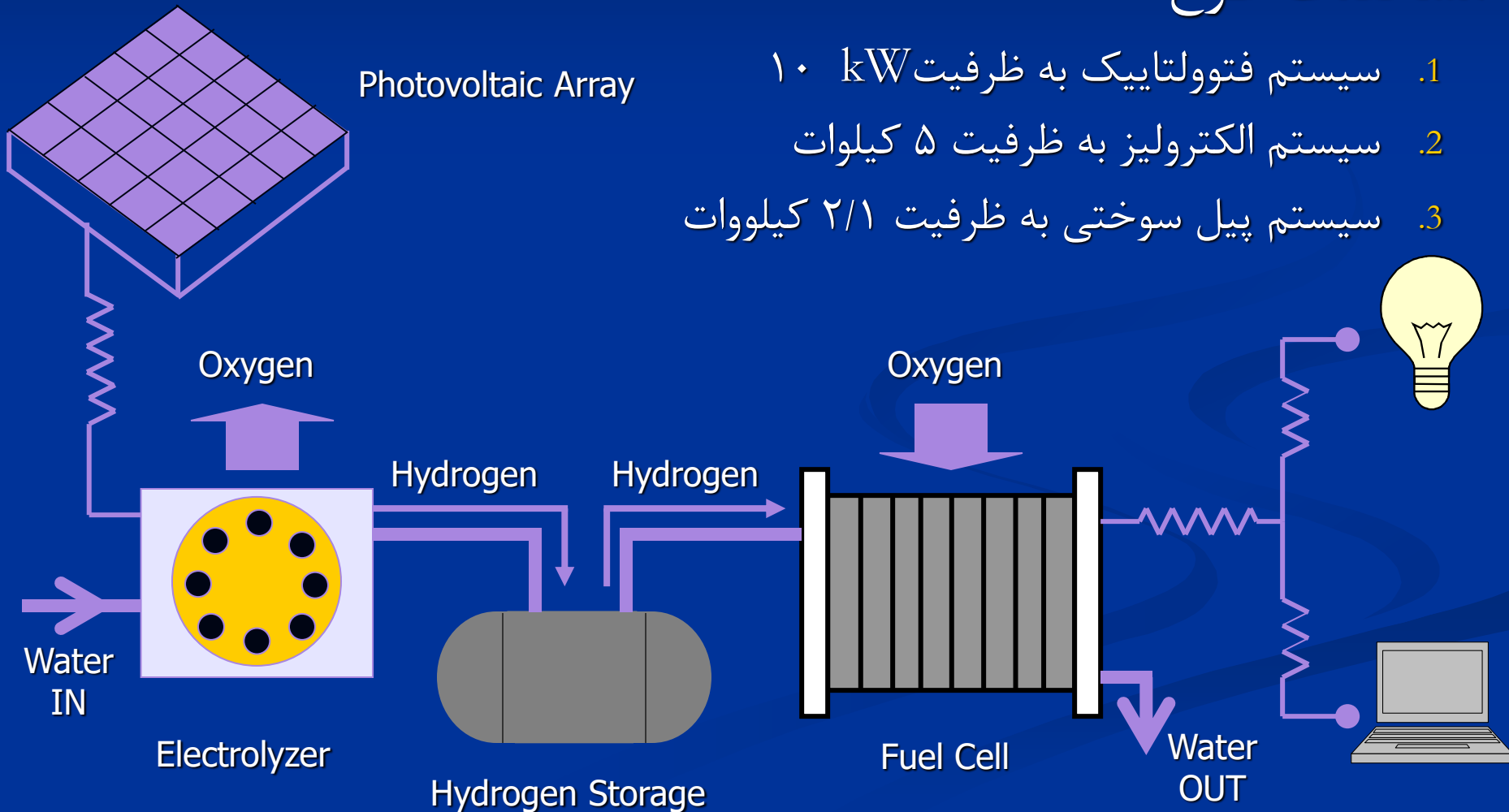
۱۰- پیل سوختی



پایلویت انرژی مستقل از شبکه بر پایه هیدروژن خورشیدی و پیل سوختی - سایت طالقان

مشخصات طرح

1. سیستم فتوولتائیک به ظرفیت ۱۰ kW
2. سیستم الکترولیز به ظرفیت ۵ کیلووات
3. سیستم پیل سوختی به ظرفیت ۲/۱ کیلووات



هیدروژن، سوخت آینده

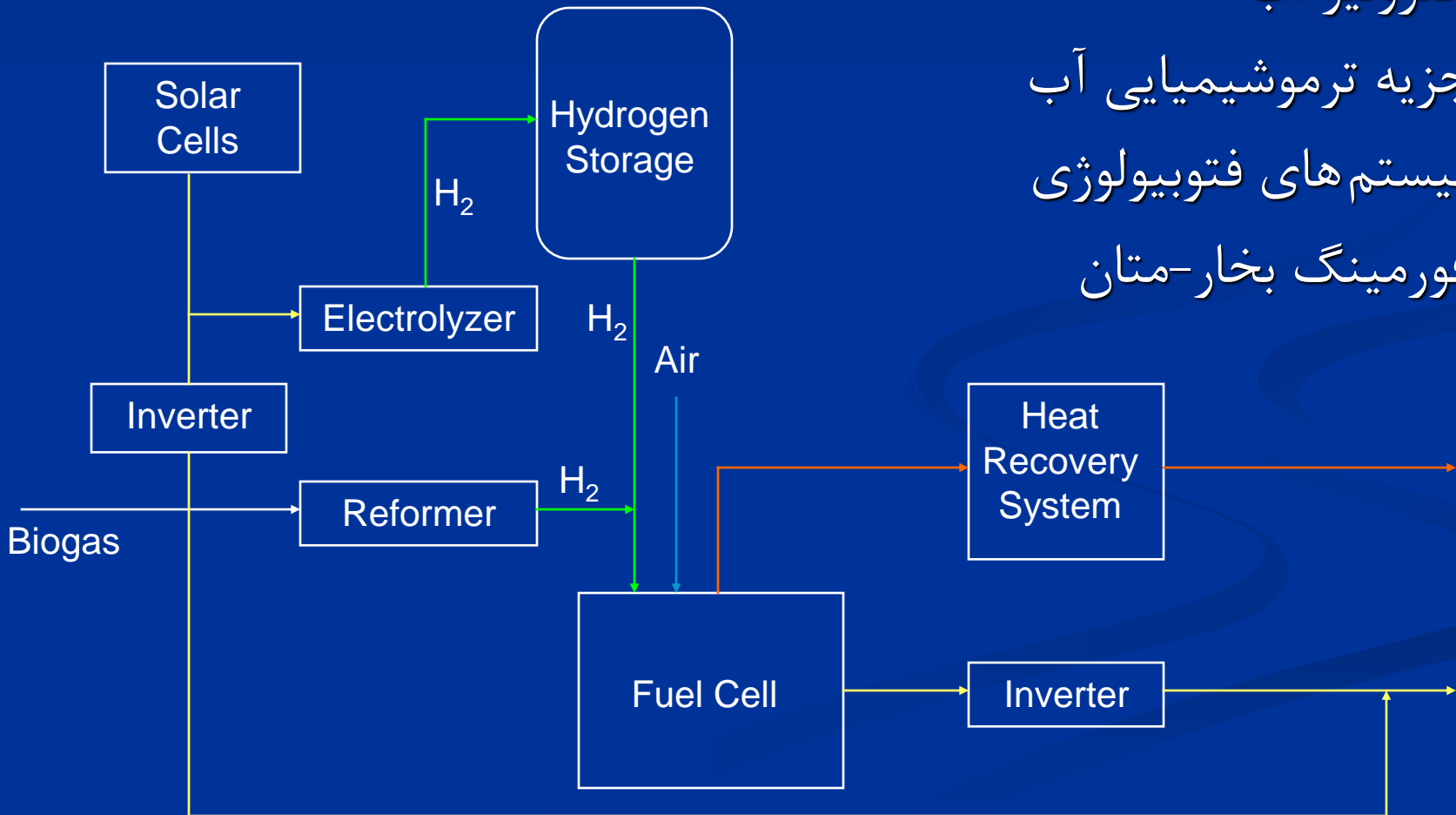
✓ راههای تولید هیدروژن

▪ الکترولیز آب

▪ تجزیه ترموشیمیایی آب

▪ سیستم‌های فتوبیولوژی

▪ رفورمینگ بخار-متان



۱۱- میکروتوربین

هدف:

افزایش P

$$P = T \cdot \omega$$

راه حل

مرسوم

افزایش T



توربین گاز

راه حل

جدید

افزایش ω



میکروتوربین

مرحله
CHP

Recuperator بهبود دهنده گرما

پیش گرم کن

اگزوز

هوا

CC

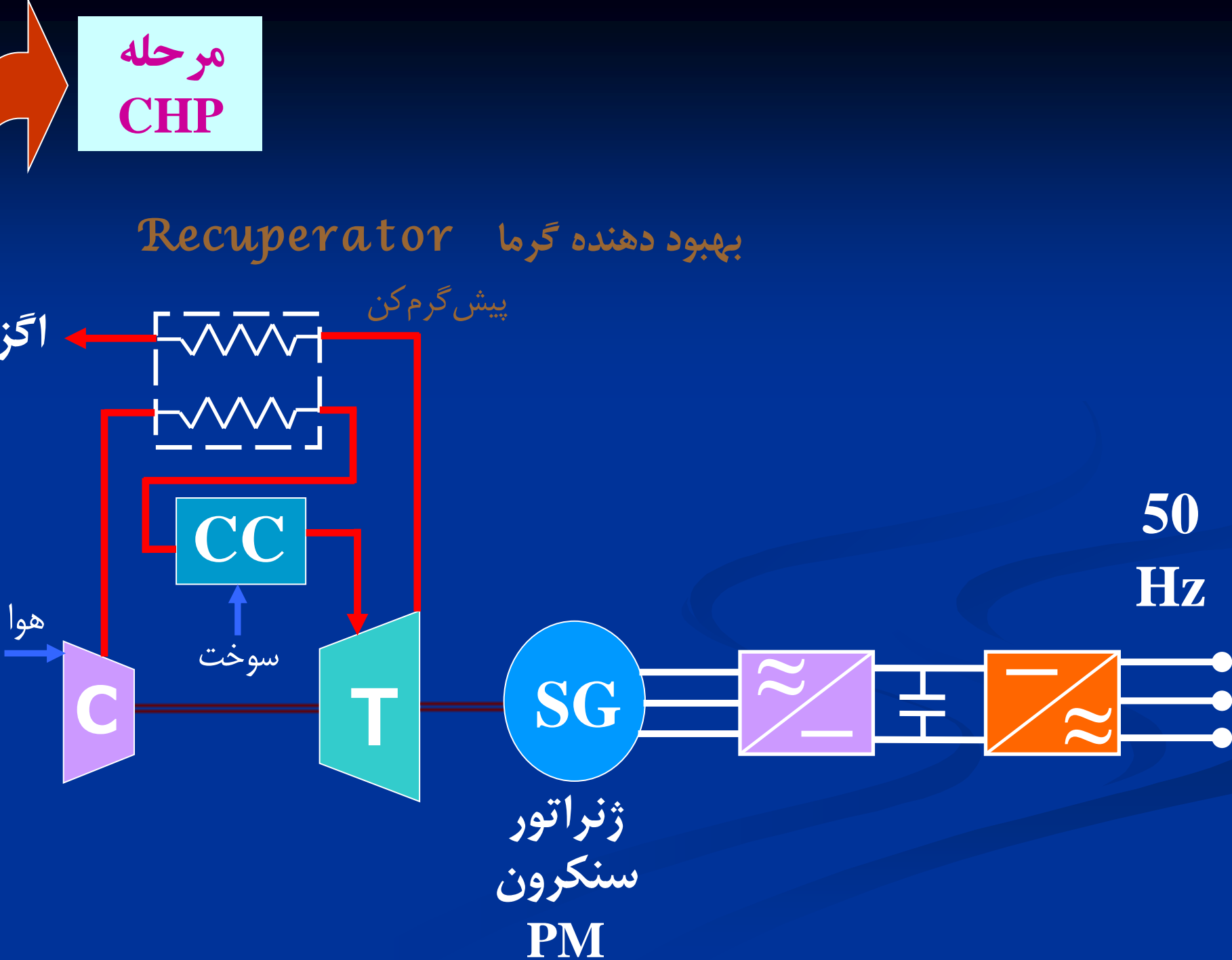
سوخت

T

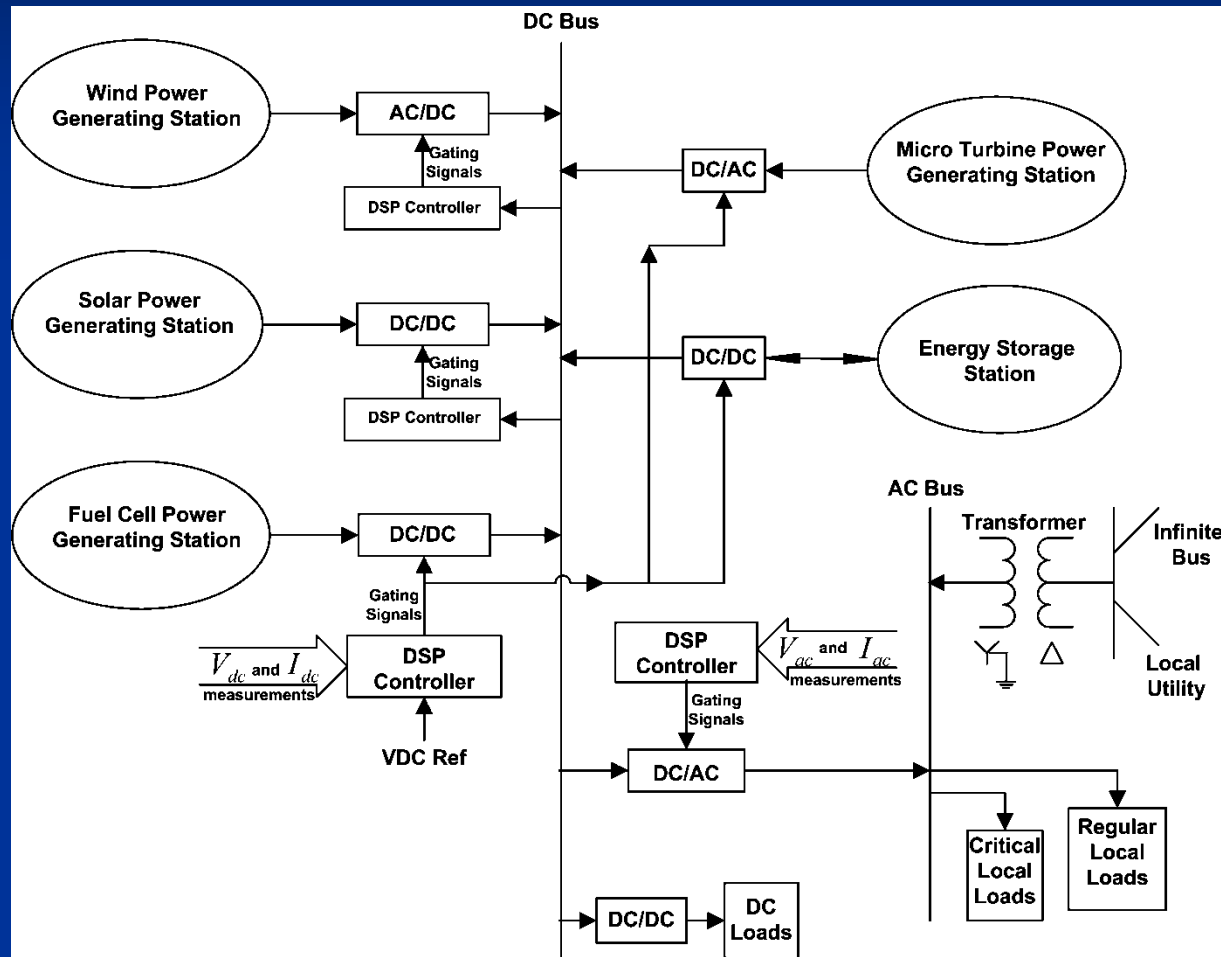
SG

ژنراتور
سنکرون
PM

50
Hz



Distributed Generation Systems



۱۲- مقایسه DG-ها

مقایسه کلی بین منابع مختلف تولید برق

نوع تکنولوژی	توربین گاز	میکروتوربین	پیل سوختی	توربین بادی	منابع خورشیدی
توان	۰.۵-۳۰ MW	۲۵-۵۰۰ kW	۱ kW-۱۰ MW	۰.۳-۵ MW	۰.۳ kW-۱ MW
بازدهی الکتریکی	۲۰-۴۵٪	۲۰-۳۰٪	۳۰-۶۰٪	۲۰-۴۰٪	۵-۱۵٪
بازدهی کل	۸۰-۹۰٪	۸۰-۸۵٪	۸۰-۹۰٪		
هزینه نصب (S/kW)	۲۰۰۰-۱۲۰۰	۱۲۰۰-۱۷۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰۰	۴۰۰۰-۱۰۰۰۰
نوع سوخت	natural gas, biogas, propane	natural gas, hydrogen, biogas, propane, diesel	Hydrogen, natural gas, propane	wind	sunlight

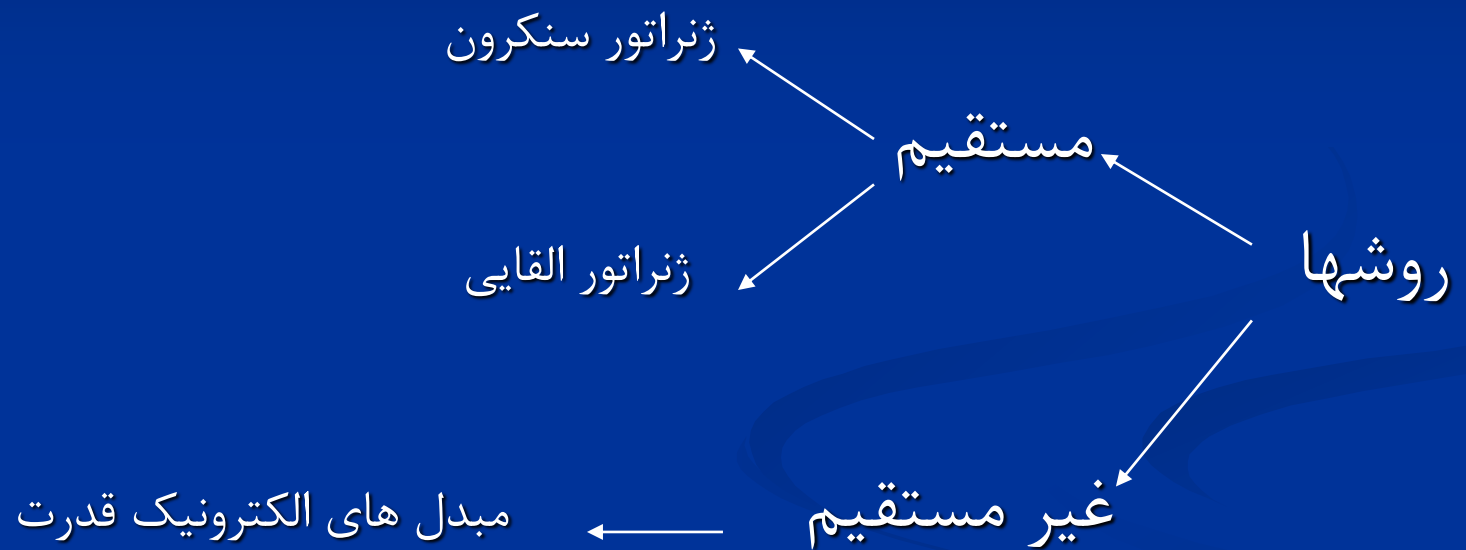
فرآیندهای انواع فن آوریها

آیا احتیاجی به ذخیره انرژی دارد؟	قابلیت دیسپاچینگ	سوخت ارزان	انرژی سبز	کاربرد در CHP	بهبود کیفیت توان	بهبود قابلیت اطمینان	بیک زدایی	
خیر	بله	خیر - بجز سوخت بیوماس	خیر - بجز سوخت بیوماس	بله	بسته به مورد	بله - با دیسپاچینگ	بله	موتور احتراق داخلی
خیر	بله	خیر - بجز سوخت بیوماس	خیر - بجز سوخت بیوماس	بله	بسته به مورد	بله - با دیسپاچینگ	بله	توربین گازی
خیر	بله	خیر - بجز سوخت بیوماس	خیر - بجز سوخت بیوماس	بله	بسته به مورد	بله - با دیسپاچینگ	بله	میکروتوربین
خیر	بله	خیر	خیر - بجز تولید هیدروژن یا انرژی باد و خورشید	بله	بسته به مورد	بله - با دیسپاچینگ	-	بیل سوختی
بله	خیر	بله	بله	-	-	-	-	PV
بله	خیر	بله	بله	-	-	-	-	توربین بادی
-	-	-	-	-	بسته به مورد	قطب برق آبی	-	دیگر انواع ژنراتور

فصل پنجم:

روشهای اتصال DG

۱- دسته بندی



۲- مستقیم - ژنراتور سنکرون

۱- توانایی عملکرد مجزا از شبکه یا متصل به آن

۲- پیچیدگیها

سنکرون کردن

کنترل میدان تحریک

حفاظت در شرایط اتصال کوتاه

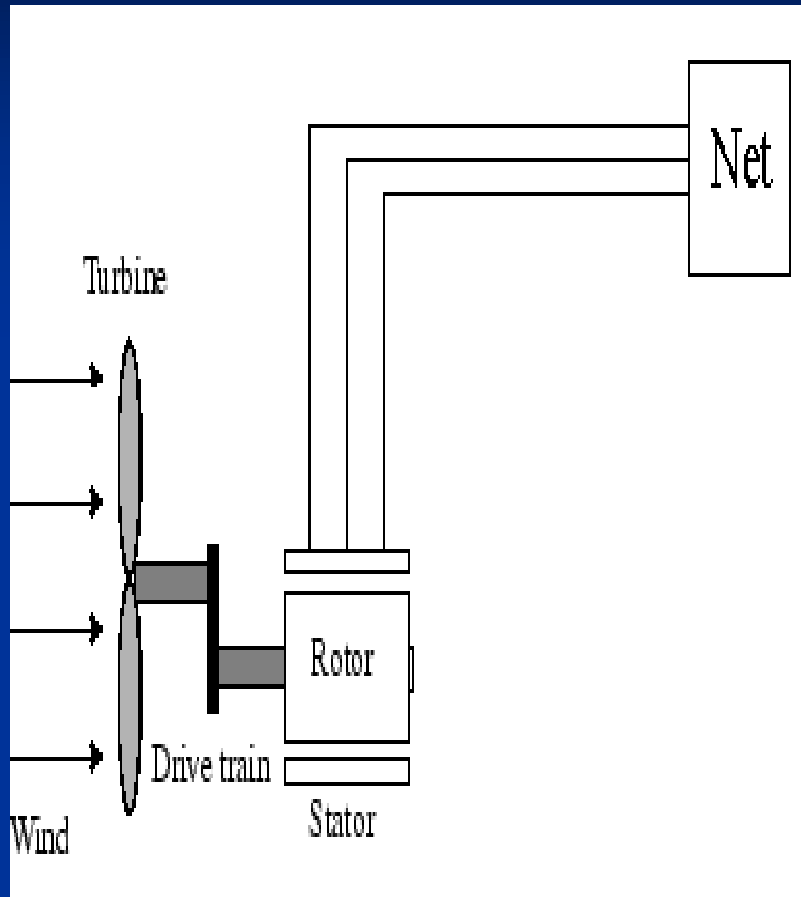
۳- مزایا

در مواقع قطع شبکه، می تواند به تولید ادامه دهد

قابلیت تولید Q را دارد



۳- مستقیم - ژنراتور آسنکرون



۱- مزایا

سیستم کنترل ساده تر نسبت به ژنراتور سنکرون
سنکرون کردن ساده تر نسبت به ژنراتور سنکرون
توقف خودکار در صورت بی برقی شبکه

۲- معایب

مصرف Q

در صورت راه اندازی در سرعت زیر سنکرون ← موتور ← جریان راه اندازی شدید

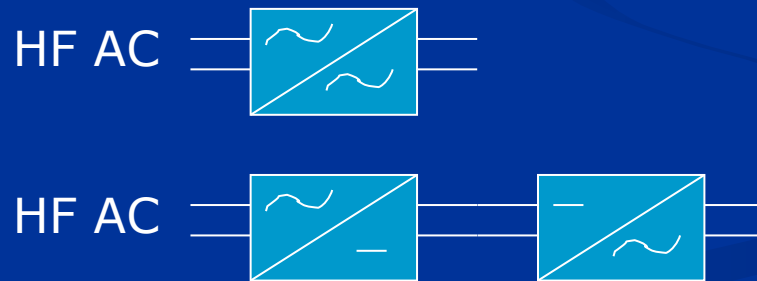
۴- غیر مستقیم - مبدل های الکترونیک قدرت

کاربرد ها:

۱- DG برق DC تولید کند (FC, PV, ...)



۲- DG با فرکانسی غیر از فرکانس قدرت برق تولید کند (MT)



فصل ششم:

اتصال DG به شبکه توزیع

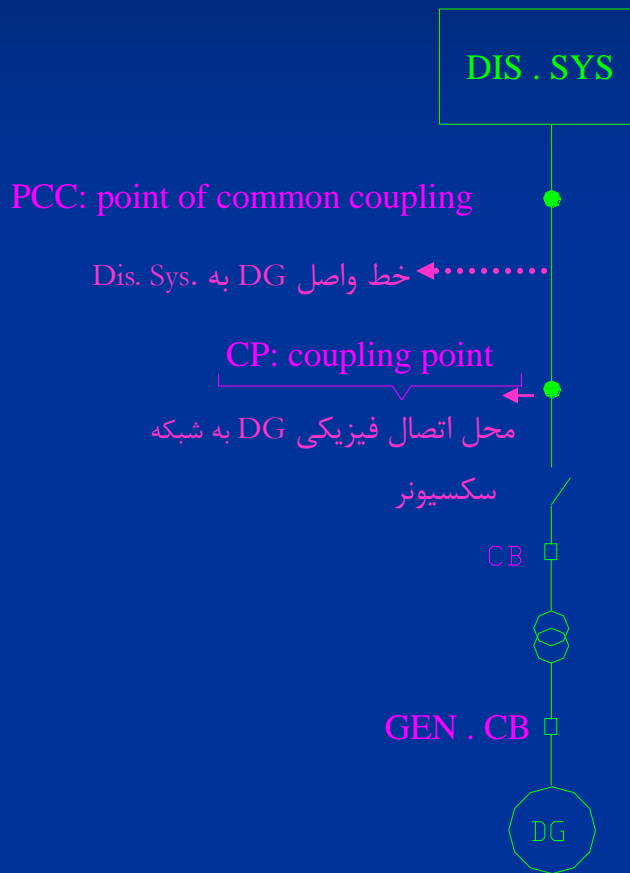
۱- مقدمه

- قبل از اتصال DG توپولوژی سیستم توزیع مشخص است و سیستم طراحی شده است و از نظر حفاظتی بین تجهیزات هماهنگی وجود دارد.
- بعد از اتصال احتمال تغییر در سیستم طراحی شده (تغییر جریان) و یا بهم خوردن هماهنگی تجهیزات حفاظتی وجود دارد.

۱-۱ الگوهای اتصال به شبکه

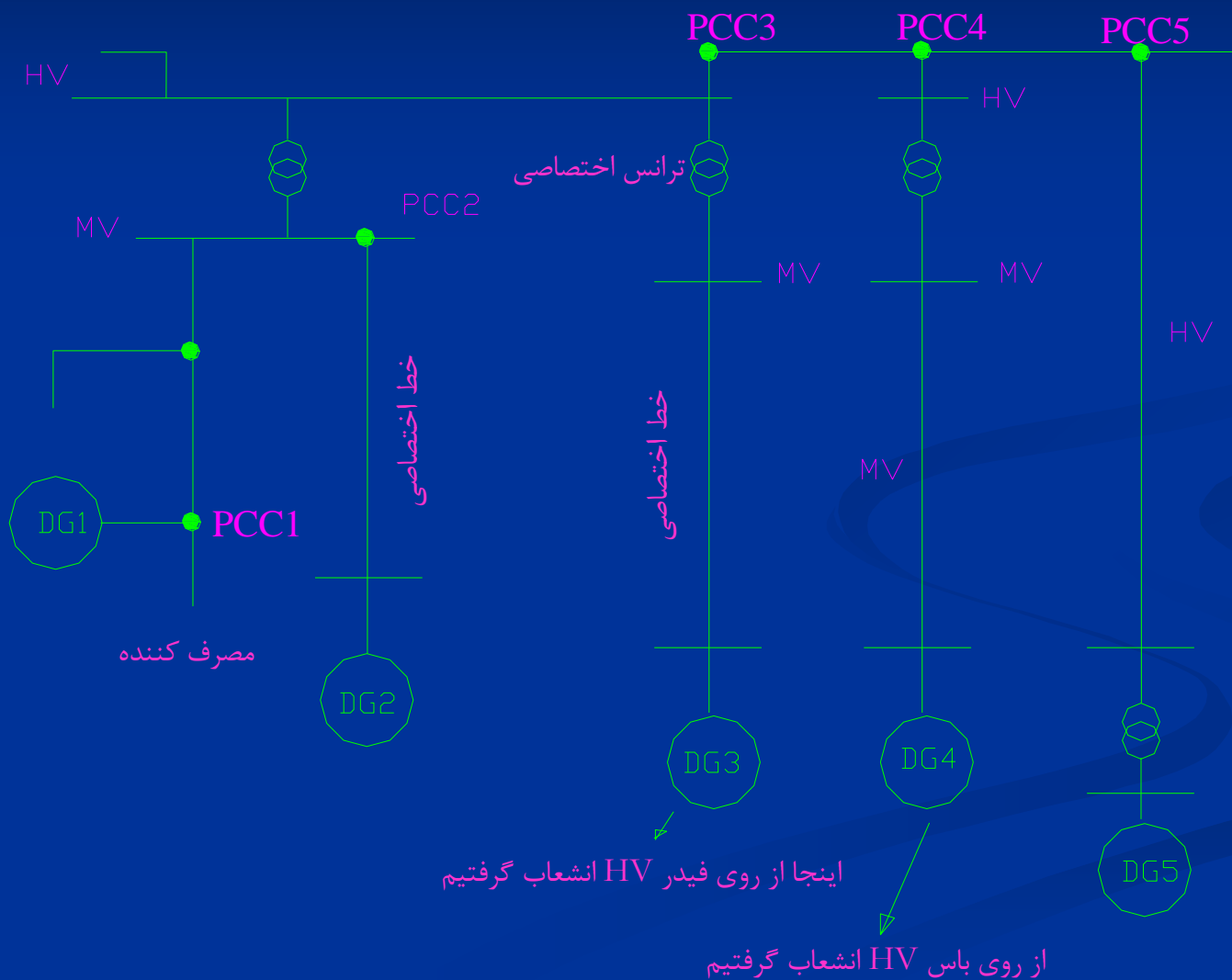
* طرح کلی

الگوی کلی در اتصال DG به شبکه توزیع که بعضی از المان ها می توانند حذف شوند.



PCC : محل اتصال با سایر مشترکین (اگر پدیده ای پیش آید همه مشترکین می بینند. از نظر کیفیت توان، PCC مهم است)

روش های ممکن



۱-۲- اطلاعات مورد نیاز جهت اتصال DG

الف- اطلاعات شبکه:

- اطلاعات توپولوژیکی شبکه
- اطلاعات نامی تجهیزات
- محل قرارگیری و تنظیمات تجهیزات تنظیم ولتاژ
- محل قرارگیری و تنظیمات رله های اضافه جریان
- امپدانس تونن شبکه در محل اتصال (مشخص کردن سطح اتصال کوتاه)
- ظرفیت و محل نصب دیگر DG ها
- مشخصات سیستم زمین (مشخصات زمین نقش مهمی در عملکرد حفاظتی دارد)
- آرایش ترانس کوپلاژ DG

ب- اطلاعات DG:

- ظرفیت DG / مقادیر نامی DG
- نوع منبع انرژی اولیه و نحوه تبدیل قدرت در DG (آیا نوع سوخت در رفتار دینامیکی موثر است. مثلاً پیل سوختی FC کند است و دینامیک کندی دارد)
- DG Duty Cycle : یک DG در یک زمان خاص وارد شبکه می شود. فقط در پیک در شبکه باشد. در تمام طول روز باشد.
- نسبت مشارکت در جریان اتصال کوتاه
- هارمونیک های ولتاژ

- ضریب قدرت در شرایط تولید گوناگون
- آیا با تغییر P ضریب قدرت تغییر می‌کند؟ ضریب قدرت روی Q اثر می‌گذارد و Q روی ولتاژها تأثیر می‌گذارد.

$$\text{قدرت ظاهری DG} \quad \frac{P / S_{DG}}{P / S_{BUS}}$$

$$\text{قدرتی که در باس داریم} \quad \frac{P_{DG}}{P_{Feeder}}$$

- مشخصات سیستم زمین DG
- سیستم‌های حفاظتی و تنظیمات DG

۱-۳- فهرست مشکلات موجود در اتصال به شبکه

الف- حفاظتی :

- ناهماهنگی فیوز و رله
- سوختن بی موقع فیوز
- عملکرد بی موقع تجهیزات حفاظتی HV
- عملکرد نادرست سکسیونر
- عملکرد نادرست رله جهت دار
- خطا در تشخیص بار پست
- قطع DG بخاطر اتصال کوتاه بالا دست
- تغییر سطح اتصال کوتاه « تعویض CB-ها
- اتصال کوتاه بالادست و سوختن فیوز
- لزوم نصب رله های زیر فرکانس
- مطالعات اتوماسیون توزیع

ب- ولتاژی :

- اضافه ولتاژ (Over voltage) روی تجهیزات
- اضافه ولتاژ (Over voltage) ناشی از تشدید
- هارمونیک های ولتاژ
- عملکرد نادرست سیستم های تنظیم ولتاژ
- عملکرد نادرست سیستم های جبران سافت ولتاژ
- افت ولتاژ ناشی از اتصالی در سر DG
- افت ولتاژ ناشی از جریان هجومی ژنراتور القایی (IG (Induction Generator) در راه اندازی
- کلیدزنی خازن ها « خروج اینورترها
- هارمونیک های VSC (Voltage Source Converter) های DG
- فلیکر ناشی از آسیاب بادی (مزارع بادی)
- قطع تحریک ماشین سنکرون ها SG
- وصل مجدد سکسیونر در حال غیر سنکرون بعد از جزیره ای شدن
- مشکلات ژنراتور القایی IG خود تحریک
- مشکلات پایداری و ...