

نیروگاه گازی

نیروگاه گازی تأسیساتی است که در آن انرژی شیمیایی سوخت (معمولاً گاز طبیعی) مستقیماً به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. قلب این نیروگاه، توربین گازی است که بسیار شبیه به موتور جت هواپیما عمل می‌کند زیرا هر دو بر اساس یک اصل فیزیکی کار می‌کنند: چرخه برایتون (Brayton Cycle)

چرخه برایتون در نیروگاه گازی

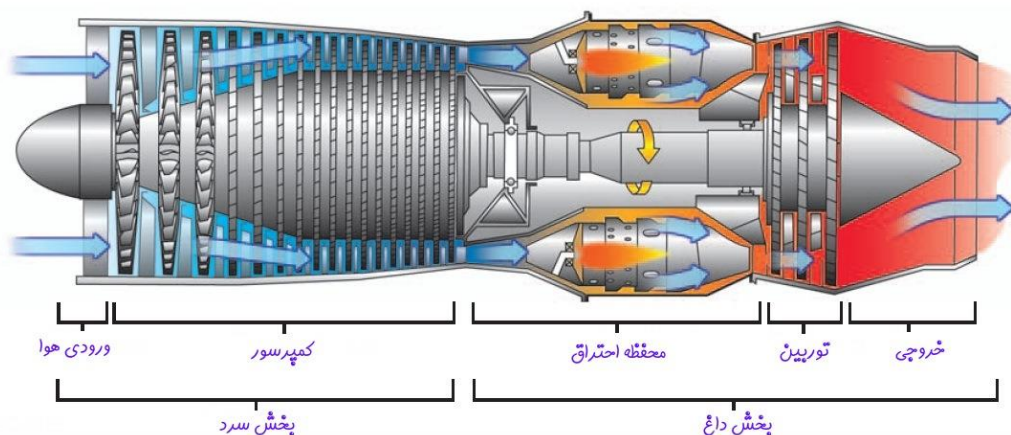
تصور کن یک دستگاه داریم که هوا را می‌گیرد، آن را فشرده می‌کند، سوخت به آن اضافه کرده و می‌سوزاند، و انرژی آزاد شده از این سوختن را به چرخش تبدیل می‌کند. این دستگاه، توربین گازی نیروگاه است و چرخه برایتون مراحل کار آن را مشخص می‌کند.

این چرخه معمولاً با چهار مرحله اصلی توصیف می‌شود:

۱. مکش و فشرده‌سازی هوا (Compression & Intake)

ابتدا مقدار زیادی هوا از محیط اطراف وارد دستگاه می‌شود (مثل نفس کشیدن).

این هوا سپس توسط قسمتی به نام **کمپرسور** به شدت فشرده می‌شود. کمپرسور خودش از چندین ردیف پره چرخان تشکیل شده که با سرعت بالا می‌چرخند و هوا را به سمت جلو هل می‌دهند. نتیجه فشرده‌سازی این است که حجم هوا کم شده و فشار و دمای آن به شدت بالا می‌رود.



- هوای فشرده و داغ، آمادگی بهتری برای سوختن کامل و آزاد کردن انرژی زیاد در مرحله بعدی دارد.
- این مرحله انرژی مصرف می‌کند (کمپرسور باید بچرخد)، اما انرژی که در مرحله بعد آزاد می‌شود، بسیار بیشتر از این مقدار است.
- **دیدگاه ترمودینامیکی:** این مرحله به عنوان یک فرآیند افزایش فشار آدیاباتیک (تقریباً بدون تبادل گرما) در نظر گرفته می‌شود.

۲. احتراق و انبساط (Expansion & Combustion)

- هوای فشرده و داغ وارد قسمتی به نام **محفظه احتراق** می‌شود.
- در این محفظه، سوخت (معمولاً گاز طبیعی) به داخل هوا تزریق شده و مشتعل می‌شود.
- سوختن، گازهای بسیار داغ و پرفشاری تولید می‌کند که حجمشان به سرعت افزایش می‌یابد.
- این گازهای داغ و پرفشار با سرعت زیاد به سمت پره‌های **توربین** هدایت می‌شوند.
- گازهای داغ با برخورد به پره‌های توربین، باعث **چرخش شدید توربین** می‌شوند. این همان مرحله تولید انرژی مکانیکی است.
- این مرحله، منبع اصلی انرژی در چرخه است. انرژی شیمیایی سوخت به انرژی گرمایی و سپس انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود.
- بخشی از انرژی چرخشی توربین، به عقب برگردانده شده و صرف چرخاندن کمپرسور می‌شود.
- **دیدگاه ترمودینامیکی:** این مرحله شامل دو بخش است:
- **احتراق:** به عنوان فرآیند **افزودن گرما در فشار ثابت** (در حالت ایده‌آل) در نظر گرفته می‌شود.
- **انبساط در توربین:** گازهای داغ از توربین عبور کرده و منبسط می‌شوند، فشار و دمایشان کم شده و انرژی‌شان به چرخش توربین تبدیل می‌شود. این مرحله به عنوان یک فرآیند

کاهش فشار آدیاباتیک (تقریباً بدون تبادل گرما) در نظر گرفته می شود (انبساط آیزنتروپیک در حالت ایده آل).

۳. تخلیه گازهای خروجی

- بعد از عبور از توربین و انجام کار، گازهای داغ باقی مانده از دستگاه خارج می شوند.
- در نیروگاه های گازی، این گازهای خروجی هنوز دمای بالایی دارند و حاوی انرژی هستند. در نیروگاه های سیکل ترکیبی (که توربین گازی با یک توربین بخار ترکیب شده)، این گازها برای تولید بخار و چرخاندن توربین بخار استفاده می شوند تا راندمان نیروگاه بالا برود.
- **دیدگاه ترمودینامیکی:** مرحله خروج گرما از سیستم (در حالت ایده آل در فشار ثابت، اما در عمل با اتلافات).

چرخه برایتون یک چرخه ترمودینامیکی ایده آل است که اساس کار موتورهای توربین گازی را تشکیل می دهد. این چرخه در نیروگاه های گازی و موتورهای جت کاربرد دارد. چرخه برایتون شامل چهار فرآیند اصلی است:

۱. **تراکم آیزنتروپیک:** هوا از طریق کمپرسور فشرده می شود. در این مرحله، فشار و دمای هوا افزایش می یابد. این فرآیند به صورت *آیزنتروپیک (بدون تبادل گرما با محیط و بدون اتلاف آنتروپی)* در نظر گرفته می شود. در واقع در این فرآیند آنتروپی ثابت است. این یک حالت ایده آل است که در آن هیچ انرژی به صورت گرما تلف نمی شود و هیچ اتلاف یا افزایش بی نظمی وجود ندارد.
۲. **افزایش فشار ایزوباریک:** هوای فشرده شده وارد محفظه احتراق می شود، جایی که سوخت به آن تزریق شده و مشتعل می شود. در این مرحله، گرما به سیال کاری (هوا) اضافه می شود و فشار ثابت می ماند (ایزوباریک). دمای گاز به شدت افزایش می یابد.

۳. انبساط ایزنتروپیک: گازهای داغ و پرفشار حاصل از احتراق وارد توربین گازی شده و منبسط می‌شوند. در این فرآیند، انرژی گاز به کار مکانیکی در توربین تبدیل می‌شود. این فرآیند نیز به صورت ایزنتروپیک در نظر گرفته می‌شود.

۴. کاهش فشار ایزوباریک: گازهای خروجی از توربین وارد مبدل حرارتی (یا در عمل، به اتمسفر تخلیه می‌شوند) شده و در یک فشار ثابت، گرما را به محیط پس می‌دهند (ایزوباریک). این فرآیند چرخه را کامل می‌کند.

خلاصه‌ی چرخه‌ی برایتون:

اگر بخواهیم مراحل را به صورت خلاصه و با اصطلاحات ترمودینامیکی بیان کنیم (چرخه ایده‌آل برایتون):

۱. فشردن‌سازی ایزنتروپیک: هوا فشرده می‌شود (فشار و دما بالا می‌رود).
۲. افزایش گرما در فشار ثابت: سوخت تزریق و سوزانده می‌شود (دما و حجم بالا می‌رود، فشار ثابت می‌ماند).
۳. انبساط ایزنتروپیک: گازهای داغ در توربین منبسط شده و کار انجام می‌دهند (فشار و دما کم می‌شود).

اتلاف گرما در فشار ثابت: گازهای خروجی گرما را به محیط پس می‌دهند و به حالت اولیه برمی‌گردند (فشار ثابت، دما کم می‌شود).

یک فرآیند ایزنتروپیک، فرآیندی است که در طی آن آنتروپی سیستم ثابت می‌ماند (تغییرات آنتروپی صفر است، $\Delta S = 0$)

نکته: آنتروپی معیاری از بی‌نظمی یا پراکندگی انرژی در یک سیستم است. ثابت ماندن آنتروپی یعنی فرآیند کاملاً برگشت‌پذیر (Reversible) است و هیچ اتلاف انرژی (مثل اصطکاک یا اتلاف گرما) وجود ندارد.

آدیاباتیک یعنی بدون تبادل گرما.

آیزنتروپیک یعنی بدون تبادل گرما و بدون اتلاف انرژی (فرآیند برگشت پذیر).

اجزای اصلی نیروگاه گازی بر اساس چرخه برایتون:

- کمپرسور: هوا را مکیده و فشرده می کند.
- محفظه احتراق: سوخت با هوا مخلوط شده و می سوزد و دمای گاز را به شدت افزایش می دهد.
- توربین گازی: گازهای داغ منبسط شده و انرژی آنها صرف چرخاندن توربین می شود.
- ژنراتور: انرژی مکانیکی توربین را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند.

مزایای نیروگاه های گازی:

- راه اندازی سریع: این نیروگاه ها می توانند در مدت زمان کوتاهی به توان کامل برسند، که آنها را برای پوشش بار پیک (Peak Load) مناسب می کند.
- سرمایه گذاری اولیه کمتر: در مقایسه با نیروگاه های بخار، هزینه احداث اولیه کمتری دارند.
- انعطاف پذیری بالا: در تغییرات بار شبکه به خوبی پاسخ می دهند.

معایب نیروگاه های گازی:

- راندمان پایین تر (در حالت ساده): راندمان نیروگاه های گازی ساده معمولاً بین ۳۰ تا ۳۵ درصد است.
- استهلاک بالا: دمای عملیاتی بالا و قطعات متحرک زیاد، منجر به استهلاک بیشتر می شود.
- مصرف سوخت بالا: به دلیل راندمان پایین تر، مصرف سوخت بیشتری نسبت به نیروگاه های بخار دارند.