ICHMT2014-XXXX

تحلیل انرژی و اگزرژی سیکل رانکین دو مرحله‌ای با بازیاب

سید علی میراحمدی گلرودباری[1]، محمد کلته[2]

[1]گروه مهندسی مکانیک دانشگاه گیلان، رشت، seyed.fab@gmail.com
[2] گروه مهندسی مکانیک دانشگاه گیلان، رشت، mkalteh@guilan.ac.ir

چکیده

در کاربردهای نیروگاهی، جهت تولید قدرت از منابع حرارتی دما پایین می‌توان از سیکل رانکین آلی(ORC) استفاده نمود. در سیکل رانکین دو مرحله‌ای از حرارت سیکل رانکین معمولی برای حرارت دادن به بویلر سیکل رانکین آلی استفاده می‌شود. در این پژوهش به تحلیل انرژی و اگزرژی سیکل رانکین دو مرحله‌ای با بازیاب پرداخته شده است. بدین منظور معادلات حاکم، در محیط برنامه نویسی نرم افزار EES پیاده سازی شده و نتایج حاصله در قالب نمودارهایی ارائه و تحلیل شده است. فشار خروجی توربین سیکل بخار(STEP) و دمای محیط به عنوان دو پارامتر متغیر و مؤثر بر سیکل انتخاب شده است. آنالیز انرژی نشان می‌دهد که بازده قانون اول با افزایش فشار خروجی توربین سیکل بخار ابتدا سیر صعودی و سپس در انتها سیر نزولی دارد. این بازده با افزایش دمای محیط در تمامی STEP های مختلف کاهش می‌یابد. در آنالیز اگزرژی مشاهده شد که اتلاف اگزرژی مجموع اجزا سیکل(کل) با افزایش دما در STEP های مختلف کاهش می‌یابد. این پارامتر با افزایش STEP در تمامی سه دمای محیط کاهش می‌یابد. همچنین پمپ ORC کمترین اتلاف اگزرژی و ژنراتور بخار(اواپراتور) بیشترین اتلاف اگزرژی را دارد.

واژه های کلیدی

سیکل رانکین دو مرحله‌ای، سیکل رانکین آلی، بازده قانون اول، اتلاف اگزرژی، بازیاب

مقدمه

سیکل رانکین کلاسیک از یک پمپ، توربین، بویلر یا اواپراتور و کندانسور تشکیل شده است که آب به عنوان سیال کاری در این سیکل مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیکل توانایی تبدیل گرما به کار مکانیکی را دارد. سیکل رانکین آلی[1] سیکلی است که در آن از سیال آلی به عنوان سیال کاری استفاده شده است.

مایعات آلی کاری(سیال عامل) را می‌توان با توجه به شیب منحنی بخار اشباع آنها در نمودار دما-آنتروپی به سه دسته مایع خشک، مایع مرطوب و مایع آیزنتروپیک[2] طبقه بندی کرد. مایع خشک(به عنوان مثال ان-پنتان[3]) دارای یک شیب مثبت است، در حالی که یک مایع مرطوب(به عنوان مثل آب) دارای شیب منفی و مایع آیزنتروپیک(به عنوان مثال R123) دارای شیب بی‌نهایت بزرگ است. سوپرهیت کردن سیال ورودی به توربین در سیالات مرطوب مفید است(مثل سیال آب)، اما سوپرهیت کردن سیالات خشک (مانند R123) مفید نیست [1]. شایان ذکر است که در کاربردهای عملی، کمی سوپرهیت کردن می‌تواند برای بهره برداری از توربین مفید باشد. سوپرهیت کردن می‌تواند تضمین کند که تنها بخار، نه مخلوط بخار و مایع، وارد توربین می‌شود. مخلوط بخار و مایع می‌تواند به پره‌های توربین صدمه بزند و باعث کوتاه شدن عمر عملیاتی توربین شود.

دسته بندی دیگری در تقسیم انواع فشاری که در آن سیال کاری از بویلر(در دما و فشار خروجی بویلر) گرما می‌گیرد وجود دارد. بر اساس این دسته بندی دو نوع فشار وجود دارد، فشار مادون بحرانی[4] و مافوق بحرانی[5] [2]. فشار مادون بحرانی آن فشاری است که سیال کاری گرمای خود را با گرفتن از بویلر شروع کرده و با تغییر فاز به نقطه ورودی به توربین می‌رسد، اما در فشار مافوق بحرانی سیال، چنین تغییر فازی را طی نمی‌کند. مطالعات و تحقیقاتی درباره‌ی انواع مختلف سیکل‌های رانکین آلی، پارامترهای موثر بر سیکل، راندمان آن، اگزرژی اجزای مختلف سیکل و... برای بهبود و گسترش کارایی این نوع سیکل‌ها از گذشته انجام شده و مورد توجه بوده است.

انتخاب سیال کاری در مقالات زیادی بررسی شده است که از مهمترین آنها می‌توان به مقاله صالح و همکاران [2] اشاره کرد که روی 31 سیال خالص سیکل رانکین آلی که از معادله حالت بنکو[6] پیروی می‌کردند بررسی‌هایی انجام دادند.

از جمله آن سیالات می‌توان به آلکان‌ها، آلکان فلوئوردار، استرها و اترها فلوئوردار و غیره اشاره کرد و در آخر به این نتیجه رسیدند که سیالاتی با دمای بحرانی بیشتر عموما بازده بیشتر دارند.

از جمله مقالات دیگری که بحث آنها پیرامون انتخاب سیال کاری هستند می‌توان به مایزا [3] اشاره کرد که برای کاهش اندازه مبدل حرارتی پیشنهاد دادند که از سیالاتی با چگالی بالا و دارای گرمای نهان بالا استفاده شود. چن و همکاران [4] معیارهای ترمودینامیکی و ترموفیزیکی را برای انتخاب سیال کاری و رابطه

---

[1] ORC-Organic Rankine Cycle
[2] Isentropic
[3] n-pentane
[4] Subcritical pressure
[5] Supercritical pressure
[6] Backone