

تحلیل عملکرد انرژی و انرژی نیروگاه بخار بعثت

یاسر کیالاشکی

کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی دانشکده مهندسی انرژی دانشگاه صنعتی شریف

yaserkia@yahoo.com

رشد پرسرعت تقاضای برق، نیروگاه‌های برق را مورد توجه علمی قرار داده است، اما اکثر نیروگاه‌ها فقط بر اساس معیار عملکرد انرژی براساس قانون اول ترمودینامیک طراحی می‌شوند. تلفات انرژی واقعی نمی‌تواند با استفاده از قانون اول ترمودینامیک به خوبی بیان شود زیرا این قانون بین کمیت و کیفیت انرژی تفاوتی قائل نمی‌شود. هدف این مطالعه این است که تحلیل انرژی و انرژی نیروگاه بخار بعثت واقع در تهران انجام شود. نتایج نشان می‌دهد که تلفات انرژی عمده‌تاً در کندانسور رخ می‌دهد که حدود ۷۷٪ کل تلفات انرژی کل نیروگاه را تشکیل می‌دهد. با این وجود تخریب انرژی در بویلر از بقیه اجزای نیروگاه بیشتر است که به دلیل واکنش احتراق و دمای بالای آن است که منابع بسیار قابل توجهی از تخریب انرژی در بویلر است. دومین تخریب انرژی بزرگ، توربین‌ها هستند. بنابراین بویلر و توربین‌ها برای اصلاح کارایی انرژی در اولویت می‌باشند.

واژگان کلیدی: تحلیل انرژی، نیروگاه بخار بعثت، بهینه‌سازی انرژی

۱. مقدمه

انرژی یکی از مؤثرترین عوامل در بخش‌های اقتصادی و اجتماعی یک کشور است. امروزه کاهش پرسرعت نسبت ذخایر ثابت شده به تولید آن برای سوخت‌های فسیلی، افزایش قابل توجه مصرف انرژی و آلودگی‌های کربن، به مسائل بسیار مهم تبدیل شده است. با در نظر گرفتن این حقیقت تقاضا برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و سیستم‌ها افزایش یافته است. در حال حاضر تقریباً ۸۰٪ برق در جهان از نیروگاه‌های حرارتی با سوخت‌های فسیلی (ذغال سنگ، نفت، نفت کوره، گاز طبیعی) تولید می‌شود (اردم و همکاران^۱، ۲۰۰۹). بین تکنولوژی‌های مختلف تولید برق، نیروگاه‌های بخار سهم قابل توجهی از تولید برق در ایران را تشکیل می‌دهند (۴۷٪). در نتیجه بهینه‌سازی این نیروگاه‌ها می‌تواند به طراحان کمک کند تا تلفات انرژی را کاهش دهند و کارایی آن را ارتقا دهند. اکثر نیروگاه‌ها فقط با استفاده از معیار عملکرد انرژی براساس قانون اول ترمودینامیک طراحی می‌شوند. افت انرژی مفید واقعی تنها نمی‌تواند با استفاده از قانون اول ترمودینامیک ارضا شود زیرا این معیار بین کیفیت و کمیت انرژی فرقی نمی‌گذارد. عملکرد انرژی براساس قانون دوم ترمودینامیک به عنوان روش مناسب در طراحی، بهینه‌سازی و اصلاح نیروگاه‌های حرارتی معرفی می‌شود. تحلیل عملکرد انرژی می‌تواند مقادیر، محل و علت برگشت‌ناپذیری‌ها در نیروگاه‌ها را ارزیابی کند.

چندین مطالعه در زمینه ارزیابی نیروگاه‌های حرارتی با استفاده از تحلیل انرژی انجام شده است. مطالعه کاشیک و همکاران^۲ در سال ۲۰۱۱ یک مرور کوتاه از مطالعات مختلف تحلیل انرژی را نشان می‌دهد و تحلیل‌های انرژی و انرژی نیروگاه‌های حرارتی ذغال سنگی و گازی را مقایسه می‌کند. بر طبق تحلیل انرژی نشان داده شده در این مطالعه، افت انرژی اصلی در نیروگاه‌های ذغال سنگی در بویلر و در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی گازی در محفظه احتراق اتفاق

1. Erdem et al.

2. Kaushik et al.

می‌افتد. مقاله سنگوپتا و همکاران^۱ در سال ۲۰۰۷ تحلیل انرژی یک نیروگاه حرارتی ذغال‌سنگی را به وسیله تقسیم کردن کل سیکل نیروگاه به سه ناحیه برای تحلیل نشان می‌دهد.

ردی و محمد^۲ در سال ۲۰۰۷ یک نیروگاه سیکل ترکیبی گاز طبیعی را تحلیل کرد تا اثر دمای ورودی و نسبت فشار توربین گاز رو کارایی انرژی را بررسی کند. احمدی و طغرای^۳ در سال ۲۰۱۶ تحلیل انرژی و انرژی نیروگاه بخار شهید منتظری در اصفهان با ظرفیت ۲۰۰ مگاوات را هدف‌گذاری کرده‌اند. مورا و جی بدم^۴ در سال ۲۰۱۰ از تحلیل انرژی و انرژی استفاده می‌کنند تا محل‌ها و مقادیر افت‌ها را برای ماکزیمم کردن عملکرد یک نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی مشخص کنند. داتا و همکاران^۵ در سال ۲۰۱۰ تحلیل‌های انرژی و انرژی یک سیکل توربین گازی خارجی با گازی‌سازی زیست‌توده برای تولید قدرت پراکنده را انجام داده‌اند. سو و چانگ^۶ در سال ۲۰۰۴ طراحی مهندسی و تحلیل انرژی سیستم‌های تولید قدرت براساس توربین گاز را انجام داده‌اند.

خالق و کاشیک^۷ در سال ۲۰۰۴ رویکرد قانون دوم برای تحلیل ترمودینامیکی برای سیکل قدرت ترکیبی رانکین/برایتون بازگرمایش را نشان دادند. در این مطالعه تحلیل انرژی نیروگاه حرارتی ۸۲/۵ مگاواتی بعثت با سوخت گاز طبیعی، قرار گرفته در تهران انجام می‌شود. طبق بیانات وزارت نیرو ایران، کارایی نیروگاه‌های حرارتی باید افزایش یابد و از طرف دیگر نیروگاه‌های ایران به دلیل قدیمی بودن به بهینه‌سازی نیاز دارند. بنابراین با یک تحلیل جامع انرژی و یافتن نقاط تلفات انرژی و مقادیر آن در یک نیروگاه می‌توان در بهبود عملکرد آن تصمیم‌گیری‌های واقعی‌تری نسبت به تحلیل‌های انرژی انجام داد.

-
1. Sengupta et al.
 2. Reddy and Mohamed
 3. Ahmadi and Toghraie
 4. Mborah and Gbadam
 5. Datta et al.
 6. Sue and Chuang
 7. Khaliq and Kaushik

The diagram illustrates a complex power cycle involving six turbines (T1-T6), four heat exchangers (H1-H4), a combustor (B), a condenser (C), a pump (P1), and a steam generator (D). The cycle includes various streams numbered 1 through 35, with expansion valves (EXP1-EXP4) and a gas inlet (Gas) and air inlet (Air). The cycle is a closed loop with a gas turbine section and a steam turbine section. The gas turbine section consists of turbines T1 through T6, with T1 being the largest. The steam turbine section consists of turbines T1 through T6, with T1 being the largest. The cycle includes a combustor (B) where gas and air are burned to produce flue gas. The flue gas is then cooled in heat exchangers H1, H2, H3, and H4. The cooled flue gas is then used to heat water in the steam generator (D). The steam generator produces steam, which is then used to drive the steam turbines. The steam is then condensed in the condenser (C) and pumped back to the steam generator by pump P1. The cycle also includes expansion valves (EXP1-EXP4) to control the flow of the working fluid.

۲. توصیف نیروگاه حرارتی

[Downloaded from eppjournal.ir on 2024-05-19]

جدول ۱. شرایط عملیاتی نیروگاه بعثت

۸۴/۴	توان الکتریکی خالص خروجی (MW)
۳۲/۶٪	بازده حرارتی خالص
۱۱۰	نرخ حرارتی خالص (kJ/KWh)
۵/۰۵۲	دبی جرمی سوخت مصرفی (kg/s)
۵۱۰	دمای بخار خروجی سوپر هیتر (°C)
۸۷/۲	فشار بخار (bar)
۹۲	دبی جرمی بخار (kg/s)
۳۵۰	دمای گازهای خروجی (°C)
۹۸٪	کارایی مکانیکی

مأخذ: نتایج تحقیق

۳. روش شناسی

با فرض عملیات جریان پایدار و نادیده گرفتن تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل، معادلات موازنه جرم و انرژی و انرژی برای هر یک از اجزای نیروگاه به صورت زیر بیان می شود (کنگل و مایکل^۱، ۲۰۰۸؛ فرانگوپولوس^۲، ۲۰۰۹):

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_e \quad (۱)$$

$$\sum \dot{Q} - \dot{W}_{act} = \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_i h_i \quad (۲)$$

$$\dot{W}_{act} = \sum \dot{m}_i e_i - \sum \dot{m}_e e_e + \sum \left(1 - \frac{T_0}{T_k}\right) \dot{Q}_k - \dot{E}_D \quad (۳)$$

1. Cengel and Michael

2. Frangopoulos

تخریب انرژی، انرژی نابود شده به سبب برگشت ناپذیری‌ها (تولید آنتروپی) درون سیستم را نشان می‌دهد. تخریب انرژی در سیستم کلی برابر است با تخریب انرژی در همه اجزای سیستم‌ها:

$$\dot{E}_{D,tot} = \sum \dot{E}_{D,k} \quad (۴)$$

انرژی کل مربوط به یک جریان ماده با صرف نظر از انرژی جنبشی و پتانسیل برابر است با:

$$e = e_{ph} + e_{ch} \quad (۵)$$

انرژی فیزیکی یک جریان ماده برابر است با:

$$e_{ph} = h - h_0 - T_0(s - s_0) \quad (۶)$$

انرژی شیمیایی گاز i با کسر مولی x_i^e در فاز گازی برابر است با (فرانگوپولوس، ۲۰۰۹):

$$\bar{e}_i^{ch} = -\bar{R}T_0 \ln x_i^e \quad (۷)$$

انرژی شیمیایی یک مخلوط ایده آل گازهای ایده آل به صورت زیر داده می‌شود که این رابطه برای یافتن انرژی گازهای خروجی از بویلر مناسب است:

$$\bar{e}_{M,ig}^{ch} = \sum_{i=1}^N x_i \bar{e}_i^{ch} + \bar{R}T_0 \sum_{i=1}^N x_i \ln x_i \quad (۸)$$

که T_0 دمای محیط، $\bar{e}_i^{ch}$ انرژی شیمیایی مولی استاندارد ماده i ام، و x_i کسر مولی ماده در دمای T_0 است. همچنین انرژی شیمیایی یک مخلوط سوختی را می‌توان از معادله زیر محاسبه کرد (کوتاس^۱، ۱۹۹۵):

$$e_{fuel} = \gamma_f \times LHV \quad (۹)$$

که $\gamma_f = 1.06$ ضریب انرژی بر اساس ارزش حرارتی پایین سوخت است. سوخت اصلی نیروگاه بعثت گاز طبیعی است، بنابراین تحلیل انرژی برای این نوع سوخت صورت می‌گیرد. ترکیب سوخت به صورت جدول ۲ است. همچنین کسر مولی و $\bar{e}_i^{ch}$ اجزای گازهای خروجی از بویلر مطابق جداول ۳ و ۴ می‌باشد.

جدول ۲. ترکیب سوخت گاز طبیعی

کسر مولی	اجزای گاز طبیعی
۹۸/۵۷	CH ₄
۰/۶۳	C ₂ H ₆
۰/۱	C ₃ H ₈
۰/۰۵	C ₄ H ₁₀
۰/۰۴	C ₅ H ₁₂
۰/۶	N ₂
۰/۰۱	CO ₂

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۳. انرژی شیمیایی مولی استاندارد گازهای خروجی از بویلر

نوع گاز	انرژی شیمیایی اجزای گاز خروجی
CO ₂	۱۹۸۷۰
O ₂	۳۹۷۰
N ₂	۷۲۰
H ₂ O	۹۵۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۴. کسر مولی اجزای گازهای خروجی از بویلر

نوع گاز	کسر مولی گازهای خروجی از بویلر
CO ₂	۲۳
O ₂	۲/۵
N ₂	۶۸
H ₂ O	۶/۵

مأخذ: نتایج تحقیق

معیار بدون بعد برای ارزیابی‌های عملکرد استفاده می‌شوند. کارایی انرژی یا کارایی قانون اول و کارایی انرژی یا کارایی قانون دوم یک سیستم و/یا یک جزء سیستم به ترتیب به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\eta = \frac{\text{Desired output energy}}{\text{Input energy supplied}} \quad (10)$$

$$\varepsilon_k = \frac{\dot{E}_{P,k}}{\dot{E}_{F,k}} = 1 - \frac{\dot{E}_{D,k} + \dot{E}_{L,k}}{\dot{E}_{F,k}} \quad (11)$$

$\dot{E}_{P,k}$ انرژی خروجی مطلوب تولید شده توسط سیستم و $\dot{E}_{F,k}$ منابع انرژی صرف شده برای تولید این نتیجه است. افت انرژی $(\dot{E}_{L,k})$ در واقع انتقال انرژی از سیستم کلی به محیط اطراف است. این انتقال انرژی به انتقال جرم یا انتقال انرژی (افت حرارت) به محیط مربوط می‌شود. در اکثر موارد افت انرژی در صد کوچکی از کل ناکارایی‌های ترمودینامیکی را نشان می‌دهد، بزرگترین بخش ناکارایی‌ها توسط مجموع تخریب‌های انرژی در درون اجزای سیستم کلی شکل می‌گیرد. وقتی که مرزها برای تحلیل اجزا در دمای محیط رسم شوند، ناکارایی‌های ترمودینامیکی در جز منحصراً شامل تخریب انرژی می‌شود. در این مورد، تلفات انرژی فقط به سیستم کلی مربوط می‌شوند نه با هر یک از اجزایش.

$$\varepsilon_{tot} = 1 - \sum y_{D,k} - \frac{\dot{E}_{L,tot}}{\dot{E}_{F,tot}} \quad (12)$$

علاوه بر نرخ تخریب انرژی $(\dot{E}_{D,k})$ و کارایی انرژی (ε) ، ارزیابی ترمودینامیکی یک جزء سیستم می‌تواند بر اساس نسبت تخریب انرژی $(y_{D,k})$ انجام شود که تخریب انرژی یک جزء $(\dot{E}_{D,k})$ را نسبت به انرژی ورودی به سیستم کلی $(\dot{E}_{F,tot})$ مقایسه می‌کند.

$$y_{D,k} = \frac{\dot{E}_{D,k}}{\dot{E}_{F,tot}} \quad (13)$$

۴. نتایج و بحث

در این مطالعه نیروگاه حرارتی بعثت در شهر تهران در شرایط مرجع $T_0 = 298.15 \text{ K}$ و $P_0 = 101.3 \text{ kPa}$ مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. خواص ترمودینامیکی عملیاتی برای نقاط مختلف نیروگاه در جدول ۵ نشان داده شده است. موازنه انرژی نیروگاه بخار محاسبه شدند و نشان می دهند که تلفات حرارت در توربین ها، پمپ ها، هیترها و لوله کشی ها در مقایسه با کندانسور و بویلر ناچیز است. تلفات حرارت در کندانسور ۱۳۳ مگاوات، در بویلر ۲۸ مگاوات و در بقیه اجزای نیروگاه در مجموع ۱۱ مگاوات است. کارایی براساس مفهوم انرژی اغلب می تواند برداشت اشتباهی را منجر شود. علاوه بر این افت های انرژی می تواند مقدار بزرگی داشته باشد درحالی که از نظر ترمودینامیکی به دلیل کیفیت پایین، ارزش آن ناچیز باشد. در هر صورت کارایی ها و تلفات انرژی رویکردی را معرفی می کند تا حالت ایده آل و انحراف از ایده آل به درستی بررسی شود.

با استفاده از ترکیب سوخت، انرژی سوخت ۲۶۸ مگاوات محاسبه شد. گازهای خروجی از بویلر وارد اکونومایزر می شوند و آن را با دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد ترک می کنند، بنابراین انرژی آن که حاصل انرژی شیمیایی و فیزیکی است ۵۹ مگاوات به دست آمد. هوای ورودی به اکونومایزر تا دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد گرم می شود و سپس وارد محفظه احتراق می شود، بنابراین باید انرژی آن در نظر گرفته شود، که ۱۰ مگاوات محاسبه شد.

در جدول ۶، نرخ تخریب انرژی، نسبت تخریب انرژی و کارایی انرژی اجزای نیروگاه نشان داده می شود. نتایج نشان می دهد که نرخ های بازگشت ناپذیری بویلر بیشتر از نرخ های بازگشت ناپذیری دیگر اجزا است. این موضوع می تواند به این دلیل باشد که در بویلر انتقال حرارت با اختلاف دمای بالا بین مشعل ها و سیال عامل صورت می گیرد. به عبارت دیگر تحلیل انرژی نشان می دهد که ۸۲٪ انرژی در بویلر و کمتر از ۵٪ انرژی در کندانسور تخریب شده است. می بینیم که برخلاف تحلیل انرژی، تحلیل انرژی نشان می دهد که شانس بهبود قابل توجهی در سیستم بویلر نسبت به کندانسور وجود دارد. کارایی انرژی هر یک از اجزای نیروگاه نیز در جدول ۶ بیان شده است. علاوه بر این، کارایی انرژی کل نیروگاه ۳۰/۴۵٪ به دست آمد.

جدول ۵. خواص ترمودینامیکی عملیاتی برای نقاط مختلف نیروگاه

نقطه	T	P	m	h	s
۱	۲۳۵	۱۰۱/۶۹	۹۱/۹۴	۱۰۱۵/۱	۲/۶۴۱۵
۲	۳۰۸/۵	۹۶/۶۱	۹۱/۹۴	۱۳۹۲/۵	۳/۳۳۶۱
۳	۳۰۴/۸	۹۱/۷۸	۹۱/۹۴	۲۷۳۹	۵/۶۶۸۱
۴	۵۱۰/۱	۸۷/۲	۹۱/۹۴	۳۴۱۴/۶	۶/۷۱۰۶
۵	۳۸۹/۸	۳۳/۶	۹۱/۹۴	۳۲۰۰/۶	۶/۸۲۸۷
۶	۳۸۹/۸	۳۳/۶	۸۴/۵۸	۳۲۰۰/۶	۶/۸۲۸۷
۷	۳۰۷/۲	۱۷/۲۳	۸۴/۵۸	۳۰۴۷/۵	۶/۸۷۵۹
۸	۳۰۷/۲	۱۷/۲۳	۷۸/۵۸	۳۰۴۷/۵	۶/۸۷۵۹
۹	۲۰۳/۵	۶/۵	۷۸/۵۸	۲۸۵۴/۹	۶/۹۴۳۳
۱۰	۲۰۳/۵	۶/۵	۷۳/۰۵	۲۸۵۴/۹	۶/۹۴۳۳
۱۱	۱۲۹/۷	۲/۶۸	۷۳/۰۵	۲۷۰۸/۶	۷/۰۰۱۸
۱۲	۱۲۹/۷	۲/۶۸	۶۸/۰۹	۲۷۰۸/۶	۷/۰۰۱۸
۱۳	۹۲/۴	۰/۷۷	۶۸/۰۹	۲۵۳۳/۲	۷/۰۹۱۳
۱۴	۹۲/۴	۰/۷۷	۶۲/۶۷	۲۵۳۳/۲	۷/۰۹۱۳
۱۵	۴۲/۵	۰/۰۸۵	۶۲/۶۷	۲۲۹۸/۸	۷/۳۲۴۶
۱۶	۴۲/۷	۰/۰۸۵	۷۳/۰۵	۱۷۸/۷	۰/۶۰۷۸
۱۷	۴۳	۶/۴۳	۷۳/۰۵	۱۸۰	۰/۶۱۲
۱۸	۸۵/۱	۶/۲۴	۷۳/۰۵	۳۵۵/۹	۱/۱۳۵۲
۱۹	۹۰/۸	۰/۷۲	۵/۴۲	۲۴۸۲/۵	۶/۹۸۱۴
۲۰	۵۱/۷	۰/۱۴	۱۰/۳۸	۲۱۶/۴	۰/۷۲۵۷
۲۱	۴۲/۵	۰/۰۸۵	۱۰/۳۸	۲۱۶/۴	۰/۷۲۷۳
۲۲	۱۲۰/۴	۶/۰۵	۷۳/۰۵	۵۰۵/۸	۱/۵۳۱۸
۲۳	۱۲۷/۴	۲/۵	۴/۹۶	۲۶۵۴/۴	۶/۸۹۷۴
۲۴	۹۵/۱	۰/۸۵	۴/۹۶	۳۹۸/۵	۱/۲۵۱۶
۲۵	۹۰/۳	۰/۷۱	۴/۹۶	۳۹۸/۵	۱/۲۵۱۸
۲۶	۱۶۱/۳	۶/۰۵	۹۱/۹۴	۶۷۴/۲	۱/۹۳۹۶
۲۷	۱۶۲/۱	۱۰۸/۰۸	۹۱/۹۴	۶۹۰/۶	۱/۹۵۱۷

۶/۹۳۲۶	۲۸۳۵/۶	۵/۳۳	۶/۰۵	۱۹۳/۳	۲۸
۲/۲۹۸۱	۸۴۷/۲	۹۱/۹۴	۱۰۴/۸۴	۱۹۸	۲۹
۶/۸۲۸۷	۳۰۰۳/۱	۶	۱۶/۰۲	۲۸۵/۷	۳۰
۲/۰۵۹۳	۷۲۶/۹	۱۳/۳۶	۸/۱۶	۱۷۱/۲	۳۱
۲/۰۶۱۵	۷۲۶/۹	۱۳/۳۶	۶/۰۵	۱۵۹/۲	۳۲
۶/۷۶۹۳	۳۱۴۲/۷	۷/۳۶	۳۱/۲۶	۳۶۲/۵	۳۳
۲/۳۳۰۳	۸۵۲/۵	۷/۳۶	۱۸/۶۲	۲۰۰	۳۴
۲/۴۳	۸۵۲/۵	۷/۳۶	۱۶/۰۲	۱۱۳	۳۵

مأخذ: نتایج تحقیق

همان‌طوری که نشان داده شده است، تخریب اصلی انرژی عمده در بویلر صورت می‌گیرد. بنابراین بویلر پتانسیل بهبود قابل توجهی دارد. واکنش شیمیایی بین هوا و سوخت در فرآیند احتراق منبع اصلی تخریب انرژی در بویلر است. دومین تخریب انرژی بزرگ در واحدهای توربین صورت می‌گیرد.

جدول ۶. نرخ تخریب انرژی، نسبت تخریب انرژی و کارایی انرژی اجزای نیروگاه

اجزا	$\dot{E}_{D,k}$	$\dot{E}_{D,k} \%$	$\gamma_{D,k}$	ε_k
T1	۴۳۵۹	۳/۳	۰/۰۱۶	۰/۷۷
T2	۱۸۱۷	۱/۴	۰/۰۰۷	۰/۸۷
T3	۱۲۷۴	۱/۰	۰/۰۰۵	۰/۸۹
T4	۱۵۷۹	۱/۲	۰/۰۰۶	۰/۹۱
T5	۱۱۹۰	۰/۹	۰/۰۰۴	۰/۹۲
T6	۳۲۳۷	۲/۴	۰/۰۱۲	۰/۸۶
C	۶۲۴۷	۴/۷	۰/۰۲۲	۰/۱۵
P1	۹	۰/۰	۰/۰۰۰	۰/۸۳
P2	۳۳۲	۰/۲	۰/۰۰۱	۰/۷۸
H1	۸۸۸	۰/۷	۰/۰۰۳	۰/۶۱
H2	۵۲۸	۰/۴	۰/۰۰۲	۰/۸۱
H3	۳۳۴	۰/۳	۰/۰۰۱	۰/۹۴
H4	۱۰۹۲	۰/۸	۰/۰۰۴	۰/۸۵
D	۴۰۳	۰/۳	۰/۰۰۱	۰/۸۹
B	۱۰۹۷۳۵	۸۲/۵	۰/۳۹۵	۰/۵۰
total	۱۳۳۰۲۴	۱۰۰	۰/۴۷۹	۰/۳۰

مأخذ: نتایج تحقیق

۵. نتیجه گیری

در این مقاله تحلیل انرژی معرفی می شود تا کمک کند که عملکرد نیروگاه بعثت را درک کنیم. پارامترهای تلفات حرارت، تلفات انرژی، تخریب انرژی، بازده انرژی و نسبت تخریب انرژی برای همه اجزای نیروگاه محاسبه شدند. براساس تحلیل انرژی به دست آمد که حداکثر تلفات انرژی در کندانسور روی می دهد که ۷۷٪ کل تلفات انرژی نیروگاه را شکل می دهد. دومین افت انرژی بزرگ در بویلر رخ می دهد که حدود ۱۶ درصد است. تخریب انرژی اصلی در بویلر روی داده است که ۸۲٪ انرژی تخریبی کل را تشکیل می دهد و تنها ۵٪ انرژی تخریبی کل در کندانسور تخریب می شود. برخلاف تحلیل انرژی، این نتیجه نشان می دهد که پتانسیل اصلاح قابل توجهی در بویلر نسبت به کندانسور وجود دارد.

منابع

- Ahmadi G. R. and D. Toghraie** (2016), "Energy and Exergy Analysis of Montazeri Steam Power Plant in Iran", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 56, pp. 454–463.
- Cengel Y. A. and A. B. Michael** (2008), *Thermodynamics: An Engineering Approach*, (6th Ed.), New York: McGraw Hill Companies, Inc..
- Datta A.; Ganguly R. and L. Sarkar** (2010), "Energy and Exergy Analyses of an Externally Fired Gas Turbine (EFGT) Cycle Integrated With Biomass Gasifier for Distributed Power Generation", *Energy*, Vol. 35, pp. 341–50.
- Erdem H. H.; Akkaya A. V.; Cetin B.; Dagdas A.; Sevilgen S. H.; Sahin B.; Teke I.; Gungor G. and S. Atas** (2009), "Comparative Energetic and Exergetic Performance Analyses for Coal-Fired Thermal Power Plants in Turkey", *International Journal of Thermal Sciences*, Vol. 48, No. 11, pp. 2179–2186.
- Frangopoulos, C. A.** (2009), *Exergy, Energy System Analysis and Optimization*, United Kingdom: Oxford.
- Kaushik S. C.; Siva Reddy V. and S. K. Tyagi** (2011), "Energy and Exergy Analyses of Thermal Power Plants: A Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, pp. 1857–1872.
- Khalilq A. and S. C. Kaushik** (2004), "Second-law Based Thermodynamic Analysis of Brayton/Rankine Combined Power Cycle With Reheat", *Applied Energy*, Vol. 78, pp. 179–197.
- Kotas, T.J.** (1995), "The Exergy Method of Thermal Plant Analysis". *Krieger Melbourne*, (FL).
- Mborah C. and E.K. Gbadam** (2010), "On the Energy and Exergy Analysis of a 500 KW Steam Power Plant at Benso Oil Palm Plantation (BOPP)", *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, Vol. 2, No. 4, pp. 239–244.
- Reddy B. V. and K. Mohamed** (2007), "Exergy Analysis of Natural Gas Fired Combined Cycle Power Generation Unit", *International Journal of Exergy*, Vol. 4, No. 2, pp. 180–196.
- Sengupta S.; Datta A. and S. Duttagupta** (2007), "Exergy Analysis of a Coal-Based 210MW Thermal Power Plant", *International Journal of Energy Research*, Vol. 31, No. 1, pp. 14–28.
- Sue D. C. and C. C Chuang** (2004), "Engineering Design and Exergy Analyses for Combustion Gas Turbine Based Power Generation System", *Energy*, Vol. 29, pp. 1183–1205.

فهرست علائم

علائم یونانی		e	اگرژی مخصوص (kJ/kg)
ε	بازده اگرژی	$\dot{E}$	اگرژی (kW)
η	بازده انرژی	h	آنتالپی ویژه (kJ/kg)
زیر نویس ها		LHV	ارزش حرارتی پایین سوخت (kJ/kg)
ch	شیمیایی	$\dot{m}$	دبی جرمی (kg/s)
D	تخریب	$\dot{Q}$	نرخ انتقال حرارت (kW)
e	خروجی	s	آنتروپی مخصوص (kJ/kg.k)
F	مصرف شده	T	دما (K)
fuel	سوخت	$\dot{W}_{act}$	توان واقعی (kW)
i	ورودی	y_D	نسبت تخریب اگرژی
K	شمارنده اجزای نیروگاه	$\bar{e}_i^{ch}$	اگرژی شیمیایی گاز i (kJ/kmol)
L	افت	$\bar{R}$	ثابت گازها
p	تولیدی	x_i^e	کسر مولی در فاز گازی
Ph	فیزیکی		
Tot	کل		
0	محیط مرجع		