

## تحلیل عملکرد انرژی و اگررژی 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 کفیت انرژی تفاوتی قائل نمی‌شود. هدف این مطالعه این است که تحلیل انرژی و اگررژی نیروگاه بخار بعثت واقع در تهران انجام شود. نتایج نشان می‌دهد که تلفات انرژی عمدتاً در کندانسور رخ می‌دهد که حدود ۷۷٪ کل تلفات انرژی کل نیروگاه را تشکیل می‌دهد. با این وجود تخریب اگررژی بویلر از بقیه اجزای نیروگاه بیشتر است که به دلیل واکنش احتراق و دمای بالای آن است که منابع بسیار قابل توجهی از تخریب اگررژی در بویلر است. دو مین تخریب اگررژی بزرگ، توربین‌ها هستند. بنابراین بویلر و توربین‌ها برای اصلاح کارایی انرژی در اولویت می‌باشند.

**واژگان کلیدی:** تحلیل اگررژی، 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 درنظر گرفتن این حقیقت تقاضا برای بهینه سازی 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<sup>۱</sup>، 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 ارضاء شود زیرا این معیار بین کیفیت و کمیت انرژی فرقی نمی‌گذارد. عملکرد اگزرژی براساس قانون دوم ترمودینامیک به عنوان روش مناسب در طراحی، بهینه‌سازی و اصلاح نیروگاه‌های حرارتی معرفی می‌شود. تحلیل عملکرد اگزرژی می‌تواند مقادیر، محل و علت برگشت ناپذیری‌ها در نیروگاه‌ها را ارزیابی کند.

چندین مطالعه در زمینه ارزیابی نیروگاه‌های حرارتی با استفاده از تحلیل اگزرژی انجام شده است. مطالعه کاشیک و همکاران<sup>۲</sup> در سال ۲۰۱۱ یک مرور کوتاه از مطالعات مختلف تحلیل اگزرژی را نشان می‌دهد و تحلیل‌های انرژی و اگزرژی نیروگاه‌های حرارتی ذغال سنگی و گازی را مقایسه می‌کند. بر طبق تحلیل اگزرژی 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<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۷ تحلیل اگزرژی یک نیروگاه حرارتی ذغالسنگی را به وسیله تقسیم کردن کل سیکل نیروگاه به سه ناحیه برای تحلیل نشان می‌دهد.

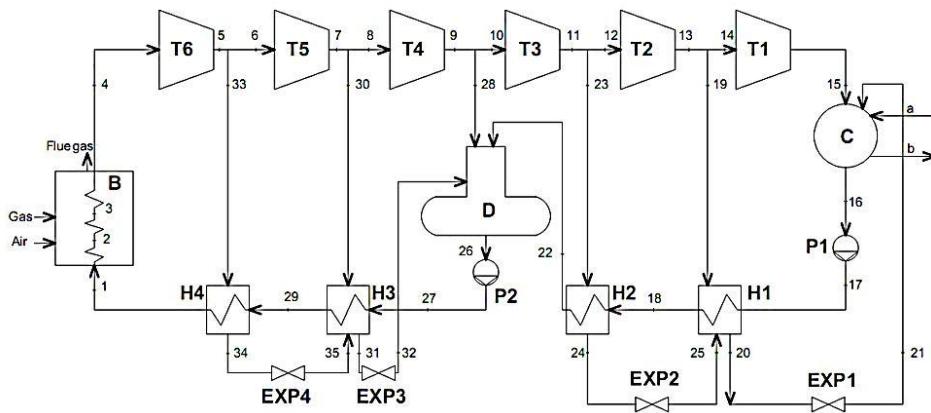
ردی و محمد<sup>۲</sup> در سال ۲۰۰۷ یک نیروگاه سیکل ترکیبی گاز طبیعی را تحلیل کرد تا اثر دمای ورودی و نسبت فشار توربین گاز رو کارایی اگزرژی را بررسی کند. احمدی و طغرایی<sup>۳</sup> در سال ۲۰۱۶ تحلیل انرژی و اگزرژی نیروگاه بخار شهید منظری در اصفهان با ظرفیت ۲۰۰ مگاوات را هدف گذاری کرده‌اند. مبورا و جی بدم<sup>۴</sup> در سال ۲۰۱۰ از تحلیل انرژی و اگزرژی استفاده می‌کنند تا محل‌ها و مقادیر افت‌ها را برای ماکریم کردن عملکرد یک نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی مشخص کنند.

دادا و همکاران<sup>۵</sup> در سال ۲۰۱۰ تحلیل‌های انرژی و اگزرژی یک سیکل توربین گازی خارجی با گازی‌سازی زیست‌توده برای تولید قدرت پراکنده را انجام داده‌اند. سو و چانگ<sup>۶</sup> در سال ۲۰۰۴ طراحی مهندسی و تحلیل اگزرژی سیستم‌های تولید قدرت براساس توربین گاز را انجام داده‌اند.

خالق و کاشیک<sup>۷</sup> در سال ۲۰۰۴ رویکرد قانون دوم برای تحلیل ترمودینامیکی برای سیکل قدرت ترکیبی رانکین/براپتون بازگرمایش را نشان دادند. در این مطالعه تحلیل اگزرژی 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 اگزرژی 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

در ادامه این مقاله، در بخش ۲ نیروگاه حرارتی بخار بعثت توصیف می‌شود. در بخش ۳ مدل تحلیل اگررژی تبیین می‌گردد. بخش ۴ نتایج و بحث تحلیل اگررژی نیروگاه و شاخص‌های مختلف اگررژی تشریح می‌شود.



شکل ۱. شماتیک نیروگاه بخار بعثت

## ۲. توصیف نیروگاه حرارتی

نیروگاه بعثت در سال‌های (۱۳۴۶-۱۳۴۷) شمسی توسط شرکت جنرال الکتریک احداث شده و به بهره‌برداری رسیده است. توان الکتریکی نامی نیروگاه برابر  $247/5$  مگاوات می‌باشد که از ۳ واحد معجزا با هر کدام به ظرفیت نامی  $82/5$  مگاوات تشکیل شده است. سوخت اصلی نیروگاه در سال‌های اولیه راه‌اندازی، دیزل سنگین و گازوئیل بوده است ولی هم اکنون دارای مشعل‌های دوگانه سوز بوده و امکان استفاده از سوخت گاز طبیعی در آن نیز وجود دارد. سیکل حرارتی این واحد نیروگاه یک سیکل رانکین است همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است شامل چهار دستگاه پیش‌گرمکن آب تغذیه نوع بسته، یک دستگاه گرمکن هوای توربین‌های بخار، دیگر بخار، کندانسور و پمپ‌های آب تغذیه است. شرایط عملیاتی نیروگاه در جدول (۱) نشان داده شده است. برای همه بخش‌های سیستم، معادلات جرم، انرژی و اگررژی توسعه داده می‌شوند تا عملکرد نیروگاه ارزیابی شود.

## 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	دماهی بخار خروجی سوپر هیتر (°C)
۸۷/۲	فشار بخار (bar)
۹۲	دبی جرمی بخار (kg/s)
۳۵۰	دماهی گازهای خروجی (°C)
%۹۸	کارایی مکانیکی

مأخذ: نتایج تحقیق

## ۳. روش‌شناسی

با فرض عملیات جریان پایدار و نادیده گرفتن تغیرات انرژی جنبشی و پتانسیل، معادلات موازنه جرم و انرژی و اگزرژی برای هر یک از اجزای نیروگاه به صورت زیر بیان می‌شود (کنگل و مایکل<sup>۱</sup>؛ فرانگوپولوس<sup>۲</sup>؛ ۲۰۰۸؛ ۲۰۰۹):

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_e \quad (1)$$

$$\sum \dot{Q} - \dot{W}_{act} = \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_i h_i \quad (2)$$

$$\dot{W}_{act} = \sum \dot{m}_i e_i - \sum \dot{m}_e e_e + \sum \left(1 - \frac{T_0}{T_k}\right) \dot{Q}_k - \dot{E}_D \quad (3)$$

1. Cengel and Michael  
2. Frangopoulos

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

$$\dot{E}_{D,tot} = \sum \dot{E}_{D,k} \quad (4)$$

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

$$e = e_{ph} + e_{ch} \quad (5)$$

اگررژی فیزیکی یک جریان ماده برابر است با:

$$e_{ph} = h - h_0 - T_0(s - s_0) \quad (6)$$

اگررژی شیمیایی گاز نبا کسر مولی  $\bar{x}_i^e$  در فاز گازی برابر است با (فرانگوپولوس، ۲۰۰۹):

$$\bar{e}_i^{ch} = -\bar{R}T_0 \ln x_i^e \quad (7)$$

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

$$\bar{e}_{M,ig}^{ch} = \sum_{i=1}^N x_i \bar{e}_i^{ch} + \bar{R}T_0 \sum_{i=1}^N x_i \ln x_i \quad (8)$$

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

$$e_{fuel} = \gamma_f \times LHV \quad (9)$$

که  $1.06 = \gamma_f$  ضریب اگررژی بر اساس ارزش حرارتی پایین سوخت است. سوخت اصلی نیروگاه بعثت گاز طبیعی است، بنابراین تحلیل اگررژی 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.

---

1. Kotas

جدول ۲. ترکیب سوخت گاز طبیعی

اجزای گاز طبیعی	کسر مولی
CH4	۹۸/۵۷
C2H6	۰/۶۳
C3H8	۰/۱
C4H10	۰/۰۵
C5H12	۰/۰۴
N2	۰/۶
CO2	۰/۰۱

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۳. اگزرژی شیمیابی مولی استاندارد گازهای خروجی از بویلر

نوع گاز	اگزرژی شیمیابی اجزای گاز خروجی
CO2	۱۹۸۷۰
O2	۳۹۷۰
N2	۷۲۰
H2O	۹۵۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق

جدول ۴. کسر مولی اجزای گازهای خروجی از بویلر

نوع گاز	کسر مولی گازهای خروجی از بویلر
CO2	۲۳
O2	۲/۵
N2	۶۸
H2O	۶/۵

مأخذ: نتایج تحقیق

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

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

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

اگررژی  $\dot{E}_{P,k}$  نتیجه مطلوب تولید شده توسط سیستم و منابع اگررژی  $\dot{E}_{F,k}$  صرف شده برای تولید این نتیجه است. افت اگررژی ( $\dot{E}_{L,k}$ ) در واقع انتقال اگررژی از سیستم کلی به محیط اطراف است. این انتقال اگررژی به انتقال جرم یا انتقال انرژی (افت حرارت) به محیط مربوط می‌شود. در اکثر موارد افت اگررژی درصد کوچکی از کل ناکارایی‌های ترمودینامیکی را نشان می‌دهد، بزرگترین بخش ناکارایی‌ها توسط مجموع تخریب‌های اگررژی در درون اجزای سیستم کلی شکل می‌گیرد. وقتی که مرزها برای تحلیل اجزا در دمای محیط رسم شوند، ناکارایی‌های ترمودینامیکی در جز منحصرأ شامل تخریب اگررژی می‌شود. در این مورد، تلفات اگررژی 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 اگررژی ( $\dot{E}_{D,k}$ ) و کارایی اگررژی ( $\varepsilon$ )، ارزیابی ترمودینامیکی یک جزء سیستم می‌تواند بر اساس نسبت تخریب اگررژی ( $y_{D,k}$ ) انجام شود که تخریب اگررژی یک جزء ( $\dot{E}_{D,k}$ ) را نسبت به اگررژی 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  $K = 298.15$  و  $T_0 = 20$  درجه سلسیوس و  $P_0 = 101.3$  kPa مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. خواص ترمودینامیکی عملیاتی برای نقاط مختلف نیروگاه در جدول ۵ نشان داده شده است. موازنۀ انرژی نیروگاه بخار محاسبه شدند و نشان می‌دهند که تلفات حرارت در توربین‌ها، پمپ‌ها، هیترها و لوله‌کشی‌ها در مقایسه با کنداسور و بویلر ناچیز است. تلفات حرارت در کنداسور ۱۳۳ مگاوات، در بویلر ۲۸ مگاوات و در بقیه اجزای نیروگاه در مجموع ۱۱ مگاوات است. کارایی براساس مفهوم انرژی اغلب می‌تواند برداشت اشتباہی را منجر شود. علاوه بر این افت‌های انرژی می‌تواند مقدار بزرگی داشته باشد در حالی که از نظر ترمودینامیکی به دلیل کیفیت پایین، ارزش آن ناچیز باشد. در هر صورت کارایی‌ها و تلفات اگزرسی رویکردی را معرفی می‌کند تا حالت ایده‌آل و انحراف از ایده‌آل به درستی بررسی شود.

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

در جدول ۶، نرخ تخریب اگزرسی، نسبت تخریب اگزرسی و کارایی اگزرسی اجزای نیروگاه نشان داده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که نرخ‌های بازگشت‌ناپذیری بویلر بیشتر از نرخ‌های بازگشت‌ناپذیری دیگر اجزا است. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که در بویلر انتقال حرارت با اختلاف دمای بالا بین مشعل‌ها و سیال عامل صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر تحلیل اگزرسی نشان می‌دهد که ۸۲٪ اگزرسی در بویلر و کمتر از ۱۵٪ اگزرسی در کنداسور تخریب شده است. می‌بینیم که برخلاف تحلیل انرژی، تحلیل اگزرسی نشان می‌دهد که شانس بهبود قابل توجهی در سیستم بویلر نسبت به کنداسور وجود دارد. کارایی اگزرسی هر یک از اجزای نیروگاه نیز در جدول ۶ بیان شده است. علاوه بر این، کارایی اگزرسی کل نیروگاه ۴۵٪/۳۰ به دست آمد.

جدول ۵. خواص ترمودینامیکی عملیاتی برای نقاط مختلف نیروگاه

S	h	m	P	T	نقطه
۲/۶۴۱۵	۱۰۱۵/۱	۹۱/۹۴	۱۰۱/۶۹	۲۳۵	۱
۳/۳۳۶۱	۱۳۹۲/۵	۹۱/۹۴	۹۶/۶۱	۳۰۸/۵	۲
۵/۶۶۸۱	۲۷۳۹	۹۱/۹۴	۹۱/۷۸	۳۰۴/۸	۳
۶/۷۱۰۶	۳۴۱۴/۶	۹۱/۹۴	۸۷/۲	۵۱۰/۱	۴
۶/۸۲۸۷	۳۲۰۰/۶	۹۱/۹۴	۳۳/۶	۳۸۹/۸	۵
۶/۸۲۸۷	۳۲۰۰/۶	۸۴/۵۸	۳۳/۶	۳۸۹/۸	۶
۶/۸۷۵۹	۳۰۴۷/۵	۸۴/۵۸	۱۷/۲۳	۳۰۷/۲	۷
۶/۸۷۵۹	۳۰۴۷/۵	۷۸/۵۸	۱۷/۲۳	۳۰۷/۲	۸
۶/۹۴۲۳	۲۸۵۴/۹	۷۸/۵۸	۶/۵	۲۰۳/۵	۹
۶/۹۴۲۳	۲۸۵۴/۹	۷۳/۰۵	۶/۵	۲۰۳/۵	۱۰
۷/۰۰۱۸	۲۷۰۸/۶	۷۳/۰۵	۲/۶۸	۱۲۹/۷	۱۱
۷/۰۰۱۸	۲۷۰۸/۶	۶۸/۰۹	۲/۶۸	۱۲۹/۷	۱۲
۷/۰۹۱۳	۲۵۳۳/۲	۶۸/۰۹	۰/۷۷	۹۲/۴	۱۳
۷/۰۹۱۳	۲۵۳۳/۲	۶۲/۶۷	۰/۷۷	۹۲/۴	۱۴
۷/۳۲۴۶	۲۲۹۸/۸	۶۲/۶۷	۰/۰۸۵	۴۲/۵	۱۵
۰/۶۰۷۸	۱۷۸/۷	۷۳/۰۵	۰/۰۸۵	۴۲/۷	۱۶
۰/۶۱۲	۱۸۰	۷۳/۰۵	۶/۴۳	۴۳	۱۷
۱/۱۳۵۲	۳۵۵/۹	۷۳/۰۵	۶/۲۴	۸۵/۱	۱۸
۶/۹۸۱۴	۲۴۸۲/۵	۵/۴۲	۰/۷۲	۹۰/۸	۱۹
۰/۷۲۵۷	۲۱۶/۴	۱۰/۳۸	۰/۱۴	۵۱/۷	۲۰
۰/۷۲۷۳	۲۱۶/۴	۱۰/۳۸	۰/۰۸۵	۴۲/۵	۲۱
۱/۵۳۱۸	۵۰۵/۸	۷۳/۰۵	۶/۰۵	۱۲۰/۴	۲۲
۶/۸۹۷۴	۲۶۵۴/۴	۴/۹۶	۲/۵	۱۲۷/۴	۲۳
۱/۲۵۱۶	۳۹۸/۵	۴/۹۶	۰/۸۵	۹۵/۱	۲۴
۱/۲۵۱۸	۳۹۸/۵	۴/۹۶	۰/۷۱	۹۰/۳	۲۵
۱/۹۳۹۶	۶۷۴/۲	۹۱/۹۴	۶/۰۵	۱۶۱/۳	۲۶
۱/۹۵۱۷	۶۹۰/۶	۹۱/۹۴	۱۰۸/۰۸	۱۶۲/۱	۲۷

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

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

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

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

مأخذ: نتایج تحقیق

## ۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله تحلیل اگررژی معروفی می‌شود تا کمک کند که عملکرد نیروگاه بعثت را در کننیم. پارامترهای تلفات حرارت، تلفات اگررژی، تخریب اگررژی، بازده اگررژی و نسبت تخریب اگررژی برای همه اجزای نیروگاه محاسبه شدند. براساس تحلیل انرژی به دست آمد که حداقل تلفات انرژی در کندانسور روی می‌دهد که ۷۷٪ کل تلفات انرژی نیروگاه را شکل می‌دهد. دومین افت انرژی بزرگ در بویلر رخ می‌دهد که حدود ۱۶ درصد است. تخریب اگررژی اصلی در بویلر روی داده است که ۸۲٪ اگررژی تخریبی کل را تشکیل می‌دهد و تنها ۵٪ اگررژی تخریبی کل در کندانسور تخریب می‌شود. برخلاف تحلیل انرژی، این نتیجه نشان می‌دهد 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.
- Khaliq 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, TJ.** (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 علایم

علائم یونانی		اگررژی مخصوص (kJ/kg)	$e$
بازده اگررژی	$\epsilon$	اگررژی (kW)	$\dot{E}$
بازده انرژی	$\eta$	آنالپی و پله (kJ/kg)	$h$
زیرنویس‌ها		ارزش حرارتی پایین سوخت (kJ/kg)	$LHV$
شیمیابی	ch	دی جرمی (kg/s)	$\dot{m}$
تخریب	D	نرخ انتقال حرارت (kW)	$\dot{Q}$
خروجی	e	آنتروپی مخصوص (kJ/kg.k)	$s$
صرف شده	F	دما (K)	$T$
سوخت	fuel	توان واقعی (kW)	$\dot{W}_{act}$
ورودی	i	نسبت تخریب اگررژی	$y_D$
شمارنده اجزای نیروگاه	K	اگررژی شیمیابی گاز i (kJ/kmol)	$\bar{e}_i^{ch}$
افت	L	ثابت گازها	$\bar{R}$
تولیدی	P	کسر مولی در فاز گازی	$x_i^e$
فیزیکی	Ph		
کل	Tot		
محیط مرجع	0		