

تحلیل اکسرژی واحد تولید آمونیاک مجتمع پتروشیمی خراسان

سمانه سادات مهدی پور^{1*}، نفیسه فرهادیان^{2**}، محمدعلی فنائی شیخ الاسلامی³، فروغ نوروز زاده⁴

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی شیمی

*sm.mehdipour4@gmail.com

**n.farhadian@um.ac.ir

چکیده

در این پژوهش میزان اتلاف اکسرژی بخش‌های مختلف واحد تولید آمونیاک پتروشیمی خراسان به منظور بررسی بازدهی مصرف انرژی بررسی شده است. بدین منظور با استفاده از نرم افزار اسپن پلاس نسخه 9 این واحد شبیه سازی شده است. سپس با استفاده از نمودارهای EGCC میزان اتلاف اکسرژی برای بخش‌های مختلف محاسبه شده است. نتایج نشان می دهد اتلاف اکسرژی برای بخش‌های تولید گاز سنتز، راکتور شیف، جداسازی دی اکسید کربن، متانسیون، سنتز آمونیاک و تبرید به ترتیب برابر با 42، 36، 31، 2، 69 و 12 گیگا ژول بر ساعت است که بخش سنتز آمونیاک بیشترین اتلاف اکسرژی را در واحد تولید آمونیاک داراست. در ادامه تحلیل اکسرژی شبکه مبدل های حرارتی بخش سنتز آمونیاک مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید مبدل مربوط به سردسازی گاز خروجی از راکتور سنتز دارای بیشترین میزان اتلاف اکسرژی است.

واژه های کلیدی: اکسرژی، واحد تولید آمونیاک، شبیه سازی، منحنی EGCC.

1- مقدمه

در طول سالیان اخیر دیدگاه مصرف انرژی تغییر بسیاری داشته است و امروزه با افزایش قیمت انرژی و محدودیت در منابع آن و همچنین مشکلات محیط زیستی که سوخت های فسیلی برای تأمین انرژی ایجاد می کنند، باعث شده است که روش های کاهش مصرف انرژی مورد توجه قرار گیرند [1]. صنعت تولید آمونیاک به عنوان یکی از بزرگ ترین صنایع شیمیایی جهان محسوب می شود و نقش تأثیر گذاری در تولید کود

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی شیمی

² دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی شیمی

³ دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی شیمی

⁴ کارشناس ارشد مهندسی فرایند، شرکت پتروشیمی خراسان (سهامی عام)، بجنورد

و محصولات غذایی ایفا می‌کند. با توجه به اینکه این فرآیند بسیار انرژی بر است؛ به صورتیکه برای تولید یک تن آمونیاک 34-50 گیگا ژول انرژی لازم است، بنابراین بررسی این فرآیند از لحاظ کاهش مصرف انرژی اهمیت ویژه‌ای دارد [2]. در واحد تولید آمونیاک، مقدار قابل توجهی اتلاف اکسرژی به دلیل برگشت‌ناپذیری فرآیند وجود دارد که می‌توان با استفاده از سیستم‌های تبدیل انرژی، برای تولید انرژی مفید استفاده شود [3]. تجزیه و تحلیل اکسرژی ترکیبی از قانون اول و دوم ترمودینامیک است که می‌تواند به عنوان ابزاری قدرتمند و مفید برای تجزیه و تحلیل انرژی از نظر کمیت و کیفیت استفاده شود. اکسرژی به عنوان بیشینه کار قابل دریافت، به طوری که سیستم با محیط اطراف به صورت برگشت‌پذیر در ارتباط باشد، تعریف می‌شود [4]. در این پژوهش اتلاف اکسرژی بخش‌های مختلف فرایندی واحد تولید آمونیاک پتروشیمی خراسان مورد بررسی قرار گرفته است و بیشینه اتلاف اکسرژی در شبکه مبدل‌های حرارتی مربوط به بخشی از واحد با بالاترین اتلاف اکسرژی مشخص شده است.

2- شرح فرآیند

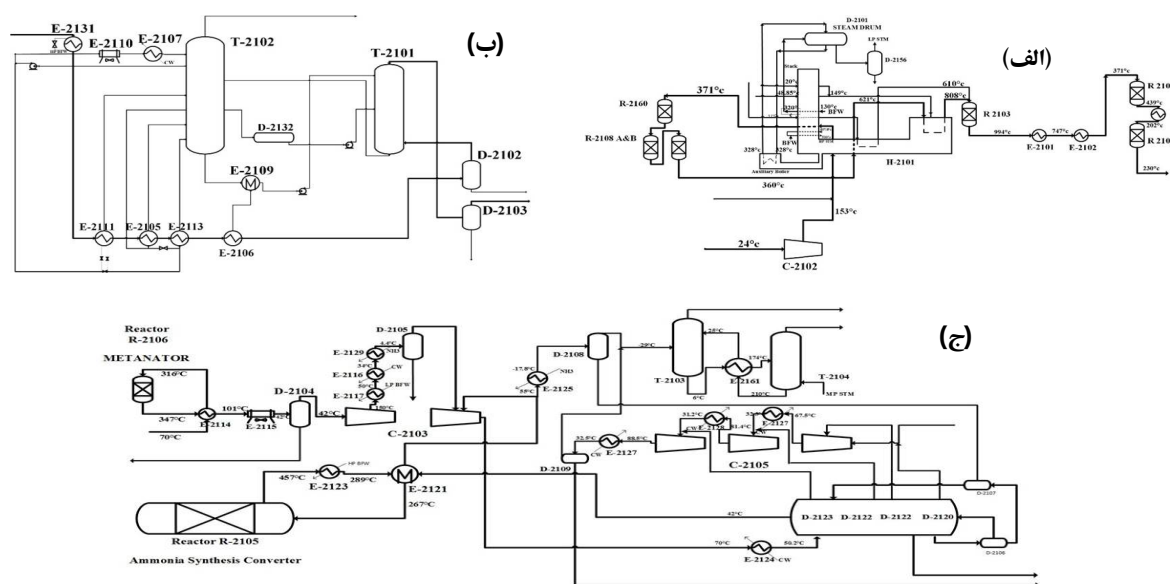
قسمت‌های اصلی واحد تولید آمونیاک مجتمع پتروشیمی خراسان شامل بخش تولید گاز سنتز، بخش جداسازی دی‌اکسید کربن و بخش سنتز آمونیاک می‌باشد. گاز طبیعی در این پتروشیمی به عنوان خوراک و سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ابتدای فرآیند در بخش گوگرد زدا، میزان ترکیبات گوگردی گاز ورودی تا سطح مجاز کاهش می‌یابد. سپس گاز طبیعی تصفیه شده وارد بخش ریفرمینگ متان با بخار آب و راکتور تبدیل خود گرمای متان شده و گاز سنتز تولید می‌شود. محصول خروجی شامل هیدروژن، نیتروژن، مونواکسید کربن، دی‌اکسید کربن و آب است. مونوکسید کربن موجود در جریان در ادامه‌ی فرآیند به دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود. این عمل در راکتورهای شیفتمای بالا و پایین انجام می‌پذیرد. در ادامه جریان اصلی وارد بخش جداسازی دی‌اکسید کربن می‌شود که جداسازی دی‌اکسید کربن موجود در جریان به وسیله‌ی برج‌های جذب و دفع انجام می‌پذیرد. حذف کامل اکسیدهای کربنی در بخش متاناسیون انجام می‌پذیرد. سپس گاز سنتز وارد بخش سنتز آمونیاک می‌شود. در این بخش هیدروژن و نیتروژن موجود در خوراک راکتور واکنش می‌دهند و آمونیاک را به عنوان محصول خروجی تولید می‌کنند. بخش سنتز آمونیاک شامل واحد تبرید است که آمونیاک تولید شده را از سایر اجزا جدا می‌کند. شماتیک بخش‌های تولید گاز سنتز، جداسازی دی‌اکسید کربن و سنتز آمونیاک موجود در واحد آمونیاک پتروشیمی خراسان در شکل 1 نشان داده شده است.

3- تحلیل اکسرژی واحد آمونیاک

برای محاسبه‌ی میزان اتلاف اکسرژی هر بخش از فرآیند، از منحنی‌های EGCC¹ استفاده می‌شود. برای رسم منحنی EGCC در ابتدا منحنی مرکب جامع (GCC)² رسم می‌شود، سپس با جایگزینی محور دما با ضریب کارنو منحنی EGCC به دست می‌آید. سطح بین منحنی و سطوح دمایی جریان‌های جانبی میزان اتلاف اکسرژی را می‌دهد. برای محاسبه‌ی سطح بین این دو از رابطه‌ی انتگرال‌گیری عددی استفاده شده است. بعد از مشخص شدن بیشترین اتلاف اکسرژی در بخش مربوطه، اتلاف اکسرژی تک تک مبدل‌های بخش مربوطه نیز با کمک روابط 1 و 2 محاسبه گردید تا قسمتی از واحد که نیازمند بهبود عملکرد است مشخص گردد.

$$E_x = \Delta H \left(1 - \frac{T_0}{T_{lm}} \right) \quad (1)$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{T_{in} - T_{out}}{\ln \left(\frac{T_{in}}{T_{out}} \right)} \quad (2)$$



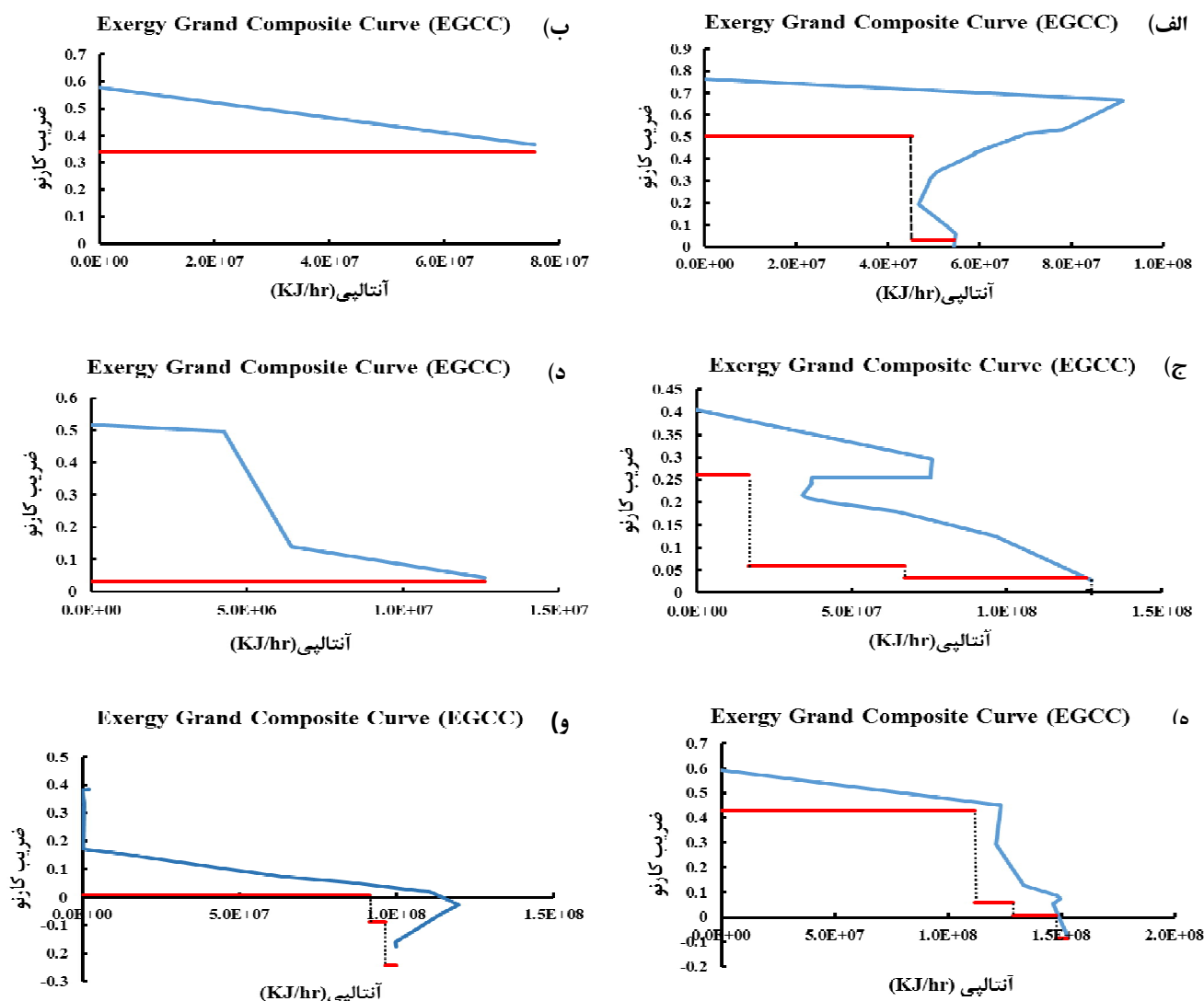
شکل 1- شماتیک از الف) بخش تولید گاز سنتز، ب) بخش جداسازی دی‌اکسید کربن و ج) بخش تولید آمونیاک

4- تحلیل نتایج

¹ Exergy Grand Composite Curve

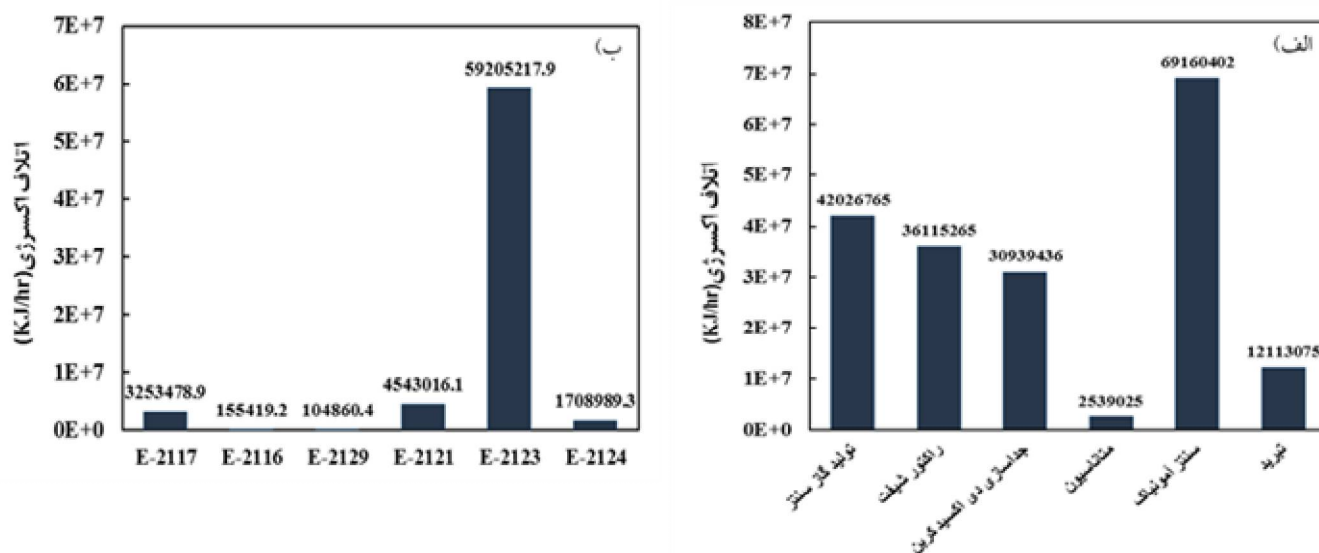
² Grand composite Curve

نمودارهای EGCC برای بخش‌های مختلف واحد در شکل 2 نشان داده شده است. میزان اتلاف اکسرژی محاسبه شده برای بخش‌های مختلف واحد در شکل 3-الف نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصله بیشترین میزان اتلاف اکسرژی مربوط به بخش سنتز آمونیاک و کمترین مربوط به بخش متاناسیون است.



شکل 2- منحنی‌های EGCC بخش‌های (الف) تولید گاز سنتز، (ب) راکتورهای شیف، (ج) جداسازی دی‌اکسید کربن، (د) متاناسیون، (ه) سنتز آمونیاک و (و) تبرید

در ادامه به منظور بررسی دقیق تر میزان اتلاف اکسرژی بخش سنتز آمونیاک، اتلاف اکسرژی مبدل های موجود در این بخش محاسبه گردید. نتایج در شکل 3-ب نشان داده شده است.



شکل 3- الف) میزان اتلاف اکسرژی بخش های مختلف واحد و ب) میزان اتلاف اکسرژی مبدل های بخش سنتز آمونیاک

بیشترین و کمترین میزان اتلاف اکسرژی به ترتیب برای مبدل های E-2123 و E-2129 محاسبه گردید. با توجه به اینکه گاز خروجی از راکتور سنتز آمونیاک دارای دما و فشار بالا است و در ادامه ی فرآیند به منظور تبادل حرارت با BFW^3 و پیش گرم کردن خوراک راکتور به ترتیب وارد دو مبدل حرارتی E-2123 و E-2121 می شود و دمای آن از 457 به 55 درجه ی سانتی گراد کاهش می یابد. در نتیجه در این بخش اکسرژی موجود در جریان خروجی از راکتور سنتز آمونیاک در سیال عامل و واسط استفاده می شود و همچنین با توجه به فشار بالای این جریان (3/139 بار)، از اکسرژی مکانیکی آن نیز بهره برده نمی شود، بنابراین بالا بودن میزان اتلاف اکسرژی در این بخش قابل توجه است. لذا بهینه سازی مناسبی در عملکرد این قسمت از واحد از نظر مصرف انرژی می توان انجام داد که جزو پیشنهادات این پژوهش بشمار می رود.

5- نتیجه گیری

³ Boiling feed water

در این پژوهش در مرحله اول ائتلاف اکسرژی بخش‌های مختلف واحد تولید آمونیاک مجتمع پتروشیمی خراسان مورد ارزیابی قرار گرفت. برای محاسبه‌ی ائتلاف اکسرژی از نمودار EGCC استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از بالاترین میزان ائتلاف اکسرژی در بخش سنتز آمونیاک داشت. در ادامه ائتلاف اکسرژی مبدل‌های حرارتی این بخش از واحد بررسی گردید و مشخص شد که مبدل مربوط به خنک کردن گاز خروجی از راکتور سنتز آمونیاک که دارای دما و فشار بالایی است، بیشترین ائتلاف را نسبت به سایر مبدل‌های این بخش داراست. لذا بهینه‌سازی انرژی در همین قسمت از واحد قابل انجام است.

تشکر و قدردانی

از شرکت پتروشیمی خراسان (سهامی عام) بابت مساعدت در انجام این پژوهش طی قرارداد به شماره 18-98 کمال تشکر را داریم.

مراجع

- [1] M. H. Panjeshahi, E. G. Langeroudi, and N. Tahouni, "Heat and power optimization in ammonia plant," *AIChE Annu. Meet. Conf. Proc.*, 2006.
- [2] م. ح. پنجه‌شاهی، ن. طاهونی و ا. قاسمیان لنگرودی، "اصلاح فرآیند تولید آمونیاک به منظور کاهش مصرف انرژی،" *نشریه انرژی ایران*، 14، 6، 9-2006، 41.
- [3] M. Sahafzadeh, A. Ataei, N. Tahouni, and M. H. Panjeshahi, "Integration of a gas turbine with an ammonia process for improving energy efficiency," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 58, no. 1-2, pp. 594-604, 2013.
- [4] H. Chang, "Exergy analysis and exergoeconomic analysis of an ethylene process," *Tamkang J. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 95-104, 2001.

در پایان نویسنده تمایل خود به حضور در یکی از بخش‌های پوستر یا شفاهی را اعلام نماید. بدیهی است در این خصوص کمیته محترم داوران تصمیم نهایی را اعلام می‌نمایند.
تمایل دارم این مقاله را در بخش □ پوستر ■ شفاهی ارائه نمایم

Exergy analysis of the ammonia synthesis section in the Khorasan petrochemical ammonia Plant

Samaneh Sadat Mehdipour^{1*}, Nafiseh Farhadian^{2**}, Mohammadali Fanaei Sheikhol-Eslami³, Frough Norouzzadeh⁴

Presenter Email: sm.mehdipour4@gmail.com

Corresponding Email: n.farhadian@um.ac.ir

Abstract

In this study, the exergy losses of different units of Khorasan petrochemical ammonia production plant is investigated, in order to evaluate the yield of energy consumption. In this regard, this plant is simulated using Aspen Plus V.9. After that, the amount of losses is calculated for different units by using EGCC plots. Results showed that syngas production, shift conversion, CO₂ removal, methanation, ammonia synthesis loop, and refrigeration sections have exergy losses of 42, 36, 31, 2, 69 and 12 (GJ/hr), respectively, in which ammonia synthesis loop section had the highest exergy losses. After that exergy analysis of heat exchangers of ammonia synthesis section was performed. Results revealed that the heat exchanger which is responsible for cooling of outlet gas from ammonia synthesis reactor, had the highest exergy loss among the other heat exchangers.

Keywords : Exergy, Ammonia Plant, Simulation, EGCC curve.