

## تحلیل انرژی در ایستگاه تقلیل فشار گاز طبیعی دروازه شهری

سیف الله سعدالدین<sup>۱</sup>، سعید رستگار<sup>۲\*</sup>

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>واژگان کلیدی:</b> گاز طبیعی، انرژی، ایستگاه تقلیل فشار، شیرفشار شکن.	گاز طبیعی پس از متراکم شدن و بالارفتن فشار آن در ایستگاه تقویت فشار دارای انرژی فشاری بسیار بالائی می‌باشد. اما فشار گاز طبیعی در ایستگاه تقلیل فشار به منظور تنظیم در حد مطلوب برای ارسال به مبادی مصرف توسط شیرهای فشار شکن شکسته می‌شود و این موضوع سبب اتلاف انرژی می‌گردد. از آن جا که یک سو منابع انرژی در جهان محدود بوده و قیمت آن روبه افزایش است و از سوی دیگر روش تحلیل انرژی مسائل ترمودینامیکی را در کنار مسائل اقتصادی مطرح می‌کند، بنابراین روش تحلیل انرژی حائز اهمیت می‌باشد. در این مقاله با استفاده از معادلات حاکم بر ترمودینامیک و در نظر گرفتن انحراف گاز طبیعی از حالت گاز ایده آل به تحلیل انرژی یک ایستگاه تقلیل فشار گاز دروازه شهری (ایستگاه شماره ۱ سمنان به عنوان یک مطالعه موردی) پرداخته و مقدار اتلاف انرژی در آن محاسبه و راهکاری برای کاهش آن ارائه گردیده است. طبق محاسبات انجام شده بطور متوسط ۱۹۸/۷ مگا وات انرژی در ایستگاه تقلیل فشار شماره ۱ سمنان در سال ۱۳۸۸ هدر رفته است. بطوریکه با تنظیم دمای مطلوب هیت‌ر در زمان عملکرد آن در سال و ایستگاه مورد مطالعه مقدار ۲۳۱/۹۸ کیلو وات از انرژی قابل اجتناب از هدر رفت، می‌باشد.

### ۱- مقدمه

انرژی به مفهوم حداکثر کار قابل دستیابی از مقداری انرژی و یا جریانی از یک ماده می‌باشد. اگر چه انرژی در علم ترمودینامیک لغتی جدید است اما ارزیابی‌ها در مورد میزان تبدیل پذیری انرژی یک سیستم به کار، به زمان تعریف و ارائه قانون دوم ترمودینامیک بر می‌گردد اولین مقاله‌ها در مورد مفاهیم قابلیت انرژی برای تبدیل کار در سال ۱۸۶۸ میلادی توسط کلازیوس، تامسون، ماکسول، گیسیس و دیگران ارائه گردید [۱]. در سال ۲۰۰۱

میلادی پورداس (Poredos) و همکارانش اصول بنیادین مورد نیاز، برای توصیف انرژی سیستم‌های حرارتی را ارائه و مدلی را پیشنهاد نمودند که بر اساس آن افت انرژی بعنوان مبنائی برای تعیین قیمت انرژی حرارتی مورد استفاده قرار می‌گرفت [۲]. افزایش راندمان انرژی یکی از اهداف علمی و فنی مدیران و مهندسان بوده اما این موضوع امروزه اهمیت ویژه‌ای یافته است. در سال ۲۰۰۲ میلادی ورخیوکر (Verkhivker) بر اساس تحلیل انرژی، روش‌هایی را برای بهبود راندمان یک نیروگاه ارائه نمود [۳]. هرچند کتب مرجع ترمودینامیک بخش‌های را به تحلیل انرژی سیستم‌ها اختصاص می‌دهند اما تعداد کتاب‌های که به طور اختصاصی به آن پرداخته باشند،

\* پست الکترونیک نویسنده مسئول: saeedrastegar1981@yahoo.com

۱. دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

۲. کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، تبدیل انرژی

ترمودینامیکی غیر قابل اندازه گیری تعیین می شود و  
بوسیله آن مقدار انرژی ورودی و خروجی ایستگاه تخلیل  
فشار دروازه شهری شماره (۱) سمنان محاسبه می گردد.  
بدیهی است اختلاف انرژی ورودی و خروجی بیانگر اتلاف  
انرژی می باشد. از آنجا که مرسوم ترین روش برای  
تخلیل فشار گاز دروازه شهری<sup>۱</sup>، استفاده از شیرهای  
فشارشکن در ایستگاه تخلیل فشار می باشد، مقداری از این  
اتلاف اجتناب ناپذیر است.

## ۲- مولفه های انرژی

انرژی همانند انرژی دارای مولفه های مختلفی است. درغیاب  
اثرات میدان های هسته ای، مغناطیسی، الکتریکی،  
شیمیایی و کشش سطحی می توان برای جریانی از مواد  
رابطه انرژی را به صورت زیر نوشت [۱]:

$$X = X_K + X_P + X_{Ph} + X_{Di} \quad (1)$$

انرژی جنبشی ( $X_k$ ): جزو انرژی های سامان یافته  
می باشد یعنی در تبدیل انرژی می تواند بدون توجه به  
محیط آن بطور کامل به کار تبدیل شود. بنابراین انرژی  
جنبشی معادل همان انرژی جنبشی است:

$$X_K = \frac{V^2}{2} \quad (2)$$

انرژی پتانسیل ( $X_p$ ): این نوع انرژی نیز جزء  
انرژی های سامان یافته می باشد و این قابلیت را دارد که  
بدون توجه به محیط خود، کلاً به کار تبدیل شود. بنابراین  
انرژی پتانسیل ماده ای به جرم واحد که نسبت به مرجع  
در ارتفاع قرار دارد عبارتست از:

$$X_P = gz \quad (3)$$

انرژی ترمومکانیکی (وابسته به آنتالپی) ( $X_{Ph}$ ): حداکثر  
کار قابل دستیابی از ماده ای است که طی فرایند برگشت  
ناپذیر در حالی که تنها با محیط تبادل حرکت می کند از  
یک حالت اولیه معین به حالت مرده خود برسد و مقدار  
آن از رابطه ذیل بدست می آید:

$$X_{Ph} = (h - h_0) - T_0 (S - S_0) \quad (4)$$

بسیار ناچیز است. این روش تحلیلی اخیراً مورد توجه  
بسیاری از محققان قرار گرفته است.

روش تحلیل انرژی بیان می کند در سیستم مورد  
بررسی، چه میزان انرژی ورودی تلف شده است. در واقع  
اتلاف انرژی معیاری از برگشت ناپذیری است لذا از یک  
سو تولید انرژی با رابطه مستقیم با برگشت ناپذیری های  
یک سیستم دارد و از سوی دیگر اتلاف انرژی رابطه  
مستقیم با تولید انرژی دارد. آنالیز انرژی شامل دو  
مرحله اساسی می باشد:

مرحله اول: شناسایی و بررسی فرایندهای نامطلوب  
ترمودینامیکی سیستم که بر پایه تعیین تلفات انرژی  
استوار است.

مرحله دوم: بیشترین اصلاحات ممکن در سیستم را  
معرفی می کند.

در روش تحلیل انرژی با مطالعه همزمان قانون اول و  
دوم ترمودینامیک و در نظر گرفتن محیط پیرامون به  
عنوان مرجع بیشترین کار تولید شده در یک سیکل  
محاسبه می گردد. میزان قابلیت کار دهی یک سیستم که  
حاوی مقدار معینی انرژی است، علاوه بر شکل و نوع  
انرژی آن (شیمیایی، حرارتی، ...) به شرایط ترمودینامیکی  
آن (دما، فشار، حجم و ...) بستگی دارد. برای بررسی  
مقایسه ای سیستم های انرژی که کیفیت های متعددی  
دارند یک معیار مناسب همگانی می تواند میزان کاری  
باشد که از یک سیستم حاوی انرژی با در نظر گرفتن یک  
شرایط محیطی مشخص قابل تولید است. این استاندارد  
در حقیقت همان کیفیت انرژی یا انرژی می باشد. بر  
طبق قانون دوم ترمودینامیک انرژی تولید شده در طی  
هر فرایند واقعی متناظر با از دست رفتن انرژی و نابودی  
آن طی فرایند می باشد. کمترین میزان انرژی یک  
سیستم در طی یک فرایند که با تکنیک های موجود و  
ملاحظات اقتصادی نمی توان از هدر رفتن آن جلوگیری  
کرد را تلفات انرژی اجتناب ناپذیر می گویند [۱].

در این مقاله به کمک داده های تجربی مربوط به خواص  
ترمودینامیکی قابل اندازه گیری، مقادیر خواص

<sup>1</sup> City Gate Station (CGS)

		محاسبه شده گاز طبیعی P=1013.25Mbar , T = 15°C	
۴۳/۳ ۹۳۲/۴	$Mj / m^3$ $BTU / ft^3$	ارزش خالص حرارتی محاسبه شده گاز طبیعی P= 1013.25 Mbar , T = 15°C	۴
۳۳/۲ ۷۱۴/۹	$Mj / m^3$ $BTU / ft^3$	ارزش کلی حرارتی محاسبه شده گاز طبیعی P= 1013.25Mbar , T = 15°C	۵

توجه به این نکته ضروری است که در ایستگاه مورد مطالعه که دارای مشخصاتی مطابق با جدول ۱ می باشد، مؤلفه‌های انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل، انرژی وابسته به کار جریان صفر بوده و انرژی کلی برابر انرژی وابسته به آنتالپی ( $X_{ph}$ ) می باشد. یعنی:

$$X = X_{ph} = (h - h_0) - T_0 (S - S_0)$$

از آنجا که آنتالپی برای گاز واقعی تابعی از دما ( $T$ ) و فشار ( $P$ ) می باشد لذا:

$$h = h(T, P) \quad (۶)$$

$$dh = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T dP \quad (۷)$$

$$C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P \quad (۸)$$

با بکارگیری روابط ترمودینامیکی:

$$Tds = dh - v dP \quad (۹)$$

$$\left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T = v + T \left(\frac{\partial s}{\partial P}\right)_T \quad (۱۰)$$

و همچنین با استفاده از روابط ماکسول:

$$\left(\frac{\partial s}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \quad (۱۱)$$

با جایگذاری رابطه (۱۱) در (۱۰) داریم:

$$\left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T = v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \quad (۱۲)$$

و با جایگذاری (۸) و (۱۲) در (۷):

$$dh = C_p dT + [v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P] dP \quad (۱۳)$$

انرژی دیفیوژنی ( $X_{Di}$ ): حداکثر کار قابل دستیابی از ماده ای است که از حالت اولیه معین به حالت مرده خود که با  $T_0$  و  $P_0$  مشخص می شود، برسد. فشار  $P_0^i$  خروجی مربوط به جزء ماده مورد نظر در محیط است. مقدار انرژی دیفیوژنی در واحد مول برای گاز ایده آل عبارتست از:

$$X_{Di} = T_0 R \ln\left(\frac{1}{X_0}\right) \quad (۵)$$

که  $X_0$  جزء مولی گاز در محیط است. همچنین انرژی دیفیوژنی برای گاز ایده آلی که جز  $i$  ام یک گاز مرکب عبارتست از:

$$X_{Di} = T_0 R \ln\left(\frac{x^i}{x_0^i}\right) \quad (۵-الف)$$

و برای گاز مرکب عبارتست از:

$$X_{Di} = T_0 R \sum_{i=1}^n x^i \ln\left(\frac{x^i}{x_0^i}\right) \quad (۵-ب)$$

که در آن  $X_0^i$  ،  $X^i$  به ترتیب جزء مولی گاز در مخلوط و محیط هستند.

## ۲-۱- تحلیل انرژی در ایستگاه تقلیل فشار معادلات حاکم:

انرژی فشاری گاز طبیعی در ایستگاه تقلیل فشار دروازه شهری، مقدار بسیار زیادی می باشد که متأسفانه این انرژی در حال حاضر در کشور ما با استفاده از شیرهای فشار شکن، تلف می شود. برای آنالیز انرژی از رابطه (۴) استفاده شده است.

جدول ۱- خواص فیزیکی گاز طبیعی ورودی به ایستگاه تقلیل فشار شماره ۱ سمنان [۵]، [۶]

ردیف	خاصیت فیزیکی	واحد	مقدار
۱	وزن مولکولی متوسط محاسبه شده گاز طبیعی	$gr / mol$	۱۷/۳۵
۲	وزن مخصوص محاسبه شده گاز طبیعی Air= 1.000 (MW of Air 28.969)	-	۶/۷۸
۳	جرم حجمی گاز طبیعی	$Kg / m^3$	۰/۶۵

با جایگذاری معادله (۱۶) و (۲۲) در معادله (۴) داریم:

$$X = C_p(T_1 - T_0) - RT_1^2 \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_p \ln \frac{P_1}{P_0} \quad (23)$$

$$C_p T_0 \ln \frac{T_1}{T_0} + ZRT \ln \frac{P_1}{P_0} + RT_1 T_0 \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_p \ln \frac{P_1}{P_0}$$

با قضاوت مهندسی در خصوص اختلاف ناچیز  $T_1 T_0$  و  $T_1^2$

(در حالتی که هر یک از آنها در مقدار بسیار کوچک

ضرب شوند)، می توان از بخش دوم و پنجم

معادله (۲۳) صرف نظر نمود. لذا معادله به شکل ذیل

ساده می گردد:

$$X = C_p[(T_1 - T_0) - T_0 \ln \frac{T_1}{T_0}] + ZRT_1 \ln \frac{P_1}{P_0} \quad (24)$$

برای محاسبه گرمای ویژه فشار ثابت ( $C_p$ ) مخلوط گاز

ورودی به ایستگاه که درصد مولی سازنده های آن مطابق

جدول گاز طبیعی می باشد ابتدا از رابطه

$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$  که  $C_p$  تک تک

سازنده های گاز طبیعی در دمای  $25^\circ C$  محاسبه و

سپس گرمای ویژه فشار ثابت مخلوط گازی ( $C_{pmix}$ ) از

رابطه:

$$C_{pmix} = \sum l C_{pi} \quad (25)$$

بدست می آید.  $l$  درصد مولفه های هیدروکربن های موجود

در گاز طبیعی است. با فرض اینکه گاز طبیعی ورودی به

ایستگاه دروازه شهری سمنان دارای ۸۵ درصد متان و

۱۵ درصد اتان باشد (از هیدروکربن های سنگین تر از اتان،

به علت ناچیز بودن، صرف نظر شده است) و بکار گیری

ضرایب ثابت ( $a, b, c, d$ ) که در مرجع [۴] آمده است،

مقدار آن  $C_{pmix} = 36.97$  محاسبه گردیده است.

## ۲-۲ روش تحلیل آگزژی

با دریافت کمیت های قابل اندازه گیری دما و فشار مربوط

به ایستگاه شماره ۱ سمنان در سال ۱۳۸۸ که مقادیر آن ها

ثبت شده می توان آگزژی ورودی و خروجی را محاسبه

نمود. لازم به ذکر است دما و فشار نسبی هستند و هنگام

بکارگیری رابطه (۲۴) لازم است به مقادیر مطلق دما و

فشار تبدیل شوند. مقدار ضریب تراکم پذیری با توجه به

با انتگرال گیری از رابط (۱۳) داریم

$$h - h_0 = \int_{T_0}^{T_1} C_p dT + \int_{P_0}^{P_1} [v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p] dP \quad (14)$$

با در نظر گرفتن معادله حالت  $Z = F(T, P)$  و

$$Pv = ZRT \quad \text{داریم:}$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = \frac{ZR}{P} + \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_p \frac{RT}{P} \quad (15)$$

فرض اینکه  $C_p$  و  $R$  برای گاز طبیعی مقداری ثابت باشد

و با جایگذاری رابطه (۱۵) در رابطه (۱۴) داریم:

$$h - h_0 = C_p(T_1 - T_0) + \int_{P_0}^{P_1} \left[ \frac{ZRT}{P} - \frac{ZRT}{P} - \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_p \frac{RT^2}{P} \right] dP$$

$$h - h_0 = C_p(T_1 - T_0) - RT_1^2 \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_p \ln \frac{P_1}{P_0} \quad (16)$$

همچنین با در نظر گرفتن آنتروپی ( $s$ ) به صورت تابعی از

دما و فشار داریم:

$$s = s(T, P) \quad (17)$$

$$ds = \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial s}{\partial P}\right)_T dP \quad (18)$$

$$C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_p = T \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_p \quad (19)$$

با جایگذاری روابط (۱۱) و (۱۹) در رابطه (۱۸)

$$ds = C_p \frac{dT}{T} - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p dP \quad (20)$$

با انتگرال گیری از رابطه (۲۰)

$$s - s_0 = \int_{T_0}^{T_1} C_p \frac{dT}{T} - \int_{P_0}^{P_1} \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p dP \quad (21)$$

با در نظر گرفتن معادله  $Z = F(T, P)$  و

$$Pv = ZRT \quad \text{و با جایگذاری معادله (۱۵) در (۲۱):}$$

$$s - s_0 = C_p \ln \frac{T_1}{T_0} - ZR \ln \frac{P_1}{P_0} - \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_p RT_1 \ln \frac{P_1}{P_0} \quad (22)$$

جنبشی نیاز دارد که گرمای محیط را بگیرد و به محیط سرما پس دهد اما در فصول سرد سال محیط به دلیل برودت هوا نمی تواند دمای مورد نیاز برای کاهش فشار آن را تامین کند. لذا پتانسیل تشکیل هیدرات و در نتیجه انسداد و ناکارآمد شدن تجهیزات موجود در ایستگاه تقلیل فشار فراهم میگردد. لذا برای جلوگیری از این حالت درجه حرارت گاز را قبل از کاهش فشار بوسیله پیش گرمکنهای گاز، بالا میبرند. برای جلوگیری از تشکیل هیدرات و همچنین داشتن راندمان احتراق بهینه دمای گاز در ایستگاه تقلیل فشار باید بین  $32-60^{\circ}F$  قرار داشته باشد [۵]. با بررسی اجمالی دمای خروجی ایستگاه در فصول سرد سال که هیتر راه اندازی شده (بنا به استعلام از امور بهره برداری گاز استان سمنان در بیست روز اول فروردین و همچنین از دهم مهر تا پایان اسفند در سال ۸۸ هیتر در سرویس قرار داشت)، مشاهده گردید که در اکثر روزها درجه حرارت گاز خروجی از ایستگاه بالاتر از دامنه دمایی مطلوب ( $32-60^{\circ}F$ ) قرار داشت. بدیهی است دمای بالاتر از این مقدار سبب اتلاف انرژی می گردد. زیرا بیش از مقدار مورد نیاز، از انرژی برای گرم کردن گاز توسط هیتر در ایستگاه تقلیل فشار مورد استفاده قرار می گرفت. لذا درجه حرارت های بالای  $60^{\circ}F$  پتانسیل بهینه شدن فرایند را فراهم می نماید. از اینرو با تنظیم درجه حرارت هیتر، از هدررفت مقدار قابل توجهی انرژی می توان جلوگیری نمود که مقدار آن از جدول ۲ برای هر ماه در سال ۱۳۸۸ محاسبه گردیده است.

درصد مولفه هیدروکربن های گاز طبیعی مقدار  $Z = 0.94$  در نظر گرفته می شود [۵]. روند محاسبه انرژی ورودی و خروجی به شرح ذیل می باشد:

برای محاسبه انرژی به مقدار دبی جرمی جریان نیاز داریم. از آنجا که این مقدار بر روی سیستم مانیتورینگ اطلاعات (فشار، دما، حجم تصحیح شده) در مرکز دیسپچینگ شرکت گاز استان سمنان ثبت نگردیده، لذا به منظور محاسبه آن با اخذ مقدار مصرف روزانه CGS از امور بهره برداری شرکت گاز استان سمنان و مقادیر فشار و دمای استاندارد یعنی  $T = 288.15 \text{ K}$  و  $P = 101.305 \text{ KPa}$  از فرمول (۲۶) نرخ جریان جرمی محاسبه می گردد.

$$\dot{m} = \frac{PV}{ZRT} \quad (26)$$

الف) حال با در نظر گرفتن فشار ( $P$ ) و دما ( $T$ )، گرمای ویژه فشار ثابت ( $C_p$ )، فشار محیط ( $P_o$ ) و درجه حرارت محیط ( $T_o$ ) [5] و بکارگیری آن در رابطه (۲۴) مقدار انرژی ورودی ( $ex_{in}$ ) به ایستگاه محاسبه می گردد.

$$X_{in} \left( \frac{KJ}{Kg} \right) \times \dot{m} \left( \frac{Kg}{day} \right) = ex_{in} \frac{KJ}{day} \quad (27)$$

ب) همانند قسمت الف) مقدار انرژی پس از تقلیل فشار ( $ex_{out}$ ) محاسبه می گردد:

$$X_{out} \left( \frac{KJ}{Kg} \right) \times \dot{m} \left( \frac{Kg}{day} \right) = ex_{out} \frac{KJ}{day} \quad (28)$$

ج) بدیهی است اختلاف انرژی محاسبه شده در قسمت الف و ب بیانگر مقدار اتلاف انرژی در ایستگاه تقلیل فشار می باشد.

با کاهش فشار، مولکول های گاز از هم دور می شوند و گاز برای ایجاد فاصله بین مولکول ها و نهایتاً افزایش انرژی

جدول ۲- نتایج محاسبات انرژی ایستگاه تقلیل فشار گاز سمنان در سال ۸۸

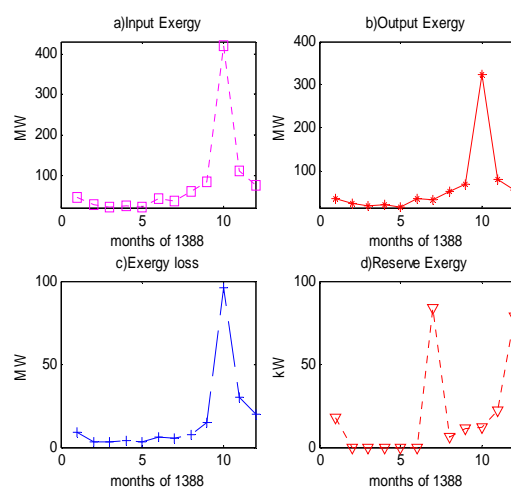
Ex-saving (KW)	Ex-loss= Ex(in)-Ex(out) (MW)	Ex(out) (MW)	Ex(in) (MW)	ماه های سال
۱۸/۱	۸/۶۰	۳۶/۴	۴۵/۰	فروردین
-	۳/۶۴	۲۴/۲	۲۷/۸	اردیبهشت
-	۳/۶۱	۱۸/۶	۲۲/۲	خرداد

-	۴/۰۵	۲۰/۹	۲۵/۰	تیر
-	۳/۵۰	۱۷/۳	۲۰/۷	مرداد
-	۶/۱۰	۳۵/۲	۴۱/۳	شهریور
۸۳/۶	۵/۱۰	۳۲/۱	۳۷/۲	مهر
۶/۳۸	۸/۲۵	۵۱/۳	۵۹/۶	آبان
۱۱/۲	۱۴/۹۰	۶۹/۷	۸۴/۶	آذر
۱۱/۸	۹۶/۳۰	۳۲۴/۰	۴۲۰/۰	دی
۲۲/۱	۲۵/۸۰	۸۰/۸	۱۰۶/۰	بهمن
۷۸/۸	۱۹/۸۰	۵۴/۱	۷۳/۹۰	اسفند
۲۳۱/۹۸	۱۹۸/۷	۷۶۴/۶	۹۳۶/۳	مجموع

طبق توضیحات بخش قبل، با قرار دادن این ارقام مربوط به سال ۸۸ در یک برنامه کامپیوتری که در محیط MATLAB نوشته شده، نتایج به صورت ماهیانه و بر حسب وات طبق جدول ۲ حاصل می‌گردد که براساس آن در سال و ایستگاه مورد مطالعه ۱۹۸,۷ MW انرژی مستهلک می‌گردد که از این مقدار ۲۳۱,۹۸ KW قابل اجتناب از هدر رفت می‌باشد و با در نظر گرفتن تعداد کل ایستگاه‌های تقلیل فشار موجود در کشور این ارقام به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. بدیهی است حتی جلوگیری از هدر رفت بخش کمی از آن ذخیره وسیعی از انرژی و سرمایه ملی را در پی خواهد داشت. همان‌طور که از نمودار ۱ قابل مشاهده می‌باشد در ماه‌های سرد سال که مصرف زیاد است، اتلاف انرژی و انرژی قابل اجتناب از هدر رفت به طور محسوسی افزایش می‌یابد.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از امور پژوهش و امور بهره برداری شرکت گاز استان سمنان کمال تشکر را ابراز می‌نمایند.



نمودار (۱) (a) انرژی ورودی (b)، خروجی (c)، هدر رفته (d) قابل اجتناب از هدر رفت در ایستگاه تقلیل فشار گاز شماره ۱ سمنان در سال ۱۳۸۸

### ۲-۳ نتیجه گیری

با توجه به ثبت و در اختیار داشتن خواص قابل اندازه گیری دما، فشار و مصرف روزانه به محاسبه انرژی ورودی و خروجی، اتلاف انرژی و مقدار انرژی قابل اجتناب از هدر رفت در ایستگاه تقلیل فشار دروازه شهری سمنان (ایستگاه شماره ۱) در سال ۸۸ پرداخته شده که

### مراجع

- [1] Kotas, T.J. (1995), "The Exergy Method of Thermal Plant Analysis". Krieger Publishing Co.
- [2] Verkhivker, G.P., Kosoy, B.V. (2001), "On the Exergy analysis of power plant". J. Energy Conver. Manage., Vol. 42, pp. 2053-2059.

- [3] Poredos, A., Kitanovski, A. (2002), "Exergy loss as a basis for the price of thermal energy". J. Energy Conver. Manage., Vol. 43, pp. 2163-2173.
- [۴] بهرامی، م. (۱۳۷۲). "اصول بنیانی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی". انتشارات دانشگاه امیر کبیر.
- [5] Katz, D.L., Kobayashi, D., Vary, J.A., Elenbaas, J.R., Poettmann, F.H., Weinaug, C.F. (1956), "Handbook of Natural Gas Engineering". Chapter 16, pp. 597-654, McGraw-Hill Co., New York.
- [6] Rojery, A., Jaffret, C. (2002), "Natural Gas: Production, Processing, Transport". 2<sup>nd</sup> Ed., Chapter 7, pp. 323-331.

## ANALYSIS OF EXERGY IN NATURAL GAS IN REDUCTION CITY GATE STATION

S. Sadodin<sup>1</sup>, S. Rastegar<sup>2,\*</sup>

1. Associate Professor, Semnan University

2. M.Sc., Mechanical Engineer

\*Corresponding Author: saedrastegar1981@yahoo.com

---

### ARTICLE INFO

---

Keywords:

Natural Gas,  
Exergy,  
Reduction Gas  
Station,  
Regulator.

---

### ABSTRACT

---

After compressing and increasing the pressure of natural gas in compress station, it has high exergy pressure. The pressure of natural gas is decreased in reduction station by regulators, but this issue can waste exergy. Since energy resources are restricted and its price is increasing in one hand, the exergy analysis method of thermodynamic issue is brought out with economical issues on the other hand, therefore the exergy analysis method is considered as significant issue. This article addresses exergy analysis with using the governing thermodynamic equations and considering natural gas deviation from ideal state and the exergy analysis of natural gas in reduction city gate station (the station No. 1 of Semnan is considered as a case study). The amount of exergy waste is calculated and guideline for its reduction is presented. In accordance with carried out calculations, on the average 198.7 MW of exergy is wasted in the Pressure Reduction Station No.1 located in Semnan in the year of 2009, we can prevent to waste the 231.98KW of exergy with regulating the appropriate temperature of heater when it is working and the studied station.

---