فصلنامه تحقیقات مکانیک کاربردی
جلد ۷، شماره ۳ ، زمستان ۱۳۹۴

بهینه سازی و تبدیل سیستم انرژی در ایستگاههای تقلیل فشار نیروگاهی

فاطمه ابراهیم زاده سروستانی ۱
قزوین ،شرکت گاز استان قزوین،مهندس طراح شبکه1
Ebrahimzadeh@nigc-qazvin.ir
Ebrahimzadeh.f.2000@gmail

چکیده

بهینه سازی مصرف سوخت و تبدیل و جایگزین ساختن انواع انرژی به گونه ای که منجر به افزایش راندمان و بهره وری سیستم ها گردد از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. در این مقاله به بهینه سازی سیستم انرژی ایستگاههای تقلیل فشار گاز از دو بعد نصب توربینهای انبساطی به جهت راندمان ۱۰۰٪ آنها ، آماده سازی سریع ، تولید برق بدون آلایندگی زیست محیطی و برخی عوامل دیگر و همچنین استفاده از هیتر های برقی در این گونه ایستگاهها اشاره شده است. به عنوان نمونه میزان توان الکتریکی تولید شده در اثر نصب توربین انبساطی به موازات شیرهای فشار شکن ایستگاه تقلیل فشار گاز ''نیروگاه شهید رجایی'' به عنوان یک مصرف کننده بزرگ گاز طبیعی در استان قزوین مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته و توضیح داده شده است که چگونه نصب این توربینها باعث پایداری شبکه برق و بهبود کنترل فرکانس شبکه خواهد شد . همچنین مزایای استفاده از هیترهای برقی نسبت به هیترهای گازی بیان شده و در آخر به توجیه اقتصادی این تغییرات از قبیل هزینه نصب با توجه به راندمان بالای تجهیزات ، افزایش راندمان ایستگاه به جهت استفاده از هیتر های برقی و تغذیه این هیترها توسط برق تولیدی ایستگاه ، کاهش مصرف گاز ایستگاه و افزایش قابل ملاحظه ضریب ایمنی ایستگاه اشاره شده است.

واژه های کلیدی

بهینه سازی، تبدیل سیستم انرژی، ایستگاه تقلیل فشار گاز، توربینهای انبساطی، هیتر های برقی

مقدمه

پراکندگی منابع گاز طبیعی در نقاط خاص باعث شده است تا از سیستمهای مختلف جهت انتقال و توزیع گازاستفاده شود. مایع نمودن گاز طبیعی و سپس حمل آن توسط تانکر و یا کشتی و همچنین استفاده از سیستم های شبکه گازرسانی دو روش متداول جهت انتقال و توزیع گاز طبیعی می باشد. در ایران اقتصادی ترین روش، استفاده از سیستم های لوله کشی می باشد.

با توجه به تراکم پذیر بودن گاز طبیعی، انتقال آن بوسیله خطوط لوله در فشار های بالا انجام می شود. برای انتقال گاز تصفیه شده از پالایشگاه ها تا سرحد شهرها نیاز به احداث ایستگاه های تقویت فشار در خطوط لوله سراسری داریم که بابت آن هزینه سنگینی باید بپرداز یم. از طرفی ناگزیریم با صرف سرمایه گزاری کلان فشار گاز را قبل از توزیع با توجه به جنبه های فنی و ایمنی شبکه و فشار کاری دستگاه های گازسوز و نیاز مصرف کننده های مختلف به فشارهای پائین تر، که بین ۴/۱ تا ۲۵۰ پوند می باشد توسط ایستگاه های تقلیل فشار کاهش دهیم که فشار آن در محل مصرف تقلیل پیدا کند. این موضوع با کاهش انرژی فشاری ذخیره شده در یک ایستگاه تقلیل فشار انجام می گیرد.

کاهش فشار در ایستگاههای تقلیل فشار گاز

در اکثر ایستگاههای تقلیل فشار ، فشار گاز توسط شیر فشارشکن به مقدار مورد نظر کاهش پیدا می کند. در این نوع کاهش فشار در حقیقت نوعی اتلاف انرژی به وجود می آید، در صورتی که می‌توان انرژی ذخیره شده در گاز طبیعی را با بکار بردن تجهیزات مناسب از جمله "توربینهای انبساطی "به گونه‌ای مفید از انرژی تبدیل نمود.

از طرف دیگر رشد مصرف انرژی از جمله انرژی الکتریکی طی سالهای گذشته و همچنین تلفات موجود در شبکه توزیع و انتقال برق که درصد قابل توجهی از آن مربوط به فرسودگی شبکه توزیع می باشد تأمین برق متناسب با رشد مصرف راجهت مشترکین به یکی از دغدغه های اصلی وزارت نیرو تبدیل کرده است.

نحوه عملکرد توربین های انبساطی

معمولاً کاهش فشار گاز طبیعی در ایستگا ههای تقلیل فشار توسط شیرهای اختناق و در یک فرایندآنتالپی ثابت و بدون تولید انرژی صورت می گیرد. اکثر گازها در طی فرایند انبساط سرد می شوند.

در شیر های اختناق بسته به ترکیب گاز و سایر شرایط به ازای هر یک مگاپاسکال افت فشار ،دمای گاز طبیعی در حدود ۴،۵ تا ۶ درجه سانتی گراد کاهش می یابد. به همین دلیل به منظور حصول اطمینان از عدم تشکیل مایع در خروجی ایستگاه تقلیل فشار گاز ورودی به ایستگاه پیش گرم می شود. با استفاده از توربین انبساطی [۱] به منظور تقلیل فشار و اتصال آن به ژنراتور می توان از انرژی

کاربرد توربین های انبساطی در ایستگاههای تقلیل فشار گاز طبیعی

سالیانه مقادیر قابل توجهی سوخت در توربوکمپرسورهای ایستگاه های تقویت فشار گاز سراسر کشور صرف فشرده‌سازی مجدد گاز و جبران افت فشار ناشی از اصطکاک مولکولهای گاز با جداره داخل خطوط لوله و اتصالات مربوطه می شود. از سوی دیگر بدلیل کاهش قابل ملاحظه دمای گاز در طی این فرآیند و پرهیز از بروز یخ زدگی در ایستگاه ناچار به استفاده از گرم کن‌های گاز و صرف مقادیر دیگری از انرژی پرارزش گاز طبیعی هستیم. از دهه هفتاد (قرن بیستم) استفاده از توربینهای انبساطی به عنوان یکی از راه های کاهش هدر رفت انرژی در ایستگاههای تقلیل فشار گاز در کشورهای مختلف رواج یافته است. این امر با هدف تولید کار محوری یا مایع سازی گاز طبیعی صورت می گیرد. سابقه استفاده از توربینهای انبساطی به منظور تولید برق در ایستگاه های تقلیل فشار گاز کشور به نصب دو واحد توربین در نیروگاه های رامین اهواز و نکاء باز می گردد. همچنین در سالهای اخیر دو دستگاه توربین انبساطی به ظرفیت مجموع هشت (۸) مگاوات در نیروگاه شهید منتظری اصفهان بهره برداری گردیده است که برق تولیدی آنها در حال تزریق به شبکه توزیع برق کشور می باشد.

از سوی دیگر یکی از راههای تولید برق با کمترین تلفات در شبکه توزیع برق کشور جهت گیری به سوی سیستم های تولید پراکنده است. در این سیستم ها به جای انتقال انرژی از یک نقطه به نقاط دیگر که موجب افزایش تلفات انرژی می گردد انرژی الکتریکی در محل تولید شده و مصرف می گردد. از مزایای سیستم تولید پراکنده می توان کاهش تلفات پیک بار به میزان ۳۰ درصد و تلفات انرژی به میزان۱۸ درصد، ایجاد اشتغال زود بازده و رونق سرمایه گذاری در بخش خصوصی را برشمرد.[۹]

یکی از روش های تولید برق پراکنده استفاده از توربین های انبساطی در ایستگاه های تقلیل فشار گاز طبیعی است. با توجه به اینکه شبکه گاز رسانی کشور در حال گسترش است و نیروگاهها وکارخانجات بزرگ عمدتاً ازگاز طبیعی به عنوان سوخت استفاده می کنند، پتانسیل قابل توجهی برای استفاده از توربینهای انبساطی در کشور وجود دارد. نصب اینگونه توربین در ایستگا ههای تقلیل فشار علاوه بر بهینه سازی در مصرف سوخت از انتشار آلاینده های ناشی از سوخت های فسیلی جلوگیری می نماید.[۱]

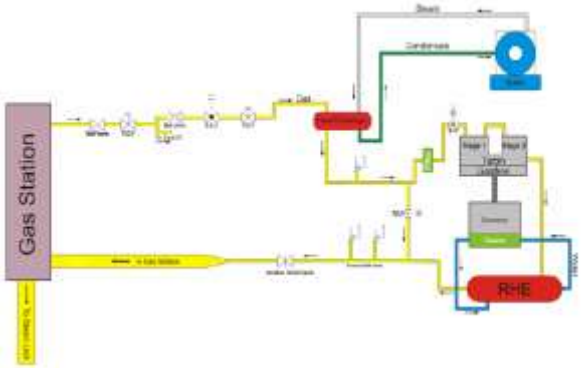
مطالعه موردی(Case Study)

با توجه به مزایای فنی، اقتصادی و اجتماعی بیان شده در خصوص کاربرد توربین های انبساطی و و عزم جدی مسئولین بر افزایش سهم تولید پراکنده در میزان برق تولیدی کشور در سال های آتی،این بخش از مقاله به امکان سنجی فنی استفاده از توربین انبساطی در ایستگاه تقلیل فشار (CGS) نیروگاه شهید رجایی به عنوان یکی از بزرگترین مصرف کنندگان گاز طبیعی در استان قزوین می پردازد.

نهفته در گاز پر فشار به منظور تولید توان الکتریکی استفاده نمود. کار انجام گرفته توسط گاز باعث کاهش آنتالپی و سرد شدن آن می شود. در توربینهای انبساطی به ازای هر مگا پاسکال افت فشار دمای گاز طبیعی بسته به ترکیب گاز و سایر شرایط در حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی گراد کاهش می یابد. توربین های انبساطی نسبتاً کم حجم هستند و معمولاً به همراه ژنراتور در یک بسته ارائه می گردند. توان خروجی بین چند صد کیلو وات تا چندین مگاوات متغیر است. توربین های انبساطی از نظر جهت جریان به دو دسته جریان شعاعی و جریان محوری تقسیم می شوند.

توربین های انبساطی شعاعی به دلیل راندمان بالاتر و ابعاد کوچکتر بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. توربین های انبساطی شعاعی از لحاظ مراحل تقلیل فشار به دو نوع یک مرحله ای و دومرحله ای تقسیم می شوند به منظور تنظیم جریان گاز از شیر تنظیم استفاده می شود[۷]

در شکل ۱ نمایی از یک سیستم فشار شکن با استفاده از توربین انبساطی، به همراه سایر متعلقات آن نشان داده شده است [2]



شکل ۱- نمایی از استفاده از توربین انبساطی به منظور تقلیل فشار

در سیستم فوق گاز با فشار حدوداً ۵۰ بار به یک مبدل حرارتی جهت پیش گرم شدن وارد می گردد. گاز گرم شده پس از عبور از شیرهای کنترلی مناسب با دما و فشار مورد نظر وارد توربین می گردد. همانطور که ملاحظه می گردد، توربین با یک ژنراتور هم محور می باشد. بعد از این مرحله گاز با دما و فشار مناسب به سامانه های احتراقی انتقال می یابد.

با توجه به اینکه منابع اتلاف حرارتی زیادی در کارخانجات وجود دارد در صورتی که بتوان از این منابع جهت پیشگرم کردن گاز ورودی به توربین استفاده نمود می توان بازدهی سیستم را به میزان قابل توجهی افزایش داد. از دیگر مزایای استفاده از توربین انبساطی در ایستگاه های تقلیل فشار گازمی توان به امکان استفاده از سرمای گاز خروجی از ایستگاه به منظور خنک کاری تجهیزات واستفاده در سیستم تهویه مطبوع اشاره نمود.

نهایتاً قدرت تولیدی برای هر ایستگاه ۱۲۳۰۰۰ متر مکعبی برابر خواهد بود با:

P=3.843 MW/hr

به این ترتیب پتانسیل کلی ایستگاههای تقلیل فشار مستقر در مجموعه نیروگاه شهید رجایی مجموعاً به شرح ذیل تخمین زده می شود:

P=2*3.843 +9.375=17.061 MW/hr

یادآوری می گردد محاسبات انجام شده از طریق فرمول ارائه شده تقریبی بوده و محاسبات دقیق تر در ارتباط با میزان توان تولیدی با در نظر گرفتن سایر شرایط اعم از ترکیبات گاز طبیعی و... خواهد بود که در اینجا با توجه به اینکه ترکیبات گاز در مورد مطالعه تقریبا ثابت است،از اثرات آن نیز صرف نظر شده است.

هیتر و کاربرد آن در ایستگاههای تقلیل فشار گاز

همانطور که اشاره شد در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز به منظور جلوگیری از میعان و یخزدگی گاز طبیعی ناشی از تقلیل فشار گاز، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که در کشور ما از گرم‌کن‌های آبی غیرمستقیم که راندمان بسیار پایین و کمتر از ۵۰ درصد دارند برای این منظور استفاده می‌شود و با توجه به راندمان بسیار پایین این دستگاه، استفاده از فناوری‌های جدید نظیر گرم‌کن‌های کاتالیستی، گرم‌کن‌های چگالشی، گرم‌کن‌های الکتریکی در کشور ضروری است.

تاکنون مطالعات مختلفی بر روی هیترهای ایستگاه‌های تقلیل فشار در کشور انجام شده که برخی از این مطالعات برای طراحی روش‌های جایگزین و یا ساخت سیستم‌های گرم‌کن جدیدتر در ایستگاه‌های تقلیل فشار و برخی دیگر نیز راجع به مسائل کنترل و ایمنی است که تاکنون مطالعات منسجمی در زمینه نحوه به‌کارگیری تکنولوژی‌های نوین و بهینه‌سازی سیستم موجود مطابق با شرایط حاکم بر ایستگاه‌ها و نحوه بهره‌برداری از آن‌ها در کشور انجام نشده است.

در این مقاله با توجه به محوریت پیشنهاد استفاده از توربینهای انبساطی در ایستگاههای تقلیل فشار به این مطلب اشاره می گردد که در صورت جایگزین ساختن هیتر ایستگاه تقلیل فشار با هیتر های برقی که یکی از گزینه های مطلوب جهت بهینه سازی و افزایش راندمان هیتر می باشد،از توان الکتریکی تولید شده می توان جهت تامین برق هیتر ایستگاه نیز بهره جست و به این ترتیب از دو جهت در ایستگاههای تقلیل فشار بهینه سازی و تبدیل انرژی انجام صورت خواهد پذیرفت.

نتیجه گیری و جمع بندی

الف) نیروگاه شهید رجایی

نیروگاه شهید رجایی در زمینی به وسعت ۳۴۳ هکتار در کیلومتر ۲۵ بزرگراه تهران-قزوین واقع شده و شامل نیروگاههای بخار (سال تاسیس:۱۳۷۱)و سیکل ترکیبی (سال تاسیس:۱۳۷۳) است که قدرت نامی واحدهای سیزده گانه این نیروگاه ۲۰۴۲ مگاوات می باشد.

نیروگاه بخار شامل ۴ واحد بخار ۲۵۰ مگاواتی است که سوخت اصلی آن گاز طبیعی است که از طریق دو ایستگاه CGS به ظرفیت۱۲۳۰۰۰متر مکعب تغذیه می گردد.

نیروگاه سیکل ترکیبی نیز شامل شش واحد گازی ۱۲۳,۴ مگاواتی و سه واحد بخار ۱۰۰,۶ مگاواتی است که با واحدهای گازی ترکیب می گردد و سوخت اصلی آن از طریق ایستگاه CGS به ظرفیت ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب در ساعت تامین می گردد.

ب) توان الکتریکی تولید شده در اثر نصب توربین انبساطی

در ابتدا به برخی تجربه های عملی موجود برای تولید توان بوسیله سیستم انبساطی اشاره می گردد؛

۱)جریان گاز با دبی 35MMCF با نسبت تراکم ۳ به ۱ حدود ۱ MW توان الکتریکی تولید می نماید. [۳]

۲) کاهش 150PSI در فشار جریان گاز طبیعی با دبی 220 Ft3توان الکتریکی 100KW تولید می کند. [۴]

۳) تولید 5MW توان الکتریکی با بکارگیری یک سیستم سه مرحله ای در اثر عبور گاز طبیعی با شدت 76000NM3/hr[۵]

۴) تولید 10MW توان الکتریکی بر اثر عبور گاز طبیعی با شدت 35000NM3/hr[۵]

توان الکتریکی که گاز طبیعی در توربین انبساطی می تواند تولید کند بوسیله معادله زیر تخمین زده می شود:[۶]

$W=\Delta P\times Q\times X$

همانطور که اشاره شد،جهت تامین گاز بخش سیکل ترکیبی این نیروگاه یک ایستگاهCGS به ظرفیت ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب در ساعت در نظر گرفته شده است؛

حال چنانچه یک دستگاه توربو ژنراتور نصب و این مقدار انرژی را به انرژی الکتریکی تبدیل نماید مقدار استحصال به میزان ذیل خواهد بود :

P=W/T=750*300000/3600*X KW

چنانچهXضریب انبساط گاز طبیعی ۱۵ ٪ در نظر گرفته شود،قدرت تولیدی برابر خواهد بود با

P=9.375 MW/hr

به همین ترتیب هریک از ایستگاههای با ظرفیت ۱۲۳۰۰۰ متر مکعب در ساعت پتانسیل تولید توان الکتریکی به شرح ذیل را دارند:

P=W/T=750*123000/3600*X KW

ج - هرچند این سیستم در مقایسه با استفاده از شیر فشار شکن هزینه اولیه ، نگهداری و نصب بیشتری دارد ولی به دلیل مزایای فوق، در مجموع اقتصادی تراست. هزینه تولید یک کیلو وات ساعت برق به این روش بسیار کم تر از هزینه تولید همان مقدار انرژی در یک نیروگاه می باشد.ضمن آنکه از برق تولیدی جهت افزایش راندمان و بهینه سازی هیتر ایستگاه تقلیل فشار نیز می توان بهره برد.

بطور کلی راندمان بالای تجهیزات نصب شده(توربین انبساطی) ، افزایش راندمان ایستگاه به جهت استفاده از هیتر های برقی و پیشنهاد تغذیه این هیترها توسط برق تولیدی ایستگاه و به دنبال آن کاهش مصرف گاز ایستگاه و افزایش قابل ملاحظه ضریب ایمنی ایستگاه از مزایای قابل توجه روش پیشنهادی می باشد.

با توجه به حساسیت فراوان صرفه جویی و بهینه سازی در مبحث انرژی لازم است دست اند کاران بخشهای مختلف راهکارهای مناسب در جهت بهینه سازی انرژی رامورد مطالعه و بررسی قرار دهند که در این مقاله به یک جنبه هر چند کوچک اما بسیار مهم از آن پرداخته شد که بیانگر این موضوع است که بهینه سازی و تبدیل انواع انرژی از دغدغه های بسیار مهم در حوزه نفت و نیرو به شمار می رود.

به طور کلی مزایای استفاده از این سیستم را به صورت زیر می توان خلاصه کرد:

الف - بازیافت انرژی و تبدیل آن به کار محوری و در نهایت تولید انرژی الکتریکی

ب - تولید انرژی بدون مصرف سوخت

ت - به دلیل عدم استفاده از سوخت های فسیلی جهت ایجاد انرژی، این سیستم آلودگی زیست محیطی به وجود نیاورده و جزء صنایع پاک (سبز) محسوب می شود.

ث - کاهش فشار گاز به وسیله توربین های انبساطی و یا شیرهای فشار شکن سبب کاهش دمای گاز خروجی می شود. با استفاده از توربین های انبساطی به جای شیرهای فشار شکن جهت کاهش فشار گاز ، افت دمایی بیشتری در گاز خروجی رخ می دهد که می توان از کاهش دمای تولیدی در ایجاد سرمایش در صنایع مختلف استفاده نمود.

[۶]نشریه پیک برق، شماره ۶۷۰.
[۷]پایگاه اطلاع رسانی خدمات مهندسی وصنایع برق و آب به آدرس www.sabainfo.ir

[۸]موسویان، سید علیرضا."مدلسازی ترمودینامیکی احتراق موتورهای اشتعال جرقه ای گاز طبیعی سوز به روش سینتیکی".پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتیخواجه نصیر الدین طوسی ، زمستان۱۳۸۲

[۹]ایده ی استفاده از توربینهای انبساطی در ایستگاههای تقلیل فشار گاز،مجتبی رفیع زاده،اولین کنفرانس ایده های نو در مهندسی برق،آذر ماه ۱۳۹۱

مراجع

[۱]Posivil J. ,"Use of expansion turbines in natural gaspressure r"eduction stations", ActaMontanistica Slovaca.9: 258-260, 2004.

[۲]. www.drtalebian.com

[۳]KEMA,Inc, "final report:new gersey energy efficiency and distributed general market assessment",2005

[۴]California energy commission public interest natural gas research program, "Appendix B:gas R&D project consept abstract submittals",2004

[۵]GEs oil and gas LTD"turbo expander generators for natural gas applications"