



اندازه گیری فلوی گاز مصرفی با استفاده از روش اوریفیس پلیت در نیروگاه رامین اهواز

محمدرضا قدسی^۱

^۱ گروه الکترونیک و ابزار دقیق، آموزشکده شهید چمران - اهواز، دانشگاه فنی و حرفه ای استان خوزستان، ایران. ghodsi@raminpower.ir

چکیده

مصرف گاز برای نیروگاه های حرارتی به دلیل صرفه اقتصادی، به لحاظ کاهش هزینه های بهره برداری و تعمیرات واحد های نیروگاهی، افزایش قابلیت اطمینان بهره برداری و کاهش تبعات زیست محیطی در اولویت قرار دارد. اندازه گیری و دانستن میزان دقیق مصرف گاز و محاسبه راندمان نیروگاه ها در این شرایط حساس، توسط انواع فلومترهای ابزار دقیق از اصلی ترین چالش ها محسوب می گردد. هدف اصلی این پژوهش تشریح کامل مراحل نصب و راه اندازی فلومترهای گاز مصرفی طبق استاندارد ISO-5167 واقع در شرکت مدیریت تولید برق اهواز - نیروگاه رامین و همچنین بررسی و مطالعه کارایی آن ها، با استفاده از داده های واقعی بهره برداری می باشد که جهت اعتبار سنجی و اثربخشی، مقایسه ای بین نمونه فلومتر های اوریفیس پلیت گاز مصرفی واحدها با نمونه فلومتر های توربینی در ایستگاه تقلیل فشار CGS و ایستگاه گاز نیروگاه که از موارد کاربرد در صنایع مختلف می باشند، انجام شده است. نتایج نشان می دهد مقادیر فلومترهای اوریفیس پلیت دارای دقت و صحت بالاتر و همچنین خرابی کمتر بوده و هزینه های تعمیر و نگهداری در این فلومترها، نسبت به نوع توربینی به شدت کمتر و نصب این روش آسان تر می باشد.

واژه های کلیدی: ابزار دقیق، ترانسمیتر، راندمان نیروگاه، فلومتر اوریفیس پلیت، فلومتر توربینی، گاز مصرفی، نیروگاه رامین اهواز.

۱. مقدمه

اهمیت اندازه گیری بر هیچکس پوشیده نیست که در کلیه صنایع این امر مهم، توسط تجهیزات ابزار دقیق صورت می گیرد. ابزار دقیق واژه ای است که در تمام صنایع از آن نام برده می شود. در کنار مکانیک و الکتریک، کلمه ابزار دقیق همواره نشان دهنده دقت و صحت تجهیزات اندازه گیری، حفاظتی و کنترلی می باشد که برجستگی موضوع را نشان می دهد. همواره هنگامی که سخن از ابزار دقیق گفته می شود، همانند چشم اپراتور است که می توان به آن اعتماد نمود. امروزه معمولاً، از رنج یک سیگنال استاندارد الکترونیکی ۴ تا ۲۰ میلی آمپر برای ترانسمیترها و سایر ادوات ابزار دقیق استفاده می شود. این سیگنال در نهایت به عنوان ANSI/ISA S50 سازگار با سیگنال های آنالوگ برای ابزارهای الکترونیکی فرایندهای صنعتی در دهه ۱۹۷۰ بکارگیری گردید [۱].

مسایل ابزار دقیق و کنترلی نه تنها در سیستم های قدرت سنتی، بلکه در ریز شبکه ها و ماهواره ها نیز کاربرد بسیار دارد. کنترل وضعیت ماهواره با استفاده از کنترل کننده تناسبی- انتگرالی- مشتقی و همچنین ضرایب آن توسط بهینه سازی مبتنی بر الگوریتم تکاملی محاسبه می شود. نتایج حل عددی، نشانگر عملکرد مقاوم تر کنترل کننده تنظیم شده با روش بهینه سازی مقاوم در مواجهه با عدم قطعیت ها است [۲]. در روش کنترل پیش بین، محدودیت ها به صورت آشکار برای فرد کنترل کننده تعریف می شوند. در این نوع کنترل، هدف به دست آوردن بهترین ورودی برای بهینه سازی پاسخ آتی است. همچنین این روش، ایراد اساسی کنترل مود لغزشی ناشی از اثر چترینگ (لغزش) را ندارد [۳].

منابع انرژی تجدیدپذیر ذاتاً دارای اینرسی پایین هستند و هیچ بخش چرخشی ندارند، از این رو انحراف فرکانس بزرگ، زمانی رخ می دهد که ریز شبکه حاوی نفوذ بالای منابع انرژی تجدیدپذیر باشد. روش مبتنی بر کنترل اینرسی مجازی مقاوم/بهینه پیشنهادی، برای افزایش اینرسی منابع انرژی تجدیدپذیر در خوشه های ریز شبکه جزیره ای با در نظر گرفتن سطح نفوذ بالا، عدم قطعیت ها و غیر خطی ها استفاده شده است و همچنین مقادیر بهینه/مقاوم پارامترهای کنترل اینرسی مجازی با یک روش کنترل مقاوم سنتز میو تنظیم می شوند [۴]. در واقع اهمیت مسایل کنترلی در همه شبکه ها، صنایع، نیروگاه ها و غیره جهت حذف و کاهش خطا و میرایی اغتشاشات مورد نظر، به روشنی نمایان است.

در [۵] پژوهشی با عنوان بکارگیری لول گیج مغناطیسی ابزار دقیق جهت اندازه گیری سطح محلی مخازن صنعتی (مطالعه موردی نیروگاه رامین) صورت پذیرفت. تمرکز این مقاله بر روی اندازه گیری محلی سطح، نسبت به اندازه گیری متمرکز واقع در اتاق کنترل ها صورت گرفته است. نتایج نشان داد، علاوه بر قرائت محلی سطح مخازن توسط بهره برداران، امکان ارسال سیگنال و مانیتورینگ مقادیر در اتاق فرمان بدست می آید که هم اکنون تعدادی از سطح سنج های مغناطیسی بر روی مخازن روغن، هیتراهای فشار قوی، دیراتور و بویلر در شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین با موفقیت نصب و مورد بهره برداری قرار گرفته است. جهت تایید و اعتبار سنجی، نتایج این پژوهش با دو نمونه گیج اختلاف فشار و گیج فشار لوله بودن مقایسه گردید. سادگی و سهولت نصب و قابلیت نمایش محلی با وضوح بالا و ارسال سیگنال الکتریکی به اتاق فرمان از ویژگی های اصلی لول گیج مغناطیسی محسوب می شد که در این مقاله به آن اشاره گردید.

بر اساس چشم انداز بین المللی انرژی ۲۰۲۰، مصرف جهانی انرژی طی سه دهه آینده به دلیل تجربه افزایش سریع تقاضای انرژی در کشورهای در حال توسعه، به ویژه کشورهای آسیایی، ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت و گاز طبیعی تا سال ۲۰۴۰ شاهد رشد چشمگیری از نظر تقاضای جهانی تا ۳۰ درصد خواهد بود. ایران دارای منابع عظیم نفت و گاز است. گزارش ۲۰۲۰ موسسه بریتیش پترولیوم نشان می دهد که حدود ۱۶.۱ درصد از کل ذخایر گاز طبیعی جهان را تشکیل می دهد. با توجه به ترازنامه هیدروکربنی ایران، در سال های اخیر، مصرف گاز طبیعی و طول خط لوله انتقال گاز در ایران افزایش چشمگیری داشته است [۶].

گاز طبیعی با فشار بالا درون خط لوله اصلی به صنایع مختلف و شهرها انتقال می یابد. فشار گاز جهت قابلیت استفاده شدن متناسب با نیاز مصرف کننده ممکن است بین ۶۰ تا ۳۵۰ psi کاهش یابد. این کاهش فشار توسط ایستگاه های تقلیل فشار گاز انجام می گیرد. معمولاً برای این کاهش فشار، از دستگاه های کاهنده فشار استفاده می شود که در طی کاهش فشار، انرژی

موجود در گاز پر فشار به هدر می رود. در سیستم های جدید به جای شیرهای فشار شکن می توان از توربین های انبساطی استفاده کرد که علاوه بر کاهش فشار گاز، به تولید توان و سرمایه می پردازد که در ورودی نیروگاه ها برای اندازه گیری و تقلیل فشار گاز نصب می شوند [۷].

ایستگاه های CGS1 همچون ایستگاه های TBS2 دارای دو نوع رگلاتور یا دستگاه کاهنده فشار می باشند و فشار بالای خطوط (حدود ۱۰۰۰ psi) به فشارهای ۲۵۰ psi برای شهرها و کمتر از ۴۰۰ psi برای صنایع از جمله نیروگاه ها، کاهش پیدا می کند. این ایستگاه ها از بخش های مختلفی تشکیل می شوند و با توجه به آلودگی خطوط انتقال گاز در بخش ابتدایی این ایستگاه ها سیستم های فیلتراسیون نصب می شود [۸].

نصب توربین انبساطی در برخی از ایستگاه های تقلیل فشار سوخت گاز نیروگاه های حرارتی کشور مورد توجه واقع شده است. هدف از نصب توربین انبساطی در این نیروگاه ها تولید انرژی الکتریکی بوده است. می توان به نصب توربین های انبساطی در نیروگاه های ناک، رامین اهواز و شهید منتظری اصفهان اشاره کرد [۹].

اساس کار توربین های انبساطی نیروگاه رامین بر اساس اختلاف فشار گاز بین ورود و خروج این توربین ها طراحی شده است که فشار ورودی از ایستگاه گاز به توربین در حدود ۱۸ اتمسفر و خروج از آن در حدود ۱/۸ اتمسفر می باشد که همین اختلاف فشار در توربین ها باعث تولید ۵/۶ مگاوات برق در هریک از ژنراتورهای توربین انبساطی می گردد. دو واحد توربین انبساطی این نیروگاه با مجموع توان تولید ۱۳ مگاوات ساعت توسط شرکت اطلس کوپکو در سال ۱۳۸۲ نصب و راه اندازی شد، اما به دلیل آلودگی گاز و مشکلات فنی از مدار خارج شدند [۱۰].

اندازه گیری جریان فرآیند، برای نظارت بر فلو سیالات است. اندازه گیری جریان یکی از فرآیندهای حیاتی در بسیاری از صنایع است و عدم قطعیت های مرتبط با اندازه گیری جریان یا فلو، امری ضروری است. اصول تکنیک های اندازه گیری جریان موجود و فلومترهای اوریفیس پلیت به دلیل داشتن ویژگی های مناسب در صنعت، برای اندازه گیری، به طور گسترده استفاده می شوند. جهت نصب و بکارگیری اوریفیس پلیت باید بررسی کامل دینامیکی اندازه گیری جریان، اثرات ناشی از تغییر در ابعاد فیزیکی دهانه مانند ضخامت صفحه روزنه، قطر روزنه، تعداد سوراخ ها و غیره در نظر گرفته شود. همچنین پارامترهایی مانند نوع سیالات، موقعیت و نوع اوریفیس بررسی شود. اثر پارامتری بر عملکرد یک اوریفیس پلیت با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی در این پژوهش دیده می شود [۱۱].

تمرکز به کاهش هزینه و دقت و صحت تجهیزات اندازه گیری در این پژوهش بوده است. ترانسیمترهای اختلاف فشار برای اندازه گیری میزان عبور فلو، با توجه به افت فشار در لوله اوریفیس پلیت، استفاده می شوند [۱۲].

به دلیل افت فشار زیاد فلومترهای اوریفیس پلیت، مصرف انرژی و هزینه سالانه در این روش افزایش می یابد. در این پژوهش طرح جدیدی با قرار دادن حلقه ای در پایین دست اوریفیس ارائه می دهد که طبق استاندارد، افت فشار بالا را کاهش می دهد. حداکثر کاهش افت فشار با بهینه سازی هندسه ای حلقه پایین دست، محاسبه می شود که مزایای جدیدی را نسبت به اوریفیس پلیت های استاندارد شناخته شده، معرفی می کند [۱۳].

ارزیابی وضعیت کارکرد سیستم های اندازه گیری و حصول اطمینان از عملکرد صحیح و دقیق تجهیزات و حفظ دقت مجموعه سیستم مطابق آنچه سازنده اعلام نموده و یا در گواهی نامه های کالیبراسیون اولیه درج گردیده است امری مهم می باشد. با استفاده از روش استاندارد AGA6 می توان بدون باز کردن و انتقال کنتور از محل نصب، ارزیابی کارکرد کنتور را از طریق مقایسه کارکرد آن با یک سیستم دقیق تر که بطور ثابت و یا موقت در سایت نصب شده و با کنتور مورد نظر به صورت سری عملیات اندازه گیری گاز را انجام می دهد، مورد تحقیق قرار داد [۱۴].

روش دیگر اندازه گیری فلو، اندازه گیری دو فازی نام دارد که به دلیل پیچیدگی یک کار چالش برانگیز است. عوامل زیادی بر فرآیند اندازه گیری تأثیر می گذارند که می توان به خواص دو فاز و کاهش خشکی اشاره نمود. نتایج پژوهش نشان داد که

1 City Gas Station

2 Town Board Station

اثر جریان دو فازي بر ضريب تصحيح روزه در مقادير مختلف نرخ فلو جرمي مایع و گاز برای سه صفحه روزه با نسبت‌های بتا متفاوت است و یک همبستگی جدید برای ضريب تصحيح دو فاز از طريق سه صفحه روزه معرفی گردید [۱۵].

یک ساختار جدید از فلومتر الکترومغناطیسی با قابلیت اندازه‌گیری پروفیل سرعت در عرض یک کانال مستطیلی، ارائه شده است. فلومترهای الکترومغناطیسی موجود میانگین سرعت را اندازه‌گیری کرده و قابلیت تشخیص پروفیل سرعت در مقطع کانال را ندارند. جهت سنجش پروفیل سرعت از یک الکترومغناطیس آرایه‌ای با توانایی کنترل میدان مغناطیسی در عرض کانال استفاده شده است. فلومتر الکترومغناطیسی آرایه‌ای ساخته شده و به‌صورت تجربی در یک مسیر بسته آزمایش شده است که نتایج تجربی و شبیه‌سازی تطبیق مناسبی داشته و نشان دهنده عملکرد موفق فلومتر آرایه‌ای در سنجش پروفیل سرعت مقطع کانال می‌باشند [۱۶].

علاوه بر این، به طور تجربی جریان دو فازي مایع گازی (با کیفیت تا ۵۰٪) را از طریق اندازه‌گیری خطی پذیر افقی با نسبت بتا ۰.۵۵ بررسی گردید و همبستگی‌هایی را برای فلو از طریق اوریفیس پلیت و ونچری متر ارائه نمودند و عملکرد آن‌ها را با سایر داده‌ها مقایسه کردند که یک همبستگی جدید با نرخ جریان و شرایط فشار محدود ارائه گردید [۱۷].

در اندازه‌گیری گاز، محاسبه و تعیین عدم قطعیت تجهیزات اندازه‌گیری از جمله فلومترها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از موارد بسیار مهم در این زمینه، عدم قطعیت ترکیبی سیستم اندازه‌گیری و برهم کنش‌ها و اثرات متقابل اجزا سیستم اندازه‌گیری بریکدیگر و بر عدم قطعیت کلی سیستم است. محاسبه عدم قطعیت ترکیبی سیستم میترینگ اوریفیسی پالایشگاه گاز شهید هاشمی نژاد طبق استاندارد ISO-5187 پرداخته شده است. بیشترین عدم قطعیت مربوط به ضريب تخلیه اوریفیس 0/6089 درصد است، پس از این پارامتر، مقادیرهای اختلاف فشار، قطرلوله، قطرروزنه‌ی اوریفیس، دانسیته، نسبت ضرایب تراکم پذیری دما و فاکتور انبساط به ترتیب بیشترین عدم قطعیت را دارند. این امر بیانگر این موضوع است که خطای ترکیبی سیستم اندازه‌گیری بیشتر از عدم قطعیت تک تک المان‌ها بوده و نمی‌توان تنها در محدوده‌ی مجاز بودن عدم قطعیت المان‌های اندازه‌گیری به صورت مجزا اکتفا نمود [۱۸].

با توجه به افزایش ضريب نفوذ گاز در کشور و روند رو به رشد تولید و مصرف گاز در سال‌های اخیر، لازم است تا به میحث اندازه‌گیری دقیق و صحیح گاز به عنوان یک چالش و مسأله بسیار مهم، توجه ویژه‌ای نمود. نیروگاه‌ها در سال ۱۳۹۹ به‌طور میانگین روزانه ۱۸۰ میلیون مترمکعب گاز دریافت کردند. این مقدار در سال ۱۴۰۰، به ۱۹۴ میلیون مترمکعب در روز رسید و نشان‌دهنده افزایش هشت درصدی دریافت گاز آنها است. میانگین مصرف روزانه گاز طبیعی در بخش خانگی، تجاری و صنایع غیرعمده نیز در سال ۱۳۹۹، معادل ۳۳۳ میلیون مترمکعب بود. مصرف گاز در سال ۱۴۰۰ به ۳۳۴ میلیون مترمکعب رسید که تفاوت چندانی با سال گذشته نداشته است [۱۹].

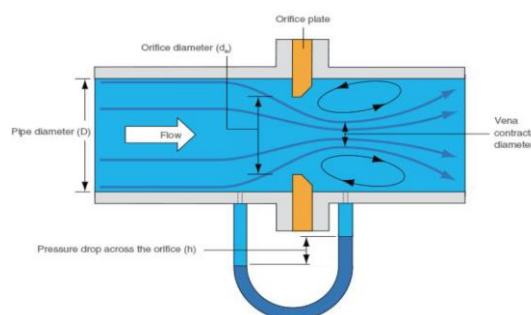
در این شرایط حساس و با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در خصوص افزایش مصرف گاز در کشور، خطای بسیار کم در اندازه‌گیری این حجم زیاد گاز، علاوه بر جلوگیری از ضرر و زیان مالی، منجر به برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی در اندازه‌گیری برای مصرف بهینه گاز و همچنین تأثیر زیادی بر محاسبه راندمان نیروگاه‌ها ایفا می‌کند که توسط تجهیزات اندازه‌گیری ابزار دقیق انجام می‌شود. اندازه‌گیری فلو گاز ابزار مناسبی برای داشتن اطلاعات دقیق، جهت مصرف سوخت و محاسبه راندمان نیروگاه‌ها می‌باشد. برای اندازه‌گیری فلو در همه صنایع، تنها یک روش مشابه و یکسانی وجود ندارد، بنابراین همواره تولیدکنندگان سعی دارند روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری فلو ارائه نمایند. هدف اصلی این پژوهش تشریح کامل مراحل نصب و راه‌اندازی فلومترهای گاز مصرفی طبق استاندارد ISO-5167 واقع در شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین می‌باشد که می‌تواند درک عمیقی برای صنعتگران ایجاد نماید و از منظر ابزاردقیقی از روش‌های اندازه‌گیری و جزء به جزء آن مطلع شوند و همچنین با بررسی و مطالعه کارایی فلومترها، با استفاده از داده‌های واقعی بهره‌برداری که از برجستگی‌های این پژوهش محسوب می‌گردد بتواند مقایسه‌ای از تفاوت‌های بین نمونه فلومترهای اوریفیس پلیت گاز مصرفی واحدها با نمونه فلومترهای توربینی در ایستگاه تقلیل فشار CGS و ایستگاه گاز نیروگاه که از موارد پرکاربرد در صنایع مختلف می‌باشند، بدست آید. بقیه این مقاله به شرح زیر تنظیم شده است.

بخش ۲ اصول اندازه گیری فلو را به صورت خلاصه بیان می کند. بخش ۳ فلومتر اوریفیس پلیت و نصب و راه اندازی آن را به صورت کامل تشریح می کند و راندمان نیروگاه محاسبه می شود. در بخش ۴ یافته های پژوهش و بخش ۵ مقایسه دو نمونه فلومتر و نتایج میدانی مورد بحث قرار می گیرد. بخش ۶ نتیجه گیری را ارائه می دهد.

۲. تئوری طرح پیشنهادی

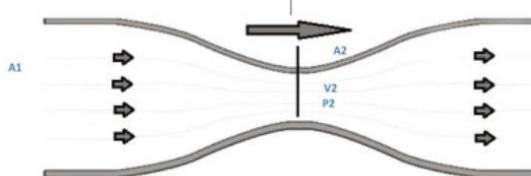
۲-۱. فلومتر اوریفیس پلیت

اندازه گیری فلو، یک پارامتر حیاتی در صنایع است که با تکنیک های مختلف اندازه گیری می شود، اما در میان آنها رایج ترین روش اندازه گیری فلو، استفاده از ترانسمیترهای اختلاف فشار است. معمول ترین نوع اوریفیس یک صفحه فلزی صاف با یک سوراخ هم مرکز در صفحه می باشد که عمود بر جهت جریان نصب می شود. بر اساس اصل برنولی، وقتی سیال از اوریفیس عبور می کند، به دلیل کاهش سطح مقطع، سرعت آن افزایش می یابد و فشار آن کاهش می یابد. وقتی سیال از اوریفیس پلیت خارج می شود، سرعت آن دوباره کاهش یافته و فشار آن افزایش می یابد. فلومترها با استفاده از همین اختلاف فشار به وجود آمده توسط اوریفیس در خط عبوری سیال و با استفاده از ترانسمیترهای اختلاف فشاری که فشار دو طرف اوریفیس را اندازه گیری می کنند میزان فلو یا دبی سیال عبوری را محاسبه می کنند [۲۰]. در شکل ۱ فلومتر اوریفیس پلیت نشان داده شده است.



شکل ۱. فلومتر اوریفیس پلیت

اصل برنولی برای محاسبه فلو حجمی استفاده می شود. اوریفیس پلیت تجهیز مکانیکی است که به طور گسترده در اندازه گیری جریان بر اساس اختلاف فشار استفاده می شود، بنابراین دقت سرعت جریان به ابعاد اوریفیس پلیت بستگی دارد. دلیل این امر این است که نرخ جریان با فرض ثابت بودن ابعاد آن محاسبه می شود. به همین دلیل تشخیص هر گونه آسیب مهم است. فرسایش و گرفتگی مسیرها معمولاً از مشکلات رایجی است که در این روش اتفاق می افتد و مقادیر نامناسب فشار منجر به کاهش دقت ترانسمیتر می شود. میزان افت فشار ایجاد شده در اوریفیس و نیز ضریب تخلیه آن تابع شکل هندسی، نسبت قطر دهانه اوریفیس به قطر لوله و عدد رینولدز سیال می باشد [۲۱]. در شکل ۲ اصل برنولی نشان داده شده است.



شکل ۲. اصل برنولی

با نزدیک شدن سیال به دهانه آن، فشار کمی افزایش می یابد و سپس با عبور از دهانه دیگر به طور ناگهانی کاهش می یابد. کاهش آن تا رسیدن به مقطع فشرده ادامه می یابد و سپس به تدریج افزایش می یابد تا زمانی که تقریباً در چند قطر پایین دست، به

یک نقطه فشار حداکثر می‌رسد که کمتر از فشار بالادست روزنه خواهد بود. کاهش فشار هنگام عبور سیال از روزنه، نتیجه افزایش سرعت عبور گاز از ناحیه کاهش یافته روزنه است. هنگامی که با خروج سیال از روزنه، سرعت کاهش می‌یابد، فشار افزایش می‌یابد و تمایل به بازگشت به سطح اولیه خود دارد. تمام افت فشار به دلیل تلفات اصطکاک و آشفتگی در جریان بازیابی نمی‌شود. افت فشار در سراسر صفحه روزنه با افزایش سرعت جریان افزایش می‌یابد. وقتی جریانی وجود ندارد هیچ تفاوتی وجود ندارد. اختلاف فشار متناسب با مجذور سرعت است، بنابراین اگر سایر عوامل ثابت بمانند، اختلاف تغییرات متناسب با مجذور سرعت جریان یا فلو است [۲۲].

۲-۲. فلومتر توربینی

فلومترهای توربینی بر اساس نیروی دینامیک سیال وارده بر پره‌های یک توربین، عمل می‌کند. پره‌های روی روتور طوری طراحی شده‌اند که انرژی حاصل از جریان سیال را به انرژی چرخشی تبدیل می‌کنند. شفت دوطرف روتور بدلیل پایین آوردن اثر اصطکاک بر روی یک جفت بلبرینگ قرار گرفته و چرخش می‌کنند. زمانی که جریان سیال افزایش می‌یابد، متناسب با آن سرعت چرخش روتور نیز افزایش می‌یابد. بر روی هر کدام از پره‌ها یک آهنربا قرار گرفته و با عبور از مقابل یک پیکاب یا یک سنسور اثر هال، در خروجی سنسور، به صورت عبوری، پالس ظاهر می‌شود و با توجه به ضریب کالیبراسیون یا فاکتور K که برحسب پالس بر لیتر (PPL) می‌باشد، فلو عبوری قابل محاسبه است. معمولاً با توجه به نشان تجاری و رنج فلو عبوری، فرکانس پالس‌های خروجی در رنج ۶۹۰۰ تا هرتز می‌تواند باشد. سنسور اثر هال که به عنوان اندازه‌گیری سرعت روتور در فلومتر قرار گرفته، معمولاً در خارج از مسیر فلو و در داخل یک اتصال دهنده یا رابط که شامل تعدادی تیغه است قرار می‌گیرد و جهت جلوگیری از نفوذ رطوبت سیال به داخل سنسور و خرابی آن استفاده می‌شود.

۲-۳ معادلات حاکم و مبانی محاسباتی

طبق استاندارد ISO-5167 رابطه فلو حجمی و سایر روابط ریاضی به قرار زیر می‌باشد [۲۳]. رفتار سیال در یک جریان، به دو مشخصه ذاتی آن، یعنی چگالی و ویسکوزیته بستگی دارد.

۲-۳-۱. چگالی

چگالی، دانسیته، جرم حجمی یا جرم مخصوص یا ویژه، نسبت جرم به حجم می‌باشد. جرم یک جسم بستگی به جنس و اندازه آن دارد. به عبارت دیگر، چگالی جرم واحد برای هر جسم به شمار می‌رود و چون حجم اجسام با دما تغییر می‌کند، لذا چگالی مواد در دمای معین مقداری ثابت است. به وسیله چگالی می‌توان تعیین نمود که جسم در آب فرو می‌رود یا روی آب شناور می‌ماند. آب با چگالی (یک گرم بر سانتی متر مکعب) به عنوان مرجعی برای سنجش و مقایسه چگالی دیگر مواد است. چگالی در معادله ۱ نشان داده شده است.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

(۱)

چگالی ρ ، جرم M و حجم V است. چگالی معمولاً بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب بیان می‌شود. چگالی ابزاری مناسب برای بهدست آوردن جرم یک جسم از حجم آن یا بالعکس ارائه می‌دهد. این رابطه برای سه حالت ماده یعنی جامد، مایع و گاز صدق می‌کند اما روش‌های اندازه‌گیری در آن‌ها متفاوت است.

۲-۳-۲. ویسکوزیته

ویسکوزیته، لزجت یا گرانروی یک سیال (مایع یا گاز)، پارامتری است که میزان مقاومت آن را در مقابل جاری شدن نشان می‌دهد که با علامت η نشان داده می‌شود. زمانیکه جسمی درون یک سیال به حرکت در می‌آید، سیال اطراف این جسم، در مقابل حرکت مقاومت نشان می‌دهد به طوری که سرعت لایه‌های مختلف سیال اطراف این جسم، متفاوت است. در گازها با افزایش دما، ویسکوزیته افزایش می‌یابد ولی در مایعات برعکس هست.

۲-۳-۳. گاز طبیعی

گاز طبیعی متان با فرمول CH_4 در نیروگاه های برق به عنوان سوخت استفاده شده و برق تولید می‌شود. ماهیت گاز به عنوان یک سیال بکارگیری شده است. ویژگی های سیال گاز طبیعی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی های سیال گاز طبیعی

پارامتر	مخفف	مقدار	واحد SI
نوع سیال	NG	گاز طبیعی	m^3/h
چگالی	ρ_n	0/8509	kg/m^3
ویسکوزیته	η	12	10-6 PA.S

نرخ جریان حجمی در معادله ۲ نشان داده شده است.

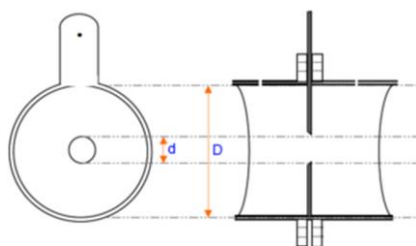
$$q_v = \frac{qm}{\rho} \quad (۲)$$

میزان فلو جرمی بر اساس معادله ۳ نشان داده شده است.

$$qm = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\Pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho l} \quad (۳)$$

۲-۳-۴. ضریب بتا

نسبت قطر سوراخ اوریفیس به قطر لوله را ضریب بتا گویند که با علامت β نشان داده می‌شود. برای تعیین طول قسمت مستقیم لوله مورد نظر (بر حسب ضریبی از قطر لوله) از نسبت بتا استفاده می‌شود. در شکل ۳ نسبت بتا نشان داده شده است.



شکل ۳. نسبت بتا

محاسبه ضریب بتا بر اساس معادله ۴ نشان داده شده است.

$$\beta = \frac{d}{D} \quad (۴)$$

۲-۳-۵. عدد رینولدز

عدد رینولدز^۱ جریان سیال آرام و متلاطم را بیان می کند که با علامت R_e نشان داده می شود. یعنی به یک حرکت منظم جریان اشاره دارد که در آن هر ذره سیال به موازات لوله حرکت می کند. با این حال، سیالی که در نزدیکی دیواره جریان دارد به دلیل اصطکاک و ویسکوزیته کند می شود. اگر عدد رینولدز کمتر از ۲۰۰۰ باشد، جریان آرام است و اگر عدد رینولدز بیشتر از ۴۰۰۰ باشد، جریان آشفته و متلاطم است و براساس معادله ۵ محاسبه می شود.

$$R_e = \frac{v D \rho}{\eta} \quad (۵)$$

علائم معادلات در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. علائم معادلات

علائم	توضیح
C	ضریب تخلیه، فلو حجمی واقعی نسبت به فلو تئوری
β	نسبت قطر سوراخ اوریفیس به قطر لوله
ε	ضریب انبساط، عامل گسترش و برای فشرده بودن گازها
d	قطر دهانه داخلی اوریفیس
ρ	چگالی سیال
ΔP	اختلاف فشار اندازه گیری شده
Π	عدد پی ثابت ریاضیاتی، نسبت محیط دایره به قطرش
q_m	سرعت جریان جرم، کیلوگرم بر ثانیه
q_v	سرعت جریان حجم، متر ^۳ /ثانیه
η	ویسکوزیته
D	قطر داخلی لوله
v	سرعت جریان آشفتگی

¹ Reynolds number

۴-۲. محل انجام تحقیق

در سال ۱۳۵۳ قراردادی بین شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر) و شرکت تکنوپروم اکسپورت اتحاد جماهیر شوروی سابق، در مورد احداث نیروگاهی به قدرت ۳۰۵ مگاوات منعقد گردید. سپس در سال ۱۳۵۴ قرارداد دیگری برای اضافه کردن دو واحد مشابه فی ما بین توانیر و تکنوپروم اکسپورت به امضا رسید و بدین ترتیب مراحل تهیه و مقدمات اجرایی کارها برای احداث چهار واحد ۳۰۵ مگاواتی آغاز گردید. عملیات تجهیز کارگاه و کارهای ساختمانی از سال ۱۳۵۴ در زمینی به مساحت بیش از ۵/۱ میلیون متر مربع در شمال شرقی اهواز شروع گردید. محل نیروگاه در ۲۵ جاده اهواز - مسجدسلیمان در نزدیکی شهر ویس و همچنین در نزدیکی رودخانه کارون می باشد. بعد از جنگ تحمیلی قراردادی برای احداث دو واحد بخاری ۳۱۵ مگاواتی دیگر بین وزارت نیرو و شرکت تکنوپروم اکسپورت بسته شد و هم اکنون ظرفیت اسمی نیروگاه ۱۸۹۰ مگاوات می باشد و از نظر تولید برق یکی از بزرگترین نیروگاه های بخاری کشور محسوب خواهد شد [۲۴].

۳. روش پژوهش

در این مقاله به بررسی روش اجرایی نصب فلومترهای گاز مصرفی واحد و بررسی فلومترها مذکور با مورد مطالعه در ایستگاه گاز نیروگاه و فلومترهای ایستگاه تقلیل فشار CGS (شرکت ملی گاز خوزستان) مورد مطالعه در شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین پرداخته شده و مراحل اجرا و انجام این پژوهش در زیر بیان می گردد. یکی از ویژگی های منحصر به فرد این پژوهش، استفاده از داده های مقادیر اندازه گیری شده و واقعی بهره برداری نیروگاه می باشد که به نوبه خود بسیار حائز اهمیت می باشد و یک تجربه کاربردی محسوب می گردد. در پایان نیز راندمان نیروگاه رامین در بار نامی محاسبه می شود.

در ابتدا توضیح مختصری درخصوص فلومترهای مورد مطالعه ایستگاه تقلیل فشار گاز و ایستگاه گاز نیروگاه و همچنین فلوی سوخت مصرفی بویلر واحدهای نیروگاه رامین بیان می گردد. ایستگاه تقلیل فشار CGS واقع در نیروگاه رامین، دارای ۷ خط ورودی گاز می باشد که در تقسیم بندی خود ۴ خط واحدهای ۱ تا ۴ را ایستگاه قدیم و ۳ خط واحدهای ۵ تا ۶ را ایستگاه جدید نام گذاری کرده اند که نوع فلومترهای آن توربینی بوده که توسط بهره برداران شرکت ملی گاز خوزستان، روزانه با فاصله زمانی دو ساعت، مقادیر آن در نرم افزار اکسل، ثبت می گردد. فشار ورودی ایستگاه قدیم ۳۵۰ psi و فشار خروجی آن ۲۰۰ psi و همچنین فشار ورودی ایستگاه جدید ۳۵۰ psi و فشار خروجی آن ۱۱۵ psi است. شایان ذکر است در سال ۱۳۹۴ با اتصال نهایی خط لوله رابط ۲۰ اینچ جدید به ۳۰ اینچ قدیم نیروگاه رامین اهواز و اتصالات مربوط به افزایش انعطاف عملیاتی در تأسیسات تقویت فشار گاز شهید محمدی، پایداری آن افزایش یافت. انتقال گاز برای نیروگاه با این طرح، تأثیر بسزایی در افزایش قابلیت انعطاف پذیری عملیاتی در محدوده گاز حوزه مارون و اهواز داشته است. نیروگاه رامین یکی از مهم ترین نیروگاه های گازی کشور در تولید برق است و توانایی دریافت ۱۲ میلیون مترمکعب گاز در روز را دارد. در جدول ۳ خطوط ورودی شبکه انتقال گاز به نیروگاه و نوع فلومترهای آن نشان داده شده است.

جدول ۳. خطوط ورودی شبکه انتقال گاز به نیروگاه

خط ورودی	فلومتر ایستگاه تقلیل فشار CGS	فلومترهای ایستگاه گاز	واحد نیروگاه	فلومترهای گاز مصرفی واحد
خط ۱	فلومتر توربینی	فلومتر توربینی	واحد ۱	فلومتر اوریفیس پلیت
خط ۲	فلومتر توربینی		واحد ۲	فلومتر اوریفیس پلیت
خط ۳	فلومتر توربینی		واحد ۳	فلومتر اوریفیس پلیت
خط ۴	فلومتر توربینی		واحد ۴	فلومتر اوریفیس پلیت
خط ۵	فلومتر توربینی	فلومتر اوریفیس پلیت	واحد ۵	فلومتر اوریفیس پلیت
خط ۶	فلومتر توربینی		واحد ۶	فلومتر اوریفیس پلیت
خط ۷	فلومتر توربینی			

۳-۱. مورد مطالعه ۱

فشار گاز طبیعی در ایستگاه های تقلیل فشار CGS به منظور رسیدن به فشار مطلوب، برای مصرف در واحدهای نیروگاه رامین، کاهش می یابد. فلومترهای توربینی واقع در ایستگاه تقلیل گاز CGS در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. فلومترهای توربینی واقع در ایستگاه تقلیل CGS

۳-۱-۱. تصحیح کننده فلومتر توربینی

به منظور بالا بردن صحت و دقت در اندازه گیری گاز، همواره از تصحیح کننده فلومتر توربینی استفاده می شود که حجم گاز عبوری اندازه گیری شده در دما و فشار محیط را بر اساس استاندارد EN12405 به حجم استاندارد در دما و فشار شرایط مرجع تبدیل نماید. ورودی حجم آن یک فرکانس پایین است که می تواند به هر فلومتر سازگار با گاز (Ex) که چنین اطلاعاتی را ارائه می دهد متصل شود. مزایای تصحیح کننده فلومتر توربینی در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. مزایای تصحیح کننده فلومتر توربینی

ردیف	مزایا
۱	به دست آوردن و ادغام حجم اندازه گیری شده توسط فلومتر
۲	اندازه گیری دمای گاز و فشار گاز
۳	محاسبه ضریب تراکم، محاسبه ضریب تبدیل و حجم در شرایط پایه
۴	محاسبه میزان جریان اندازه گیری شده و تبدیل شده
۵	نمایش داده های اندازه گیری شده و محاسبه شده
۶	مدیریت آلام و ارسال به سیستم های مرکزی از راه دور
۷	مدیریت یک پایگاه داده بزرگ
۸	چندین کانال ارتباطی برای عملیات محلی و از راه دور
۹	ورودی و خروجی روشن / خاموش

در شکل ۵ یک نمونه تصحیح کننده فلومتر توربینی با نشان تجاری ITRON PTZ بر روی مسیر های گاز نصب شده است.



شکل ۵. تصحیح کننده فلومتر توربینی در ایستگاه تقلیل CGS

۲-۳. مورد مطالعه ۲

گاز طبیعی ورودی به نیروگاه به دو ایستگاه مجزا وارد می شود، ایستگاه گاز واحدهای ۱ تا ۴ را ایستگاه قدیم و همچنین واحدهای ۵-۶ را ایستگاه جدید می نامند که تامین کننده گاز ورودی به نیروگاه می باشند. فلومترهای هر دو واحد بر روی یک خط اصلی نصب می باشد که در مجموع دارای ۳ فلومتر اصلی گاز (تعداد ۲ توربینی و ۱ اوریفیس پلیت) می باشند. در فلومترها و دستگاه های تصحیح کننده الکترونیکی گاز و فلوکامپیوترها به منظور بالا بردن صحت و دقت در اندازه گیری گاز بکار رفته است. فلومترهای توربینی در مسیر جریان گاز قرار می گیرند و با برخورد گاز به پروانه کنتور باعث چرخیدن آن می شوند. این سرعت چرخشی توربین که متناسب با سرعت خطی گاز است، از طریق کوپلینگ مغناطیس به صورت مکانیکی به شماره انداز انتقال داده می شود. فلومترهای توربینی برای اندازه گیری حجم گاز مصرفی استفاده می شوند، البته باید گاز، فیلتر شده و بدون مواد خورنده باشد. فلومتر توربینی در شکل ۶ و فلومتر اوریفیس پلیت واقع در ایستگاه گاز نیروگاه در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶. فلومترهای توربینی واقع در ایستگاه گاز نیروگاه



شکل ۷. فلومتر اوریفیس پلیت واقع در ایستگاه گاز نیروگاه

۳-۳. مورد مطالعه ۳

در حال حاضر، گاز مصرفی واحدهای نیروگاه در ورودی به بویلر، اندازه گیری و به اتاق فرمان ارسال می گردد. مراحل پژوهش در این مرحله به صورت کامل اجرا و بیان می شود. در جدول ۵ مراحل پژوهش نشان داده شده است.

جدول ۵. مراحل پژوهش

ردیف	شرح پژوهش
۱	بازدید میدانی و اندازه گیری
۲	محاسبات ریاضی و بدست آوردن پارامترهای کالیبراسیون
۳	تست و کالیبراسیون ترانسمیتر
۴	نصب جعبه باکس محلی و اتصالات
۵	سیم کشی نصب ترانسمیترها
۶	نصب و تنظیمات محاسبه گر CC-M
۷	مانیتورینگ مقادیر بر روی رکورد و کامپیوتر
۸	نصب و راه اندازی فلومتر اوریفیس پلیت

۳-۳-۱. بازدید میدانی و اندازه گیری

برای شروع این پژوهش ابتدا باید بررسی های میدانی دقیق انجام گیرد. مکان دقیق ترانسمیترها مشخص و حتی فاصله جعبه باکس محلی نیز مشخص شود که انتقال دیتا چگونه به اتاق فرمان ارسال شود. با توجه به اینکه روش اندازه گیری فلو، اوریفیس پلیت با استفاده از ترانسمیترهای اختلاف فشار می باشد، لذا باید ابعاد و سایز اوریفیس به خوبی اندازه گیری شود و مسیر ورودی فلو که لاین مثبت و خروجی آن که لاین منفی محسوب می گردد جهت اتصال به ترانسمیترها و اتصالات آن ها تعیین گردد. مسیر فلوی گاز ورودی به بویلر در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸. مسیر فلوی گاز ورودی به بویلر

۳-۳-۲. محاسبات ریاضی و بدست آوردن پارامترهای کالیبراسیون

یکی از ویژگی های منحصر به فرد این پژوهش، استفاده از داده های مقادیر اندازه گیری شده و واقعی نیروگاه می باشد که بسیار مهم است و یک تجربه کاربردی محسوب می گردد. در جدول ۶ نتایج بررسی های میزان فلو نشان داده شده است.

جدول ۶. بررسی های میزان فلو

ردیف	داده های اوریفیس	مخفف	مقدار	واحد SI
۱	نرخ فلو جرمی، رنج سوخت	q_m	68072	kg/h
۲	نرخ فلو جرمی، حد بالا	q_n	80000	m ³ /h
۳	فلو حجم استاندارد	q_v	33611/04	m ³ /h
۴	فشار گیج	P_0	5-Jan	bar
۵	فشار استاندارد محلی	P_{amb}	1000	mbar
۶	فشار مطلق	P_{abs}	5-Feb	bar
۷	دما	t	10	°C
۸	دما برای رطوبت نسبی	t_Q	10	°C
۹	چگالی (در شرایط استاندارد)	ρ_n	0/8509	kg/m ³
۱۰	ضریب تراکم پذیری در P_{abs} و t	K	1	-
۱۱	حجم مخصوص در P_{abs} و t	v	0/4937572	kg/m ³
۱۲	عدد رینولدز (روزنه)	Re	1678206	-
۱۳	اختلاف فشار	DP	100	mbar
۱۴	افت فشار (در رنج کامل فلو)	P_w	68/14	mbar
۱۵	ضریب انبساط قطر برای WNR ۱.۴۵۷۱	κ	0/9998	-
۱۶	توان ایزنتروپیک	x	Jan-32	-
۱۷	ضریب گسترش	ε	0/9941	-
۱۸	زبری لوله	k_s	0/25	mm
۱۹	ضریب تصحیح زبری لوله	b_r	1	-
۲۰	نسبت قطر	β	0/5473	#NAME?
۲۱	ضریب جریان	α 67%	0/6327	= C * E
۲۲	نسبت مساحت	m	0/222285	= (d / D) ²
۲۳	حداکثر طول لوله بین دستگاه اختلاف فشار	L_{up}	Dec-97	m
۲۴	حداقل طول لوله بین دستگاه اختلاف فشار	L_{down}	Apr-61	m
۲۵	عدم قطعیت ضریب فلو	e_a	0/6	% of nominal value
۲۶	عدم قطعیت کل ضریب فلو	$e_{a,total}$	0/6	% of nominal value
۲۷	عدم قطعیت ناشی از دستگاه اختلاف فشار	$e_{q,dov}$	0/62	% of nominal value
۲۸	نرخ a100%/a 67%	-	0/9998	-
۲۹	نرخ a10%/a 67%	-	1/0023	-

در جدول ۷ ابعاد اوریفیس نشان داده شده است.

جدول ۷. ابعاد اوریفیس

ردیف	داده های اوریفیس	مخفف	مقدار	واحد SI
۱	قطر داخلی لوله (۲۰ درجه سانتیگراد)	D	797	mm
۲	قطر سوراخ / دهانه	d	436/19	mm
۳	نوع اندازه گیری	-	اوریفیس پلیت-گوشه دار	-
۴	نوع سیال	NG	گاز طبیعی	m ³ /h
۵	اتصالات چندبخشی		65	m
۶	فشار استاندارد	P _N	1000	mbar
۷	دمای استاندارد	T _N	20	°C
۸	رطوبت استاندارد	RH _N	0	%

۳-۳-۳. تست و کالیبراسیون ترانسسمیتر

برای تست و کالیبره ترانسسمیترها، نیاز است که رنج تنظیمی آن ها، تعیین شده باشد. با توجه به اینکه این پژوهش برای ۶ واحد تولید که در دو گروه مختلف نصب شده اند، اجرا شده است لذا از دو نوع ترانسسمیتر با نشان تجاری Schoppe & Faeser مدل ASK 800 [۲۵] و Fuji Electric مدل FCX-AII V5 series [۲۶] می باشد و در آزمایشگاه کالیبراسیون آن انجام شده است. در جدول ۸ رنج ترانسسمیترها و همچنین کالیبراسیون ترانسسمیتر در شکل ۹ نشان داده شده است.

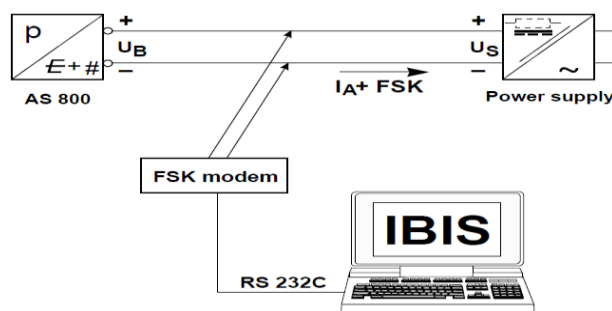
جدول ۸. رنج ترانسسمیترها

رنج ترانسسمیترها	مخفف	رنج اندازه گیری- واحد ۱ تا ۴	تنظیم شده- واحد ۱ تا ۴	رنج اندازه گیری- واحد ۵ تا ۶	تنظیم شده- واحد ۵ تا ۶	واحد SI
ترانسسمیتر اختلاف فشار-رنج پایین	FT-1	0-60	0-2/5	0-60	0-3/48	m bar
ترانسسمیتر اختلاف فشار-رنج پایین	FT-2	0-400	0-100	0-400	0-100	m bar
ترانسسمیتر فشار	PT	0-16	0-4	0-16	0-4	bar
ترانسسمیتر دما	TT	-	0-100	-	0-100	C



شکل ۹. کالیبراسیون ترانسسمیتر

این ترانسسمیترها با تغذیه ولتاژ ۱۱/۵ تا ۴۵ ولت جریان مستقیم راه اندازی می شوند و جریان خروجی آن ها ۲۰ - ۴ میلی آمپر می باشد. سیم کشی ترانسسمیتر مورد مطالعه در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰. سیم کشی ترانسیمتر مورد مطالعه

۳-۳-۴. نصب جعبه باکس محلی و اتصالات

جعبه باکسی جهت جلوگیری از ورود گرد و غبار و بارندگی یا آسیب های محیطی برای ترانسیمترها طراحی و نصب گردید و مسیر عبوری از اوریفیس پلیت به ترانسیمترها با اتصالات مذکور قرار داده شد. در شکل ۱۱ جعبه باکس محلی و اتصالات آن نشان داده شده است.



شکل ۱۱. جعبه باکس محلی و اتصالات آن

۳-۳-۵. سیم کشی نصب ترانسیمتر

در این مرحله از یک کابل ۱۲ رشته برای سیم کشی ترانسیمترها استفاده شد و چند رشته از آن به عنوان رزرو در مواقع اضطراری، بکارگیری شد. در شکل ۱۲ سیم کشی نصب ترانسیمترها در جعبه نشان داده شده است.



شکل ۱۲. سیم کشی نصب ترانسیمتر

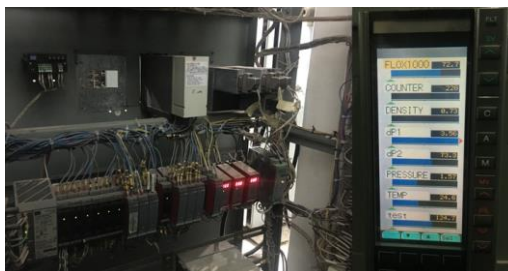
در آزمایشگاه تست سنسور دما و سیم کشی نصب ترانسیمتر دما به صورت جداگانه انجام شد که بر روی مسیر گاز بویلر نصب می باشد و در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳. تست سنسور دما و سیم کشی نصب ترانسیمتر دما

۳-۳-۶. نصب و تنظیمات محاسبه گر CC-M در اتاق فرمان

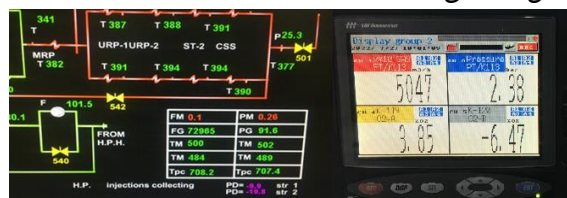
در این مرحله نصب و تنظیمات محاسبه گر CC-M و دادن پارامترهای محاسبه شده از قبل از جمله جبرانگر دما و چگالی گاز و غیره در اتاق فرمان انجام می گیرد. در شکل ۱۴ محاسبه گر CC-M جهت جمع و عمگرهای ریاضی از دما، فشار و اختلاف فشارها نشان داده شده است.



شکل ۱۴. محاسبه گر CC-M در اتاق فرمان

۳-۳-۷. مانیتورینگ مقادیر بر روی رکورد و کامپیوتر

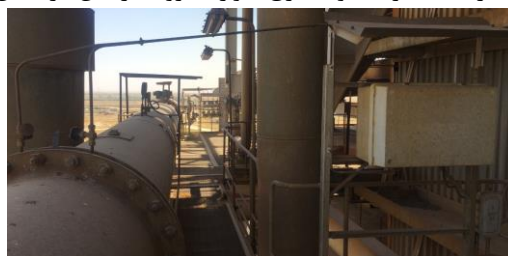
مقادیر فلوی گاز مصرفی هر واحد به صورت همزمان هم بر روی پیپرلس نشان داده می شود و هم بر روی کامپیوتر پرسنل محترم بهره برداری در اتاق مرکز کنترل، نشان داده می شود و کلیه اطلاعات به صورت آرشیو ضبط خواهند شد که در صورت نیاز بتوان از گراف و ترند این تجهیزات استفاده نمود و بهره برداران به خوبی بتوانند مانیتورینگ مقادیر را دنبال کنند. مقادیر فلوی اندازه گیری شده بر روی کامپیوتر و پیپرلس در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵. مانیتورینگ مقادیر بر روی رکورد و کامپیوتر

۳-۳-۸. نصب و راه اندازی فلومتر اوریفیس پلیت

نصب و راه اندازی فلومتر اوریفیس پلیت با استفاده از ترانسیمترهای ابزار دقیق در جعبه باکس محلی به همراه متعلقات آن بر روی مسیر فلوی گاز مصرفی واحد های شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین در شکل ۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۱۶. نصب و راه اندازی فلومتر اوریفیس پلیت

[illegible]

۱۷

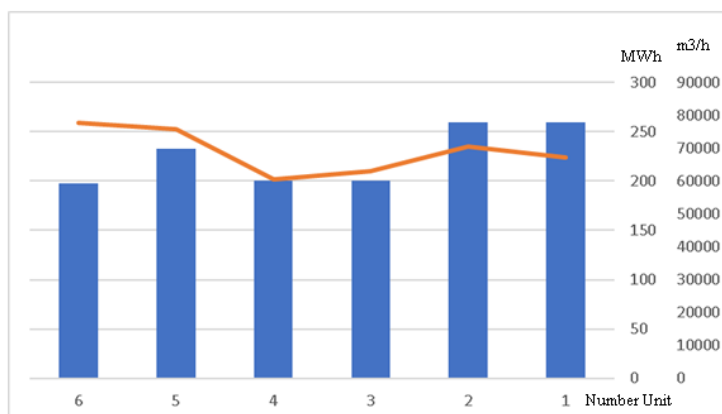
۴. یافته های پژوهش

طی چندین مرحله میزان فلو مصرفی همه واحدها به همراه مگاوات تولیدی آن ها و پارامترهای بهره برداری ثبت و بررسی گردید که نتایج آن حاکی از عملکرد مطلوب فلومترهای اوریفیس پلیت واحد های تولیدی می باشد که در جدول ۹ داده های واقعی بهره برداری در بازه زمانی مشخص نشان شده است.

جدول ۹ داده های واقعی بهره برداری

واحد نیروگاه	تولیدی واحد(مگاوات)	میزان فلو مصرفی m ³ /h	دما C	فشار bar	فلوی ۱ mbar	فلوی ۲ mbar
واحد ۱	260	77800	18/62	10990	44706	73/30
واحد ۲	260	75730	18/68	16469	44706	73/50
واحد ۳	200	60600	18/40	44612	44706	88/80
واحد ۴	200	62900	18/60	44608	44706	59/50
واحد ۵	233	70560	21/60	22282	20515	62/20
واحد ۶	198	67130	22/80	23012	20880	66/60

با بررسی و آنالیز نتایج داده های واقعی بهره برداری واحدهای تولیدی نیروگاه رامین جدول تولید براساس فلو مصرفی واحدها در شکل ۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۸. نتایج داده های واقعی بهره برداری واحدهای تولیدی نیروگاه رامین

۵. نتایج میدانی

مقایسه ای بین فلومتر روش اوریفیس پلیت و فلومتر روش توربینی گاز طبیعی انجام گرفت که در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۱۰. مقایسه فلومتر اوریفیس پلیت و فلومتر توربینی

فلومتر اوریفیس پلیت	فلومتر توربینی
استفاده از ترانسیمترهای اختلاف فشار، فشار، دما	استفاده از فلومتر روش توربینی
مناسب برای سایز لوله از ۱ تا ۲۴ اینچ	مناسب برای سایز لوله از ۱ تا ۲۴ اینچ
مناسب برای سیال خورنده	نامناسب برای سیال خورنده
محدوده کارکرد دمایی ۲۵۰ درجه سانتیگراد	محدوده کارکرد دمایی ۸۰ درجه سانتیگراد
تحمل فشار بالا	تحمل فشار نسبتا بالا
حداکثر فلو $m^3 \cdot h^{-1} - 100000$	حداکثر فلو $m^3 \cdot h^{-1} - 25000$
گستره اندازه گیری ۵:۱	گستره اندازه گیری ۷:۱
% دقت آزمایشگاهی (1~2) \pm	% دقت آزمایشگاهی (1~0.5) \pm
کاهش فشار زیاد	کاهش فشار کم
اندازه گیری جریان ضربانی ندارد	اندازه گیری جریان ضربانی دارد
حساس به تأثیر توزیع سرعت جریان	عدم حساسیت به تأثیر توزیع سرعت جریان
الزامات لوله مستقیم جلو D (30-100)	لوله مستقیم جلو الزامات D (2-5)
اثر دما، زیاد است	اثر دما، کم است
اثر رطوبت، زیاد است	اثر رطوبت، کم است
اثر چگالی، بالا است	اثر چگالی، کم است
اثر ترکیبی، زیاد است	اثر ترکیبی، کم است
هزینه بهره برداری بالا است	هزینه بهره برداری بالا است
هزینه تعمیر و نگهداری پایین است	هزینه تعمیر و نگهداری بالا است
مناسب برای فلووی زیاد	مناسب برای محدوده جریان های مختلف
دقت بالا	دقت نسبتا بالا
عدم قطعات متحرک	دارای قطعات متحرک
به تجهیزات جانبی با دقت بالا نیاز دارد	به تجهیزات جانبی با دقت بالا نیاز دارد
نصب و راه اندازی آسان	نصب و راه اندازی پیچیده
عدم سرویس مسیر	سرویس توربین داخلی طی دوره مشخص
عدم نیاز به دستگاه تصحیح کننده	نیاز به دستگاه تصحیح کننده
کالیبراسیون ساده و سریع	کالیبراسیون سخت و طولانی
عدم خرابی قطعات	خرابی زیاد قطعات داخلی
عیب یابی ساده و آسان	عیب یابی مشکل و پیچیده
سیگنال ۲۰-۴ میلی آمپر	سیگنال ۲۰-۴ میلی آمپر
دارای ایمنی بالا	دارای ایمنی بالا
دسترسی آسان	دسترسی مشکل
مقاوم در برابر نویز	مقاوم در برابر نویز
سرعت پاسخ گویی سریع	سرعت پاسخ گویی سریع

۶. نتیجه گیری

در این مقاله تشریح کامل مراحل نصب و راه اندازی فلومترهای گاز مصرفی واقع در شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین و همچنین بررسی و مطالعه کارایی آن ها، با استفاده از داده های واقعی بهره برداری انجام شد. فلومتر های اوریفیس پلیت گاز مصرفی واحدها با نمونه فلومتر های توربینی در ایستگاه CGS و ایستگاه گاز نیروگاه مقایسه گردید که نتایج بدست آمده حاکی از کارایی مناسب و دقیق فلومتر اوریفیس پلیت را نشان می دهد. همچنین در برخی موارد امکان خرابی قطعات داخلی فلومتر توربینی باعث می شده که از مدار خارج شوند و تعمیرات آن ها مشمول هزینه های بالا می باشد تا جایی که گاهی دیگر نمی توان از آن ها استفاده نمود، درحالی که ترانسمیترهای روش اوریفیس پلیت نسبت به پارامترهای فشار، دما، چگالی گاز و اختلاف فشار، اندازه گیری را انجام می دهند و در مقابل فلومتر توربینی که فرکانس چرخش توربین مد نظر است، قرائت مقادیر واقعی تر و دقت بالاتر می باشد. دسترسی به کیفیت حقیقی گاز و ارزش حرارتی آن در مقایسه با شرایط واقعی، باعث محاسبه دقیق راندمان نیروگاه گردید که این امر نیز بسیار حائز اهمیت می باشد. محاسبه راندمان نیروگاه نشان داد که هرچه میزان بازدهی نیروگاه ها افزایش یابد، به همان نسبت از مصرف سوخت کاسته شده و این هم به نفع نیروگاه و هم به نفع محیط زیست خواهد بود.

Measurement of Gas Flow Using Orifice Plate Method in Ahvaz Ramin Power Plant

Mohammad Reza Ghodsi

Department of Electronic and Instrumentation, Faculty of Shahid Chamran Branch, Ahvaz, Technical and Vocational University (TVU), Khuzestan, Iran. ghodsi@raminpower.ir

Abstract

The consumption of gas for thermal power plants is prioritized due to economic efficiency, in terms of reducing the costs of operation and repairs of power plant units, increasing the reliability of operation and reducing environmental consequences. Measuring and knowing the exact amount of gas consumption and calculating the efficiency of power plants in these sensitive conditions, by various types of precision instrument flow meters, is one of the main challenges. The main purpose of this research is to fully describe the installation and operation of gas flow meters according to the ISO-5167 standard located in the Ahvaz Ramin Power Plant, as well as to review and study their efficiency, using real operating data, which Validation and effectiveness, a comparison has been made between orifice plate flow meters used in gas units with turbine flow meters in CGS pressure reduction station and power plant gas station, which are widely used in various industries. The results show that the values of orifice plate flow meters have higher accuracy and accuracy, as well as less failure, and the maintenance costs of these flow meters are much lower than the turbine type, and the installation of this method is easier.

Keyword: Instrumentation, Transmitter, Power Plant Efficiency, Orifice Plate Flow meter, Turbine Flow meter, Consumed Gas, Ahvaz Ramin Power Plant.

۷. مراجع

1. Ghodsi, M. R., Khalafi, M. A., Shishabor, M. (2021). Design, Fabrication and Installation of Hydrostatic Transmitters Developed for Instrumentation to Measure the Level of Cistern and Ammonia Tanks (Case Study of Ramin Power Plant). The Second Conference of Applied Research in Electrical Engineering, Tehran, Iran. (In Persian).
2. Bohlouri, V. (2021). Robust Optimization of Satellite Attitude Control with Reaction Wheel Actuator in the Presence of Uncertainties. Karafan Quarterly Scientific Journal, 18(3), 101-114.
3. Masoumnezhad, M. (2017). Robust control for the indefinite model of the semi-active suspension system. Karafan Quarterly Scientific Journal, 14(42), 57-79.
4. Ghodsi, M. R., Tavakoli, A., Samanfar, A. (2022). A Robust Controller Design for Load Frequency Control in Islanded Microgrid Clusters, International Transactions on Electrical Energy Systems, vol. 2022, Article ID 4218067, 12 pages.
5. Ghodsi, M. R. 2022. Using Instrumentation Magnetic Level Gauge to Measure the Local Level of Industrial Tanks (Case Study of Ramin Power Plant), Journal of New Achievements in Electrical, Computer and Technology, Vol 2, No 4. (in Persian).
6. Saryazdi, S. M. E., Rezaei, F., Saboohi, Y. (2021). Optimal detailed design and performance assessment of natural gas pressure reduction stations system equipped with variable inlet guide vane radial turbo-expander for energy recovery. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 96, 104222.
7. Faraji, M., Khalil Aria, S., AliMohammadi, A. (2013). analysis and simulation of natural gas pressure reduction station from the perspective of energy, exergy and economy, The Second International Conference on New Approaches in Energy Conservation, Tehran, Iran. (In Persian).
8. Salari, S., Goudarzi, K. (2017). Heat transfer enhancement and fuel consumption reduction in heaters of CGS gas stations. Case studies in thermal engineering, 10, 641-649.
9. Tashidian, H., Azizi, J., Jamshidi, B., Mirenjad, S. R. (2010). investigation of electric energy production in gas pressure reduction stations of Yazd Combined Cycle Power Plant, 25th International Electricity Conference, Tehran, Iran.
10. Online, <http://www.raminpower.ir/fa/news/413/>, Mahmoodi, G. R., Site Ahvaz Ramin Power Plant, Khuzestan, Iran. (In Persian). (Accessed on 2022, December 10).
11. Vemulapalli, S., Santhosh K. V. (2022). Parametric analysis of orifice plates on measurement of flow: A review. Ain Shams Engineering Journal 13, no. 3 (2022): 101639.
12. Mohamed, S. B., Mansour, M. S., Dekam, E. I. (2019). A 5-30 kg/s Orifice Plate Cooling Water Flow Meter. International Journal of Engineering Science, 8(2):29-38.
13. Shaaban, S. (2014). Optimization of orifice meter's energy consumption. Chemical engineering research and design, 92(6), 1005-1015.
14. Farahzadi, H., Abdali, A. (2019). evaluation of the accuracy and correctness of export gas measuring meters at the installation site based on the AGA6 standard, The 4th National Conference on Fluid Flow Measurement in Oil, Gas, Refining, Petrochemical and Water Industries, Tehran, Iran. (In Persian).
15. Zahran, A., Lotfy, H., Rabie, S., Ibrahim, M. S., Mohamed, H. M. (2020). Performance of an Orifice Meter Handling Two-Phase (Gas-Liquid) Flow. (Dept. M). MEJ. Mansoura Engineering Journal 45, no. 3 (2020): 29-38.

16. hashemi, P., sadeghi, M. H., & rezaee, V. (2022). Design and fabrication of electromagnetic arrayed flow meter to measure velocity profiles in a rectangular channel. *Iranian Journal of Manufacturing Engineering*, 8(12), 21-33.
17. Steven, R. N. (2002). Wet gas metering with a horizontally mounted Venturi meter. *Flow measurement and Instrumentation*, 12(5-6), 361-372.
18. Akbari, I., Siahnejad, M., Razavi, N. A. (2016). calculation of the combined uncertainty of the gas metering system of Shahid Hasheminejad Refinery based on the ISO-6187 standard, *The Third National Conference on Fluid Flow Measurement in Oil, Gas, Refining, Petrochemical and Water Industries*, Tehran Iran. (In Persian).
19. Online, <https://www.shana.ir/news/454999/>. Jolaei, M. R. Site Shana Petro Energy Information Network. (In Persian). (Accessed on 2022, December 10).
20. Prabhu, V., Velnath, R., Vairavel, K. S. (2021). Corrosion Detection of an Orifice Plate for Flow Rate Measurement using Heat Transfer Mechanism. In, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1084, No. 1, p. 012065). IOP Publishing.
21. MoradiBastani. M., Sabzpoushani., M. (2018). Numerical and experimental analysis of industrial orifice flow meter performance in a power plant unit. *Journal of Modeling in Engineering* 16(54), 327-337. (In Persian).
22. Morrison, G. L., DeOtteJr, R. E., Beam, E. J. (1992). Installation effects upon orifice flowmeters. *Flow Measurement and Instrumentation*, 3(2), 89-93.
23. Collins, A., & Clark, S. (2022). Additional data supporting the 2022 updates to the ISO 5167 standards. *Flow Measurement and Instrumentation*, 102193.
24. Tajdani, A., Hashemi, A. E., Numerical simulation of the combustion chamber of Ramin power plant in order to study the factors affecting the production of carbon monoxide and nitrogen oxide pollutants, *Iran's Quality and Productivity Magazine*, Volume 8, Number 3 (Continued). 2018. (in Persian).
25. Kataloge. Transmitter ASD 800/ASD 810 with Attached Remote Seal for Gauge Pressure, Absolute PressureLevel, 15-6.24EN. (Accessed on 2022, December 10). https://library.e.abb.com/public/fd378bfe54e6219f41256a0e003c2db9/15_624se.pdf.
26. Kataloge. DIFFERENTIAL PRESSURE (FLOW) TRANSMITTER. Fuji Electric France S.A.S. <https://www.instrumart.com/assets/Fuji-FKC-datasheet.pdf>, (Accessed on 2022, December 10).