مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۹- شماره ۲ - سال ۱۴۰۳

www.ElitesJournal.ir

افزایش بهره وری سیستم با تغییر ترانسمیتر روش خازنی به روش فشار هیدرواستاتیکی جهت اندازه‌گیری سطح مخازن (مطالعه موردی نیروگاه رامین)

محمدرضا قدسی

دکتری مهندسی برق قدرت، گروه مهندسی الکتریک و ابزاردقیق، شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین، ایران

ghodsi@raminpower.ir

ارسال: اردیبهشت ماه ۱۴۰۳ پذیرش: خرداد ماه ۱۴۰۳

چکیده

سطح سنج های مخازن صنعتی که از تجهیزات اصلی ابزاردقیق محسوب می گردند همواره با گذشت زمان دچار فرسودگی و ناکارآمدی می شوند. روش های مختلفی برای افزایش دقت، پایداری مقادیر نشاندهنده و افزایش بهره وری سیستم در خصوص اندازه‌گیری سطح ارائه شده است که یکی از این روش ها، فشار هیدرواستاتیکی می باشد. هدف اصلی این پژوهش تشریح کامل مراحل نصب و راه اندازی ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی واقع در شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین و همچنین بررسی و مطالعه کارآیی آن ها، با استفاده از داده های واقعی بهره برداری می باشد که جهت تایید و اعتبار سنجی، نتایج این پژوهش با نمونه روش خازنی مقایسه گردید. افزایش دقت و صحت مقادیر، عدم وابستگی دمایی سنسور، کاهش خرابی و هزینه های کمتر، افزایش ایمنی سیستم و تجهیزات و مقاوم در تلاتم و بارگیری مخازن، سادگی و سهولت نصب و قابلیت نمایش با وضوح بالا از ویژگی های اصلی ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی محسوب می گردد.

واژگان کلیدی: ابزاردقیق و کنترل، اندازه‌گیری سطح مخازن، ترانسمیتر، روش خازنی، روش فشار هیدرواستاتیکی.

۱- مقدمه

امروزه، اندازه‌گیری سطح مخازن در کلیه صنایع، امری لازم و ضروری محسوب می‌گردد. اندازه‌گیری‌ها همواره توسط تجهیزات ابزاردقیق انجام می شود و کاربردی‌ترین تجهیز در حیطه اندازه‌گیری، ترانسمیتر می‌باشد. ابزاردقیق واژه‌ای است که در تمام صنایع مختلف، از آن نام برده می‌شود و در کنار مکانیک و الکتریک، نشان دهنده دقت و صحت تجهیزات اندازه‌گیری، حفاظتی و کنترلی می‌باشد که نشان دهنده اهمیت موضوع است. در بسیاری از صنایع، ابزاردقیق چشم اپراتورهای سیستم محسوب می‌گردد و همواره مورد اعتماد است. در اکثر موارد نیز برای اندازه‌گیری، نشان دادن و ثبت مقادیر فیزیکی استفاده می‌شود و گاهی تجهیزی ساده مانند گیج معمولی تا کنترلی پیچیده مانند سیستم کنترل توربین و سیستم کاندیشن مانیتورینگ در نیروگاه‌ها می‌توان به آن اشاره نمود. ابزاردقیق صنعتی، دارای تاریخچه قدیمی بوده که به سیستم کنترل متصل می شدند و شامل اجزاء مختلف از جمله سلونویدها، کنترل کننده‌ها، محرک‌های الکتریکی، بریکرها، رله‌ها و دستگاه‌های دیگر بوده‌است. تجهیزات ابزاردقیق می توانند علاوه بر اندازه‌گیری فرآیند، عمل کنترل و اتومات نمودن سیستم را فراهم نمایند[۱].

از سویی دیگر، منابع انرژی تجدیدپذیر ذاتاً دارای اینرسی پایین هستند و هیچ بخش چرخشی ندارند، از این رو انحراف فرکانس بزرگ، زمانی رخ می دهد که ریزشبکه حاوی نفوذ بالای منابع انرژی تجدیدپذیر باشد. روش مبتنی بر کنترل اینرسی مجازی مقاوم بهینه پیشنهادی، برای افزایش اینرسی منابع انرژی تجدیدپذیر در خوشه‌های ریزشبکه جزیره‌ای با در نظر گرفتن سطح نفوذ بالا، عدم قطعیت‌ها و غیرخطی‌ها استفاده شده است و همچنین مقادیر بهینه مقاوم پارامترهای کنترل اینرسی مجازی با یک روش کنترل مقاوم سنتز میو تنظیم می‌شوند[۲]. استفاده از هوش مصنوعی در کنترل‌کننده های شبکه عصبی عمیق نیز به طور موثری می تواند نوسانات را خنثی، فرکانس را پشتیبانی و دینامیک ریزشبکه را به طور قابل توجهی بهبود بخشد[۳]. در واقع اهمیت مسایل کنترلی در همه شبکه ها، صنایع، نیروگاه‌ها و غیره، جهت حذف و کاهش خطا و میرایی اغتشاشات مورد نظر، به روشنی نمایان است.

سیستم های اندازه‌گیری شامل سه بخش اساسی از جمله تقویت کننده‌ها، ترانسدیوسرها و سنسورها می‌باشند که همگی ترانسمیتر را تشکیل می‌دهند. ترانسمیتر وسیله ای است که یک سیگنال الکتریکی ضعیف را دریافت کرده و به سطوح قابل قبول برای کنترلرها و مدارهای الکترونیکی تبدیل می‌کند. ترانسمیترها بر روی لوله ها و بالا یا پایین مخازن با توجه به روش اندازه‌گیری منحصر به فرد تجهیز و کاربرد مورد استفاده،جهت اندازه‌گیری نصب می‌شوند. از آنجایی که در کنترل فرآیند های صنعتی، غالبا نیاز به سنسور و ترانسدیوسر و ترانسمیتر می باشد، شرکت های سازنده در این حالت سه عنصر را معمولا یک جا و به صورت یک تجهیز به عنوان ترانسمیتر می‌سازند[۴].

در نیروگاه رامین اهواز نیز پژوهشگران متعددی به دیگر موضوعات نیروگاهی در مقالات مختلف پرداخته‌اند[۵]. تعدادی از پژوهشگران طی سنوات گذشته، برروی روش‌های اندازه‌گیری سطح در صنایع مختلف با توجه به ویژگی های خاص مواد درون مخازن و همچنین ساختار مخازن مورد بهره برداری، سعی در پایداری مقادیر نشاندهنده و افزایش بهره‌وری سیستم نمودند که در زیر به تعدادی از این مطالعات پرداخته می شود.

در[۶] اندازه‌گیری سطح با استفاده از سنسور آلتراسونیک و مقایسه آن با روش سنسور فشار انجام پذیرفت و اهمیت بسیار بالای عملکرد و کالیبراسیون روش های سطح سنجی در این پژوهش، مورد ارزیابی قرار گرفته شد. همچنین سعی گردید با بررسی تاثیر ارتفاع سیال در مخازن بر روی سنسور فشار و سنسور آلتراسونیک، رابطه و ضریب کالیبراسیون برای این دو سنسور بدست آید.

یک ساختار جدید از تراسمیترهای فلو با روش الکترومغناطیسی با قابلیت اندازه‌گیری پروفیل سرعت در عرض یک کانال مستطیلی، استفاده شده است که در این روش میانگین سرعت را اندازه‌گیری کرده ولی قابلیت تشخیص پروفیل سرعت در مقطع کانال را ندارند. در این پژوهش جهت سنجش پروفیل سرعت از یک الکترومغناطیس آرایه‌ای با توانایی کنترل میدان مغناطیسی در عرض کانال استفاده شده است که آرایه‌ای ساخته شده به صورت تجربی در یک مسیر بسته آزمایش و تست گردید. نتایج تجربی و شبیه‌سازی تطبیق مناسبی داشته و نشان دهنده عملکرد موفق ترانسمیتر فلو آرایه‌ای در سنجش پروفیل سرعت مقطع کانال می‌باشند[۷].

در[۸] پژوهشی دیگر با عنوان اندازه‌گیری سطح مخازن صنعتی با استفاده از ترانسمیتر راداری ابزاردقیقی در محیط های خطرناک انجام شد و با توجه به این که تجهیزات اندازه‌گیری رو به گسترش هستند و روز به روز این تکنولوژی در مسیر پیشرفت قرار گرفته است و دستگاه های قدیمی دیگر پاسخگوی سیستم های مدرن و جدید را نمی دهند و نظر به این که هر تجهیز اندازه‌گیری، دارای طول عمر محدودی می باشد و فرسودگی قطعات به مرور زمان حاصل می‌گردد، لذا برای اندازه‌گیری سطح مخازن از ترانسمیتر راداری ابزار دقیق استفاده شد که بعد از نصب و راه اندازی تمام مقادیر به درستی و با بالاترین ضریب اطمینان در صنایع خطرناک به کارگیری گردید.

در [۹] پژوهشی با عنوان افزایش قابلیت اطمینان سیستم با طراحی و نصب ترانسمیتر سافیر[1]مدل ۲۲ m ابزاردقیقی، جهت اندازه‌گیری سطح مخازن در صنایع مختلف انجام شد که نشان داد در صنایع مختلف با توجه به این که بسیاری از سطح سنج های قدیمی نصب شده بر روی مخازن و سایر قسمت ها از نوع سطح سنج‌های مختلف بوده و نسبت به دمای محیط و گرما بسیار حساس می باشند و مدارات الکترونیکی آن ها آسیب پذیری بالایی دارند و همچنین خرابی زیادی به دنبال داشته‌اند، می توان با استفاده از سطح‌سنج

[1] SAPFIR

ترانسمیتر سافیر نتایج رضایت بخشی حاصل نمود که البته در این پژوهش اثربخشی آن به صورت کامل و مقایسه ای انجام نگردید و همچنان دارای نکات مبهمی بود.

در[۱۰] اندازه‌گیری سطح مایع به روش هیدرواستاتیک مبتنی بر امواج صوتی سطحی ارائه شده است. اندازه‌گیری سطح مایع هیدرواستاتیک بر اساس اختلاف فشارهیدرواستاتیکی ایجاد می شود که ارتفاع (سطح) در مخزن یا ظرف افزایش/کاهش می یابد. با استفاده از این اصول، یک سیستم اندازه‌گیری سطح مایع هیدرواستاتیک مبتنی بر امواج صوتی سطحی با استفاده از یک اشعه پایه در پایین‌ترین سطح (سطح مبنا) مخزن پیشنهاد شده است.

در[۱۱] یک تکنیک جدید برای سنسور سطح مبتنی بر فشار هیدرواستاتیک در تاسیسات سوخت هسته ای ارائه شد. یک رویکرد جدید به سمت نصب یک تجهیز نظارت بر سطح فشار هیدرواستاتیک برای نظارت مداوم سطح مایع در یک مخزن با وضوح و دقت بالا انجام شده است. برخی از اشکالات عمده مانند اطلاعات اشتباهی در مقادیر سطح اندازه‌گیری شده، به دلیل تغییر دمای محیط، نیاز به حسگر فشار با وضوح بالا و اثر حباب زنی با عبور هوا یا هر سیال گازی به داخل مایع با استفاده از چنین فشار هیدرواستاتیک جدید طراحی شده، برطرف می شود. این روش شامل اندازه‌گیری دقیق فشار هیدرواستاتیک اعمال شده توسط مایع فرآیند با استفاده از یک سنسور اختلاف فشار با حساسیت بالا (سنسور فشار دیفرانسیل نوع خازنی با استفاده از مانومتر روغن طراحی شده ویژه) و ارتباط آن با سطح مایع است. به منظور جلوگیری از تأثیر شدید دما بر سطح مایع، یک روش جبران سازی دما در سیستم استفاده می شود.

در[۱۲] پژوهشی جهت یک سیستم اندازه‌گیری سطح آب با استفاده از مبدل فشار تجاری به فشار هیدرواستاتیکی، انجام شده است. مبدل فشار متشکل از یک سنسور پیزوالکتریکی دارای مقاومت و ساختار پل وتستون، یک خنک کننده حرارتی و یک ترانسمیتر ۴-۲۰ میلی آمپر می باشد. این سیستم اندازه‌گیری همچنین به یک گیرنده ۴-۲۰ میلی آمپر برای ترانسمیتر سیم بلند و یک میکروکنترلر و سایر قطعات الکترونیکی می باشد که برای پردازش بیشتر و نمایش سطح آب مجهز شده‌است.

به طور کلی، دو نوع سیستم اندازه‌گیری سطح وجود دارد که تاکنون توسعه یافته اند: اندازه‌گیری سطح پیوسته و اندازه‌گیری سطح نقطه ای، در حالی که روش های اندازه‌گیری سطح از جمله راداری، الکترومکانیکی، خازنی، آلتراسونیک، نوری و غیره وجود دارد و هر روش اندازه‌گیری، مزایا و معایبی دارد، ولی همواره اندازه‌گیری فشار هیدرواستاتیکی بسیار کاربردی و حائزاهمیت می‌باشد که قابلیت های بالایی در شرایط حساس داشته و اندازه‌گیری ها را آسان تر می نماید و همچنین دقت، پایداری، خطی بودن، تاخیر زمانی و دوام آن از مزایای منحصر به فرد آن در انتخاب ترانسمیتر می باشد. فشار و دما دو پارامتر مهم در سنجش سطح مایعات بر اساس فشار هیدرواستاتیکی هستند که همواره مورد بررسی است[۱۳].

اهمیت و برجستگی این مقاله کاربردی، که در اکثر صنایع مختلف، با چالش های متعدد در امر اندازه‌گیری مواجه هستند و تنها بر اساس ترانسمیترهای موجود و تجهیزات ابزاردقیق، قصد دارند به روشی پایدار با خرابی های کمتر برسند، می تواند بسیار مفید واقع گردد. تغییر روش خازنی به یک روش پایدارتر و غیر نوسانی تر محیطی جهت سطح مخازن در یک دوره زمانی مشخص، بر روی مخزن آب خنک کاری کمپرسورها و مخزن پساب آب خنک کاری(پمپ ارسالی به تصفیه فیزیکی) تاسیسات عمومی و سوخت رسانی فاز۳ شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین با موفقیت نصب و مورد بهره برداری قرار گرفت و نتایج قابل قبولی با تغییر طرح مذکور، بدست آورد. این روش از آنجایی که می تواند در محیط های باز و تحت فشار کم به درستی کار کند با این حال، با توجه به شرایط ویژه مخازن مورد مطالعه، باید تمام جوانب مورد بررسی قرار گرفته‌شود. به منظور به حداقل رساندن خطاهای احتمالی که ممکن است در زمان نصب ترانسمیتر رخ دهد، باید با کالیبراسیون دقیق سطح سنج ها و مکان مناسب نصب آن ها و همچنین بررسی ارتفاع و عملکرد پمپ مخازن مورد مطالعه، طی تست های میدانی مختلف به بهترین وضعیت موجود، دست یافت که در ادامه بیان می شود.

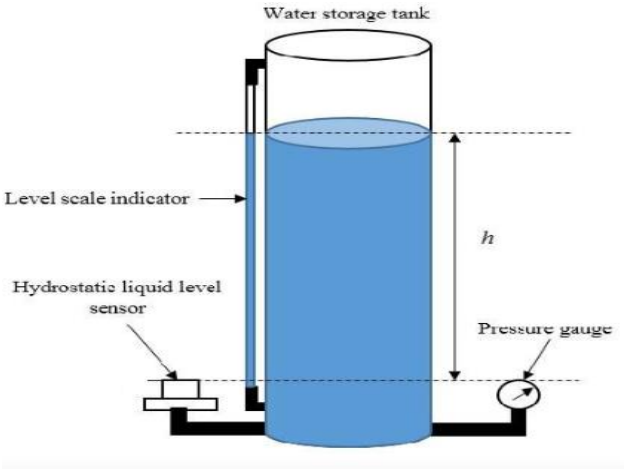
بقیه این مقاله به شرح زیر تنظیم شده است. بخش ۲ اصول اندازه‌گیری سطح را به صورت خلاصه بیان می کند. در بخش ۳ روش کالیبراسیون ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی، نصب و راه‌اندازی آن به صورت کامل تشریح می شود. در بخش ۴ یافته‌های پژوهش و بخش ۵ نتایج میدانی، مورد بحث قرار می‌گیرد. بخش ۶ نتیجه گیری را ارائه می دهد.

۲- اصول اندازه‌گیری سطح

از آنجایی که در اکثر صنایع مختلف، اندازه‌گیری سطح مخازن به روش های مختلف انجام می شود در ابتدا ویژگی های اصلی آن‌ها بیان خواهد شد. اندازه‌گیری ها معمولا به دو قسمت اصلی تقسیم می شود. ۱-اندازه‌گیری پیوسته ۲- اندازه‌گیری نقطه ای. در این پژوهش هدف اندازه‌گیری سطح پیوسته می‌باشد که به روش فشار هیدرواستاتیکی و همچنین روش خازنی، مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

۲-۱- اندازه‌گیری روش فشار هیدرواستاتیکی

یکی دیگر از روش های اندازه‌گیری سطح، استفاده از روش فشار هیدرواستاتیکی می باشد. ترانسمیتر روش فشار هیدرواستاتیکی براساس فشار هیدرواستاتیکی کار می کند. این تجهیز اندازه‌گیری ارتفاع، دارای یک سنسور فشار می باشد که فشار هیدرواستاتیکی ستون مایع را اندازه‌گیری می کند. دیافراگم یک مبدل فشار است که به عنوان عنصر حسگر اولیه برای اندازه‌گیری سطح مایع هیدرواستاتیک استفاده می شود. در صنعت، می توان از آن به عنوان یک واحد نمایش محلی استفاده کرد. خواندن دیافراگم را می توان با کمک مبدل ثانویه که جابجایی دیافراگم را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند به یک مکان دور منتقل کرد. ترانسمیترهای روش فشار هیدرواستاتیکی خطی هستند و در محدوده عدم قطعیت مجاز قابل تکرار می باشند[۱۴]. برای افزایش عدم حساسیت و جبران اثرات دما همواره روش اندازه‌گیری سطح مایع فشار هیدرواستاتیک پیشنهاد می شود[۱۵]. فشار هیدرواستاتیکی رابطه مستقیم با ارتفاع مایع دار که در معادله (۱) و شکل ۱ اندازه‌گیری روش فشار هیدرواستاتیکی نشان داده شده است.



شکل ۱- اندازه‌گیری روش فشار هیدرواستاتیکی

$$P = \rho g h \qquad (۱)$$

در این معادله P = فشار، ρ = چگالی سیال، g = گرانش استاندارد، H = ارتفاع ستون مایع بالا سنسور فشار می باشد. فشار اندازه‌گیری شده برابر فشار ستون مایع به اضافه فشار سطح می باشد. لازم به ذکر می باشد که در تانک های اتمسفری، فشار سطح برابر فشار اتمسفر خواهد بود. اگر فشار سطح مایع بیشتر یا کمتر از فشار اتمسفر باشد، از سنسور دیفرانسیلی استفاده می شود. در این موارد فشاری که به سطح اعمال می شود، از فشار کل کم می شود تا تنها فشار ستون مایع محاسبه شود. چگالی سیال باید به طور دقیق نیز مشخص شود.

برای مخازن بسته، رابطه بین سطح و فشار هیدرواستاتیک در واقع ارتباط بین فرمول سطح پر شدن و فشار هیدرواستاتیک و چگالی از طریق معادله (۲) برای واحدهای بزرگ نشان داده‌شده است.

$$h = 10.2 \cdot pHyd\ [bar]/p[kg\ gm3]m \quad (۲)$$

در این معادله $pHyd$ = فشار هیدرواستاتیکی، ρ = چگالی سیال، g = گرانش استاندارد، H = سطح یا ارتفاع ستون مایع بالا سنسور فشار می باشد. هر چه چگالی ρ مایع بیشتر باشد، فشار اندازه‌گیری شده در همان سطح بیشتر می شود. بنابراین برای بدست آوردن سطح بر حسب متر، باید فشار را بر چگالی مایع تقسیم کرد. برای فشار اندازه‌گیری شده ۱ بار، برای آب با چگالی ۱ کیلوگرم در لیتر (dm3) به دست می آید:

$$h = 10.2 \cdot 1\ bar / 1\ kg\ dm3 = 10.2\ m \quad (۳)$$

بنابراین سطح پر شدن حدود ۱۰ متر فشاری معادل ۱ بار برای آب ایجاد می کند (قاعده کلی: ۱ میلی بار در سانتی متر). این فشار نسبتا کم است، زیرا سنسورهای فشار با ۱ بار در حال حاضر در میان محدوده های اندازه‌گیری حساس تر هستند. ارتفاع اندازه‌گیری کوچک‌تر به محدوده‌های اندازه‌گیری حتی کوچک‌تری نیاز دارند. برای ارتفاع مخزن کمتر از ۱ متر، اندازه‌گیری دقیق عملا تنها با تطبیق با شرایط محلی امکان پذیر است. برای مخازن باز، ترانسمیتر مستقیماً از مقدار فشار اندازه‌گیری شده سنسور پایین مخازن که برابر فشار هیدرواستاتیکی می‌باشد براساس معادله (۴) بدست می آید.

$$pHyd = pBot \quad (۴)$$

در این معادله $pHead$ = فشار بالای مخزن، $pBot$= فشار پایین مخزن، $pHyd$ = فشار هیدرواستاتیکی خالص می باشد. برای مخازن باز. فشار هیدرواستاتیک خالص $pHyd$ به صورت معادله(۵) نشان داده شده است.

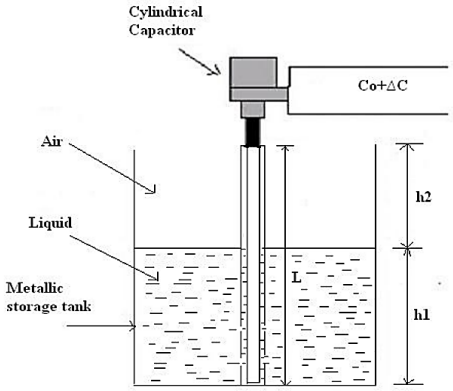
$$pHyd = pBot - pHead \quad (۵)$$

بنابراین یک تجهیز ابزاردقیقی در برخی موارد مانند ترانسمیتر یونیورسال یا PR باید تفاوت بین دو مقدار اندازه‌گیری شده را، محاسبه نماید. سنسورهای فشار و محدوده اندازه‌گیری آن ها باید طوری انتخاب شوند که از یک طرف به حد اضافه بار نرسیده و از طرف دیگر حساسیت آن ها، همچنان کافی باشد. اگر فشار بالایی $pHead$ در مقایسه با فشار هیدرواستاتیک $pHyd$ کوچک باشد، این روش موثر نبوده و اندازه‌گیری صحیح را نشان نمی‌دهد. با این حال، فشار بالایی مخزن اغلب بیشتر از فشار هیدرواستاتیک است[۱۶]. ترانسمیتر سافیر ساخت کشور روسیه که نمونه های جدیدتر ترانسمیترهای روسی در نیروگاه محسوب می شوند. برای اندازه‌گیری مداوم مقدار پارامتر اندازه‌گیری شده، فشار مطلق، فشار گیج، فشار خلاء، اختلاف فشار هیدرواستاتیک و فشار رسانا های خنثی و تهاجمی و همچنین تبدیل سطح طراحی شده است. ترانسمیتر به یک سیگنال خروجی جریان استاندارد مبدل‌های فشار برای کار در سیستم‌های کنترل اتومات، تنظیم و کنترل فرآیندهای صنایع مختلف، از جمله برای استفاده در تولید مواد منفجره در صنعت نفت و گاز، در تأسیسات نیروگاهی و غیره طراحی شده‌اند. این ترانسمیتر از واحدهای اندازه‌گیری و الکترونیکی تشکیل شده است که همه دارای یک واحد الکترونیکی یکپارچه مشابه بوده و تنها تفاوت آن ها در طراحی واحد اندازه‌گیری می باشد. اصول عملکرد رانسمیتر سافیر بر اساس تأثیر فشار اندازه‌گیری شده (اختلاف فشار) بر روی غشاهای واحد اندازه‌گیری (برای مدل های مدل های۲۰۵۱، ۲۱۵۱، ۲۱۶۱، ۲۱۷۱، ۲۳۵۱ بر روی غشای کرنش سنج) است که باعث می شود تغییر شکل عنصر حساس الاستیک و تغییر در مقاومت کرنش سنج ها ایجاد شود. این تغییر به یک سیگنال الکتریکی تبدیل می شود که از کرنش سنج از واحد اندازه‌گیری به مبدل الکترونیکی منتقل می شود و سپس به صورت یک سیگنال یکپارچه جریان استاندارد [(۰-۵)، (۰-۲۰)، (۴-۲۰)، (۵-۰)، (۲۰-۰) یا (۲۰-۴)] mA توسط قسمت داخلی فرستنده ترانسمیتر ارسال می شود و بر روی نشاندهنده نمایش داده می شود. در شکل ۲ ترانسمیتر روش هیدرواستاتیکی مدل سافیر نشان داده شده است[۱۷].

شکل ۲ -ترانسمیتر روش فشار هیدرواستاتیکی سافیر مدل M ۲۲

۲-۲- اندازه‌گیری روش خازنی

یکی از روش های اندازه‌گیری سطح، استفاده از خاصیت خازنی می باشد. ترانسمیتر روش خازنی دارای میله باریکی است که به طور عمودی در مخزن قرار می گیرد و مایع درون مخزن در حکم دی الکتریک خازنی خواهد بود که بین بدنه و میله تشکیل می‌شود و با محاسبه ظرفیت خازنی (توسط یک میکروکنترلر) و تولید یک سیگنال متناسب ۴ تا ۲۰ میلی آمپر، مقدار ارتفاع و میزان سطح بدست می آید. این دستگاه در رنج دمایی ۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد می تواند به طور نرمال کار می کند. مواد مختلف دارای ثابت های دی الکتریک مختلفی هستند. در روش خازنی، ماده دی الکتریک آن از دو بخش هوا و مایع تشکیل شده‌است و با افزایش مقدار مایع، ضریب دی الکتریک کلی خازن تغییر می کند. از این خاصیت می توان برای اندازه‌گیری ارتفاع استفاده کرد. روش خازنی معمولا تکنیکی ساده و کم هزینه دارد و در برخی موارد سنسورهای سطح خازنی به دلیل حساسیت بالا، اتلاف توان کمتر و ناهمواری در طراحی، بیشتر برای اندازه‌گیری سطح مایع در صنایع استفاده می شوند. با این حال، در یک حسگر خازنی، مشکل ویژگی های پاسخ غیرخطی بالا و همچنین وابستگی به گذردهی مایع، محدودیت هایی را در استفاده بهینه از چنین سنسورهایی اعمال کرده است که در شکل ۳ نشان داده شده است[۱۸].



شکل ۳ -اندازه‌گیری روش خازنی

ترانسمیتر روش خازنی مدل روس ۱۰۱[1] ، ساخت کشور روسیه می باشد که در نیروگاه وجود دارد. برای کنترل سطح مایعات با چگالی حداقل و کنترل دو موقعیت مکانیزم ها در شرایط ساکن و متحرک استفاده می شود. برای مایعات با ثابت دی الکتریک به شدت متفاوت در شرایط ساکن و متحرک قابل استفاده هستند. اصل عملکرد رله های حسگر مبتنی بر یک روش فرکانس بالا برای تبدیل تغییر در ظرفیت الکتریکی یک عنصر حساس ناشی از تغییر سطح یک محیط کنترل شده به سیگنال خروجی رله است. نصب مبدل های اولیه به گونه ای مجاز نیست که نواحی کار (محدوده کنترل) عناصر حساس در مکان هایی قرار گیرد که احتمال وقوع دائمی محیط کنترل شده، تشکیل حفره های هوا وجود دارد که از معایب این ترانسمیتر محسوب می گردد. این روش با یک عنصر

[1] ROS-101

حساس به میله بر روی دیوار یا درب مخزن نصب می شود و به طوری که انتهای پراب بیش از ۲۰ میلی متر فرورفته نباشد. مجاز است بخشی از عنصر حسگر کابل را در یک بخش لوله با قطر حداقل ۴۵ میلی متر قرار گیرد. هنگامی که طول پراب حساس تا ۲,۵ متر باشد، طول بخش لوله نباید بیشتر از ۲۵۰ میلی متر باشد، با طول پراب حساس بیش از ۲,۵ متر، طول بخش لوله نباید بیشتر از ۶۰۰ میلی متر باشد. هنگام نصب عمودی سنسور با طول بیش از ۰,۶ متر بر روی مخزن با حرکت مایع سنگین، لازم است انتهای عنصر حساس را از طریق یک عایق، ثابت کنید یا آن را در یک لوله فلزی سوراخ دار با قطر قرار دهید. هنگام نصب مبدل اولیه بر روی مخازن ساخته شده از مواد غیر رسانا، لازم است یک الکترود اضافی در داخل مخزن تهیه شود. با توجه به پیچیدگی نصب می توان از آن نیز به عنوان چالش دیگر نام برد[۱۹]. در شکل۴ ترانسمیتر روش خازنی واقع مدل روس ۱۰۱ نشان داده شده است.

شکل ٤- ترانسمیتر روش خازنی مدل روس ۱۰۱

۲-۳- 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 اکسپروت 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 کیلومتر 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[**Error! Bookmark not defined.**].

۳-روش پژوهش

در این مقاله با هدف جایگزینی سطح سنج های خازنی روسی[**Error! Bookmark not defined.**] که بسیار فرسوده، مستهلک و ناکارآمد بوده و در واقع بسیاری از این تجهیزات مدت زمان زیادی از مدار خارج می‌باشند و همچنین بهره برداران با چالش های عدم قرائت سطح و فرمان های دستی به ادوات مواجه هستند، در این شرایط حساس، با استفاده از ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی [**Error! Bookmark not defined.**] که روشی پایدار و مطمئن تر از روش های دیگر می باشد، مراحل نصب و راه اندازی این روش بیان شده است. این پژوهش به بررسی و روش اجرایی و عملی نصب سطح سنج های فشار هیدرواستاتیکی مورد مطالعه در شرکت مدیریت تولید برق اهواز نیروگاه رامین می‌پردازد که هر مرحله به صورت جداگانه توضیح داده می شود. ابتدا در جدول۱ مراحل پژوهش نشان داده شده‌است.

جدول۱ - مراحل پژوهش

شرح کار
بازدید میدانی و اندازه‌گیری
تست و کالیبراسیون ترانسمیتر
سیم کشی ترانسمیتر
برشکاری قاب نشان دهنده و اتصالات ترانسمیتر
نصب و تنظیمات نشاندهنده
سیم کشی تغذیه ترانسمیتر و نشاندهنده

۳-۱- بازدید میدانی و اندازه‌گیری

برای شروع این پژوهش ابتدا باید بررسی های میدانی دقیق انجام گیرد. شایان ذکر است که ترانسمیترهای مخازن مورد مطالعه از نوع خازنی بوده و با توجه به اینکه در این پژوهش نیاز است روش فشار هیدرواستاتیکی جایگزین شود، لذا ارتفاع مخازن اندازه‌گیری شده تا در طراحی و کالیبره ترانسمیتر جدید لحاظ شود.

۳-۲- تست و کالیبراسیون ترانسمیتر

قبل از تست و کالیبره ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی نیاز است که ارتفاع را داشته و در آزمایشگاه کالیبراسیون تست آن انجام شود[**.Error! Bookmark not defined.**]. کالیبراسیون ترانسمیتر در شکل۵ نشان‌داده‌شده‌است.

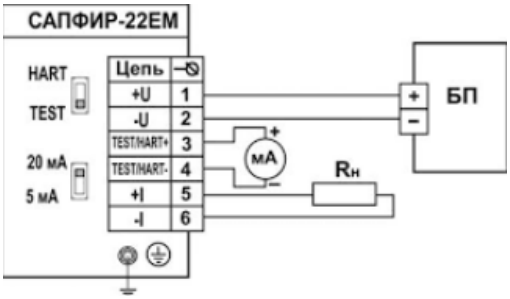
شکل ۵ -کالیبراسیون ترانسمیتر

این ترانسمیتر با ولتاژ ۳۶ ولت جریان مستقیم راه اندازی می‌شود که مشخصات فنی ترانسمیتر در جدول ۲ نشان داده‌شده‌است.

جدول ۲- مشخصات فنی ترانسمیتر

توضیحات
پلاریته مثبت دستگاه با عدد (۱) ولتاژ تغذیه است
پلاریته منفی دستگاه با عدد (۲) ولتاژ تغذیه است
پلاریته مثبت دستگاه با عدد (۳) میلی آمپر محلی است
پلاریته منفی دستگاه با عدد (۴) میلی آمپر محلی است
پلاریته مثبت دستگاه با عدد (۵) میلی آمپر خروجی است
پلاریته منفی دستگاه با عدد (۶) میلی آمپر خروجی است

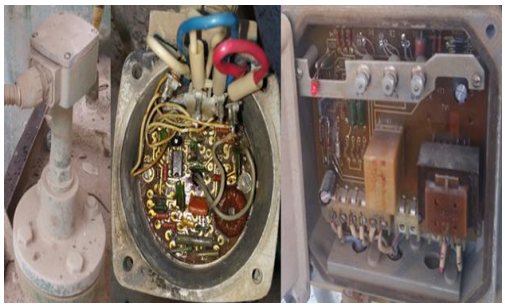
سیم کشی ترانسمیتر مورد مطالعه که ساخت کشور روسیه و با نام ترانسمیتر سافیر، در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ٦ -سیم کشی ترانسمیتر مورد مطالعه

۳-۳-سیم کشی ترانسمیتر

با توجه به اینکه در این مرحله جهت انداختن کابل ترانسمیتر، به تعداد ۴ رشته سیم نیاز می باشد، باید کابل ۴ رشته انتخاب شده و کابل کشی ترانسمیتر انجام گیرد که ابتدا سرسیم های تغذیه و میلی آمپر ترانسمیتر به ترمینال خروجی وصل شده و در باکس محلی آن کار ترمینیشن و بستن سرسیم ها به اتمام می رسد. در جعبه ترمینال ترانسمیتر خازنی که دارای سرسیم های زیادی بودنند اکنون ۴ رشته سیم استفاده شده و سایر سیم ها حذف خواهند شد. همچنین تعداد ۲ رشته سیم به عنوان تغذیه ۳۶ ولت جریان مستقیم و ۲ رشته سیم هم به عنوان میلی آمپر سنسور استفاده می شود که تغییرات جریان را نشان خواهد داد. در شکل۷ ترانسمیتر روش خازنی نشان داده‌شده‌است.



شکل ۷- ترانسمیتر روش خازنی

۳-۴- برشکاری قاب نشان دهنده و اتصالات ترانسمیتر

در مرحله ای که اتصالات ترانسمیتر جوشکاری گردید، ترانسمیتر به مخازن اصلی وصل شده و همچنین قاب برشکاری شده نیز بر روی پانل اتاق فرمان نصب می‌شود. در شکل ۸ برشکاری قاب نشان دهنده و اتصالات ترانسمیتر نشان داده شده است.

شکل ۸- برشکاری قاب نشان دهنده و اتصالات ترانسمیتر

۳-۵- نصب و تنظیمات نشاندهنده

اکنون نشاندهنده قبلی سطح سنج ۰تا ۵ میلی آمپر حذف شده، و به جای آن نشاندهنده ۴تا۲۰ میلی آمپر جایگزین می شود که در پشت پانل مورد نظر عمل سیم کشی صورت می گیرد. توسط یک نشاندهنده کوچک که دارای کاربری دیجیتال است و کمترین فضا را اشغال کرده، می توان عمل تنظیم را انجام داد و رنج مورد نظر را ثبت کرد که در شکل ۹ نشاندهنده ترانسمیتر مالتی پانل میتر آتونیکس نشان داده شده است.

شکل ۹ - نشاندهنده مالتی پانل میتر آتونیکس

۳-۶- بلوک تغذیه نشاندهنده

با توجه به اینکه منبع تغذیه قبلی ترانسمیتر ۲۲۰ ولت بوده، اکنون از تغذیه ۲۴ ولت برای نشانده و ترانسمیتر استفاده نموده و سیم کشی انجام می گیرد. در شکل ۱۰ بلوک تغذیه نشاندهنده نشان داده شده است.

شکل ۱۰ - بلوک تغذیه نشاندهنده

۳-۷- نصب و راه اندازی ترانسمیتر های فشار هیدرواستاتیکی

ترانسمیتر جدید در پایین ترین نقطه مخزن جایابی می شود. نصب و راه اندازی ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی بر روی مخزن سمت راست آب خنک کاری کمپرسورها و مخزن سمت چپ پساب آب خنک کاری(پمپ ارسالی به تصفیه فیزیکی) تاسیسات عمومی و سوخت رسانی فاز۳ شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

شکل ۱۱- نصب و راه اندازی ترانسمیترهای فشار هیدرواستاتیکی

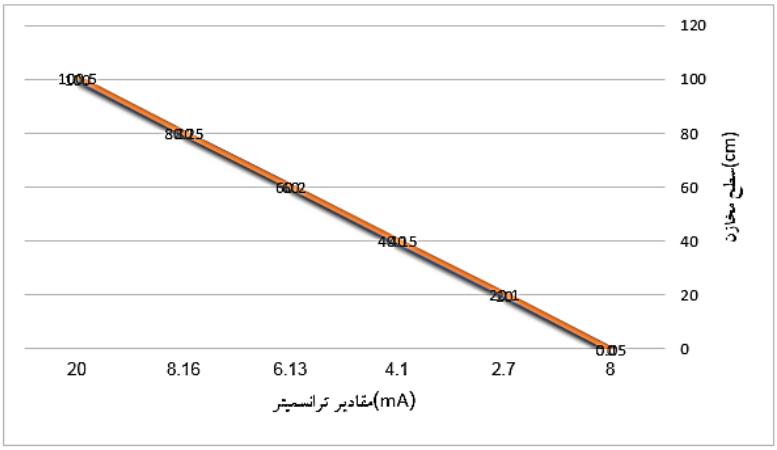
۴-یافته های پژوهش

طی چندین مرحله نتایج ترانسمیترهای فشارهیدرواستاتیکی بر روی مخازن در حالت های مختلف تست و ثبت گردید که در جدول ۳ نشان شده است و شواهد بیانگر موفقیت آمیز بودن، سطح سنج روش جدید می باشد.

جدول ۳ - نتایج ترانسمیترهای فشار هیدرواستاتیکی بر روی مخازن

سطح مخزن ۲ (cm)	سطح مخزن ۱ (cm)	ترانسمیترمخزن۲ (mA)	ترانسمیترمخزن۱ (mA)
۴	۴	۰	۰,۰۵
۷/۲	۷/۲	۲۰	۲۰,۱
۱۰/۴	۱۰/۴	۴۰	۴۰,۱۵
۱۳/۶	۱۳/۶	۶۰	۶۰,۲
۱۶/۸	۱۶/۸	۸۰	۸۰,۲۵
۲۰	۲۰	۱۰۰	۱۰۰,۵

با بررسی و آنالیز نتایج ترانسمیترهای فشار هیدرواستاتیکی مشاهده گردید که تمام مقادیر به صورت خطی و دقیق و بدون خطا می تواند سطح مخزن را نشان دهد. نمودار سطح مخزن(۱) مربوط به آب خنک کاری کمپرسورها و سطح مخزن(۲) مربوط به پساب آب خنک کاری (پمپ ارسالی به تصفیه فیزیکی) می‌باشد که هر ترانسمیتر با اختلاف بسیار جزئی، مقادیر حد بالا و پایین مخازن را به صورت صحیح را نشان می دادند که در شکل۱۲ آورده شده است.



شکل ۱۲- نمودار سطح مخزن(۱) و مخزن(۲) بر حسب سانتی متر

۵-نتایج میدانی

مدل ترانسمیتر فشارهیدرواستاتیکی[**Error! Bookmark not defined.**] با روش خازنی[**Error! Bookmark not defined.**] مقایسه شده و در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ٤ - مقایسه ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی مرجع[Error! Bookmark not defined.] **و روش خازنی مرجع**[Error! Bookmark not defined.]

ترانسمیتر فشارهیدرواستاتیکی [۱۹]	ترانسمیترخازنی [۱۸]
روش فشار هیدرواستاتیکی	روش خازنی
عدم خرابی قطعات	خرابی زیاد قطعات
قطعات الکترونیکی ساده	قطعات الکترونیکی پیچیده
کالیبراسیون ساده و سریع	کالیبراسیون سخت و طولانی
مقادیر ثابت و پایدار	مقادیر دارای نوسان
عدم وابستگی به دمای محیط	وابستگی زیاد به دمای محیط
دقت بالای اندازه گیری	دقت پایین اندازه گیری
دارای قطعات یدکی	عدم وجود قطعات یدکی

ترانسمیتر فشارهیدرواستاتیکی [۱۹]	ترانسمیترخازنی [۱۸]
دقت آزمایشگاهی٪(۰,۲۵±تا۰,۵)	دقت آزمایشگاهی٪(۱±تا۱,۵)
دما(۱۸۰+~۴۰-) درجه سانتیگراد	دما(۲۵۰+~۱۰۰-) درجه سانتیگراد
گستره اندازه گیری۱۰ متر	گستره اندازه گیری۲,۵ متر
حداکثر فشار ۴۲۰ بار	حداکثر فشار ۲۵ بار
اندازه گیری تماسی	اندازه گیری تماسی
ابعاد سنسور کوچک	ابعاد سنسور بزرگ
عدم زمین کردن مخزن و سنسور	زمین کردن مخزن و سنسور
مناسب در تلاتم زیاد	نامناسب در تلاتم زیاد
ولتاژ تغذیه ۳۶ ولت DC	ولتاژ تغذیه ۲۲۰ ولت AC
کلاس عایقی IP52	کلاس عایقی IP54
عیب یابی ساده و آسان	عیب یابی مشکل و پیچیده
نصب و راه اندازی آسان	نصب و راه اندازی پیچیده
سیگنال ۲۰-۴ میلی آمپر	سیگنال ۵-۰ میلی آمپر
کاهش تعداد سیم کشی	حجم زیاد سیم کشی
عدم نشتی خازن در مدار داخلی	جریان بالای نشتی خازن مدار
مناسب برای هر ارتفاع و سطحی	مناسب سطح های زیر ۳ متر
ساختار سنسور مقاوم	ساختار پراب (میله) بسیار نازک
دارای ایمنی بالا	دارای ایمنی کمتر
دسترسی آسان	دسترسی مشکل
کاهش هزینه تعمیر و نگه داری	افزایش هزینه تعمیر و نگه داری
بازدهی بالا و ثبات در دراز مدت	پایداری کوتاه مدت
مقاوم در برابر نویز	عدم مقاومت در برابر نویز
مقاوم در محیط های پرارتعاش	واکنش پذیر در محیط های پرارتعاش
سرعت پاسخ گویی سریع	سرعت پاسخ گویی آهسته
زیاد بودن طول عمر سنسور	کم بودن طول عمر سنسور

همانطور که در جدول ۴ مقایسه جامعی بین دو روش اندازه‌گیری انجام گرفت، در خصوص نتایج بدست آمده، توضیحاتی ارائه می گردد. یکی از چالش های ترانسمیترهای روش خازنی، خطر برق گرفتگی نفرات و همچنین اتصالی سیم‌های تغذیه ۲۲۰ ولت جریان متناوب و قطع شدن مقادیر سطح سنج ها با شروع فصل زمستان و بارندگی های پراکنده بوده‌است که با نصب ترانسمیترهای جدید که ولتاژ تغذیه آن ۳۶ ولت جریان مستقیم می باشد، ایمنی سیستم و همچنین جلوگیری از برق گرفتگی و عدم قطع شدن مقادیر نشاندهنده با این روش، ایجاد گردید.

با توجه به اینکه سطح سنج های قدیمی مخازن وابستگی شدید به دما داشته اند و با گرم شدن محیط و تغییرات رطوبتی، مقادیر نشاندهنده های خازنی بسیار نوسانی می‌شدند و جبران‌گر داخلی دمای دستگاه، کارایی لازم را نداشته و خازن های داخلی به شدت داغ می شدند که امکان اتومات نمودن پمپ های مذکور نبود، با نصب ترانسمیتر روش فشار هیدرواستاتیکی، کلیه مقادیر ثابت شده و دقت و صحت سطوح، به درستی انجام گردید که این امر موجب گشت که پمپ های مخازن مذکور اتومات شوند. دقت اندازه‌گیری سطح سنج های خازنی حدود ۱ تا ۱/۵ درصد می‌باشد که با نصب ترانسمیترهای روش فشار هیدرواستاتیکی دقت مقادیر به ۰,۲۵ تا ۰,۵ درصد بهبود یافت که این امر در پایداری مقادیر بسیار وضوح دیده می شود. ترانسمیترهای قدیمی در هنگام بارگیری

سطح تانک و تلاتم داخل مخزن، به شدت نوسانی می شدند که با نصب ترانسمیترهای جدید، قابلیت اطمینان مقادیر افزایش یافت. دیفکت ها و خرابی های سطح سنج های جدید با نصب و بهره برداری به شدت کاهش یافته و بهره بردارها رضایت کامل از عملکرد ترانسمیترهای جدید داشته اند. شایان ذکر است که نشان دهنده قدیمی سطح سنج ها از نوع آنالوگ بوده که با نصب سطح سنج های جدید، نشاندهنده های دیجیتال مدل آتونیک، جایگزین قبلی ها شد که افزایش سرعت پاسخ‌دهی مقادیر را پدید آورد.

۵-۱- پیشنهادات کاربردی

در برخی مواقع مشکلات و دیفکت ها بر روی تجهیزات خاصی افزایش پیدا کرده و خرابی های آن ها بسیار خارج از وضعیت عادی می باشد. در این موارد می توان در خصوص دیفکت های بیشماری که قبل از نصب روش جدید بر روی مخازن مورد مطالعه وجود داشت، نام برد. در این شرایط با توجه به تعمیر متعدد برد ترانسمیتر خازنی و اتمام طول عمر سنسور و قطعات الکترونیکی مختلف آن، بهترین پیشنهاد جایگزینی روشی ساده و کم هزینه تر نصب به روش فعلی بوده و باید در راستای تهیه و کالیراسیون ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی اقدامات لازم را انجام داد و مطمئنا با این روش، می توان نسبت به رسیدن مقادیر صحیح و دقیق به پایداری و ثبات سیستم دست یافت.

بر روی تعدادی از مخازن صنعتی دیگر مشاهده می شود از ترانسمیتر های فشار هیدرواستاتیکی قدیمی که دارای طراحی خاص بوده و در ابعاد بزرگ می باشند و همچنین کالیبراسیون آن تا زمانی که در مدار هستند غیر ممکن بوده و باید پس از خالی شدن یا بی فشار شدن مخزن مذکور، اقدام به باز نمودن و انتقال ترانسمیتر به آزمایشگاه نمایند که در این شرایط حتی بعد از کالیبراسیون امکان خطا در اندازه‌گیری وجود خواهد داشت، لذا برای این نوع ترانسمیترهای خاص نیز می توان از این روش استفاده نمود و با یک ترانسمیتر فشار یا اختلاف فشار، روش آن را ارتقاء داده و افزایش قابلیت سیستم را بدست آورد.

۵-۲- موانع، محدودیت ها و مشکلات

موانع و محدودیت های مختلفی در مسیر اندازه‌گیری ارتفاع و سطح مخازن وجود دارد. تعدادی از چالش های نصب که در کاهش دقت سنسورها تاثیر بسزایی دارد در زیر بیان می گردد.

۵-۲-۱- بخار

بخار محصول در بسیاری از مخازن صنعتی وجود دارد که دو مشکل ایجاد می کند. ابتدا، در صورت ایجاد لایه‌های ضخیم، می‌تواند عملکرد صحیح برخی سنسورها را مختل کند. در پایان اینکه باعث ایجاد فشار در مخازن شده که مقادیر اندازه‌گیری شده را به صورت ناصحیح و کاذب نشان دهد. لایه‌های بخار می‌توانند به اندازه‌ای ضخیم شوند که حتی ترانسمیترهای مختلف را منحل کنند و باعث عملکرد کاذب شوند. این تنها مشکل بخار غلیظی است که به صورت لایه‌ها شکل می‌گیرد. بخار سبک، به خصوص اگر به خوبی تهویه شود، باعث این پدیده نمی شود که در روش فشار هیدرواستاتیکی این مسئله بررسی گردید که اگر بخار به خوبی تهویه نشود، می تواند فشار را در داخل مخزن ایجاد کند و همانطور که فشار بالای مایع به فشار خود مایع می‌افزاید، سنسورهای فشار را به عنوان وسیله‌ای مناسب برای محاسبه سطح حذف و بی اثر نماید که در نهایت در این مورد، باید از ترانسمیتر اختلاف فشار یا سنسور شناور استفاده شود. همچنین اگر فشار درون مخزن بیش از حد افزایش یابد، می تواند رزوه های نصب سنسور را تحت فشار و تاثیر قرار دهد و آن را از پایه خود خارج کند که معمولاً برای مخازن آب و روغن، نگران کننده نیست، اما این امکان برای مخازن بسته و بدون گردش هوا و سنسورهایی با اتصالات پلاستیکی وجود دارد.

۵-۲-۲-دریچه های مخزن

برای جلوگیری از فشار بیش از حد، بیشتر مخازن صنعتی تخلیه می شوند. اما این نگرانی ها در مورد فشار مخازن همواره وجود داشته و غیر قابل انکار است که معمولا فشار بالا به نوع دریچه مخزن بستگی دارد. اگر دریچه باز باشد (بدون دریچه)، فشار نگران کننده ای وجود نداشته با این حال، بسیاری از دریچه ها دارای یک شیر فشار در خود بوده و تنها پس از ایجاد چند بار فشار یا چند بار در

داخل مخزن، فشار آن ها آزاد می شوند که برای از بین بردن دقت سنسور فشار هیدرواستاتیکی کافی است، زیرا تنها چند بار برابر با چند متر از ارتفاع مخزن به شمار می‌رود که مشکل ساز خواهد شد.

۵-۲-۳- چگالی متغیر

چگالی یا وزن مخصوص تعیین می کند که چقدر از سطح (حجم) یک مخزن را پر می کند. چگالی می تواند با نوسانات دما کمی متفاوت باشد. بنابراین در یک روز گرم بهاری، با کاهش دما، نیمی از مخزن پر در طول شب کاهش می یابد. مشکل چگالی متغیر این نیست که سطح تغییر می کند، بلکه آن است که سطح نسبت به فشار تغییر می کند. این یکی دیگر از چالش‌های نصب سنسور فشار هیدرواستاتیکی است که باید در نظر گرفته شود. از روش های قدیمی استفاده از روش های غوطه‌وری و سنسورهای شناور اغلب برای این منظور و جلوگیری از چالش مذکور استفاده می‌شد، که جهت نصب ترانسمیترهای فشار هیدرواستاتیکی باید کلیه جوانب در نظر گرفته شود.

۵-۲-۴- انتخاب سنسور مناسب

موفقیت نصب و راه اندازی ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی با انتخاب سنسورهای فشار، اختلاف فشار یا سنسورهای قلمی و غیره به چالش های مذکور بستگی دارد که باید روش اندازه‌گیری در اولویت قرار گرفته و در راستای جایگزینی روش های پیچیده و قدیمی تر، در اسرع وقت اقدام شود و همچنین مطالعات میدانی و تهیه تجهیزات و تست های مورد نیاز با روش فشار هیدرواستاتیکی صورت پذیرد. در واقع ترانسمیترهای مناسب گاهی به چالش های بیان شده بستگی دارند که باید در راستای رفع چالش ها و مشکلات مطروحه، مد نظر قرار گیرند.

۶-نتیجه گیری

در این مقاله با تغییر روش اندازه‌گیری، از روش خازنی به روش فشار هیدرواستاتیکی تلاش شد در راستای افزایش پایداری مقادیر اندازه‌گیری شده در صنایع، اقداماتی صورت گیرد. نتایج حاصله از نصب و مقایسه ترانسمیتر روش فشار هیدرواستاتیکی[**Error! Bookmark not defined.**] با روش خازنی[**Error! Bookmark not defined.**] حاکی از آن است که خطر برق گرفتگی نفرات و اتصالی قطعات ترانسمیتر در فصول سرد سال و بارندگی های پراکنده، برطرف شده است و ایمنی سیستم به علت تغییر ولتاژ منبع تغذیه ترانسمیتر به شدت افزایش یافته و با توجه به خصوصیات ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی جدید که به دما وابستگی ندارد، باعث افزایش پایداری مقادیر شده است. همچنین از مزایای دیگر این روش می توان به افزایش دقت اندازه‌گیری در سطوح مختلف، افزایش سرعت پاسخ گویی و مقاوم بودن در محیط های پرارتعاش با حداقل خطای اندازه‌گیری اشاره نمود. ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی برروی مخزن آب خنک کاری کمپرسورها و مخزن پساب آب خنک کاری(پمپ ارسالی به تصفیه فیزیکی) تاسیسات عمومی و سوخت‌رسانی فاز۳ شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین با موفقیت نصب و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. افزایش دقت و صحت مقادیر، عدم وابستگی دمایی سنسور، کاهش خرابی و هزینه های کمتر، افزایش ایمنی سیستم و تجهیزات و مقاوم در تلاتم و بارگیری مخازن، سادگی و سهولت نصب و قابلیت نمایش با وضوح بالا از ویژگی‌های اصلی ترانسمیتر فشار هیدرواستاتیکی محسوب می گردد که باعث افزایش بهره وری سیستم شده است.

۷- مراجع

1. Anderson, A. N. (1998). Instrumentation for Process Measurement and Control, (3 ed.). CRC Press. pp. 254–255. ISBN 0-8493-9871-1.

2. Ghodsi, M. R. Tavakoli, A. and Samanfar, A. (2022). A Robust Controller Design for Load Frequency Control in Islanded Microgrid Clusters, International Transactions on Electrical Energy Systems, vol. 2022, ArticleID 4218067, 12 pages.

3. Ghodsi, M. R. Tavakoli, A. and Samanfar, A. (2022). Microgrid Stability Improvement Using a Deep Neural Network Controller Based VSG, International Transactions on Electrical Energy Systems, vol. 2022, ArticleID 4218067, 12 pages.

4. Fard, E. and Jahanshahi, R. (2012). Omega precision instruments and industrial control, book Published by Soha Danesh Publications, p. 458. (in Persian)

5. Tajdani, A. and Hashemi, A. e. (2018). 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). (in Persian)

6. ThabetImani, A. and FathiMoghadam, R. M. (2018) performance evaluation and calibration of ultrasonic sensor and pressure sensor in measuring fluid height in tanks, 16th Iranian Hydraulic Conference, Ardabil. (in Persian)

7. Elyasi, M. Maghsoudpour, A. Soleimanimehr, H. and AkhavanFarid, A. (2022). The effect of H900 and H1150 heat treatment on the machinability of 15-5 PH stainless steel, Iranian Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 8, No. 12, pp. 11- 20. (in Persian)

8. Ghodsi, M. R. and Ghodsi, M. (2016). Measuring the Level of Industrial Tanks Using Instrumental Radar Transmitter in Hazardous Environments, the second international conference on electrical engineering. (in Persian)

9. Ghodsi, M. R. and Hajipour, A. R. (2015). Increase System Reliability by Designing and Installing SAPFIR-22M Instrument Transmitter to Measure the Level of Tanks in Different Industries, International Conference on Electrical Engineering, Tehran, Bagheral Uloom Research Organization (AS). (in Persian)

10. Sayyed Faizan, A. Mandal, N. Maurya, P. and Lata. A. (2020). SAW sensor based a novel hydrostatic liquid level measurement. In IECON 2020 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 724-729. IEEE.

11. Praveen, K. Rajiniganth, M. P. Arun, A. D. Sahoo, P. and Satya Murty, S. A. V. (2016). A novel technique towards deployment of hydrostatic pressure based level sensor in nuclear fuel reprocessing facility, Review of Scientific Instruments, 87(2), 025111.

12. Yuliza, E. Salam, R.A. Amri, I. and Abdullah, M. (2016). Characterization of a water level measurement system developed using a commercial submersible pressure transducer, In 2016 International Conference on Instrumentation, Control and Automation (ICA) (pp. 99-102). IEEE.

13. Sengupta, D. Sai Shankar, M. Saidi Reddy, P. Sai Prasad, R.L.N. and Srimannarayana, K. (2012). Sensing of hydrostatic pressure using FBG sensor for liquid level measurement, Microwave and optical technology letters, 54(7), 1679-1683.

14. Faizan, A. S. and Mandal, N. (2019). Design and development of an electronic level transmitter using inter digital capacitor, IEEE Sensors Journal 19, no. 13: 5179-5185.

15. Vorathin, E. M.Hafizi, Z. Aizzuddin, A. M. M. Zaini, K. A. K. and Lim, S. (2018). A novel temperature-insensitive hydrostatic liquid-level sensor using chirped FBG, IEEE Sensors Journal, 19(1), 157-162.134.2018.

16. Baumer. V1.10 EN 26.05.20 Peter Fend. (non-confidential), Baumer Guideline for Hydrostatic Level Measurement, Frauenfeld, Switzerland.

17. Product Catalog Pressure Converter, SAPFIRE-22M, Accessed on 7 May 2024.

18. Rao, G. S. and Narayana, K. V. L. (2018). Design and Development of Level Transmitter using Capacitive Sensor with Wireless Readout, International Journal on Electrical Engineering and Informatics, 13(2), 418-429.

19. Product Catalog Electrical Equipment, LEVEL SWITCH ROS-101, Accessed on 7 May 2024.