Vol. 2, No. 4, Sep-Nov 2022, (17-38)
Journal of New Achievements in Electrical, Computer and Technology (JNAECT)
مجله دستاوردهای نوین در برق،کامپیوتر و فناوری
دوره ۲، شماره ۴، پاییز ۱۴۰۱ (۳۸-۱۷)
journal homepage: https://jnaect.ir

بکارگیری لول گیج مغناطیسی ابزاردقیق جهت اندازه گیری سطح محلی مخازن صنعتی

(مطالعه موردی نیروگاه رامین)

محمدرضا قدسی[۱]

[۱] گروه مهندسی الکتریک و ابزاردقیق، شرکت مدیریت تولید برق اهواز-نیروگاه رامین، اهواز، ایران. ghodsi@raminpower.ir

چکیده

اندازه‌گیری و مشاهده سطح محلی مخازن صنعتی همواره یکی از موضوعات مهم و حائز اهمیت در کلیه صنایع به شمار می‌رود تا جایی که در حوزه ابزاردقیق، روش های مختلفی استفاده می شود. از سویی دیگر با گذشت زمان، با توجه به فرسودگی سطح سنج های محلی قدیمی و طول عمر قطعات آن ها، همواره این دستگاه‌ها، با کاهش دقت اندازه گیری و همچنین افزایش خرابی و ناکارآمدی تجهیز مواجه می‌شوند. تمرکز این مقاله برروی اندازه گیری محلی سطح، نسبت به اندازه‌گیری متمرکز واقع در اتاق کنترل ها صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد، علاوه بر قرائت محلی سطح مخازن توسط بهره برداران، امکان ارسال سیگنال و مانیتورینگ مقادیر در اتاق فرمان بدست آمده است. هم اکنون تعدادی از سطح سنج های مغناطیسی برروی مخازن روغن، هیترهای فشار قوی، دیراتور و بویلر در شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین با موفقیت نصب و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌است. جهت تایید و اعتبار سنجی، نتایج این پژوهش با دو نمونه گیج اختلاف فشار و گیج فشار لوله بوردن 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 گردد.

واژه‌های کلیدی: ابزاردقیق و کنترل، اندازه گیری محلی سطح مخازن، گیج اختلاف فشار، گیج فشار لوله بوردن، لول گیج مغناطیسی، نیروگاه رامین.

۱. مقدمه

امروزه، اندازه گیری سطح مخازن در کلیه صنایع، امری لازم و ضروری محسوب می‌گردد. اندازه گیری‌ها همواره توسط تجهیزات ابزاردقیق انجام می شود و کاربردی ترین تجهیز در حیطه اندازه گیری، 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 می‌گرددو همواره مورد اعتماد است. در اکثر موارد نیز برای اندازه گیری، نشان دادن و ثبت مقادیر فیزیکی استفاده می شود و گاهی ساده مانند گیج معمولی تا کنترلی پیچیده مانند سیستم کنترل توربین و سیستم کاندیشن مانیتورینگ در نیروگاه‌ها می توان 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 اندازه گیری فرآیند، عمل کنترل و اتومات نمودن سیستم را فراهم نمایند[۱]. در سالیان گذشته با توجه به کنترل دستی فرآیند های صنعتی و نمایش مقادیر کمیت ها مانند دما، فشار، فلو، سطح و غیره توسط یک اپراتور یا بهره‌بردار که به سختی انجام می شد امروزه با پیشرفت‌های مدرن و استفاده از فن آوری های متنوع در حوزه ابزاردقیق، اهمیت این موضوع بر هیچ کس پوشیده نیست تا جایی که باعث کاهش تعداد منابع انسانی و افزایش بهره وری سیستم ها در کلیه صنایع شده است[۲].

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[۳]. 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.

کنترل ابزار دقیق نقش مهمی در جمع آوری اطلاعات از محل و تغییر پارامترهای فرآیندی ایفا می کند و به عنوان یک بخش کلیدی در سیستم کنترل انجام می شود. این فن آوری‌ها با توسعه رایانه های شخصی به صنعتی، شبکه‌ها و رابط‌های پیشرفته کاربری، به تجهیزات ابزاردقیق که در محل نصب شده، قابل استفاده هستند. اندازه گیری ها برای رویت پذیری و سیستم کنترل و آگاه سازی بهره بردارها جهت کنترل نمودن پارامترها و رسیدن به نقطه مطلوب بهره برداری سیستم انجام می‌شود[۴].

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 اندازه گیری منحصر به فرد تجهیز و کاربرد مورد استفاده،جهت اندازه گیری 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[۵].

در نیروگاه رامین اهواز نیز پژوهشگران متعددی به دیگر موضوعات نیروگاهی در مقالات مختلف پرداخته‌اند[۶]. 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 [۷] اندازه گیری 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[۸].

در [۹] پژوهشی دیگر با عنوان اندازه گیری سطح مخازن صنعتی با استفاده از ترانسمیتر راداری ابزاردقیقی در محیط های خطرناک انجام شد و با توجه به این که تجهیزات اندازه گیری 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 اندازه گیری، دارای طول عمر محدودی می باشد و فرسودگی قطعات به مرور زمان حاصل می‌گردد، لذا برای اندازه گیری 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[۱۰] پژوهشی با عنوان افزایش قابلیت اطمینان سیستم با طراحی و نصب ترانسمیتر سافیر[1]مدل m ۲۲ ابزاردقیقی، جهت اندازه گیری 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 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[۱۱] اندازه‌گیری سطح مایع به روش هیدرواستاتیک مبتنی بر امواج صوتی سطحی ارائه شده است. اندازه گیری 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[۱۲] 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 اندازه گیری 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 اندازه گیری 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 [۱۳] پژوهشی جهت یک سیستم اندازه گیری 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

[1] SAPFIR

یک ترانسمیتر ۴-۲۰ میلی آمپر می باشد. این سیستم اندازه گیری 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 اندازه گیری سطح وجود دارد که تاکنون توسعه یافته اند: اندازه گیری سطح پیوسته و اندازه گیری سطح نقطه ای، در حالی که روش های اندازه گیری سطح از جمله راداری، الکترومکانیکی، خازنی، آلتراسونیک، نوری و غیره وجود دارد و هر روش اندازه گیری، مزایا و معایبی دارد، ولی همواره اندازه گیری فشار هیدرواستاتیکی بسیار کاربردی و حائز اهمیت می‌باشد که قابلیت های بالایی در شرایط حساس داشته و اندازه گیری 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[۱۴].

اهمیت و برجستگی این مقاله کاربردی، که در اکثر صنایع مختلف، با چالش های متعدد در امر اندازه گیری محلی مواجه هستند و قصد دارند با روشی پایدار به خرابی های کمتر برسند، این است که اپراتورهای بهره برداری تمایل دارند علاوه بر دیدن مقادیر مخازن در اتاق فرمان ها، بتوانند به صورت چشمی مقادیر محلی را مشاهده نمایند. همچنین مقادیر اندازه گیری شده و ارسالی به اتاق فرمان باید دارای بالاترین ضریب اطمینال باشد زیرا در اکثر مواقع، فرمان های کنترلی حساس بر مبنای این مقادیر صادر می شود و این موضوع اهمیت اندازه گیری محلی را دو چندان می کند. همانطور که پیش تر بیان گردید، تمرکز این مقاله برروی اندازه‌گیری سطح به صورت محلی، نسبت به اندازه گیری متمرکز واقع در اتاق کنترل ها صورت گرفته‌است. لول گیج مغناطیسی در یک دوره زمانی مشخص، بر روی تعدادی از مخازن صنعتی واقع در 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. لول گیج مغناطیسی می تواند هم در مخازن محیط های باز و تحت فشار کم و هم در مخازن محیط های بسته با فشار بالا، به درستی کار کند با این حال، با توجه به شرایط مخازن مورد مطالعه، باید تمام جوانب مورد بررسی قرار گرفته شود. به منظور به حداقل رساندن خطاهای احتمالی که ممکن است در زمان نصب لول گیج مغناطیسی رخ دهد، باید سعی شود با بررسی های دقیق محیطی و اندازه‌گیری های صحیح و همچنین کالیبره ادوات ابزاردقیق و مکان مناسب نصب آن ها بر روی 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 تئوری طرح پیشنهادی را به صورت خلاصه بیان می کند. در بخش ۳ روش کالیبراسیون ادوات ابزاردقیق، 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. تئوری طرح پیشنهادی

از آنجایی که در اکثر صنایع مختلف، اندازه گیری محلی مخازن به روش های مختلف انجام می شود در ابتدا ویژگی های آن‌ها بیان خواهد شد. روش هایی که به صورت محلی، بهره برداران می توانند مقادیر سطح مخازن را قرائت نموده و عمل کنترل و نظارت بر فرآیند را انجام دهند و نیز در نوع متمرکز امکان انتقال مقادیر و ارسال سیگنال کنترلی به اتاق فرمان وجود دارد در جدول ۱ روش های اندازه گیری محلی سطح نشان داده شده است.

جدول ۱- روش های اندازه گیری محلی سطح

روش اندازه گیری	معادل لاتین	کنتاکت الکتریکی	محلی/ متمرکز
میله اندازه گیری (عمق سنجی)	Gauging Rod	ندارد	محلی
گیج شناوری	Float Gauge	ندارد	محلی
گیج شیشه ای ساده(آبنما)	Simple Sight Glass Gauge	ندارد	محلی
گیج فشار لوله بوردون	Bourdon Tube Pressure Gauge	ندارد	محلی
گیج اختلاف فشار	Differential Pressure Gauge	دارد/ندارد	محلی
لول گیج مغناطیسی	Magnetic Level Gauge	دارد/ندارد	محلی/متمرکز

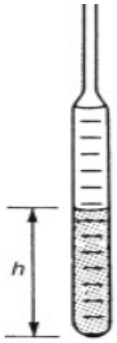
۲-۱. انواع گیج های محلی اختلاف فشار

گیج های اختلاف فشار به دو نوع تقسیم می شوند: ۱- گیج سیگنال دهی ۲- گیج بدون سیگنال دهی. استفاده از گیج های اختلاف فشار محلی به صورت گسترده، با تعداد بالا در کلیه صنایع وجود دارند که از تجهیزات کاربردیابزاردقیق جهت اندازه گیری سطح به شمار می روند. بهره برداران جهت دیدن سطح مخازن و فرآیندهای صنعتی علاوه بر دیدن مقادیر در اتاق مرکز کنترل، نیاز دارند که به صورت محلی و واقع در فیلد بتوانند مقادیر سطح را قرائت کنند و به صورت فیزیکی امکان فرمان دادن به عملگرها را مشاهده نمایند، از این رو نیاز به‌سطح سنج های محلی در برخی از قسمت های محوطه و فیلد می باشد. با گذشت زمان نیاز است که تجهیزات جدید و روش های مدرن جایگزین روش های قدیمی گردد و به خصوص زمانی که قطعات یدکی آن ها موجود نبوده و دیگر کارآیی لازم را ندارند.

۲-۱-۱. روش میله اندازه گیری

ابتدایی ترین روش اندازه گیری محلی سطح، روش عمق سنجی[1]می باشد که به صورت سنتی یا دستی انجام می شود و بهره‌بردار با مشکلات فراوان، باید در محل حضور پیدا می کند و با استفاده از میله بسیار بلند و فرو بردن در تانک مورد نظر، به صورت تقریبی و با خطای بالا سطح تانک را قرائت نماید و در مخازن شیمیایی خطرناک، امکان پاشش مواد شیمیایی برروی بدن وجود دارد[۱۵]. میله های اندازه گیری[2]، ابزار ساده ای برای اندازه گیری سطح مایعات معرفی می شود که ارزان ترین تجهیز موجود به شمار می رود. میله فلزی در یک موقعیت مشخص در ظرف حاوی مایع ثابت شده و اندازه گیری سطح با فرو بردن میله در مخزن و خواندن مقدار خیس شده توسط مایع داخلی تانک قرائت می شود. از آنجایی که یک اپراتور انسانی یا بهره بردار موظف به برداشتن و خواندن میله می باشد، این روش فقط در مخازن نسبتاً کوچک و کم عمق قابل استفاده است[۱۶]. علاوه بر اینکه این روشی ساده و کم هزینه می باشد ولی می توان از معایب آن خطرات مرتبط با اندازه گیری تحت فشار، دقت محدود، نوع نمونه اندازه گیری شده نام برد. در شکل ۱ روش میله اندازه گیری نشان داده شده است.

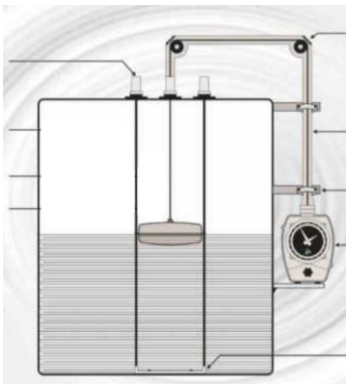
[1] Deep
[2] Dipsticks



شکل ۱- روش میله اندازه گیری

۲-۱-۲. روش گیج شناور

اندازه گیری روش گیج شناور از ابزارهای شناوری جهت اندازه گیری استفاده می کند که بسیار سبک هستند و بر روی سطح مایع شناور می باشند و با تغییر ارتفاع مایع، جابجا شده و تغییر موقعیت می دهند که معمولا شناوری و دارای کابل وزنی می‌باشد. شناور توسط یک زنجیر یا یک کابل انعطاف پذیر به قرقره متصل شده و مرکز قرقره هم به نوبه خود به یک دستگاه نشانگر با درجه‌بندی اندازه گیری متصل می شود. با حرکت شناور، وزنه مقابل کابل را محکم نگه می دارد تا نشانگر در امتداد مقیاس دایره ای حرکت کند. بدین ترتیب موقعیت شناور مشخص می‌شود. در سنوات گذشته نیز در خصوص افزایش دقت اندازه‌گیری و امکان اتوماسیون تجهیزات استاندارد برای کالیبراسیون و تأیید گیج‌های سطح شناور کارهای زیادی انجام شده است[۱۷]. روش گیج شناور در شکل ۲ نشان داده شده است.

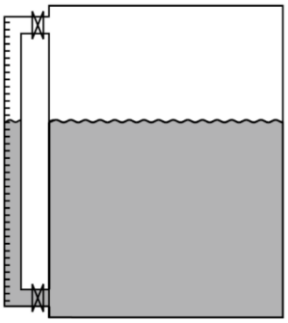


شکل ۲- روش گیج شناور

۲-۱-۳. گیج شیشه ای ساده

یک لول گیج شیشه ای، شامل یک منبع شفاف شیشه‌ای یا پلاستیکی است که بین دو شیر در بالا و پایین محدود شده است. استفاده از سطح سنج شیشه ای احتمالاً ساده ترین روش اندازه گیری سطح مایع است. شیشه(سایت گلاس) یا آبنما، به قسمت داخلی مخزن وصل می شود تا سطح مایع از طریق شیشه دیده شود. شیشه دید با درجاتی مشخص شده است تا سطح اندازه گیری شود. گیج گلاس های شیشه ای مزایای در فرآیندهای بهره برداری از جمله مشاهده پیشرفت واکنش، جداسازی فازها، دیدن سطح مخازن و موارد دیگر دارند. با این حال، نصب و استفاده از شیشه نیز منجر به چندین چالش ایمنی می شود. نقطه ضعف اصلی این روش این است که فقط نشانگر سطحی محلی می باشد و امکان ارسال سیگنال الکتریکی وجود ندارد.

این روش برای کاربردهای صنعتی بسیار مناسب نیستند زیرا مشاهده و انتقال اطلاعات توسط اپراتور لازم است. برنامه های کاربردی چنین دستگاه های اندازه گیری سطح را می توان در مخازن روغن یا آب مشاهده کرد. از دیگر معایب این روش می‌توان به شکسته شدن شیشه و نشتی والوها و همچنین کثیفی شیشه اشاره نمود[۱۸]. در شکل ۳ یک نمونه گیج شیشه ای نشان داده شده است.



شکل ۳- گیج شیشه ای

۲-۱-۴. گیج فشار لوله بوردن

در صنعت از انواع فشارسنج ها مانند مانومتر لوله بوردون، گیج فشار الکتریکی یا ترانسمیتر فشار با خروجی الکتریکی استفاده‌می شود. فشارسنج ها در ساخت، عملکرد و اصول اندازه گیری، متفاوت هستند، لذا می توان با استفاده از قانون هیدرواستاتیک، میزان ارتفاع یا سطح مخازن را اندازه گیری نمود که در صنایع مختلف از این روش به وفور استفاده می شود. گیج های فشار در طرح های مختلف موجود هستند بسته به عدم قطعیت اندازه گیری مورد نظر، گیج های فشار بر اساس توالی های مختلف و شماره سری اندازه‌گیری مربوطه کالیبره می شوند[۱۹]. گیج فشار لوله بوردون برای اندازه‌گیری طیف وسیعی از اختلاف فشارها و سطح به کار می رود. به دلیل بلند بودن طول لوله مانومتر و سایر ملاحظات عملی، برای اندازه-گیری فشار های زیاد و در جاهایی که حرارت متفاوت است بکار مب رود. لوله بوردون از یک لوله فلزی خمیده بیضوی تشکیل شده است که با افزایش فشار سیال تمایل به باز شدن داشته و با کاهش فشار انحنای بیشتری می یابد. تغییرات انحنا از طریق یک سیستم چرخ دنده‌ای به عقربه منتقل می شود. جهت و مقدار حرکت عقربه به جهت و مقدار تغییر انحنای لوله بستگی دارد. فشار سنج های لوله بوردون برای اندازه گیری فشارهای بیشتر و کمتر از اتمسفر به کار می روند[۲۰].گیج فشار لوله بوردون روسی مدل MP [۲۱]، در نیروگاه در شکل ۴ نشان داده شده است.

شکل ۴- گیج فشار لوله بوردون روسی

۲-۱-۵. گیج اختلاف فشار

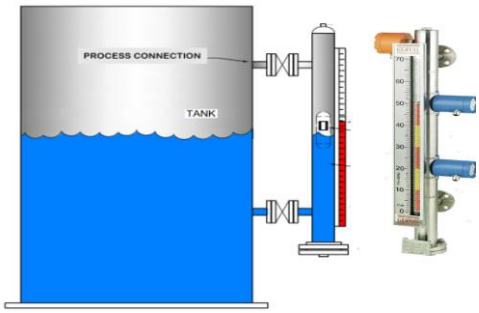
گیج اختلاف فشار به عنوان تفاوت فشار بین دو نقطه در نظر گرفته می‌شود که ممکن است این دو نقطه دو طرف یک واکنش شیمیایی یا حتی دو مخزن باشند. در هر صورت تفاوتی که بین این دو طرف وجود دارد، تحت عنوان فشار تفاضلی یا اختلاف فشار معرفی می‌شود. گیج اختلاف فشار تجهیز ابزاردقیقی برای اندازه گیری اختلاف فشار بین دو نقطه یا سطح مخازن است. گیج اختلاف فشار دارای دو ورودی بوده که می تواند به دو مخزن یا دو سیستم جداگانه متصل شود که این دو طرف، دو فشار متفاوت به سیستم اندازه گیری فشار سنج وارد می‌کنند که دستگاه با ساز و کار خود تفاضل فشار بین آن ها را نشان می‌دهد. اگر اختلاف فشار بین دو نقطه صفر باشد و در واقع تعادلی باشند، عقربه به هیچ سمتی حرکت نمی‌کند. اندازه گیری سطح در مخازن بسته که امکان نظارت چشمی بر آنها وجود ندارد و اندازه گیری غیر مستقیم از عدد تفاضل فشار برای به دست آوردن تفاوت سطح در مخازن مخازن سربسته بکار می رود. گیج های اختلاف فشار مدل روسی نسل قدیم DSP, DSS [۲۲] و مدل روسی نسل جدیدDSP-160-M1 [۲۳]، ساخت کشور روسیه می‌باشند که در نیروگاه استفاده شده است. در شکل ۵ گیج های اختلاف فشار روسی نسل قدیم و جدید نشان داده شده است.

شکل ۵- گیج های اختلاف فشار روسی نسل قدیم و جدید

۲-۱-۶. لول گیج مغناطیسی

لول گیج مغناطیسی نوعی تجهیز اندازه گیری سطح مایعات درون مخازن است. روش اندازه گیری به این صورت است که یک آهنربا توسط فلوتر (توپی ، شناور) در استوانهٔ لول گیج بالا و پایین می رود. یک ستون از آهنرباها در طول مسیر این حرکت وجود دارند که آهنرباها روی هم چیده شده اند و یکطرف هر آهنربا سفید و طرف دیگر رنگی می باشد هرگاه آهنربای متصل به شناور از مقابل آن ها عبور کند براثر جذب و دفع قطب های مغناطیسی، بخش به بخش این آهنرباها چرخیده و سطح مایع را نمایش می دهند. در واقع لول گیج مغناطیسی بر اساس قوانین فیزیکی نیروی فشار مایعات و خاصیت جذب و دفع قطب های غیر همنام و همنام آهنربا طراحی شده است، بدنهٔ لول گیج لوله ای استوانه ای شکل می باشد که از ناحیهٔ نازل های مربوطه به صورت عمودی بر روی مخازن نصب می گردد. مایع درونی مخزن از طریق نازل پایینی به داخل لولهٔ استوانه ای هدایت شده و توپی دارای آهنربای دائمی را شناور می سازد. با تغییر سطح مایع شناور به حرکت درآمده و با روبروی هم قرار گرفتن آهنربای توپی و فلپ ها و سپس چرخیدن و تغییر رنگ فلپ ها، سطح مایع درون مخزن نشان داده می شود. به وسیلهٔ لول سویچ هایی که بر روی لول گیج مغناطیسی نصب می گردند می توان فرمان های لازم را توسط کنتاکت های الکتریکی مربوطه مستقیماً به تابلوهای اصلی برق ارسال نمود و سطح مایع را در ارتفاع مورد نظر مخازن کنترل نمود. همچنین می توان

با نصب لول ترانسمیتر بر روی این دستگاه، سطح سیال را در محل هایی دورتر مانند اتاق فرمان مشاهده و مانیتورینگ نمود. لول گیج مغناطیسی شرکت تهران دلیک مدل LLI73 [۲۴]، در نیروگاه جهت مخزن روغن مورد مطالعه در شکل ۶ نشان داده‌شده است.



شکل ۶- لول گیج مغناطیسی

۲-۲. ویژگی اساسی سیستم اندازه گیری

مجموعه ای از ویژگی های اساسی برای سیستم اندازه‌گیری قابل بیان است. این ویژگی ها به دو دسته تقسیم می شوند: ۱- ویژگی های مانا (استاتیکی) ۲- ویژگی های پویا (دینامیکی). در جدول ۲ ویژگی‌های استاتیکی و در جدول ۳ ویژگی‌های دینامیکی به صورت خلاصه نشان داده شده است[۲۵].

جدول ۲ -ویژگی های استاتیکی

شرح	ویژگی
میزان درستی پاسخ سیستم در مقایسه با مقدار واقعی	صحت
قابلیت آن سیستم در خواندن یک مقدار برای کمیت	دقت
توانایی تولید همان پاسخ در اندازه گیری های متوالی	تکرار پذیری
قابلیت سیستم در ایجاد همان پاسخ با تغییر در سرایط اندازه‌گیری	بازتولید
تولید همان مقدار خروجی در بازه زمانی ثابت	پایداری
تفاوت بین مقدار واقعی و مقدار اندازه گیری شده	خطا
تغییرات ناخواسته خروجی با وجود ثابت بودن کمیت	نویز
تغییر تدریجی خروجی بدون تغییر در ورودی	رانش
کمترین تغییر کمیت و ایجاد نمودن بیشترین میزان خروجی	وضوح
مشاهده کمترین سیگنال در حال افزایش از صفر توسط دستگاه	کمترین سیگنال قابل تشخیص
ارتباط بین کمیت مورد اندازه گیری و سیگنال تولید شده سیستم	منحنی کالیبراسیون
تغییرات سیگنال خروجی به ورودی	حساسیت
کمترین فاصله به خط راست با مقدار واقعی	خطی بودن
توانایی سیستم برای اندازه گیری با حضور عوامل تداخلی دیگر	انتخاب گری
متفاوت بودن خروجی با مسیر رفت و برگشت	پسماند
بیشترین و کمترین مقادیر کمیت اندازه گیری شده توسط سیستم	محدوده اندازه‌گیری

جدول ۳- ویژگی های دینامیکی

شرح	ویژگی
تغییرات پله ای در خروجی حسگر	سیستم مرتبه صفر
رفتاری با یک ثابت زمانی	سیستم مرتبه اول
رفتاری با بالازدگی و نوسانات میرا	سیستم مرتبه دوم
پاسخ سیستم به تحریک ناگهانی (پله ای)	زمان پاسخ
زمان سپری شدن جهت رسیدن به خروجی پایدار	زمان بازیابی
زمانی که سیگنال از ۱۰ به ۹۰ درصد مقدارش می رسد	زمان صعود
نزدیک شدن سیگنال به حد نهایی	زمان نشست
مقدار تجاوز سیگنال از مقدار نهایی خود	بالا زدگی

۲-۳. محل انجام تحقیق

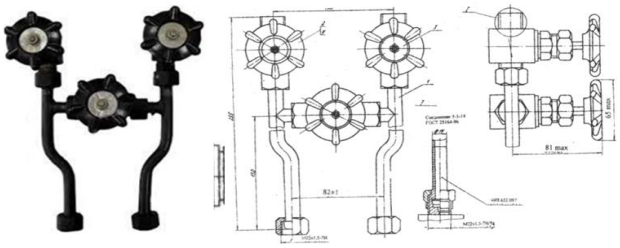
در سال ۱۳۵۳ قراردادی بین شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر) و شرکت تکنوپروم اکسپورت اتحاد جماهیر شوروی سابق، در مورد احداث نیروگاهی به قدرت ۳۰۵ مگاوات منعقد گردید. سپس در سال ۱۳۵۴ قرارداد دیگری برای اضافه کردن دو واحد مشابه فی ما بین توانیر و تکنوپروم اکسپروت به امضا رسید و بدین ترتیب 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[۶].

۳. روش پژوهش

در این مقاله با هدف جایگزینی گیج های محلی اختلاف فشار نسل قدیمی روسی [۲۲] که بسیار فرسوده، مستهلک و ناکارآمد بوده و در واقع بسیاری از این تجهیزات مدت زمان زیادی از مدار خارج می باشند و همچنین بهره برداران با چالش های عدم قرائت سطح های محلی و فرمان های دستی به ادوات مواجه هستند، در این شرایط حساس، با استفاده از لول گیج های مغناطیسی که روشی پایدار و مطمئن تر از گیج 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 محلی مورد مطالعه در شرکت مدیریت تولید برق اهواز نیروگاه رامین می‌پردازد پرداخته شده و طی سه روش متفاوت اندازه گیری محلی سطح مخازن، به عنوان مطالعه موردی مورد بررسی قرار می‌گیرد. مورد مطالعه ۱ (گیج اختلاف فشار)، مورد مطالعه ۲ (گیج لوله بوردن) مورد مطالعه ۳ (لول گیج مغناطیسی) می‌باشد که هر یک به صورت جداگانه توضیح داده می شود.

۳-۱. مورد مطالعه ۱

در این مطالعه نصب و راه اندازی سطح های اختلاف فشار نسل جدید روسی[۲۳] برروی مخازن هیتر های فشار قوی نیروگاه انجام شد. با توجه به متفاوت بودن اتصالات ورودی گیج ها، ابتدا باید ولوهای ورودی تعویض می شد که در شکل ۷ ولو اتصال ورودی گیج اختلاف فشار محلی نسل جدید به همراه اندازه سایز آن نشان داده شده است.



شکل ۷-ولو اتصال ورودی گیج اختلاف فشارمحلی نسل جدید

یکی از چالش های این نوع سطح سنج، سنگینی وزن تجهیز و دشواری نصب ولوهای اتصال وردی می باشد که همواره بستن این نوع اتصالات سخت و زمان بر می باشد و آبندی آن نیز دشوار است که باید نکاتی ایمنی رعایت شود. در واقع سطح سنج نسل جدید در مقایسه با نسل قدیم کارایی بهتری داشته ولی مجددا یادآور می شود مشکل عمده آن ها، نبود قطعات یدکی و نوسانی مقادیر و ارسال سیگنال های کاذب از جمله مشکلات این سطح ها می باشد که تا حدودی این مشکلات مرتفع شده ولی مجددا باید نوع سطح سنج پایدار تر نسبت به این نوع تهیه و نصب گردد. با نصب گیج اختلاف فشار محلی نسل جدید، بهره برداران توانستند به راحتی سطح های مخازن را قرائت کرده و عمل بهره‌برداری را نیز به سهولت انجام دهند. یکی دیگر از مشکلات گیج گلاس های محلی این بود که در اکثر مواقع، اختلاف سطح ناچیزی بین مقادیر گیج گلاس محلی بر روی مخزن و گیج اختلاف فشار ایجاد می شد که این امر نیز سردرگمی بهره‌بردار و ارسال فرمان های اشتباه به ادوات را به همراه داشت. سه گیج محلی اختلاف فشار سمت راست، نسل قدیم و گیج محلی سمت چپ، نسل جدید روسی نصب شده در شکل ۸ نشان داده شده است.

شکل ۸-نصب و راه اندازی گیج اختلاف فشار روسی جدید

۳-۲. مورد مطالعه ۲

در این مطالعه استفاده از گیج های فشار لوله بوردن[۲۱] بر روی مخازن روغن مازوت خانه فاز ۲ نیروگاه انجام شد. این روش همانطور که قبلا بیان شد، بر اساس قانون فشار هیدرواستاتیک عمل اندازه گیری را انجام می دهد. با توجه به اینکه ارتفاع مخازن ۱۰ متر میباشد، کالیبراسیون مانومترها(گیج های فشار لوله بوردن) با رنج ۱۰۰ کیلو پاسکال یا ۱ بار صورت پذیرفت و پس از اندازه گیری، برشکاری، جوشکاری اتصالات ورودی ها به صورت ۹۰ درجه، نصب و راه اندازی مانومترها بر روی مخازن انجام شد. از مزایای این روش نصب آسان و هزینه پایین تجهیز می باشد و بهره بردار به راحتی می تواند سطح را به صورت

محلی قرائت کند و در جاهایی که نیاز به ارسال سیگنال و کنتاکت نیست می تواند کارآیی مناسبی داشته باشد. اتصالات ورودی ها مانومترها در شکل ۹ و کالیبراسیون گیج های فشار لوله بوردون در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

شکل ۹- اتصالات ورودی ها مانومترها

شکل ۱۰-کالیبراسیون گیج های فشار لوله بوردون

پس از کالیبراسیون مانومترها، مرحله نصب و راه اندازی گیج های فشار لوله بوردون روغن در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

شکل ۱۱- نصب و راه اندازی گیج های فشار لوله بوردون

۳-۳. مورد مطالعه ۳

در این مرحله، نصب و راه اندازی لول گیج مغناطیسی[۲۴] که هدف اصلی مقاله می باشد، بر روی مخزن روغن واحدهای نیروگاه از ابتدای نصب تا ارسال سیگنال به اتاق فرمان به صورت کامل شرح داده می شود. در جدول ۴ مراحل پژوهش نصب لول گیج مغناطیسی نشان دادهشدهاست.

جدول ۴ - مراحل پژوهش

ردیف	شرح پژوهش
۱	بازدید میدانی و اندازه گیری
۲	تست لول گیج مغناطیسی
۳	نصب لول گیج مغناطیسی
۴	سیم کشی و کابل کشی لول ترانسمیتر و لول سویچ ها
۵	برقراری تغذیه و راه اندازی لول گیج مغناطیسی
۶	تنظیمات حد بالا و پایین لول گیج مغناطیسی
۷	مانیتورینگ مقادیر بر روی رکوردر اتاق فرمان
۸	تست مقادیر محلی لول گیج مغناطیسی با اتاق فرمان

۳-۳-۱. بازدید میدانی و اندازه گیری

برای شروع این پژوهش ابتدا باید بررسی های میدانی دقیق انجام گیرد و به درستی اندازه گیری شود تا محل نصب لول گیج و همچنین ارتفاع مخزن و قسمت هایی که باید سوراخ کاری و جوشکاری گردد، مشخص شود. با توجه به اینکه لول گیج باید از فاصله دور دیده شود، لذا زاویه دید و همچنین ایمنی تجهیز از لحاظ عدم ضربه فیزیکی مورد بررسی قرار گیرد. در شکل ۱۲ سطح سنج‌های محلی اختلاف فشار نسل قدیمی روسی بر روی مخزن مورد مطالعه نشان داده شده است.

شکل ۱۲- گیج لوله بوردن

۳-۳-۲. تست لول گیج مغناطیسی در آزمایشگاه

برای تست لول گیج مغناطیسی، ابتدا با توجه به اندازه گیری های صورت گرفته که ارتفاع مورد بهره برداری ۱۵۰ سانتی متر می‌باشد، لول گیج به همان اندازه درخواست و تهیه گردید. در آزمایشگاه با استفاده از یک آهنربا میزان جابه جایی گوی با توجه به حرکت آهنربا و تغییرات دیده شده در شمارنده آن، عملکرد مغناطیسی لول گیج بررسی و مورد تایید قرار گرفت و آماده نصب شد.لازم به ذکر است بیان شود که لول گیج مغناطیسی شامل دو قسمت اصلی می باشد که یکی لول سویچ و دیگری لول ترانسمیتر است که لول سویچ را می توان برای حد بالا یا پایین اندازه گیری و لول ترانسمیتر را می توان جهت انتقال مقادیر به اتاق فرمان یا مکان دورتر از محل، بکار گرفت. در جدول ۵ ویژگی های ترانسمیتر لول ترانسمیتر و جدول ۶ ویژگی های لول سویچ نشان داده‌شده‌است.

جدول ۵- ویژگی های ترانسمیتر لول ترانسمیتر

ویژگی	مقدار	واحد
ارتفاع استاندارد	400	cm
وضوح	1-10	mm
خطای اندازه گیری	1-10	mm
دمای محیطی	-20-+70	C
دمای فرآیند	-20-+100	C
متریال	استنلس استیل	PP
کلاس حفاظت	IP66	*
خروجی	هارت-پروفیباس-4-20	mA
منبع تغذیه	30-15	VDC
ماکزیمم بار	500	Ω

جدول ۶- ویژگی های ترانسمیتر لول سویچ

ویژگی	مقدار	واحد
نوع سویچ	LS/MS	*
ظرفیت ماکزیمم سویچ	3	A
منبع تغذیه	250	VAC
توان ظاهری	500	VA
شکل سویچ	DPDT	*
دمای محیطی	-20-+80	C
دمای فرآیند	+550	C
متریال	آلومنیوم	PP
کلاس حفاظت	IP66	*
کابل	PG13.5	*
وزن	1000/220	g

۳-۳-۳. نصب لول گیج مغناطیسی

پس از سوراخکاری و جوشکاری مخزن مورد مطالعه، مراحل قرارگیری و نصب لول گیج مغناطیسی در مکان مناسب انجام می‌شود و با توجه به ایزله بودن مخزن در زمان پژوهش، هیچ مشکلی ایجاد نمی شود. لول گیج به صورتی نصب می شود که بهره برداران بتوانند به راحتی و سهولت تمام، میزان سطح را قرائت نمایند و به خوبی بر روی تجهیزات، کنترل داشته باشند.

۳-۳-۴. سیم کشی و کابل کشی لول ترانسمیتر و لول سویچ ها

در این مرحله با استفاده از کابل های ۷ رشته و ۵ رشته و ۱۴ رشته برای سیم کشی لول گیج استفاده شده که همواره چند رشته از آن به عنوان رزرو در مواقع اضطراری، مد نظر قرار می گیرد. لول گیج مغناطیسی با مبنع تغذیه ۲۴ ولت جریان مستقیم راه اندازی می شوند و جریان خروجی آن ها ۲۰ - ۴ میلی آمپر می باشد. با توجه به اینکه حد بالا و پایین و متوسط سطح مخزن مذکور مورد

نیاز است، لذا نیاز به تعداد ۳ عدد لول سویچ می باشد که از قبل در نظر گرفته شده است. ذکر یک نکته دیگر حائز اهمیت می باشد که لول سویچ ها توسط کمربند فلزی به لول گیج مغناطیسی در محل مورد نظر قرار می گیرند. یک نمونه سیم کشی ترانسمیتر مورد مطالعه در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

شکل ۱۳- سیم کشی لول سویچ مورد مطالعه

۳-۳-۵. برقراری تغذیه و راه اندازی لول گیج مغناطیسی

در اتاق فرمان منبع تغذیه ۲۴ ولت جریان مستقیم نصب شده و پانل نصب کابل و سیم های لول گیج مغناطیسی مشخص شده است. مرحله برق دار کردن ترانسمیتر انجام می شود و سایر اتصالات متصل می شوند. در شکل ۱۴ منبع تغذیه لول گیج مغناطیسی مورد مطالعه نشان داده شده است.

شکل ۱۴- منبع تغذیه لول گیج مغناطیسی

۳-۳-۶. تنظیمات حد بالا و پایین لول گیج مغناطیسی

در این مرحله با توجه به اهمیت مقادیر مخزن مورد مطالعه، نیاز است که حد بالا و پایین و متوسط سطح، در نظر گرفته شود لذا مکان مناسب نقطه بهره برداری بر اساس چارت سیتینگ یا دستورالعمل های مخزن مذکور، مشخص شده و نصب لول سویچ ها جهت ارسال کنتاکت‌ها انجام می شود تا در صورتی که سطح در لول گیج مغناطیسی تغییر کند، بهره برداران در اتاق کنترل بتوانند از عملکرد مخزن روغن، مطلع شده و در صورت ارسال آلارم یا هشدار، به صورت سریع اقدامات لازم را انجام دهند.

۳-۳-۷. مانیتورینگ مقادیر بر روی رکوردر اتاق فرمان

مقادیر سطح روغن مخزن مورد مطالعه همزمان هم به صورت محلی قابل مشاهده است و هم بر روی پیپرلس یا رکورد اتاق فرمان نشان داده می شود و کلیه اطلاعات به صورت آرشیو ضبط خواهند شد که در صورت نیاز بتوان از گراف و ترند تغییرات سطح آن مطلع شد و بهره برداران به خوبی بتوانند مانیتورینگ مقادیر را دنبال کنند. پیپرلس مقدار سطح روغن مورد مطالعه در شکل۱۵ نشان داده شده است.

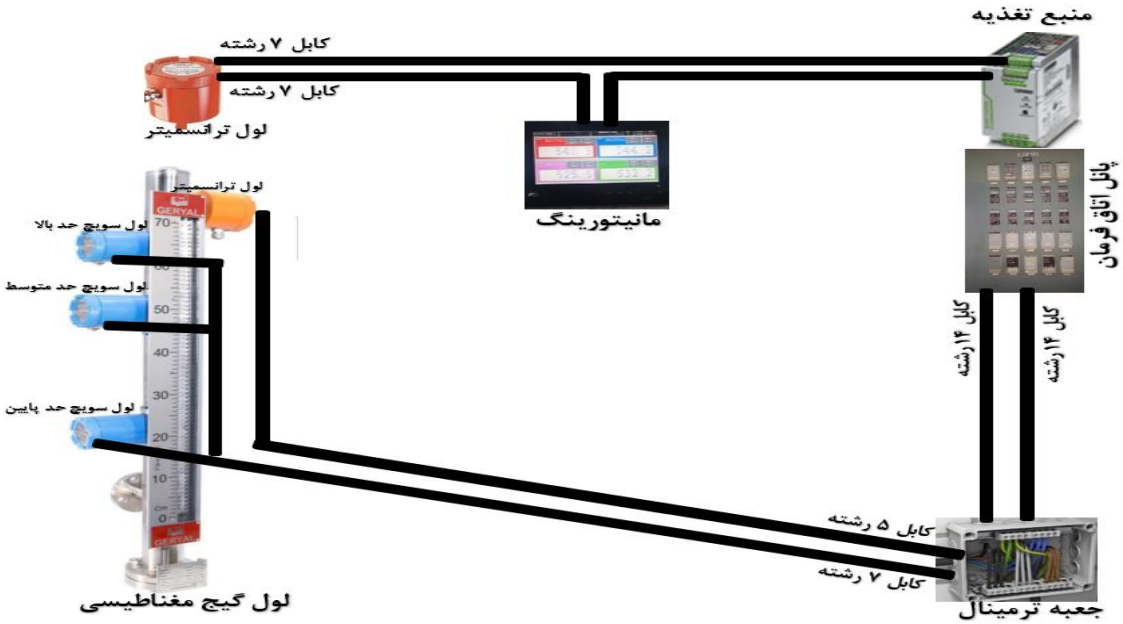
شکل ۱۵- مانیتورینگ مقادیر بر روی رکوردر اتاق فرمان

۳-۳-۸. تست مقادیر محلی لول گیج مغناطیسی با اتاق فرمان

در مرحله پایانی، تست مقادیر محلی لول گیج مغناطیسی با اتاق فرمان صورت پذیرفت که یکی از بهره برداران در محل لول گیج نصب شده رفته و به صورت همزمان با اتاق فرمان مقدار را چک و بررسی نمود که هیچ گونه اختلافی در مقدار محلی و مقدار مانیتورینگ اتاق فرمان وجود نداشت و مورد تایید بهره برداری واقع شد. پژوهش حاضر هم اکنون بر روی مخزن تانک روغن تمیز و کثیف توربین واقع در طبقه دوم توربین هال شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین در شکل۱۶ نشان داده شده است.

شکل ۱۶ - لول گیج مغناطیسی مورد مطاله

نقشه نصب لول گیج مغناطیسی مورد مطالعه به همراه متعلقات آن، در شکل ۱۷ نشان داده‌شده‌است.



شکل ۱۷ - نقشه نصب لول گیج مغناطیسی مورد مطالعه به همراه متعلقات آن

۴. یافته های پژوهش

طی چندین مرحله نتایج سطح سنج های محلی بر روی مخازن مورد مطالعه در حالت های مختلف تست و ثبت گردید که مقایسه ای بین گیج فشار لوله بوردن[۲۱]، گیج اختلاف فشار[۲۲]، لول گیج مغناطیسی[۲۴] در جدول ۷ نشان داده‌شده‌است.

جدول ۷- مقایسه بین گیج فشار لوله بوردن[۲۱]، گیج اختلاف فشار[۲۲]، لول گیج مغناطیسی[۲۴]

لول گیج مغناطیسی [۲۴]	گیج اختلاف فشار[۲۲]	گیج فشار لوله بوردن [۲۱]
مدل L173SS	مدل ДСП-160-М1	مدل МП۱۶۰
دقت آزمایشگاهی ± (5)cm	دقت آزمایشگاهی٪(±1.5)	دقت آزمایشگاهی٪(±1.5)
دما محیط(۱۰۰+~۲۰-) درجه سانتیگراد	دمامحیط(۵۰+~۴۰-) درجه سانتیگراد	دما محیط(۶۰+~۵۰-) درجه سانتیگراد
گستره اندازه گیری (0)to 1500 mm	گستره اندازه گیری (0)to 1000 mm	گستره اندازه گیری (-)to 600 kg / cm2
حداکثر فشار ۳۰۰ بار	حداکثر فشار ۶۰ بار	حداکثر فشار ۶۰ بار
ولتاژ تغذیه ۸تا۳۶ ولت DC	ولتاژ تغذیه ۲۲۰ ولت AC	بدون ولتاژ تغذیه
کلاس حفظتی IP66	کلاس حفظتی IP55	کلاس حفظتی IP40
دارای ایمنی بالا	دارای ایمنی کمتر	دارای ایمنی کمتر
وزن ۱۲ کیلوگرم	وزن ۱۶ کیلوگرم	وزن ۰.۶۸کیلوگرم
متریال بدنه SS3041	متریال بدنه SS304 / SS316	متریال بدنه SS316
دارای لول سویچ (سیگنال دهی)	دارای نشان دهنده سیگنال دهی	عدم وجود سیگنال دهی
قابلیت افزایش تعداد کنتاکت	تنها یک جفت کنتاکت دارد	بدون کنتاکت
خرابی کم قطعات	خرابی زیاد قطعات	خرابی زیاد قطعات
نصب و راه اندازی آسان	نصب و راه اندازی پیچیده	نصب و راه اندازی آسان
دارای قطعات یدکی	عدم وجود قطعات یدکی	عدم وجود قطعات یدکی
دقت بالای اندازه گیری	دقت پایین اندازه گیری	دقت پایین اندازه گیری
نصب و راه اندازی آسان	نصب و راه اندازی پیچیده	نصب و راه اندازی پیچیده
سیگنال خروجی۲۰-۴ میلی آمپر	بدون سیگنال خروجی	بدون سیگنال خروجی
ارسال مقدار در اتاق فرمان	عدم ارسال مقدار در اتاق فرمان	عدم ارسال مقدار در اتاق فرمان
کاهش تعداد سیم کشی	حجم زیاد سیم کشی	بدون سیم کشی
کاهش هزینه تعمیر و نگه داری	افزایش هزینه تعمیر و نگه داری	افزایش هزینه تعمیر و نگه داری
بازدهی بالا و ثبات در دراز مدت	پایداری کوتاه مدت	پایداری کوتاه مدت
مقاوم در محیط های پرارتعاش	مقاوم در محیط های پرارتعاش	مقاوم در محیط های پرارتعاش
مقاوم در برابر خوردگی	عدم مقاومت در برابر خوردگی	عدم مقاومت در برابر خوردگی
روش اندازه گیری غیر مستقیم	روش اندازه گیری مستقیم	روش اندازه گیری مستقیم
امکان قرائت سطح از فاصله دور	عدم امکان قرائت سطح از فاصله دور	عدم امکان قرائت سطح از فاصله دور
مقاوم و غیر قابل نشت	وجود نشت	وجود نشت
قابل تنظیم موقعیت نصب سنسور	ثابت بودن سنسور	ثابت بودن سنسور

امروزه روش های فراوانی برای اندازه گیری و نمایش سطح مایعات درون مخازن وجود دارد. آنچه سبب انتخاب لول گیج مغناطیسی نسبت به روش های دیگر محلی شده است، عوامل گوناگونی از قبیل نوع مایع، دما و فشار دورن مخزن، میزان خورندگی و غلظت سیال می تواند تاثیر گذار باشد. علاوه بر عوامل ذکر شده کیفیت و قیمت تمام شده تجهیز نیز در نظر گرفته خواهد شد.

۵. نتایج میدانی

شواهد نصب لول گیج مغناطیسی بیانگر موفقیت آمیز بودن، اندازه گیری محلی سطح سنج جدید نسبت به سطح سنج های قدیمی تر می باشد که در جدول ۸ مزایای نصب لول گیج مغناطیسی نشان داده شده است.

جدول ۷- مزایای نصب لول گیج مغناطیسی

ردیف	مزایای لول گیج مغناطیسی
۱	افزایش دقت و صحت مقادیر سطح
۲	افزایش قابلیت اطمینان و رضایت بخشی بالای اپراتورهای سیستم
۳	عدم ارسال فرمان کاذب بر روی حفاظت سیستم
۴	امکان قرائت سطح از فاصله دور
۵	کاهش هزینه های بهره برداری
۶	سیستم کاملا مقاوم در برابر خوردگی
۷	کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری
۸	عدم تاثیر فشار، خلا، دما، فوم، ویسکوزیته در اندازه گیری ها
۹	حداقل حساسیت به تغییرات دانسیته
۱۰	نمایشگر رنگی و قابل دید در شب
۱۱	سازگار با محیط زیست و بدون آلودگی
۱۲	قابلیت افزودن رله خروجی
۱۳	قابل استفاده در انواع شرایط فرآیندی
۱۴	طول عمر بالا
۱۵	مکانیزم کاملا مکانیکی و بدون منبع تغذیه الکتریکی
۱۶	وضوح بالای نشانگر

همانطور که در جدول ۷ مقایسه جامعی بین روش های محلی اندازه‌گیری سطح انجام گرفت، در خصوص نتایج بدست آمده، توضیحاتی ارائه می گردد. یکی از چالش های گیج های اختلاف فشار روسی، خطر برق گرفتگی نفرات و همچنین اتصالی سیم‌های تغذیه ۲۲۰ ولت جریان متناوب و ارسال سیگنال کاذب به اتاق فرمان و قطع شدن مقادیر سطح سنج ها با شروع فصل زمستان و بارندگی های پراکنده بوده‌است که با نصب لول گیج مغناطیسی که ولتاژ تغذیه آن ۸ تا 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. دقت اندازه گیری لول گیج مغناطیسی ۵ درصد می‌باشد که باعث افزایش قابلیت اطمینان سیستم و پایداری مقادیر شده است. طی مدت زمانی، گیج های اختلاف فشار نیاز به کالیبره دارند، در حالی که لول گیج های مغناطیسی با ضریب اطمینان بالا، با کمترین دیفکت و خرابی در مدار می باشند. یکی دیگر از نکات حائز اهمیت اندازه گیری این روش این است که در گذشته بهره بردارن باید در نزدیکترین حالت ممکن به تجهیزات و مخازن و سطح سنج قرار می گرفتند که علاوه بر خطرات مایعات اسیدی و خورنده، امکان پاشش اسید و روغن و سایر مایعات وجود داشت ولی امروزه با نصب این سطح سنج جدید، بهره برداران می توانند در فاصله دور و با زاویه دید مختلف، سطح مخازن را به خوبی قرائت کرده و عمل بهره برداری را انجام دهند که بیشترین رضایت بهره برداری را به دنبال داشت. 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 لول گیج مغناطیسی بر روی مخازن مورد مطالعه وجود داشت، نام برد. در این شرایط با توجه به

تعمیر متعدد گیج های اختلاف فشار و اتمام طول عمر سنسور و قطعات الکتریکی مختلف آن، بهترین پیشنهاد جایگزینی روشی ساده و کم هزینه تر نصب به روش فعلی بوده و باید در راستای تهیه لول گیج مغناطیسی 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.

۶. نتیجه گیری

در این مقاله با تغییر روش اندازه گیری محلی، تلاش شد در راستای افزایش پایداری مقادیر اندازه گیری شده در مخازن صنعتی، اقداماتی صورت گیرد. نتایج حاصله از نصب و مقایسه لول گیج مغناطیسی[۲۴] با گیج فشار لوله بوردن[۲۱] و همچنین گیج اختلاف فشار[۲۲]، حاکی از آن است که خطر برق گرفتگی نفرات و اتصالی قطعات گیج های قدیمی در برخی موارد، برطرف شده است و ایمنی سیستم به علت تغییر ولتاژ منبع تغذیه سطح سنج به شدت افزایش یافته و با توجه به خصوصیات لول گیج مغناطیسی که امکان نصب لول ترانسمیتر و لول سویچ بر روی سطح سنج وجود داشت، علاوه بر قرائت محلی سطح مخازن توسط بهره برداران، امکان ارسال سیگنال و مانیتورینگ مقادیر در اتاق فرمان بدست آمده است. هم اکنون تعدادی از سطح سنج های مغناطیسی برروی مخازن روغن، هیترهای فشار قوی، دیراتور و بویلر در شرکت مدیریت تولید برق اهواز- نیروگاه رامین با موفقیت نصب و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌است. 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 گردد که علاوه بر افزایش قابلیت اطمینان سیستم، می توان به حداقل خرابی و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری و رضایت کامل بهره برداری از بکارگیری سطح سنج‌های جدید نام برد که حاکی از اثر بخشی روش پیشنهادی می باشد.

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. Katz, E., Light, A., & Thompson, W. . (2011) .Controlling technology , contemporary issues, (2nd ed.). Amherst, NY: Prometheus Books. ISBN 978-1573929837.
3. 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.
4. Keshavarz, A., Fakharian, A., Mohadi, M. H., & Ganakhki, M. T. (2018). Specialized reference of precision , book Published by Soha Danesh Publications. P. 544, (in Persian).
5. Fard, E., Jahanshahi, R. (2012). Omega precision instruments and industrial control , book Published by Soha Danesh Publications, p. 458, (in Persian).
6. Tajdani, A., 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).
7. ThabetImani, A. R., FathiMoghadam, M. (2016). performance evaluation and calibration of ultrasonic sensor and pressure sensor in measuring fluid height in tanks, 16th Iranian Hydraulic Conference, Ardabil. (in Persian).
8. Elyasi, M., Maghsoudpour, A., Soleimanimehr, H., 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).
9. Ghodsi, M. R., 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).
10. Ghodsi, M. R., 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).
11. Sayyed Faizan, A., Mandal, N., Maurya, P., 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.
12. Praveen, K., Rajiniganth, M. P., Arun, A. D., Sahoo, P., Satya Murty, S. A. (2016). A novel technique towards deployment of hydrostatic pressure based level sensor in nuclear fuel reprocessing facility, Review of Scientific Instruments, 87(2), 025111.
13. Yuliza, E., Salam, R. A., Amri, I., Atmajati, E. D., Hapidin, D. A., Meilano, I., ... & 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.
14. D. Sengupta, M. Sai Shankar, P. Saidi Reddy, R.L.N. Sai Prasad, K. Srimannarayana, Sensing of hydrostatic pressure using FBG sensor for liquid level measurement, *Microwave and optical technology letters*, 54(7), 1679-1683. 2012.
15. Ghodsi, M. R., Khalafi, M. A., & Shishebor, 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 on Applied Research in Electrical Engineering. (in Persian).

16. Morris, A. S., & Langari, R. (2021). Measurement and Instrumentation (Third Edition).
17. Kučera, Ľ., Patin, B., Gajdošík, T., Palenčár, R., Palenčár, J., & Ujlaky, M. (2020). Application of metrological approaches in the design of calibration equipment for verification of float level gauges. Measurement Science Review, 20(5), 230-235.
18. Ashley, N., Sapkota, B., & Torres, J. E. (2022). Only the best is good enough: Managing the risks of glass in hazardous service. Process Safety Progress.
19. Schiering, N., & Schnelle-Werner, O. (2019). Uncertainty evaluation in industrial pressure measurement. Journal of Sensors and Sensor Systems, 8(2), 251-259.
20. Ghodsi, M. R. (2016). Glycerin Oil Injection to Prevent the Deviation of Deep Pressure Gauges in High-Pressure Environments. 1th National Conference on New Approaches in Electrical and Computer Engineering (NAECE). (in Persian).
21. Online, http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/mp-40-50-63-100-160/, (Accessed on 2022, August 25).
22. Online, https://www.prostanki.com/board/item/281824 , (Accessed on 2022, August 25).
23. Online, http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/dsp-160-m1-difmanometr-pokazyvayushhij/ , (Accessed on 2022, August 25).
24. Cataloge, Magnetic Level Gauge- LLI73. Designer & Manufecturer of Magnetic Level Control. https://tehrandelik.com/wp-content/uploads/2022/02/Catalouge.pdf , (Accessed on 2022, August 25).
25. Kalantar-Zadeh, K. (2013). Sensors: an introductory course. Springer Science & Business Media.

Using Instrumentation Magnetic Level Gauge to Measure the Local Level of Industrial Tanks (Case Study of Ramin Power Plant)

Mohammad Reza Ghodsi
Department of Electrical and Instrumentation Engineering, Ahvaz Ramin Power Plant, Khuzestan, Iran, ghodsi@raminpower.ir

Abstract
Measuring and observing the local level of industrial reservoirs is always considered one of the most important issues in all industries, to the extent that different methods are used in the field of precision instruments. On the other hand, with the passage of time, due to the wear and tear of old local level gauges and the lifespan of their parts, these devices are always faced with a decrease in measurement accuracy as well as an increase in equipment failure and inefficiency. The focus of this article is on the local measurement of the level, compared to the centralized measurement located in the control room. The results show that, in addition to the local reading of the tank level by the operators, it is possible to send signals and monitor the values in the control room. Currently, a number of magnetic level gauges have been successfully installed and operated on oil tanks, high pressure heaters, deaerators and boilers in Ahvaz Electricity Production Management Company - Ramin Power Plant. For confirmation and validation, the results of this research were compared with two samples of pressure difference gauge and Borden tube pressure gauge. Simplicity and ease of installation and the ability to display high-resolution local and send electrical signals to the steering room are the main features of the magnetic level gauge.
Keyword: Instrumentation and Control, Local Measurement of Tank level, Pressure Difference Gauge, Bourdon Tube Pressure Gauge, Magnetic Level Gauge, Ramin Power Plant.