اندازه‌گیری ارتفاع سیالات

Level Measurement

آموزش و تجهیز نیروی انسانی

فهرست

۱- آشنایی با اندازه‌گیری سطح سیالات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- روشهای اندازه‌گیری سطح ۱

۲- سنسورهای سطح دیدنی ۲

۲-۱- شیشه مرئی ۲

۲-۲- گیج با عملکرد شناور ٤

۳- وسایل جابجایی (انتقال) ۸

۳-۱- لوله گشتاور ۹

۳-۲- خطاهای ممکن ۱۰

۴- سیستمهای اندازه‌گیری سطح با استفاده از فشار هیدرستاتیک ۱۱

۴-۱- مخازن سرباز ۱۲

۴-۲- مخازن سربسته ۱۳

۴-۳- مخازن سربسته با بخار قابل تبدیل به مایع ۱۵

۴-۴- لوله حباب هوا یا سیستم purge ۱٦

دیباچهٔ کتب آموزشی دورهٔ عمومی آموزش فنّی
(Common Course)
بدواستخدام

یکی از اهداف شایان کشورهای جهان سوم رشد و توسعهٔ اقتصادی در کوتاهترین زمان ممکن و با حفظ ارزشهای فرهنگی آن کشورها می‌باشد. جهت تحقق این اهداف و تعمیم مفاهیم جدید و تکنولوژیهای پیشرفته، ناگریز آموزشهای عمومی و اختصاصی بطور مستمر ضرورت می‌یابد.

با تحول روزافزون جهان علم و رشد دائم دانش بشری دیگر نمی‌توان به شیوه‌های آموزشی "باری بهر جهت" یا "آزمون و خطا" بسنده نمود و می‌بایست به آموزش بعنوان یک فرآیند مستمر نگریسته؛ با برنامه‌های آموزشی نظام‌مند ضمن پی‌ریزی ساختار دانش لازم و خلاق، در نزد کارکنان انگیزش و توانایی لازم جهت خودآموزی و بهره‌مندی دائمی ایشان از منابع و مراجع علمی و اطلاعاتی بروز (انگلیسی و فارسی) را ایجاد نمود.

بدین منظور و به اتکاء تجارب آموزشی، آموزش شرکت ملی گاز مبادرت به تدارک یک سلسله مباحث فنی و تخصصی پیرامون دانش، اطلاعات و استانداردهای صنعت گاز نمود که بصورت کتب یا مجموعه‌هایی به زبان انگلیسی و فارسی تألیف و تدوین شدند بگونه‌ای که در قالب دوره‌های عمومی کارآموزی بدواستخدام در رسته‌های مختلف شغلی قابل تدریس می‌باشند، تا در فرآیندی کوتاه‌مدت ضمن ارائه دانشهای لازم کارکنان جدیدالاستخدام، آمادگی کافی از لحاظ تسلط به "زبان انگلیسی" و آشنایی با "مفاهیم علمی کاربردی بنیادی صنعت" را در ایشان ایجاد نماید.

کتاب حاضر از مجموعه کتبی است که بدین منظور تـدوین گردیـده اسـت و در تدارک آن تلاش لازم جهت ارائه تفهیمی مطالب بنیادی شده است تا در جنب منابع انگلیسی به درک مفاهیم و واژه های کلیـدی و اصـطلاحات فنـی رایـج در صـنعت یاری رساند.

در اینجا شایان ذکر است از کلیهٔ عزیزانی که در تهیه و تدوین این مجموعه‌هـای آموزشی همکاری نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی گردد.

امید است با تأییدات الهی و همکاری و مساعدت مسؤولان ذیربط در جهت رشد نیروی انسانی کارآمد توفیق یابیم.

(آمـوزش و تجهیـــز نیـروی انسـانی)

« آموزش فنّی – تخصصی »

۱- آشنایی با اندازه‌گیری سطح سیالات

۱-۱- مقدمه

سطح یک مایع عبارتست از فصل مشترک بین یک مایع و مواد دیگر، که معمولاً گاز، بخار یا بعضی اوقات مایعی دیگر است.

گیج‌های مخزن گاز و روغن موتور در اتومبیل مثالهای ساده‌ای از وسایل اندازه‌گیری سطح مایع هستند. اندازه‌گیری و کنترل سطح مایع در پالایشگاه از اهمیت خاصی برخوردار است بطوریکه تغییرات سطح مایعات در هر دو گروه بصورت پیوسته انتقال پیدا می‌کند. اندازه‌گیری دقیق سطح برای حفاظت محیط زیست (مثل سرریز از مخزن)، ایمنی سایت، کیفیت محصول و کنترل فهرست اموال مهم می‌باشد.

تقریباً تمامی وسایل سطح مایع، براساس موقعیت یا ارتفاع مایع بالای یک نقطه صفر یا یک نقطه حداقل یا فشار هیدروستاتیک اندازه‌گیری می‌کنند.

۱-۲- روشهای اندازه‌گیری سطح:

اندازه‌گیری سطح ممکن است به صورت واحدهای طول یا حجم و یا درصدی از کل حجم نشان داده شود. دو روش برای اندازه‌گیری سطح مایع وجود دارد:

الف- روش مستقیم

ب- روش غیر مستقیم یا استنتاجی[1]

در روش مستقیم ارتفاع مایع از نقطه صفر به بالا اندازه‌گیری می‌شود.

1. Inferential

تکنیک‌های روش مستقیم عبارتند از:

۱- مشاهده مستقیم ارتفاع بوسیله شیشه دیدنی، گیج سطح (گیج شیشه‌ای) یا فرو بردن چوب[1]

۲- با استفاده از یک شناور که بصورت مکانیکی یا الکتریکی به یک نشان‌هنده یا وسیله آلارم وصل شده است.

۳- بوسیله یک پروب الکتریکی در مایع

٤- بوسیله انعکاس امواج صوتی از سطح مایع یا از کف آن.

روش غیرمستقیم یا استنتاجی اندازه‌گیری، از تغییر موقعیت سطح مایع، برای تعیین سطح استفاده می‌کند.

تکنیک‌های روش غیرمستقیم عبارتند از:

۱- نیروی شناوری به صورت یک شناور یا تغییر مکان که بطور جزئی یا کامل در مایع غوطه‌ور شده است.

۲- بوسیله فشار هیدرستاتیک مایع

۳- براساس مقدار تشعشع عبوری از مایع

٤- بوسیله سیستمهای الکتریکی که اندازه‌گیری سطح بوسیله آنها انجام می‌شود.

۲- سنسورهای سطح دیدنی

۲-۱- شیشه مرئی[2]

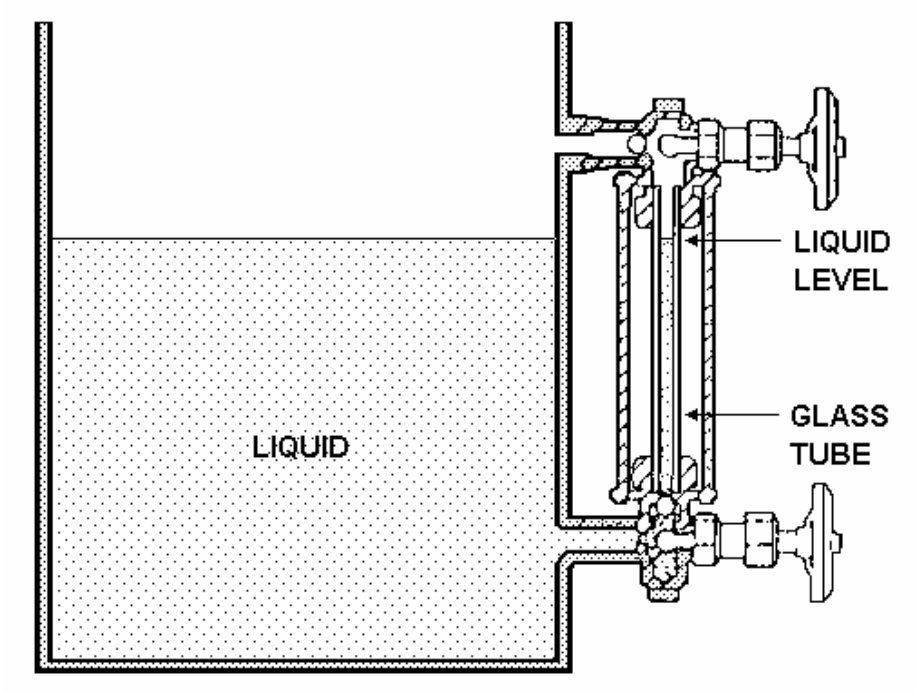
براساس یک اصل هیدرولیک، مایعات قرار گرفته در فضاهایی که به هم ارتباط دارند، دارای ارتفاع یکسانی هستند، به شرط آنکه مقدار مایع کافی باشد. این قانون برای شیشه مرئی نیز صادق است.

1. dipstick
2. Sight glass

شیشه مرئی وسیله‌ای است که به یک مخزن متصل شده، بطوریکه سطح مایع در مخزن بوسیله آن قابل دیدن می‌باشد. این شیشه‌ها در صنایع پروسسی زیادی بکار می‌روند.

دو نوع گیج شیشه مرئی وجود دارد: شیشه تخت و شیشه لوله‌ای.

شیشه‌های مرئی معمولاً با شیرهای shut off و شیرهای تخلیه برای مقاصد نگهداری، تعمیراتی و جایگزینی نصب می‌شوند. درجه‌بندی بر روی شیشه یا بدنه حک می‌شود و به مقایسه سطح با یک مقدار مشخص، کمک می‌کند (برای مثال بین ۰٪ و ۱۰۰٪).



شکل ۲-۱- شیشه مرئی و شیرهای جداکننده[1]

1. Isolating Valves

برای یک مخزن سرباز، گیج سطح لوله‌ای با انتهای باز استفاده می‌شود. برای مخازن تحت فشار و خلاء، انتهای بالای لوله به منظور ایجاد تعادل به مخزن وصل می‌شود. در مخازن باز، استفاده از لوله‌های شیشه‌ای تا ۲ متر طول تقریباً شایع است. در بویلرهای فشار بالا، شیشه مرئی ممکن است به طول ۲۰۰ میلیمتر محدود شود. در هر روش نصب، وجود یک محافظ مناسب برای لوله شیشه‌ای لازم می‌باشد.

گیج‌های تخت در صنعت برای محدوده‌های گسترده فشار و دما کاربرد دارند.

دو طراحی پایه برای این گیج‌ها وجود دارد: بازتابی[1] (انعکاسی) و شفاف[2]

در طرح انعکاسی، آن قسمت از گیج که بالای سطح مایع است، روشن دیده می‌شود و قسمتی که مایع درون آن است، تاریک دیده می‌شود. این به دلیل اختلاف بین ضریب شکست هوا (یا هر ماده دیگری که بالای سطح مایع باشد) و مایع در قسمت بالایی است.

طراحی نوع انعکاسی برای مایعات بی‌رنگ، غیرلزج به کار می‌رود و گیج‌های شفاف برای مایعات رنگی و لزج به کار می‌رود. اگر یک گیج شیشه‌ای کالیبره شود، مقدار قرائت شده آن بایستی با مقادیر بدست آمده در روش فروبردن چوب مقایسه شود.

۲-۲- گیج با عملگر شناور:

روش دیگر اندازه‌گیری سطح مستقیم، ترکیب "شناور- کابل- قرقره - وزن" می‌باشد. در این روش، از یک کابل و یک شناور عبور کرده از روی چندین قرقره استفاده می‌شود.

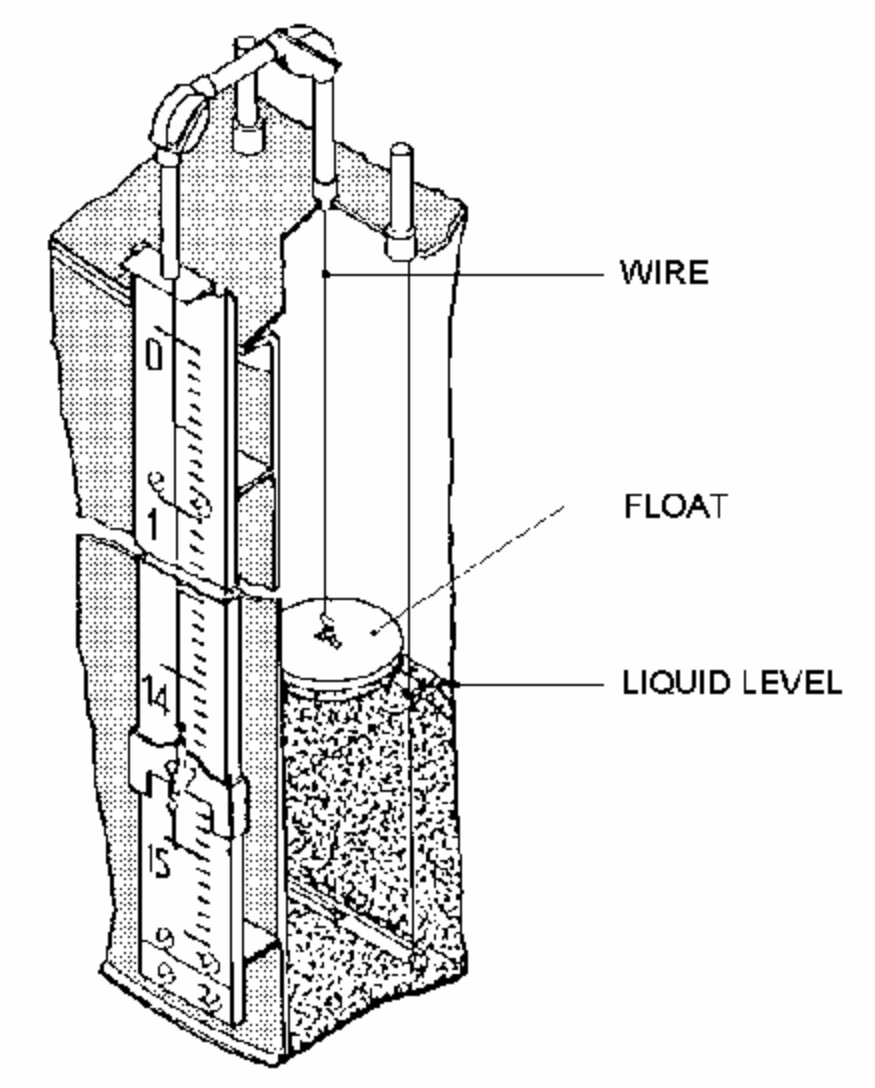
1. Reflex
2. Transparent

حرکت شناور، باعث بالا وپایین رفتن وزنه شمارنده (در سادهترین شکل آن) روی یک درجهبندی متصل شده به یکطرف مخزن میشود. این روش معمولاً بر روی مخازن ذخیره به کار میرود.

گیجهای با عملگر شناور دارای محدودیتهای یکسانی هستند. چون شناور از سطح مایع تبعیت میکند، سطح مایع میبایست آرام نگه داشته شود. در بیشتر مخازن، تلاطم[1] و موج[2] اتفاق میافتد که باعث ایجاد مشکلاتی برای گیجهای با عملگر شناور میشود. به منظور رفع این مشکلات، شناورهایی با اشکال مختلف طراحی شده است. صفحههای کج، لولههای راهنما و قفسهها برای غلبه بر این اشکالات استفاده میشوند.

حرکت شناور میتواند بصورت الکترونیکی یا خیلی ساده از طریق مکانیزمهایی به عقربه یک نمایشگر که روی یک درجهبندی حرکت میکند، منتقل شود.

1. Agitation
2. Surge

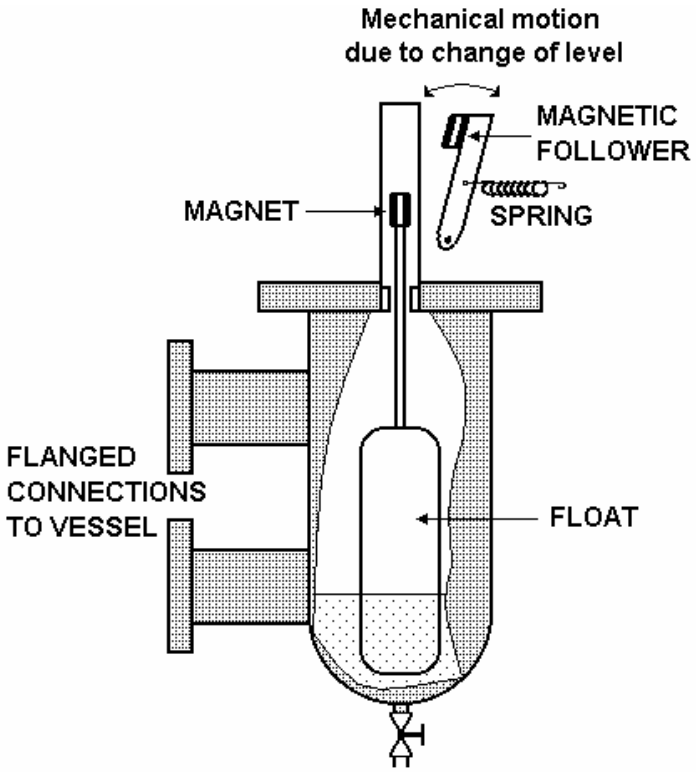


شکل ۲-۲- گیج با عملگر شناور

در این زمینه، روشهای مناسب مختلفی برای مخازن باز یا بسته وجود دارد. در بیشتر حالات، هدف تهیه شکل مناسب برای حرکت مکانیکی در موقع تغییر سطح

می‌باشد که این حرکت هم خود وابسته به نصب تجهیزات و نوع وسایل ابزاردقیقی مورد استفاده می‌باشد.

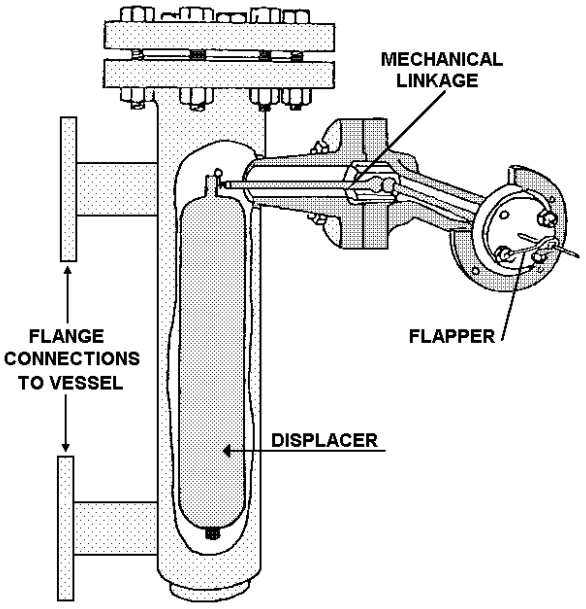
یک نوع معمول از شناورهای مورد استفاده در مخازن عملیاتی، سویچ مغناطیسی با عملگر شناور می‌باشد. شناور، آهنربا را در داخل یک لوله غیرمغناطیسی بالا و پایین می‌برد، در خارج از لوله نیز یک فلز تابع (ماده جذب‌کننده مغناطیسی) بر روی نقطه اتکا قرار دارد. هرچه آهنربای داخل لوله به فلز تابع نزدیکتر گردد، فلز بر کشش فنر غلبه کرده و آهنربا را به طرف خود می‌کشد. در نتیجه یک حرکت مکانیکی در اثر تغییر سطح بوجود می‌آید. این حرکت می‌تواند در سویچ الکتریکی نوع جیوه‌ای و یا برای حرکت فلاپر یا شیر پایلوت نیوماتیکی کوچک و غیره استفاده شود.



شکل ۲-۳- سویچ مغناطیسی با عملگر شناور

۳- وسایل تغییر مکان[1]:

ترانسمیتر سطح نوع تغییر مکان، بطور معمول برای اندازه‌گیری سطح پیوسته به کار می‌رود. این وسیله براساس اصل غوطه‌وری ارشمیدس کار می‌کند که هرگاه یک جسم در یک مایع غوطه‌ور باشد، نیرویی برابر با وزن جسم جابجا شده به آن وارد می‌شود که به آن نیروی ارشمیدس گویند. جسم جابجا شونده به شکل سیلندر می‌باشد. در نتیجه هرگونه افزایش عمق غوطه‌وری باعث افزایش نیروی ارشمیدس خواهد شد که این، یک رابطه خطی و متناسب را می‌دهد. جسم جابجاشونده را نباید با شناور اشتباه گرفت. شناور تابع سطح است و بنابراین در سطح مایع می‌ایستد. با کاهش ارتفاع سیال، شناور می‌تواند تا کف مخزن هم پایین برود.



شکل ۳-۱- اندازه‌گیر سطح نوع تغییر مکان

1. Displacement

وقتی مخزن خالی است، انتهای آزاد بازوی جابجاگر، تمام وزن جابجاگر را حمل می‌کند. این باعث بوجود آمدن یک گشتاور چرخشی معادل با وزن جابجاگر و طول موثر بازوی جابجاگر می‌شود. این گشتاور به انتهای لوله گشتاور اعمال می‌شود. گشتاور چرخشی یا گشتاور، بوسیله فشار تنشی در لوله گشتاور تنظیم می‌شود، در نتیجه زاویه‌ای که تحت آن محور می‌چرخد متناسب با وزن جابجاگر می‌باشد.

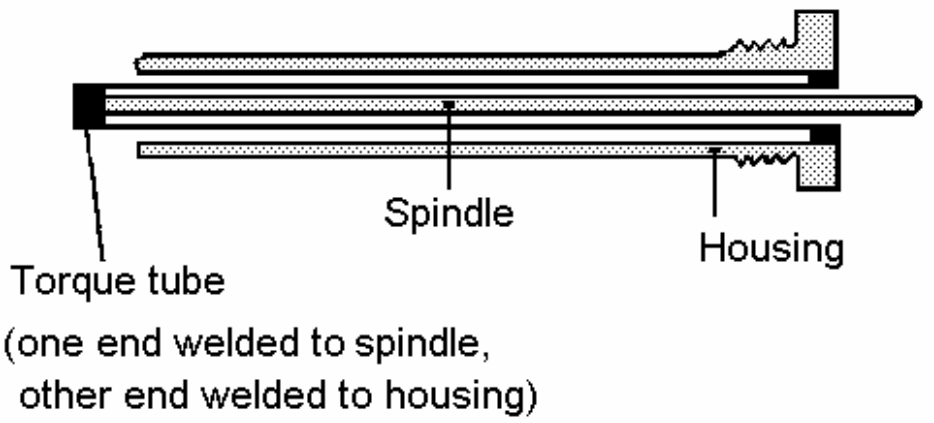
هر چه سطح مایع در مخزن بالاتر رود، وزن جابجاگر کم‌تر شده، بنابراین گشتاور و حرکت چرخشی روی لوله گشتاور هم کمتر می‌شود. فشار تنشی بر روی لوله گشتاور باعث چرخش محور به یک زاویه جدید، متناسب با وزن جابجاگر می‌شود. به عبارت دیگر هر چه سطح اطراف جابجاگر تغییر کند، وزن موثر جابجاگر هم تغییر می‌کند، این تغییر وزن ظاهری باعث حرکت مکانیکی در لوله می‌شود. نتیجه اینکه حرکت مکانیکی در اثر تغییر سطح بوجود می آید. این حرکت می‌تواند در جابجائی یک عقربه روی یک صفحه یا تغییر موقعیت یک فلاپر نسبت به یک نازل در یک ترانسمیتر نیوماتیکی یا کنترلگر نیوماتیکی استفاده شود.

نیروی رانش جابجاگر بستگی به چگالی مایع درون مخزن دارد. بنابراین به منظور دقت در هنگام طراحی یا کالیبراسیون، بایستی جابجاگر فقط درون مایعی قرار گیرد که برای آن طراحی و کالیبره شده است.

طول جابجاگر وزین، رنج پوشش داده شده واحد جابجاگر را تعیین می‌کند. جابجاگر نمی‌تواند سطح‌های بالاتر یا پایین‌تر از جابجاگر را اندازه‌گیری کند.

۳-۱- لوله گشتاور:

این وسیله در تجهیزات ابزاردقیقی که غوطه‌ور می‌باشند، به دلیل چرخش‌های کم استفاده می‌شود. این لوله حرکتهای عمودی جابجاگر به بالا و پایین را به حرکت چرخشی (بدون استفاده از gland ها و مسائل و مشکلات آنها) تبدیل می‌کند. این حرکت چرخشی را می توان جهت حرکت فلاپر، عقربه، قلم و غیره استفاده کرد.



شکل ۳-۲- لوله گشتاور

۳-۲- خطاهای ممکن:

بیشترین خطاهای ممکن سیستمهای اندازه‌گیری سطح نوع جابجایی به شرح زیر است:

۱- کثیفی سطح جابجاگر، محدودیت در حرکت آزاد جابجاگر و ایجاد خطا در کالیبراسیون

۲- صدمه دیدن اجزاء لوله گشتاور که باعث صفر شدن یا خطای رنج می‌شود

۳- کثیفی[1]، فرسودگی[2] و سائیدگی[3] مکانیسم نشان‌دهنده، ثبت و ارسال

٤- نشتی یا گرفتگی روی لوله‌های مسیر کار

۵- آسیب دیدن جابجاگر

1. Dirt
2. Wear
3. Friction

۴- سیستمهای اندازه‌گیری سطح با استفاده از فشار هیدروستاتیک:

این روش بوسیله اندازه‌گیری فشار مایع کار می‌کند. یک تانک را کـه تـا ارتفـاع یک متری پرشده در نظر بگیرید. در کف تانک فشاری بوجود مـی‌آیدکـه آن در اثـر ارتفاع ستون مایع می‌باشد که به واحد سطح تانک وارد می‌شود. اگر تانک تا ارتفـاع دو متری پر شود، این فشار دو برابر فشار وارد بر واحد سطح می‌شود.

فشارسنجی که به پایین مخزن متصل شده، فشار وارده بر انتهای تانک، که با وزن ستون مایع بالای آن متناسب است را نشان می‌دهد، پـس بـا عمـق متناسـب اسـت. بنابراین فشار مشخص شده بوسیله فشارسنج، مستقیماً با وزن ستون مـایع بـالای آن متناسب است. این رابطه برای گیج فشار مورد استفاده در مخزن باز، به صورت زیـر است:

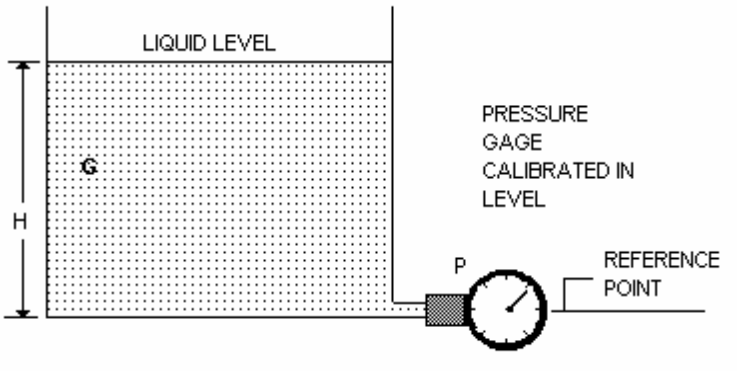
$$P=SG * D * H$$

P: فشار هیدروستاتیک (kg/cm^2)

SG: وزن مخصوص مایع

D: چگالی آ ب (kg/cm^3)

H: ارتفاع مایع بالای نقطه مرجع (cm)



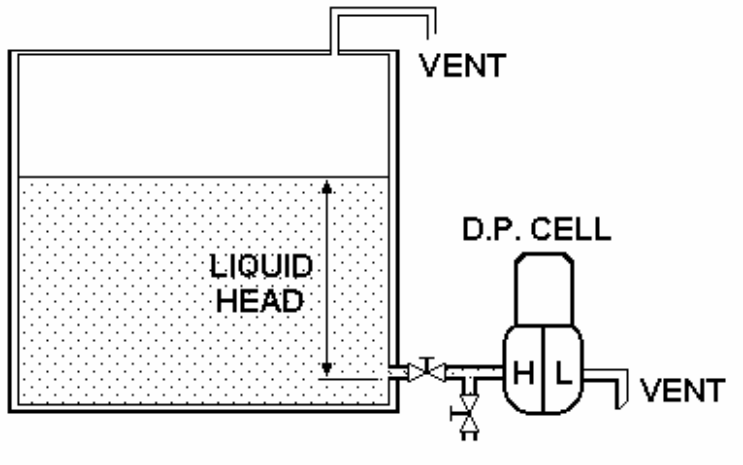
شکل ۴-۱- سنسور سطح با فشار هیدروستاتیک

درجه‌بندی گیج فشار را می‌توان برحسب واحدهای طول، کالیبره کرد. این کاربرد، ساده‌ترین روش اندازه‌گیری فشار هیدروستاتیکی است. ترانسمیتر اختلاف فشار، معمول‌ترین وسیله ابزاردقیقی است که در این رابطه استفاده می‌شود. تکنیکهای مختلفی برای اندازه‌گیری سطح مخازن روباز یا سربسته استفاده می‌شود.

۴-۱- مخازن روباز:

در مخازن دارای هواکش، طرف فشار بالای وسیله ابزاردقیق، به پایین‌ترین نقطه اندازه‌گیری وصل می‌شود و طرف فشار پایین وسیله ابزاردقیق، به هوای آزاد وصل می‌شود.

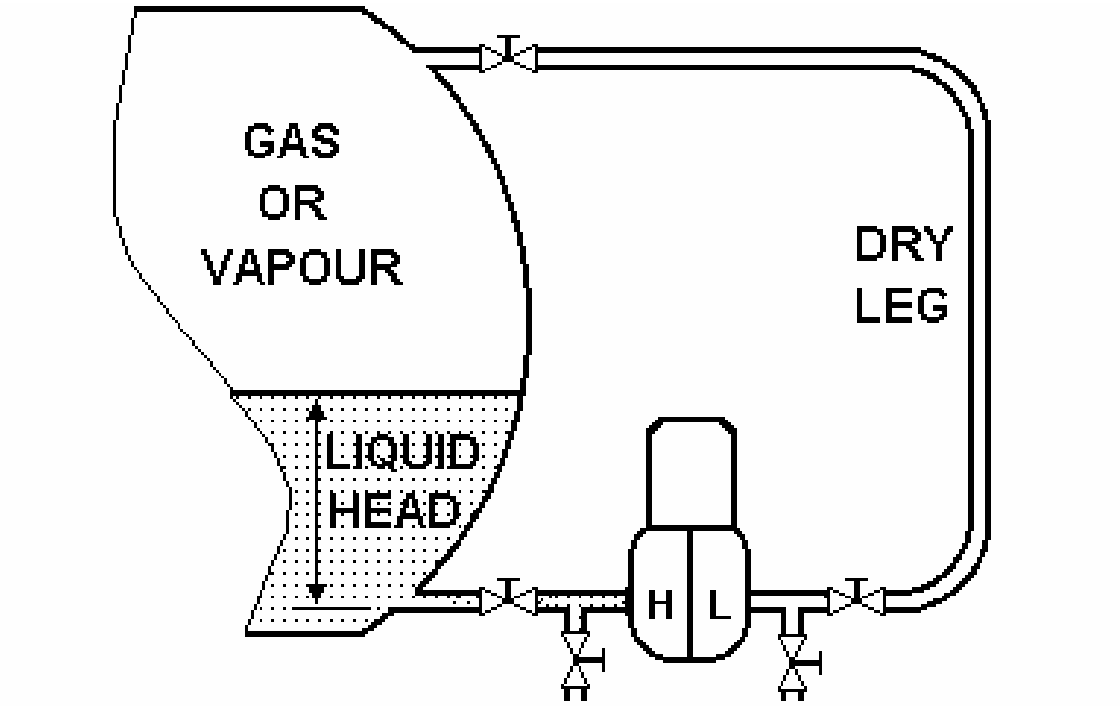
بنابراین وسیله اندازه‌گیری کننده، به تغییرات سطح استاتیک پاسخ می دهد.



شکل ۴-۲- D.P.cell متصل شده به یک مخزن روباز

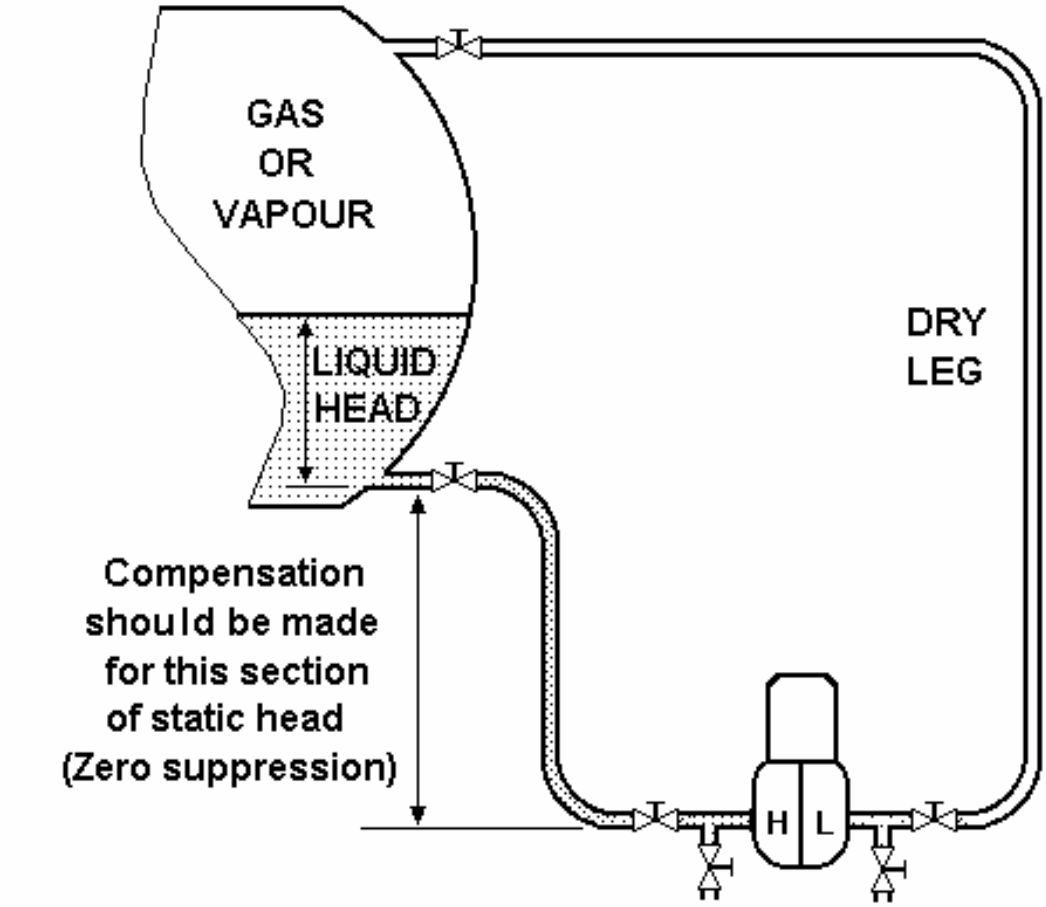
۴-۲- مخازن سربسته:

همانند مخازن سرباز، طرف فشار بالای وسیله ابزاردقیق بـه پـایین‌تـرین نقطـه اندازه‌گیری وصل می‌شود و طرف فشار پایین هم به نقطه‌ای بالاتر از بالاترین سطح مایع که فقط شامل گاز یا بخار است، وصل می‌شود. به این اتصال معمولاً Dry leg گفته می‌شود. در این روش، هرگونه تغییر فشاری که بـالای سـطح مـایع رخ دهـد، می‌تواند توسط وسیله ابزاردقیق، جبران شود. هـر چنـد فـشار داخـل بـه دو طـرف وسیله ابزاردقیق اختلاف فشار اعمال می‌گردد، هرگونـه تغییـر در سـطح مـایع، بـه خروجی وسیله ابزاردقیق فرستاده می شود.



شکل ۴-۳- اتصال D.P.cell به مخزن سربسته

اگر وسیله ابزاردقیق پایین‌تر از مخزن قرار گیرد، موقعی که مخـزن خـالی اسـت، یک ارتفاع کاذب، توسط ترانسمیتر (بوسـیله مـایع درون لولـه‌هـای رابـط) خوانـده می‌شود. با قرار دادن یک کیت فرونشانی صفر[1] در ترانسمیتر، می‌توان مقدار قرائـت را در این حالت به صفر رساند و افست این خطا را گرفت.

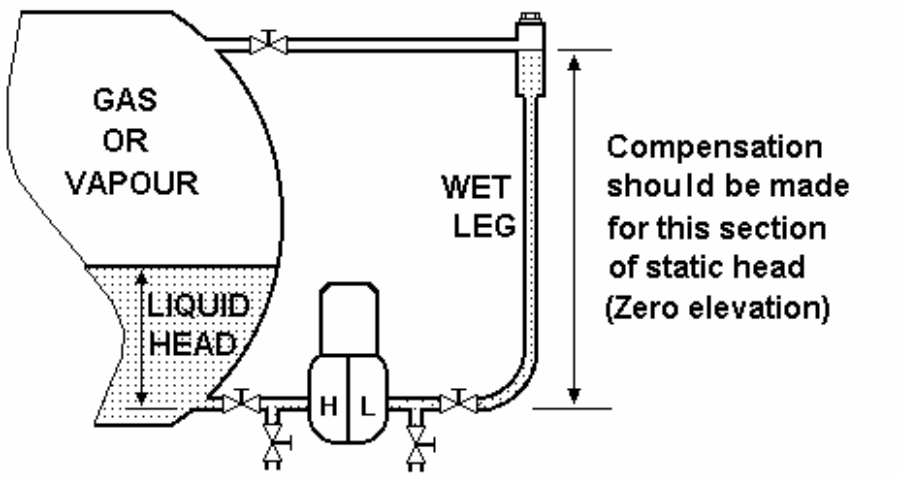


شکل ۴-۴- D.P.cell قرارگرفته در پایین مخزن

1. Zero Suppression Kit

۴-۳- تانک سربسته با بخار مایع‌شونده[1]:

بطور معمول قسمت فشار بالای وسیله ابزاردقیق به پایین‌ترین نقطه قابل اندازه‌گیری وصل می‌شود و طرف فشار پایین هم به بالاترین نقطه بالای سطح مایع وصل می‌شود. با این حال اگر بخارات در مخزن قابل مایع‌شدن باشند، خط اتصال بالا بایستی در همه حال از مایع پر باشد. این روش اتصال اغلب با نام wet leg شناخته می‌شود. اگر از روش wet leg استفاده نشود، بخارات تبدیل به مایع شده، باعث تغییر سطح مایع در leg می‌شوند و در نتیجه در مقدار خوانده شده وسیله ابزاردقیق، خطا پیش می‌آید. پرشدن طرف کم‌فشار با مایع باعث صفرشدن مقدار نشان داده شده توسط وسیله ابزاردقیق می‌شود. برای غلبه بر این مشکل باید یک کیت الکترونیکی سطح صفر در ترانسمیتر اختلاف فشار ایجاد و تنظیم کرد تا فشار بالای wet leg یا خط متعادل‌کننده را جبران سازی کند.

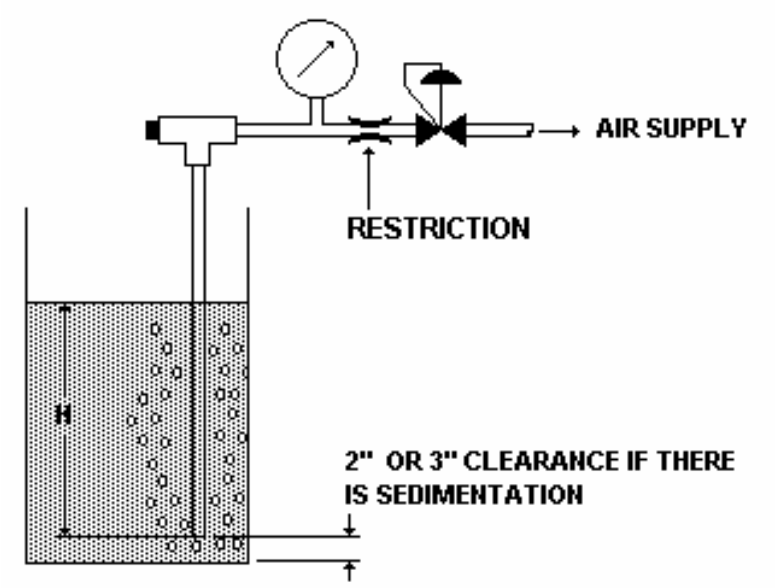


شکل ۴-۵- D.P.cell با اتصال wet leg

1. Condensable Vapor

۴-۴- سیستم حباب هوا[1]:

در این روش، هوای ورودی از طریق یک لوله که انتهای آن باز و در مایع غوطه‌ور است وارد مخزن می‌شود. فشار ورودی توسط یک شیر کوچک، قابل تنظیم است. فشار هوای ورودی از طریق لوله طوری تنظیم می‌شود که از فشار ایجاد شده توسط ماکزیمم ارتفاع مایع در مخزن بزرگتر باشد. فشار هوا در این سیستم، بایستی معادل ارتفاع استاتیک مخزن مایع در هر سطحی باشد، زیرا هرگونه افزایش فشار هوای ورودی، باعث خروج حباب‌های هوا از ته لوله خواهد شد. در این حالت فشاری که گیج فشار نشان می‌دهد متناسب با ارتفاع سیال درون مخزن می‌باشد. این روش، در اندازه‌گیری سطح مایعات خورنده، لزج یا مایعاتی که شامل ذرات جامد هستند، بسیار مفید است.



شکل۴-۶- سنسور سطح از نوع لوله حباب

1. Air bubble

نـام کتـــاب : اندازه‌گیری ارتفاع سیالات
ترجمه و تنظیم : حمید ربانی
حروفچین : راهله اژکـان
نـــاشـــــر : آموزش و تجهیز نیروی انسانی شرکت ملـی گـاز ایـران
(آموزش فنی وتخصصی)
نـوبت چاپ : اوّل
تاریخ انتشار : پائیز ۱۳۸۵
چـــاپ از : چاپخانه شرکت ملّی گاز ایران
حق چـاپ بـرای نـاشر محفوظ است .

اندازه‌گیری ارتفاع سیالات

Level Measurement