



طرح ملی میترینگ

نگاه مهندسی صنعت نفت به صادرات



شرکت ملی نفت ایران

شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

شرکت نفت فلات قاره ایران

شرکت نفت مناطق مرکزی

شرکت نفت و گاز اروندان

شرکت پایانه‌های نفتی ایران

شرکت نفت و گاز پارس

شرکت ملی پالایش و پخش

شرکت پالایش نفت شازند

شرکت پالایش نفت تهران

شرکت پالایش نفت بندرعباس

شرکت پالایش نفت آبادان

شرکت پالایش نفت لاوان

شرکت خطوط لوله و مخابرات (پالایشگاه کرمانشاه و اصفهان)

شرکت ملی مهندسی و ساختمان (پالایشگاه شیراز، تبریز، بندر ماهشهر)

همواره در محاسبه حجمی نفت و گاز، میان آنچه اندازه‌گیری شده و آنچه فروخته می‌شود اختلافی وجود داشته است. با اجرای طرح ملی میترینگ، مبادی صادرات و تحویل نفت خام و میعانات گازی به سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق مجهز می‌شود و به عبارتی صنعت نفت به ذره بینی مطمئن مجهز می‌گردد. شرکت مهندسی و توسعه نفت (متن) که اجرای این پروژه را به عهده گرفته است، همه مبادی صادرات و تحویل نفت خام و میعانات گازی را در ۷۰ ایستگاه وزارت نفت، طی یک دوره ۳۰ ماهه برای فازهای ۱، ۲ و ۳، به سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق خودکار مجهز خواهد کرد. فراهم آوری و دستیابی به اطلاعات دقیق از طریق پایش تولید، تحویل و تحول و به تبع آن امکان برنامه‌ریزی دقیق فنی و اقتصادی برای مواد نفتی و میعانات گازی و همچنین رفع مغایرت‌ها و خطاهای قابل‌توجه در برآوردهای اقتصادی وزارت نفت از اهداف مهم این طرح می‌باشد. فاز اول شامل اندازه‌گیری نفت خام تولیدی و ارسالی از مناطق تولید به سمت پالایشگاه‌ها و صادرات است؛ فاز دوم، اندازه‌گیری مواد نفتی در پایانه‌های صادراتی / وارداتی را دربرمی‌گیرد و فاز سوم حوزه نفت خام و میعانات گازی تحویلی به پالایشگاه‌های کشور را مورد هدف قرار می‌دهد. طرح به‌صورت EPCCF و ترک تشریفات به شرکت مپنا با پیش‌شرط انتقال فناوری ساخت به داخل کشور و انجام ۳۰ درصد کل مبلغ پیمان به‌صورت فاینانس توسط مشارکت مپنا واگذار گردیده است.

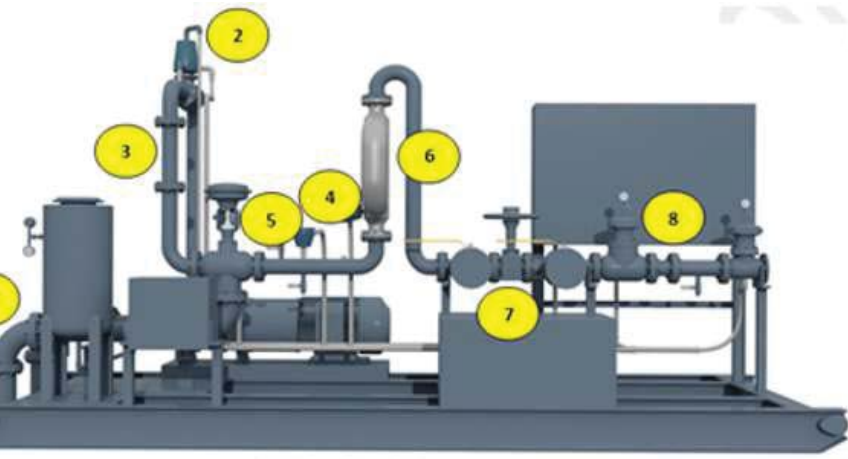
طرح از لحاظ جغرافیایی دارای گستردگی بوده و در حال حاضر به ۷۰ ایستگاه محل به تفکیک کارفرمایان جدول مقابل و شرکت‌های تابعه انجام خواهد شد.

اجرای طرح ملی میترینگ برای تحقق مفاد بند ج ماده ۱۲۹ قانون برنامه پنجم توسعه کشور، شفاف‌سازی تراز هیدروکربوری کشور و رفع ابهام از ارقام تحویل و تحول مواد نفتی، تشخیص و کنترل میزان هدررفتگی مواد نفتی، ایجاد زمینه مناسب برای امضای قراردادهای فروش خوراک به مشتریان و تسهیل در پیاده‌سازی اصل ۴۴ انجام می‌شود.

طرح جامع میترینگ نگاه مهندسی صنعت نفت به صادرات است که نظر به ماهیت وجودی شرکت های نفت، گاز و پتروشیمی که بر اساس میزان فروش محصولات خود سیاست گذاری می‌شوند و توسعه می‌یابند، هر چه زودتر باید عملیاتی شود. با توجه به اهمیت طرح و تنوع تجهیزاتی که برای اجرای آن استفاده می‌شود، در این شماره و شماره آینده سعی می‌شود به‌صورت مختصر اهم موضوعات مرتبط و پیشرفت‌های اجرایی آن مورد بررسی قرار گیرد.

سیستم‌های میتترینگ در صنعت نفت و گاز

روح الله یگانه گهر
کارشناس ارشد ابزار دقیق



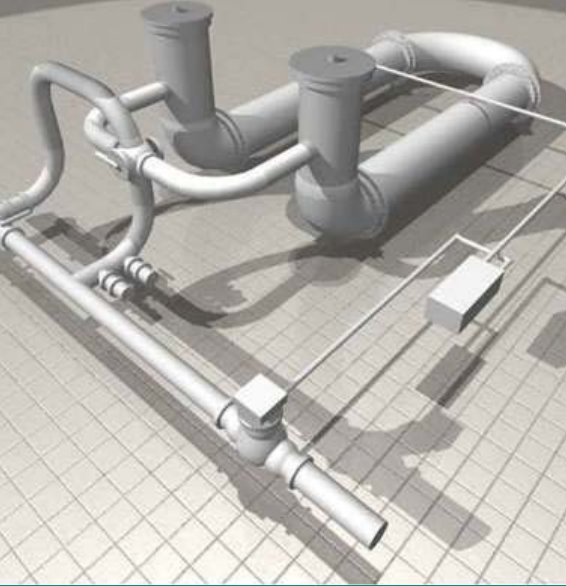
شکل ۱. سیستم‌های میتترینگ در یک نگاه

۱- خروجی پمپ Discharge Pump ، ۲- ترنس‌میتور فشار و دما Pressure and Temperature transmitters ، ۳- مخزن جدا کننده گاز همراه Degassing Vessel ، ۴- سیستم نمونه گیر اتوماتیک Automatic Sampling System ، ۵- شیر سه وضعیتی Three Way Diverting Valve ، ۶- فلومیتور Custody ، ۷- محل اتصال به پرور Prover Connections ، ۸- شیر یک طرفه Check Valve

شکل ۲- انواع فلومترهای پرکاربرد در سیستم‌های میتترینگ



هنگامی که با انتقال مالکیت فروش، صادرات و واردات ترکیب‌های هیدروکربنی نفت و گاز سر و کار داریم، عدم قطعیت در موارد جزئی و عدم استفاده از سیستم‌های نظارتی بالادست خسارت مالی قابل توجهه به بار خواهد آورد. در نتیجه، به کارگیری دستگاه‌های میتترینگ با دقت بالا، حایز اهمیت فراوانی است تا از دقت انتقال، اطمینان کامل حاصل شده و از احتمال خسارت مالی جلوگیری شود. استفاده از فلوکامپیوترهای صنعتی که مختص سیستم‌های میتترینگ ساخته شده‌اند، مهمترین نقش را در برآورد و محاسبه صحیح و قابل اطمینان از میزان جریان (Flow) عبوری سیال در خطوط لوله به‌عهده دارند. مشاهده و ثبت گزارش مقادیر Custody Transfer Batch Loading، و Deliveries نیز به‌طور لحظه‌ای و آنلاین توسط سیستم کنترل مرکزی سیستم میتترینگ انجام می‌شود. سیستم‌های میتترینگ از اجزای متعدد با ویژگی‌های متفاوتی تشکیل شده‌اند که متناسب با هر محصول و فرآیند، سیستم میتترینگ با تکنولوژی مناسب به‌کار گرفته می‌شود (نمونه‌ای از یک سیستم میتترینگ را در شکل ۱ ببینید).



شکل ۴. سیستم پروور و کالیبراسیون جهت تعیین K فاکتور



شکل ۳. پکیج نمونه بردار و آنالایزر سنجش پارامترهای کیفی مایعات

سیستم های پروور و کالیبراسیون

هنگامی که با انتقال و یا فروش ترکیب های هیدروکربنی نفت و گاز سر و کار داریم، خطا حتی در موارد جزئی منجر به خسارت مالی قابل توجه می شود. در نتیجه، اطمینان کامل از دقت فلومتر، حایز اهمیت فراوانی است.

در تمام سامانه های میتترینگ مالی (Batching & Custody Transfer) اصل بر مبنای به حداقل رساندن خطا در سراسر سامانه است. پروورهای Bidirectional مطمئن ترین دستگاه های موجود برای اعتبارسنجی و کالیبراسیون خروجی های فلومتر بوده و فاکتورهای کنترل را تعیین می کنند. این روش ساده و دقیقی برای کالیبره کردن فلومترها در محل نصب است تا از دقت مقدار دبی اندازه گیری شده و تکرار پذیری عدد قرائت شده اطمینان کامل حاصل شود (شمایی از سیستم پروور را در شکل ۴ ببینید).

فلومیتريهای اندازه گیری میزان جریان سیال

در یک سیستم میتترینگ در اصل این فلومترها هستند که مهمترین قسمت از اطلاعات مورد نیاز جهت تبادل تجاری سیال را به ما می دهند (شکل ۲). این میترها اطلاعاتی چون سرعت سیال عبوری یا حتی در برخی نمونه ها چگالی، دما و سایر اطلاعات را ارسال می کنند. پس از دریافت اطلاعات مربوط به جریان سیال عبوری از خطوط لوله، توسط فلوکامپیوترها و سیستم سوپروایزری مقادیر قابل تحلیل برای اپراتورها استخراج شده و گزارش داده می شود.

سیستم های نمونه برداری، آنالایزر و سنجش پارامتر های کیفی مایعات

لزوم استفاده از سیستم های نمونه گیری (شکل ۳) در مایعات به منظور اندازه گیری کیفیت و محتویات محصول جهت ذخیره سازی در مخازن و انتقال به تانکرها و یا کشتی ها ضروری می باشد. سیستم های میتترینگ دارای پکیج های کامل نمونه گیری، پایش لحظه ای و پارامترهایی چون Water in Oil, Oil in Water، Vapor Pressure، CI۲، Dissolved Oxygen (DO)، Density جهت سامانه مانیتورینگ و همچنین محافظت از سیستمها در برابر فرسایش و حفاظت از محیط زیست در برابر آلاینده های نیز می باشد.

سیستم های نمونه برداری، آنالایزر و سنجش پارامترهای کیفی گازها

سیستم های نمونه گیری گازها در میتترینگ برای ارزیابی کیفیت آنها و تعیین عناصر موجود، میزان خوردگی و همچنین میزان رطوبت موجود ضروری است. با استفاده از این تجهیزات می توان ضریب ایمنی سیستم را از طریق اندازه گیری گازهای قابل اشتعال و اکسیژن، ارتقاء داد. این مجموعه شامل پروب نمونه گیری، پمپ مکنده و فیلترهای جذب عناصر مخرب و همچنین گزینه خطوط انتقال گرم سیلندرهای کالیبراسیون و آنالایزرهای صنعتی دقیق و ضد انفجار می باشد. این تجهیزات برای اندازه گیری خلوص و مانیتورینگ انواع گازها از جمله SO₂، CO₂، H₂، CO، H₂S، CnHm و نقطه شبنم ارایه می شود که در پروسه تولید و اندازه گیری گازهای آلاینده محیط زیست، اهمیت زیادی دارند.

سیستم‌های میترینگ دارای دو دسته عمده است:

تخصیصی Allocation و تجاری Custody. دسته اول غالباً در واحدهای بالادستی صنعت نفت و گاز، پالایشگاه‌های نفت و صنایع پتروشیمی کاربرد دارد و گروه دوم معمولاً در خطوط لوله مبادله نفت و گاز، سوپر تانکرها و پایانه‌های شناور صادرات نفت و گاز مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در اینجا به چند مورد از مهم‌ترین میترهای مورد استفاده در صنعت اشاره می‌شود.

میترهای PD (Positive Displacement) (شکل شماره ۱)

- + بسیار خطی و تکرارپذیر
- + کمترین حساسیت نسبت به تغییر ویسکوزیته
- + قابل استفاده برای سیالات با ویسکوزیته بالا
- + کمترین حساسیت به رژیم جریان بالادستی
- + قابلیت کارکرد به صورت ۱۰۰٪ مکانیکی
- معمولاً بزرگ و سنگین هستند افت فشار بالایی دارند
- بخاطر تعدد قطعات مکانیکی قیمت نسبتاً بالایی دارند.
- دفعات تعمیرات بیشتری نیاز دارد.
- احتیاج به روغن کاری توسط سیال عبوری دارند
- نسبتاً پر سروصدا هستند.

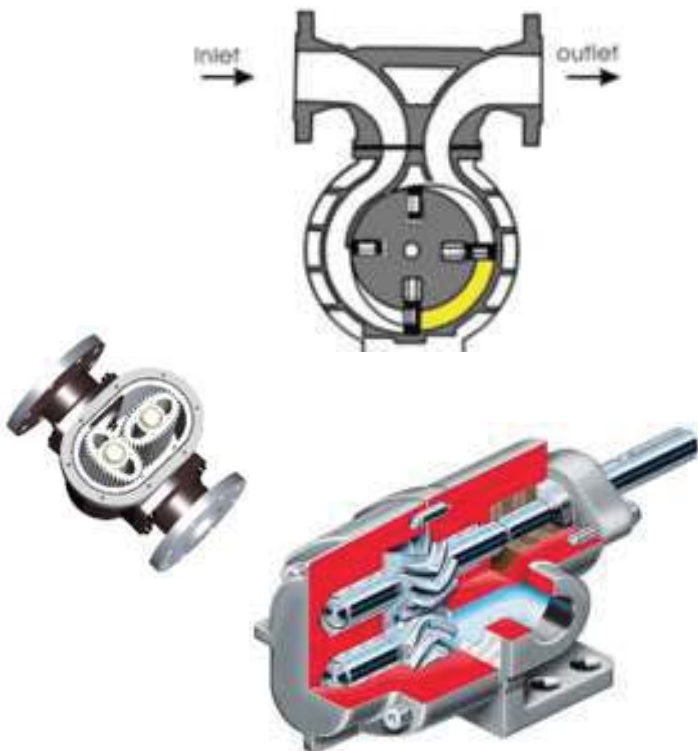
معرفی فلومیترهای متداول در صنعت



میترهای توربینی (Turbine Meter)

- + ابعاد کوچک و وزن کمی دارند.
- + بسیار خطی و تکرارپذیر هستند.
- + نسبت به سایر انواع فلومیتر ارزان‌ترند.
- + به علت محدود بودن قطعات مکانیکی به تعداد دفعات تعمیر کمی نیازمند می‌شوند.
- به شرایط جریان بالادست بسیار وابسته‌اند.
- عملکرد آن‌ها بسیار وابسته به گرانی سیال است.
- تنها برای جریان‌ات کاملاً تک فازی مناسب هستند.
- در سرویس‌های عملیاتی با سیال با ویسکوزیته بالا بازه عملکردی پایینی دارند

شکل ۱ - میترهای PD (Positive Displacement)



میتره‌های کوریولیس (Coriolis Meter)

- + این فلومیتر بر اساس اثر کوریولیس که یکی از اجزای شتاب برداری است کار می‌کند، به عبارتی اثر نیروی کوریولیس جریان عبوری با فرکانس تیوب‌های این میتر باعث ارتعاش شده و اختلاف فاز ایجاد شده در نمودار سینوسی ورودی و خروجی گویای جریان جرمی عبوری است (شکل شماره ۲).
- + دامنه شدت جریانی بالایی دارد.
- + قابلیت محاسبه چگالی به صورت همزمان را دارد.
- + شدت جریان وزنی را مستقیماً محاسبه می‌نماید.
- + به شرایط جریان بالادستی حساس نیست.
- + برای سرویس‌های دمایی و اسیدیته بالا کاربرد دارد.
- + در شدت جریانهای نزدیک به صفر همچنان پردقت می‌ماند.
- + برای اندازه‌گیری گاز مناسب است و بسیار تکرارپذیر است.
- محدودیت استفاده در شدت جریان‌های بالا را دارند.
- به شرایط نصب و نویز سیستم بسیار وابسته‌اند.
- جهت عملیات کالیبراسیون وزنی بایستی به محل دیگر منطبق شوند.
- احتیاج به Zero calibration دارند.

میتره‌های روزنه‌ای (Orifice Plate Meter)

- + قیمت بسیار پایین نسبت به سایر فلومیترها.
- + ابعاد و وزن کمتر نسبت به سایر فلومیترها.
- + کالیبراسیون ساده‌تر نسبت به سایر فلومیترها.
- + سهولت نصب و استفاده نسبت به سایر فلومیترها.
- + قابلیت استفاده در دماهای بسیار بالا مثل بخار سوپرهیت.
- افت فشار بالا.
- به شرایط نصب و نویز و ناخالصی در سیال بسیار وابسته‌اند.
- دقت کمتر نسبت به سایر فلومیترهای ذکر شده قبلی.
- احتیاج به کالیبراسیون مداوم دارند.



شکل ۲ - میتره‌های کوریولیس (Coriolis Meter)

مطالبی که باید در مورد سیستم میترینگ بدانیم

پرور (Prover) چیست؟

در سیستم‌های میترینگ که بر اساس دینامیک سیال مورد تبادل کار می‌کنند از فلو میترها استفاده می‌گردد. این میترها خود نیاز به آزمایش وضعیت عملکرد و سنجش دقت آن‌ها در اندازه‌گیری هستند. از این رو غالباً میترها با دستگاه آزمایش و کالیبراسیون خود در ارتباط می‌باشند که این مجموعه متعلقات به‌علاوه دستگاه آزمایش آن‌ها را پرور Prover می‌نامند. با توجه به محدوده دقت فلو میترها و به عبارتی محدوده خطای اندازه‌گیری آن‌ها، در تأسیسات نقل و انتقال و بارگیری مواد نفتی به همراه پرور مناسب خود بکار گرفته می‌شوند. در پایانه‌های بارگیری که مقدار شدت جریان نسبتاً زیادی مدنظر است و از طرفی دقت بالایی هم در اندازه‌گیری مطرح است، با توجه به نوع سیال (گرانروی، دما، فشار عملیاتی و فشاربخار سیال) از پرور با نوع خاص و متناسب با شرایط سیال استفاده می‌شود.

میتر فاکتور K-factor

عبارت است از نسبت حجم/جرم پایه استاندارد پرور به حجم/جرم استاندارد شمارش شده توسط فلو میتر در شدت جریان و سایر شرایط فیزیکی جریان. این مقدار به عنوان ضریب تصحیح فلو میتر در خصوص حذف خطاهای سیستمی ثابت بکار می‌رود.

جهت اطمینان از وضعیت کارکرد فلو میتر و حداقل بودن خطاهای تصادفی در هنگام عملیات پروینگ، تکرارپذیری

MF=Prover standard figure/Meter standard Figure



میزان خطی بودن یک فلو میتر با تعدادی عملیات پروینگ از مینیمم تا ماکسیمم شدت جریان کارکرد این فلو میتر بررسی می‌گردد. درمبادلات حقوقی-تجاری این میزان نباید از ۱۵/۰٪ تجاوز کند (شکل ۱ را ببینید).

عدم دقت در اندازه‌گیری

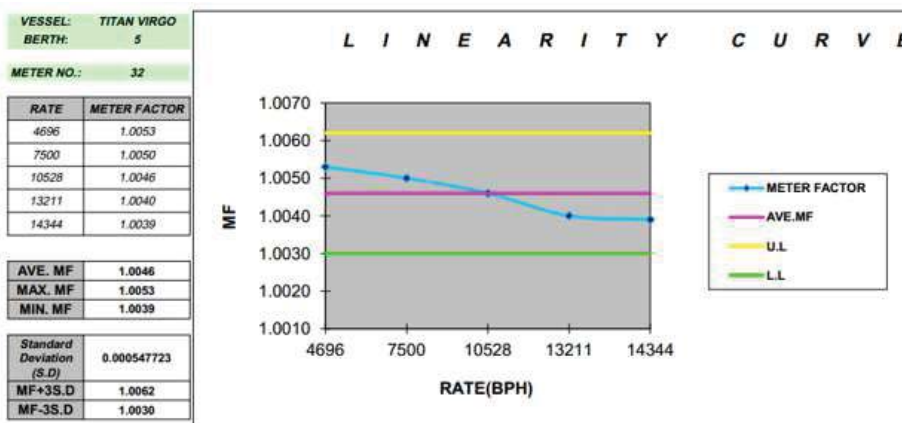
Uncertainty of measurement

با توجه به اینکه در بیان مقدار واقعی قطعیت کامل وجود ندارد، لذا در خصوص سیستم‌های اندازه‌گیری زنجیره‌ای از عدم اطمینان به مقادیر ذکر شده بوجد خواهد آمد که در نهایت منجر به عدم قطعیت کلی یک

فلو میتر بر اساس تعداد آزمایش متوالی پرور مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس مرز عدم قطعیت مورد توافق طرفین قرارداد تجاری، میزان مجاز تکرار پذیری بر اساس آزمایش‌های پروینگ متوالی مشخص شده و در صورت مثبت بودن نتایج، متوسط آن‌ها به عنوان میتر فاکتور در نظر گرفته می‌شود.

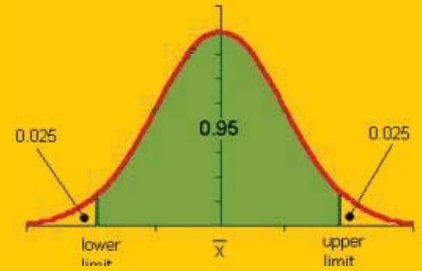
کارکرد خطی Linearity

جهت اطمینان از امکان استفاده از ضریب میتر فاکتور در گستره قابل قبولی از شدت جریان و عدم نگرانی از بی اعتبار شدن این ضریب در هنگام تغییرات متدوال شدت جریان عملیاتی،

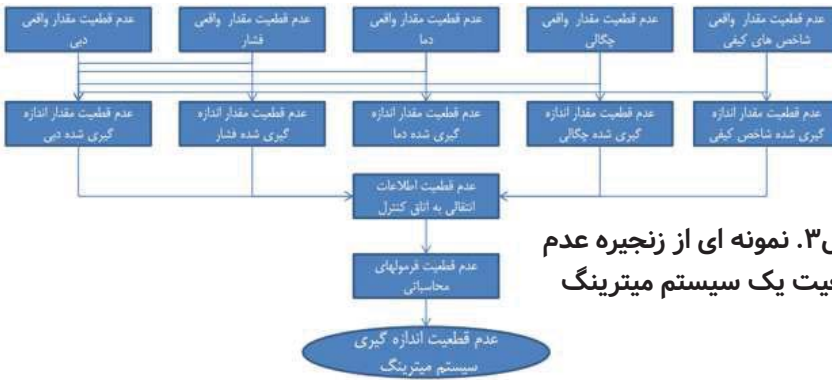


شکل ۱ - کارکرد خطی

شکل ۴



شکل ۳. نمونه ای از زنجیره عدم قطعیت یک سیستم میترینگ



۲. اطمینان پذیری بالای عملکرد با توجه به مجزا بودن محاسبات هر خط میتر
۳. محاسبات دقیق و منطبق بر استانداردهای بین المللی به وسیله فلو کامپیوترها
۴. امکان کنترل کامل عملیات توسط یک اپراتور از اتاق کنترل (شکل ۵)
۵. قابلیت آرشیو کامل شرح عملیات در بازه زمانی طولانی
۶. دریافت مشکلات عملکردی سیستم در قالب آلارم ها
۷. قابلیت کنترل از طریق سامانه های SCADA

نمونه گیر خودکار

سیستم های میترینگ جهت تست و نمونه گیری از سیال، از پکیج های نمونه گیر خودکار Fast Loop Auto Sampler برخوردار هستند. این تجهیزات عموماً دارای یک مجموعه ادوات پنوماتیک جهت نمونه گیری، پمپ های انتقال سیال و ظروف نمونه برداری مخصوص و کاملاً استاندارد شده ای هستند (شکل ۶).

سیستم میترینگ می شود. بطور کلی زنجیره عدم قطعیت یک سیستم میترینگ مانند شکل ۳ است:

درجه اعتماد Confidence level

در محاسبات آماری میزان عدم قطعیت بر پایه یک درجه اعتماد محاسبه می گردد. بطوریکه انحراف معیار استاندارد Standard deviation جهت تعیین بازه عدم قطعیت بر پایه توزیع آماری نرمال، خطی مثلثی، لگاریتمی و ... با یک پیش فرض درجه اعتماد مشخص محاسبه می گردد. معمولاً در مبادلات تجاری میزان درجه اعتماد برابر با ۹۵٪ انتخاب می شود (شکل ۴ را ببینید).

سیستم سوپروایزری

مهم ترین قابلیت سیستم های میترینگ پیشرفته دارا بودن یک سیستم اتوماتیک کنترل و نظارت با توانایی های زیر است:

۱. امکان برنامه ریزی و کالیبراسیون فلومیترها و انتقال دهنده ها از اتاق کنترل و به صورت کاملاً خودکار

شکل ۵. نمونه ای از سیستم سوپروایزری



شکل ۶. نمونه گیر خودکار