به‌کارگیری جریان‌سنج‌های چندفازی در صنایع بالادستی نفت

عباس محمدحسینی سی‌سخت[1]، غلامعباس صفیان[2]، امیر قاسم‌زاده[3] ■ شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب

◆ مقدمه

مهم‌ترین عملیاتی که به اندازه‌گیری دبی فازها در جریان تولیدی نیاز دارند، عبارتند از:

۱. پایش و بازبینی تولید یک چاه به منظور:
- بهینه‌سازی تولید[4]
- اطمینان از جریان دایمی و پایدار

۲. چاه آزمایی

۳. اندازه‌گیری میزان تولید

۴. مدیریت مخزن

۵. توسعه میادین

تمامی موارد یاد شده نیازمند مدل‌سازی جریان سیالات در مخزن، ستون چاه و خطوط لوله جریانی هستند و این امر نیازمند آگاهی از دبی جریانی فازهای مختلف تولیدی است. در زمینه بهینه‌سازی تولید و اطمینان از جریان دایمی و پایدار، می‌توان گفت که با شبیه‌سازی جریان در سامانه تولید[5]، نقاطی که باعث ایجاد بیش‌ترین افت فشار می‌شوند به‌عنوان گلوگاه[6]های اصلی افت فشار شناخته‌شده و براساس این شناخت، راه‌حل‌های مناسبی برای رفع نواقص موجود در سیستم یا طراحی بهینه سیستم در نظر گرفته می‌شود. در زمینه مدیریت تولید نیز آگاهی از میزان دقیق تولید با هدف اندازه‌گیری میزان برداشت از مخزن و تغییرات دبی فازها در طول زمان، برای پیش‌بینی تولید در آینده، امری حیاتی است. آگاهی از میزان دقیق آب، نفت و گاز تولیدی از چاه‌هایی که در نقاط مختلف یک مخزن قرار گرفته‌اند، می‌تواند در بررسی مشکلات احتمالی مربوط به مخروطی شدن آب و گاز و سطح تماس فازها در مخزن و در نهایت به درک بهتر رفتار مخزن به‌منظور حفظ ظرفیت تولید، دست‌یابی به دانش کافی در مورد سیالات درجا و تولید صیانتی از مخزن کمک شایانی نماید[۱].

در کنار اهمیت اندازه‌گیری جریان‌های چندفازی، مشکلات عمده‌ای نیز وجود دارند. همان‌گونه که پیچیدگی جریان چندفازی، برای مدل‌سازی این جریان دشواری‌هایی ایجاد کرده است، اندازه‌گیری این جریان‌ها نیز در مباحث مربوط به شناخت آن‌ها، فصل جدیدی به‌وجود آورده است. روش مرسوم در این زمینه (تفکیک گرهای چندفازی) نیز با محدودیت‌های بسیاری همراه بوده و جوابگوی نیازهای کارشناسان نمی‌باشد. فن‌آوری جریان‌سنج‌های چندفازی با بهره‌گیری از سایر فن‌آوری‌ها، قابلیت‌های تازه‌ای ایجاد کرده است؛ این فن‌آوری بسیاری از مشکلات روش‌های مرسوم را رفع نموده و علاوه بر آن توانسته است که به خوبی پاسخگوی نیازهای صنعت در این زمینه باشد. در این نوشتار به بررسی این فن‌آوری‌ها پرداخته شده و محدودیت‌ها و مزایای جریان‌سنج‌های چندفازی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

◆ تعاریف

● **درصد حجمی گاز**[7]: نسبت دبی حجمی گاز به دبی حجمی کل سیال در شرایط یکسان را درصد حجمی گاز گویند.

● **برش آب**[8]: برش عبارت است از نسبت دبی حجمی آب به دبی حجمی کل مایع تولیدی در شرایط یکسان.

● **خطای نسبی**: میزان تفاوت مقدار مورد نظر با مقداری که به عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود را خطای نسبی می‌نامند.

● **خطای مطلق**: میزان تفاوت مقدار مورد نظر با مقدار واقعی را خطای مطلق گویند.

● **رژیم جریان**: رژیم جریان عبارت است از چگونگی قرارگیری سیالات درون لوله نسبت به هم در جهت طولی و شعاعی.

◆ روش مرسوم در اندازه‌گیری جریان‌های چندفازی

روشی که هم‌اکنون به‌منظور اندازه‌گیری دبی نفت، گاز و آب سیال تولیدی از چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از تفکیک گرهای چندفازی است. در این روش چند راهه ورودی واحدهای بهره‌برداری و تجهیزات مربوط به مرحله آزمایش نصب می‌گردد. با تفکیک سیال ورودی به سه فاز آب، نفت و گاز، امکان اندازه‌گیری جریان هر فاز با استفاده از جریان‌سنج‌های مرسوم

---

[1] Mohamadhoseini.a@nisoc.ir
[2] Safian.g@nisoc.ir
[3] Ghasemzadeh.a@nisoc.ir
[4] Production optimization
[5] Production system
[6] Bottle neck
[7] GVF: Gas Volume Fraction
[8] WC: Water Cut

تـک فاز فراهم می‌شـود. این روش محدودیت‌هایی دارد که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱. این روش نیازمند به‌کارگیری تجهیزات زیاد و حجیم اسـت. این امـر باعـث می‌شـود کـه عملیات مربوطه با صرف زمان و هزینه نسبتاً زیادی انجام شود و در ضمن نیروی انسانی زیادی نیز درگیر عملیات هر چاه خواهند شد.

۲. بـا توجه به تجهیـزات زیاد مورد استفاده در این روش، تعمیر و نگه‌داری مداوم آن‌ها قابل ملاحظه می‌باشـد. این دستگاه‌ها در مناطق دریایـی، فضـای زیادی از سـکو را اشـغال می‌کنند و باعـث بالا رفتن هزینه ساخت سکو می‌شوند.

۳. ایـن سـامانه در مـواردی مانند جریان لخته‌ای شدید، کارایی مناسـب ندارد (به‌ویـژه در مناطق دریایی که فازها مسیری طولانی را با افت دمای قابـل ملاحظه‌ای طی کرده و جریان لخته‌ای شدید ایجاد می‌شود.)

۴. در ایـن روش امـکان پایش دایمی تولید وجود ندارد.

۵. در ایـن روش امـکان اندازه‌گیـری به‌صورت درجا و درون خطی[9] وجود ندارد.

۶. پرزحمت بودن کالیبراسیون دسـتگاه‌ها و تأثیرپذیـری آن از مهـارت نیروی انسـانی و شـرایط دستگاه‌ها که به حضور کارشناسان و نظارت بر اجرای عملیات نیاز دارد، یکی دیگر از این محدودیت‌هاست.

خروجـی ایـن سـامانه دبـی فازهای نفت، گاز و آب اسـت و تنها مزیت این روش، دقت نسـبتاً خوب آن (در مدتی که دستگاه‌ها به خوبی کالیبـره شـده و در شـرایط خوبی باشند) نسبت به سایر روش‌هاست.

بـا توجـه بـه محدودیت‌های تفکیک گرهـای چندفـازی، نیاز به روشـی که علاوه بر نداشـتن این محدودیت‌هـا، کارایی‌های بالاتری ماننـد توانایـی تشـخیص رژیـم جریـان، توانایی تشـخیص وجود ذرات جامـد و مقدار آن‌ها، قابلیت جابه‌جایی آسان و امکان دیجیتال کردن داده‌ها را داشته باشد، حس می‌شـود. هم‌چنیـن با گسـترش کاربردهـای رایانـه در زمینه‌های مختلـف صنایـع نفـت و گاز و گسـترش نرم‌افزارهای شبیه‌ساز، به سـامانه‌ای که بتوانـد داده‌های اندازه‌گیری شده را با دقت پردازش نماید و امکان انتقال سریع داده‌ها را فراهم آورد، نیاز است.

بـا توسـعه میادیـن در نقاط دور دسـت، این مسایل و مشکلات محسوس‌تر هستند و با الکترونیک کردن این سامانه‌ها، امکان افزایش دفعـات اندازه‌گیری و ذخیره حجم بالاتـر داده‌ها و انتقـال آن‌ها بین نقـاط مختلـف (حتی به شـهر یا کشـور دیگر) به‌راحتی امکان‌پذیر است.

◆ فن‌آوری جریان‌سنج‌های چندفازی

این فـن‌آوری از دهه ۱۹۸۰ پا به عرصـه صنایع نفت و گاز نهاده و با توجه به تاریخچه موجود، می‌تواند در زمینـه اندازه‌گیـری جریان‌های چندفـازی، جوابگـوی بسـیاری از نیازهـای صنعـت نفـت باشـد. جریان‌سـنج‌های چندفازی معمولاً ترکیبـی از دو یا چنـد فن‌آوری به شرح ذیل هستند:

۱. اصـول اندازه‌گیـری الکترو مغناطیسی

- فن‌آوری مایکروویو[10]
- ظرفیت الکتریکی – خازنی[11]
- ضریب هدایت الکتریکی[12]

۲. طیف‌سنجی یا چگالی‌سنجی با استفاده از اشعه گاما [13]

۳. نوترون‌سنجی

۴. افت فشـار جزیی با استفاده از ونتـوری[14]، مخروط V شـکل و اوریفیس[15]

۵. جابه‌جایی مثبت[16]

۶. فراصوت[17]

۷. رابطه عرضی[18] سـیگنال‌های الکترومغناطیسـی، رادیـواکتیـو و فراصـوت به‌منظـور محاسـبه سرعت‌های فازهای جریان[۱]

◆ چگونگی اندازه‌گیری ویژگی‌های جریان چندفازی

به‌منظـور به‌دسـت آوردن خصوصیات هر جریـان چند فازی (آب، نفت و گاز)، شش کمیت باید محاسبه شود. این کمیت‌ها، سرعت هرکدام از فازهای جریان و درصد هر فاز است. در برخی جریان‌سنج‌های چندفازی، بـا توجه به فاصله کمی که بیـن اندازه‌گیری‌ها وجود دارد، سـرعت فازهای مایع (آب و نفت) یا تمامی فازهـا را در یک فاصله با هم برابر فـرض می‌کنند. از آن‌جا که مجموع درصـد فازها برابر صد می‌باشـد، بـا اندازه‌گیـری درصد دو فـاز می‌توان درصد فاز سـوم را به‌دسـت آورد. بنابراین کمیت‌های مورد نیاز برای اندازه‌گیری کاهش می‌یابنـد. البتـه در ایـن ابـزار از همـزن (به‌منظـور یکسـان کردن جریـان) و کالیبراسـیون داده‌هـا (بـه منظور کاهش خطا) اسـتفاده می‌شـود. فن‌آوری‌هایـی کـه در جریان‌سـنج‌های چندفازی به‌کار بـرده می‌شـوند دو هـدف کلی را دنبال می‌نمایند:

۱. اندازه‌گیری سرعت جریان و سرعت فازها

۲. اندازه‌گیری نسبت فازها

در ادامه، اسـاس کار ابزارهایی که برای این اهداف مورد اسـتفاده قرار می‌گیرند بررسی خواهد شد.

● چگونگی اندازه‌گیری سرعت جریان

برای اندازه‌گیری سرعت جریان از فن‌آوری‌های ذیل استفاده می‌شود:

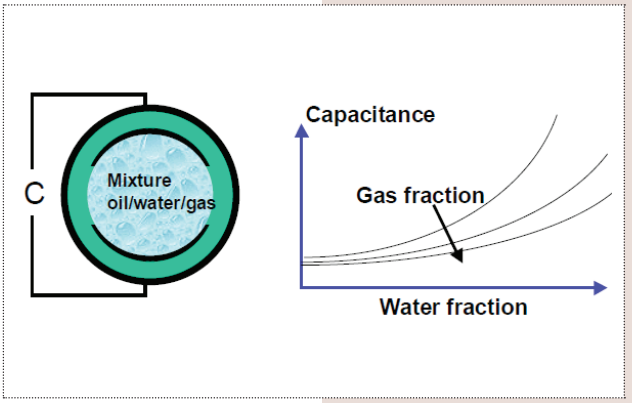
۱. ونتوری: با اندازه‌گیری اختلاف فشـار قبـل از ابزار و داخـل آن (که جریان محدودتر شـده است)، سرعت کلی جریان را به‌دست می‌آورند.

۲. ابزارهـای جابه‌جایی مثبت: این ابزار با روش مکانیکی (پیسـتون، دیافراگم یا پروانه)، سـیال عبوری را به حجم‌های مسـاوی تقسیم کرده و با توجه به تعداد حجم‌های ارسالی در واحد زمان، سـرعت کل را محاسـبه می‌کند.

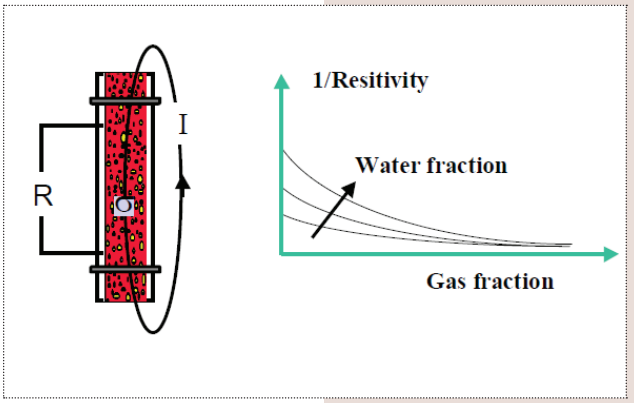
۳.رابطـه عرضی برای به‌دسـت آوردن سـرعت فازها و سـرعت کلی جریـان: ایـن روش نسـبت بـه دو روش قبـل از دقـت و کارایی بالاتری برخوردار اسـت. در ایـن روش از دو حسـگر که به فاصله مشخصی از هم قرار گرفته‌اند اسـتفاده می‌شود. این دو حسـگر امـواج خود را بـه درون سیال فرستاده و بازتاب آن را دریافت می‌کنند. ابزار مربوطه، سـیگنال‌های دریافتـی را برهم منطبـق نموده و با به دسـت آوردن اختلاف زمانی[19] دو سیگنال دریافتی از دو حسگر (که در واقع همان زمان حرکت سیال از محل حسگر اول به حسـگر دوم می‌باشد) و بـا معلوم بـودن فاصله دو حسـگر،

---

[9] In line
[10] Microwave technology
[11] Capacitance
[12] Conductance
[13] Gamma ray densitometry/ spectroscopy
[14] Venturi
[15] Orifice plate
[16] Positive displacement
[17] Ultrasonic
[18] Cross correlation
[19] Lag time



شکل ۱ | اندازه‌گیری ظرفیت خازنی سیال چندفازی



شکل ۲ | اندازه‌گیری ضریب گذردهی الکتریکی سیال

سرعت جریان را محاسبه می‌کنند[۱].

فن‌آوری‌هایی که در این زمینه استفاده می‌شوند عبارتند از:

- فن‌آوری مایکروویو
- اشعه گاما
- اصول هدایت الکتریکی
- امواج فراصوت

۴. استفاده از امواج فراصوت و پدیده داپلر[20]: امواج فراصوت، امواج صوتی با فرکانس بالاتر از ۲۰ هزار هرتز هستند. از روش داپلر برای اندازه‌گیری سرعت سیال درون لوله استفاده می‌شود. در جریان سنج‌های چندفازی نیز از این فن‌آوری به‌منظور درک رژیم جریان و سرعت فازها استفاده شده است. این روش توسط کریستین داپلر ابداع شد و اساس کار آن، اختلاف فرکانس خروجی از یک منبع صوت متحرک است. بدین صورت که امواج فراصوت به درون سیال فرستاده می‌شوند، این امواج توسط ذرات موجود در سیال، بازتابانده می‌شوند؛ سپس دستگاه فرکانس امواج بازتابی را محاسبه می‌کند. اختلاف فرکانسی که بین موج فرستاده شده و موج دریافتی وجود دارد از طریق رابطه ۱ به سرعت جریان، ارتباط داده می‌شود:

$$F = F_0 \times \frac{(C + V \times Cos(\alpha))}{(C - V \times Cos(\alpha))} \qquad (۱)$$

در رابطه ۱، F_0 فرکانس موج ارسالی، F فرکانس موج دریافتی، C سرعت صوت در سیال بر حسب cm/sec، V سرعت سیال و α زاویه ار سال امواج نسبت به جهت جریان است[۲].

شکل ۳ | نمونه نصب شده دستگاه در واحد بهره‌برداری

● چگونگی اندازه‌گیری نسبت فازها

به منظور اندازه‌گیری نسبت فازهای جریان از روش‌های ذیل استفاده می‌شود:

۱. روش‌هایی که از اشعه گاما استفاده می‌کنند:

● اشعه گاما به‌صورت تک انرژی[21]

این روش تنها برای تشخیص نسبت دو فاز (مایع و گاز یا آب و نفت)، به‌کار برده می‌شود. در این روش، اشعه به درون سیال فرستاده شده و نسبت فازها با اندازه‌گیری انرژی اشعه بازتابی و استفاده از رابطه ۲، به‌دست می‌آید:

$$I_m(e) = I_v(e)\, EXP[-\sum_{i=1}^{2} \alpha_i.\mu_i(e)\, d] \qquad (۲)$$

در رابطه ۲، $I_m(e)$ انرژی دریافت شده با وجود سیال، $I_v(e)$ انرژی دریافت شده در زمان خالی بودن لوله، μ_i ضریب خطی میرایی موج در حضور دو فاز، d قطر لوله و α_i کسر فاز i است. با توجه به این‌که مجموع کسر فازها برابر یک می‌باشد (یعنی: $\alpha_{water} + \alpha_{oil} = 1$)، بنابراین با استفاده از دو معادله، کسر هر فاز و نسبت آن‌ها محاسبه می‌شود.

● اشعه گاما به‌صورت دو انرژی[22]

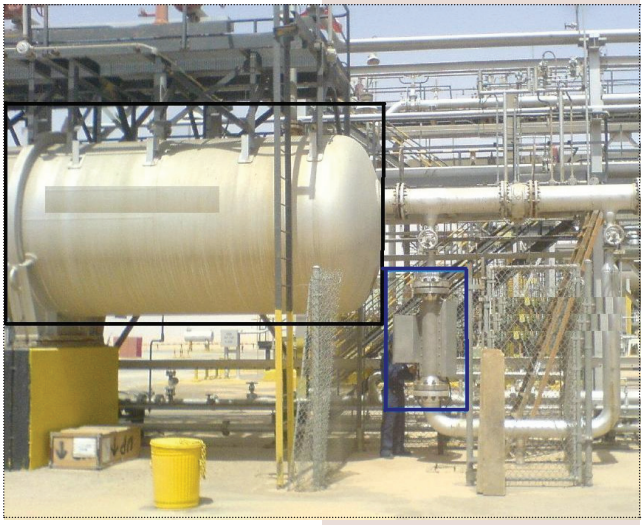
از این روش به‌منظور اندازه‌گیری نسبت فازهای جریان سه‌فازی استفاده می‌شود. اساس این روش نیز همانند اشعه گامای تک انرژی است؛ با این تفاوت که اختلاف انرژی دو اشعه را طوری تنظیم می‌کنند که از یکی برای تشخیص نسبت مایع به گاز و از دیگری برای تشخیص نسبت آب به نفت در فاز مایع استفاده شود. رابطه ۳ چگونگی محاسبه را نشان می‌دهد:

$$I_m(e) = I_v(e)\, EXP[-\sum_{i=1}^{3} \alpha_i.\mu_i(e)\, d] \qquad (۳)$$

از این رابطه دو معادله برای دو انرژی به‌کاربرده شده،

[20] Doppler
[21] Single energy gamma ray
[22] Dual energy gamma ray

شکل ۴| جریان‌سنج چندفازی سیار



شکل ۵| مقایسه دستگاه جریان‌سنج چندفازی با تفکیک‌گر چندفازی

به‌دست می‌آید. با توجه به این‌که مجموع کسر فازها برابر یک است (یعنی: $\alpha_{water}+\alpha_{oil}+\alpha_{gas}=1$)، بنابراین می‌توان α_{water}، α_{oil} و α_{gas} را محاسبه نمود.

۲. روش‌هایی که از خواص الکتریکی (ظرفیت خازنی و ضریب گذردهی الکتریکی) استفاده می‌کنند:

در این روش‌ها برای اندازه‌گیری نسبت فازهای موجود، از اندازه‌گیری خواص الکتریکی سیال عبورکننده استفاده می‌شود. در ادامه شرح چگونگی به‌کارگیری این روش‌ها ارایه می‌گردد.

- در روش اندازه‌گیری ظرفیت خازنی، دو حسگر که ثابت دی‌الکتریک را اندازه می‌گیرند، به فاصله مشخصی از یکدیگر قرار داده‌می‌شوند. اندازه‌گیری انجام شده، با توجه به مقدار هر فاز متفاوت است. این روش مقدار گاز و آب موجود را اندازه می‌گیرد که با استفاده از آن‌ها، مقدار نفت نیز محاسبه می‌شود. روش یادشده تا زمانی قابل استفاده است که نفت، فاز پیوسته باشد و گاز و آب درون آن پخش شده باشند. بدین منظور باید درصد آب کم‌تر از ۷۰-۶۰ درصد باشد. شماتیک این ابزار در شکل ۱ نشان داده شده است.
- زمانی که درصد آب از حد مجاز بیش‌تر شود، به‌جای استفاده از روش ظرفیت خازنی، روش اندازه‌گیری رسانایی (گذردهی الکتریکی)، به‌کار گرفته می‌شود. در این روش، جریان الکتریکی درون سیال برقرار می‌گردد؛ با اندازه‌گیری افت پتانسیل بین دو الکترود و مشخص بودن شدت جریان، مقاومت الکتریکی سیال (عکس ضریب گذردهی الکتریکی) محاسبه شده و به نسبت فازها تبدیل می‌شود. در شکل ۲ شماتیک دستگاه نشان داده شده است[۱].

◆ چگونگی کارکرد دستگاه جریان‌سنج چندفازی

جریان‌سنج‌های چندفازی، همزمان دبی تولیدی نفت، گاز و آب و نسبت آن‌ها را اندازه‌گیری کرده و به‌صورت دیجیتال نمایش می‌دهند. در برخی از این ابزارها، چگالی‌سنج نیز تعبیه شده است، این دستگاه امکان اندازه‌گیری چگالی فازها را میسر می‌سازد. این دستگاه‌ها به‌صورت یکپارچه بوده و با کامیون یا جرثقیل (در سکوهای دریایی) قابل حمل هستند. اتصالات آن‌ها از نوع فلنجی است و با قرار گرفتن در مسیر جریان، کمیت‌های مورد نظر را اندازه‌گیری می‌کنند. جریان سیالات پس از عبور از دستگاه، بار دیگر به مسیر اصلی خود باز می‌گردد. شکل ۳، نمونه نصب شده دستگاه را در یک واحد بهره‌برداری نفت نشان می‌دهد.

شکل ۴ نیز یک جریان‌سنج چندفازی سیار را نشان می‌دهد که با قابلیت حمل روی کامیون، امکان اندازه‌گیری در چاه‌های مختلف را فراهم می‌آورد.

در حال حاضر در ارتباط با جریان‌سنج‌های چندفازی از فن‌آوری یا مجموعه‌ای از فن‌آوری‌های مختلف استفاده می‌شود. به عنوان مثال، در یکی از این فن‌آوری‌ها که به‌صورت تجاری نیز عرضه شده است، از حسگرهای فراصوت فشار و دما و صفحات اریفیس درکنار هوش مصنوعی استفاده می‌گردد. این دستگاه امکان اندازه‌گیری میزان ماسه تولیدی را تا سقف ۱ درصد حجمی فراهم می‌سازد. در یک فن‌آوری دیگر، اشعه گاما به همراه ونتوری به‌کار برده شده است. هر ابزار، مزایا و معایب مربوط به خود دارد و با توجه به شرایط مختلف چاه‌ها، می‌توان از ابزار مناسب استفاده کرد. خروجی همگی این دستگاه‌ها، دبی آب، نفت و گاز، نسبت آن‌ها و چگالی هر فاز به صورت الکترونیک و قابل پردازش در رایانه می‌باشد[۳].

◆ مزایای جریان‌سنج‌های چندفازی

ویژگی اصلی این دستگاه‌ها، جابه‌جایی و نصب آسان و سریع به همراه اندازه‌گیری دبی سیالات در مدت زمان اندک است. سایر مزایای این ابزارها عبارتند از:

۱. عدم نیاز به جداسازی فازها و خارج کردن چاه از مدار تولید

جدول ۱ | حداکثر خطای قابل قبول در اندازه‌گیری توسط جریان‌سنج‌های چندفازی [۵]

کمیت اندازه گیری شده	حداکثر خطای قابل قبول
دبی نفت	خطای نسبی ۵ درصد
دبی گاز	خطای نسبی ۵ درصد
درصد آب	خطای مطلق ۲ درصد

جدول ۲ | دقت اندازه گیری مورد نیاز در زمینه های مختلف صنعت نفت [۶]

کمیت اندازه‌گیری شده	شبیه سازی مخزن	پایش مخزن	تخصیص تولید میدان	کنترل فرآیند	محاسبات مالی
دبی نفت	≤ ± ۵ %	≤ ± %۴	≤ ± %۲	≤ ± %۰/۵	≤ ± % ۰/۰۵
دبی گاز	≤ ± % ۶	≤ ± %۵	≤ ± %۲	≤%۱	≤ ± % ۰/۲۵
دبی آب	≤ % ۵	≤%۴	≤%۱	≤%۱	-

۲. عدم نیاز به مهارت خاص در کالیبراسیون دستگاه (در بعضی موارد حتی کالیبراسیون به‌صورت خودکار انجام می‌شود.)

۳. آسان بودن استفاده از دستگاه و نیاز اندک به نیروی انسانی

۴. انتقال خودکار داده‌ها به رایانه و تجزیه و تحلیل اطلاعات با سرعت زیاد

۵. امکان پایش دایمی تولید چاه

۶. اندازه‌گیری درون خطی و درجا

۷. حجم و وزن کم و نصب آسان

در شکل ۵، یک دستگاه جریان‌سنج چندفازی و یک تفکیک گر چندفازی نشان داده شده است. هر دوی این دستگاه‌ها در ورودی واحد بهره‌برداری نفت نصب شده‌اند. همان‌طور که در شکل نیز مشخص است، جریان‌سنج چندفازی مشکلات مربوط به محدودیت جا و حجم تجهیزات را به‌خوبی حل نموده است[۱،۳،۴].

◆ محدوده عملکرد جریان‌سنج‌های چندفازی و دقت آن‌ها

با توجه به این‌که جریان‌سنج‌های چندفازی در چه ابعاد و با استفاده از چه فن‌آوری‌هایی ساخته شده باشند، دقت اندازه‌گیری آن‌ها و محدوده عملکردشان متفاوت است. مهم‌ترین عامل مؤثر بر دقت اندازه‌گیری این ابزار، درصد حجمی گاز است. با افزایش درصد حجمی گاز، خطا نیز افزایش می‌یابد. در جدول ۱، حداکثر خطای قابل چشم‌پوشی برای این ابزار که معمولاً محدوده عمل آن‌ها نیز می‌باشد، آورده شده است. جدول ۲ نیز دقت اندازه‌گیری مورد نیاز صنعت در زمینه‌های مختلف را ارایه می‌کند.

◆ نتیجه‌گیری

با توجه به تنوع فن‌آوری‌های به‌کار گرفته شده در جریان‌سنج‌های چندفازی، قبل از انتخاب و به‌کارگیری این نوع تجهیزات، باید فن‌آوری‌های استفاده شده به‌خوبی بررسی گردند و دقت اندازه‌گیری آن‌ها مورد آزمایش قرار گیرد؛ سپس در صورت قابل اطمینان بودن نتایج حاصله، نسبت به به‌کارگیری آن‌ها اقدام شده و جریان‌سنج چندفازی با فن‌آوری مناسب انتخاب شود.

با افت فشار مخازن و افزایش تولید گاز اضافی و آب، به‌تدریج نیاز به آگاهی از جریان سیالات چندفازی و میزان تولید هر فاز، اهمیت پیدا می‌کند. به‌منظور مدیریت صحیح مخزن و تولید صیانتی از آن و طراحی مناسب چاه‌های تولیدی، به پایش دایمی سیالات تولیدی از هر چاه نیاز است؛ تا بتوان اطلاعات به‌دست آمده را به بخش‌های مختلف مخزن و در نهایت به تمام مخزن تعمیم داد.

با توجه به مطالب یاد شده، می‌توان گفت که با افزایش اهمیت اندازه‌گیری جریان‌های چندفازی در صنایع نفت و گاز در مرحله برداشت ثانویه از مخازن و به‌منظور تولید صیانتی از مخازنی که در مرحله اولیه تولید هستند، تفکیک‌گرهای چندفازی با توجه به سرعت عمل پایین، قادر به پاسخ‌گویی نخواهند بود. علاوه بر این، با توجه به مزایای جریان‌سنج‌های چندفازی، به‌کارگیری آن‌ها می‌تواند در زمینه‌های مختلفی که در نهایت به بهینه‌سازی تولید صیانتی از مخازن منجر می‌شود، مفید واقع گردد.

◆ منابع

[1] The Norwegian Society for Oil and Gas Measurement, "HANDBOOK OF MULTIPHASE FLOW METERING"; Revision 2,March 2005, ISBN 82-91341-89-3.

[2] S. Eckert, G. Gerbeth, V.I.Melnikov, C.-H. Lefhalm, J. Knebel," Application of Ultrasound Doppler Velocimetry to flows of Hot Metallic Melts", Third International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, EPFL, Lausanne, Switzerland, September 9 - 11, 2002.

[3] Haimo Technologies Inc. "A Decade at the forefront of Innovation of Multiphase Well Testing Solutions", HAIMO MFM BROCHURE – April 2005.

[4] "Production-Well-Testing Optimization With Multiphase Flow meters", Journal of Petroleum Technology, Production Operations, March 2007.

[5] Busaidi K. and Bhaskaran H. , Petroleum Development Oman (PDO), "Multiphase Flow Meters: Experience and Assessment in PDO"; SPE 84505 was prepared for presentation at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Denver, Colorado, U.S.A, 5-8 October 2003.

[6] Bekkousha M. et al, Abu Dhabi Company for Oil Operations (ADCO) UAE, "Multiphase flow meters (MFPM)- Field trials and their applications in fields"; SPE 88742 was prepared for presentation at the 11th Abu Dhabi international Petroleum Exhibition and Conference, U.A.E., 10–13 October 2004.