

سیستم‌های جریان سنجی
در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی

www.ketab.ir

مهندس داود باهر

سیستم‌های جریان‌سنجی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی / مولف داود باهر - تهران: فرامعنا، ۱۳۸۹.

ISBN: 978-600-90800-8-3

۲۳۸ ص: مصور (سیاه و سفید)، نمودار.

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

موضوع: ۱- جریان‌سنج‌ها، ۲- نفت، اندازه‌گیری

۶۸۱/۲۸

۱۳۸۹ س ۹/ب ۹۳۵/ت ج

۱۹۹۵۲۵۴

کتابخانه ملی ایران



دهر فرامعنا



PetroSina

Procurement Services
and Business Development

با حمایت شرکت پتروساینو

سیستم‌های جریان‌سنجی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی

مولف: داود باهر

ویراستار فنی: محمد علی سعیدی

ویراستار: عظمیا مفیدی

ناشر: فرامعنا

چاپ اول: ۱۳۸۹

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۵۰۰۰ تومان

چاپ: هادی

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۰۸۰۰-۸-۳

نشانی: تهران، خیابان ولیعصر، خیابان محمودیه، کوچه صفای اصفهانی، پلاک ۴۱

تلفن: ۲۲۰۱۰۸۷۹

به نام خدا

سخن مدیرعامل

اهمیت صنعت نفت و گاز در اقتصاد کشور و اثر منحصر به فرد آن بر توسعه و پیشرفت اقتصادی کشور ناگفته پیداست. در بسیاری از کشورها مانند برزیل و نروژ، این صنعت توانسته منشأ ایجاد و توسعه نوآوری‌های مهندسی و همچنین تشکیل شرکت‌های پیشرفته و پردرآمد در حوزه‌ی فن‌آوری شود. مبنای این حرکت توسعه‌ی دانش‌محور و توجه به فن‌آوری در کنار انجام بهینه‌ی پروژه‌ها بوده است.

شرکت پتروساینو با مأموریت تأمین تجهیزات پیچیده‌ی صنایع مختلف به‌ویژه نفت و گاز، پیوسته می‌کوشد ضمن توسعه‌ی دانش خود در این حوزه، با انجام دقیق مهندسی خرید، به سهم خود سطح کیفیت اجرای پروژه‌های صنعتی را ارتقا دهد. شرکت پتروساینو تلاش می‌کند نیازهای مشتریان خود را به بهترین نحو از منابع معتبر بین‌المللی تأمین کند تا در کنار انجام هر پروژه، به رشد پایه‌ی دانش و سطح فن‌آوری مشتریان کمک شود. به امید این که همانند سایر کشورهای موفق، این دانش‌محوری به توسعه‌ی توان مهندسی داخلی و بهبود کیفیت تولید داخلی و در نتیجه رشد صادرات بینجامد.

شرکت پتروساینو که در کشور چین به ثبت رسیده، پیشرو در حرکت به سوی افزایش تعداد منابع خارجی در تأمین خدمات و کالاهای تخصصی صنایع گوناگون است. این شرکت وظیفه‌ی اجتماعی

خود می‌داند در راه توسعه‌ی دانش مهندسی در کشور گام بردارد و به این منظور از تجربیات کارشناسان زبده بهره‌گیرد.

کتاب حاضر که با تلاش آقای مهندس باهر، از کارشناسان مجرب این شرکت تألیف شده، به موضوع سیستم‌های جریان‌سنجی می‌پردازد. در این کتاب به شکل جامع به مبانی علمی، فنی، آماری و ابعاد عملی به کارگیری این سیستم‌ها پرداخته شده است. سیستم‌های جریان‌سنجی بخشی مهم در صنعت نفت و گاز را تشکیل می‌دهند و مانند چشم و گوش، اطلاعات ورودی را جهت فرآیند کنترل تأمین می‌کنند. بدیهی است که جمع‌آوری اطلاعات ورودی صحیح، ضروری‌ترین گام در جهت ارتقای سیستم‌ها و بهره‌بری از نرم‌افزارهای پیچیده و همچنین ایمنی، حفظ کیفیت و نیز سطح تولید به شمار می‌آید.

امیدواریم این تلاش هدیه‌ای درخشان و شایسته به جامعه‌ی مهندسان و طراحان در این زمینه باشد و در آینده با گام‌هایی دیگر تداوم یابد. در صورتی که مایل باشید ما را از دیدگاه‌های ارزشمند خود بهره‌مند سازید، می‌توانید با مراجعه به وبگاه شرکت به نشانی: www.petro-sino.cn و ارسال ای‌میل با موضوع «در مورد کتاب...»، ما را در بهبود و ارتقای مستمر مطالب کتاب حاضر همراهی فرمایید.

فهرست

مقدمه	۱۵
۱. مبانی سیستم‌های اندازه‌گیری	۱۷
۱-۱. چرا باید جریان سیالات را اندازه گرفت؟	۱۷
انتقال بین خریدار و فروشنده / تمرکزی	۱۷
اندازه‌گیری با احتساب مالیات	۱۸
نشت‌یابی	۱۹
کنترل	۲۰
۱-۲. مفهوم جریان	۲۰
جرم	۲۱
انرژی	۲۱
حجم استاندارد	۲۲
حجم واقعی	۲۲
روغن خشک	۲۳
۱-۳. سازندگان سیستم‌های اندازه‌گیری	۲۴
۱-۴. واژگان رایج در اندازه‌گیری	۲۵
تفکیک پذیری	۲۵
تکرار پذیری	۲۶
قطعیت ناپذیری	۲۶
محدوده پذیری	۲۷
خطی پذیری	۲۷
۱-۵. خواص سیال	۲۸

جرم.....	۲۸
دانسیته.....	۲۹
ویسکوزیته.....	۲۹
وزن مولکولی.....	۳۱
تراکم پذیری.....	۳۱
ارزش گرمایی.....	۳۱
فشار و دما.....	۳۳
۲. نگاه اجمالی به انواع جریان سنج ها.....	۳۵
۱-۲. گروه های اصلی انواع جریان سنج.....	۳۵
اورفیس ها، ونچوری ها و بازل ها.....	۳۶
سایر جریان سنج های اختلاف فشار.....	۳۷
جریان سنج های جابه جایی مثبت.....	۳۷
جریان سنج های توربینی.....	۳۸
نوع نوسانی.....	۳۸
الکترومغناطیسی.....	۳۸
فراصوتی.....	۳۹
جریان سنج های گرمی.....	۳۹
نوع حرارتی.....	۳۹
۲-۲. جدول دسته بندی جریان سنج ها.....	۴۰
۲-۳. انتخاب جریان سنج.....	۴۱
۳. مروری بر برخی تئوری های مکانیک سیالات.....	۴۴
۱-۳. رفتار سیال.....	۴۴
اصل بقای جرم.....	۴۴
قوانین ترمودینامیک.....	۴۴

۴۴	 قانون صفرم ترمودینامیک
۴۵	 قانون اول ترمودینامیک
۴۵	 قانون دوم ترمودینامیک
۴۵	 معادله برنولی
۴۶	 قانون گاز کامل
۴۷	 ۲-۳. تشابه دینامیکی و عدد رینولدز
۴۹	 ۳-۳. جریان آرام و درهم
۵۱	 ۳-۴. حجم استاندارد
۵۲	 ۴. جزئیات جریان سنج ها
۵۳	 ۴-۱. جریان سنج های توربینی
۵۳	 ۴-۱-۱. مقدمه ای بر جریان سنج های توربینی
۵۶	 ۴-۱-۲. انواع جریان سنج های توربینی
۵۶	 انواع روتور
۵۹	 مجموعه ی کپسول
۵۹	 یاتاقان ها
۶۰	 ۴-۱-۳. جزئیات جریان سنج های توربینی
۶۰	 جریان سنج های رایج
۶۲	 ۴-۱-۴. جریان سنج های توربینی ویژه ی گاز
۶۶	 ۴-۱-۵. جریان سنج های توربینی دارای تیغه از نوع مارپیچ
۶۷	 ساختار
۶۸	 عملکرد
۷۱	 ۴-۱-۶. انتقال پالس
۷۲	 انتقال دوگانه پالس و امنیت پالس
۷۵	 ۴-۱-۷. تأمین کنندگان اصلی

۷۶	۴-۲ . اورفیس
۷۷	۴-۲-۱ . نحوه‌ی عملکرد
۸۰	۴-۲-۲ . محفظه‌های نگهدارنده اورفیس
۸۱	محفظه‌های نگهدارنده با جایگاه دوگانه
۸۳	محفظه‌های نگهدارنده با جایگاه تکی
۸۵	اورفیس فلنچ
۸۶	۴-۲-۳ . یادداشت‌های کاربردی
۸۶	ضریب بتا یا قطر
۸۶	نیازمندی‌های نصب
۸۸	کالیبراسیون
۸۹	تعمیرات
۹۰	سیگنال‌های ثانویه
۹۱	۴-۲-۴ . عیب اورفیس
۹۱	۴-۲-۵ . کاربرد اورفیس‌ها برای مایعات
۹۲	۴-۳ . جریان‌سنج‌هایی با جابه‌جایی مثبت
۹۲	۴-۳-۱ . آشنایی با جریان‌سنج‌های جابه‌جایی مثبت
۹۴	۴-۳-۲ . مثال‌هایی در مورد جریان‌سنج‌های با جابه‌جایی مثبت
۹۶	۴-۳-۳ . تجهیزات ثانویه
۹۸	۴-۴ . جریان‌سنج‌های کوریولیس
۹۸	۴-۴-۱ . آشنایی با جریان‌سنج‌های کوریولیس
۱۰۲	۴-۴-۲ . نحوه‌ی عملکرد جریان‌سنج‌های کوریولیس
۱۰۴	۴-۴-۳ . سازندگان اصلی
۱۰۴	۴-۴-۴ . معرفی تولیدات برخی از سازندگان جریان‌سنج‌های کوریولیس
۱۰۴	شرکت Rheonik

۱۰۶.....	شرکت Emerson / Micro-Motion
۱۰۸.....	شرکت Endress and Hauser
۱۰۸.....	شرکت Krohne
۱۰۹.....	شرکت Invensys / Foxboro
۱۰۹.....	۴-۵. جریان سنج‌های فراصوت
۱۱۴.....	۴-۵-۱. طراحی‌های چند مسیره
۱۱۵.....	۴-۵-۲. سنسورها و مشکل جریان سنج‌های Clamp-On
۱۱۷.....	۴-۵-۳. تأمین کنندگان
۱۱۷.....	۴-۵-۴. نکات کاربردی
۱۱۷.....	ویسکوزیته
۱۱۸.....	یکنواخت کننده‌های جریان
۱۱۹.....	ضرایب تصحیح
۱۱۹.....	سیگنال‌ها
۱۲۰.....	۴-۶. یکنواخت سازی جریان
۱۲۰.....	۴-۶-۱. شرح عمومی یکنواخت سازی جریان
۱۲۱.....	۴-۶-۲. استانداردها
۱۲۲.....	۴-۶-۳. انواع یکنواخت سازها
۱۲۲.....	کلاف لوله‌ای
۱۲۴.....	یکنواخت سازهای مدل Etoile
۱۲۶.....	صفحه‌های مسطح
۱۲۶.....	یکنواخت سازهای کامپوزیتی
۱۲۹.....	معرفی یکنواخت سازی با طراحی متفاوت
۱۲۹.....	۴-۶-۴. موارد کاربرد
۱۳۱.....	۵. مروری اجمالی بر برخی محاسبات مورد نیاز در سیستم‌های اندازه‌گیری

۱۳۱	۵-۱. "Thermowell" ها و تجهیزاتی که در تماس مستقیم با سیال فرآیند هستند
۱۳۲	۵-۲. اثر ژول-تامسون
۱۳۲	۵-۳. محاسبات دقت
۱۳۵	۶. سنجش
۱۳۵	۶-۱. سنجش گرهای جریان
۱۳۷	۶-۲. سنجش گرهای دارای جریان دو طرفه
۱۴۰	تعیین ابعاد
۱۴۱	توپک (Sphere)
۱۴۳	شیر چهارراهه
۱۴۶	سونیچ های آشکارساز توپک
۱۴۸	محفظه های انتهایی
۱۵۱	۶-۳. سنجش گرهای یک طرفه
۱۵۳	۶-۴. سنجش گرهای فشرده
۱۵۶	۶-۵. محاسبات و پیچیدگی های سنجش گر
۱۶۰	مشخصات کالیبراسیون جریان سنج
۱۶۲	۷. نمونه گیری
۱۶۳	۷-۱. شرح کلی نمونه گیری
۱۶۴	۷-۲. حلقه های کنارگذر و جریان ایزو سینتیک
۱۶۶	۷-۳. نمونه گیرها
۱۷۱	۷-۴. کنترل نمونه گیر
۱۷۲	۷-۵. ظرف های دریافت کننده ی نمونه
۱۷۵	۷-۶. همزن های آزمایشگاهی
۱۷۷	۷-۷. همزن های ایستا و با فشار
۱۷۸	۸. سایر تجهیزات

۱۷۸	۸-۱. کروماتوگراف گاز
۱۸۱	۸-۱-۱. سیستم‌های فرآوری نمونه
۱۸۴	۸-۱-۲. سازندگان
۱۸۴	۸-۱-۳. نکات مهم
۱۸۴	۸-۲. دانسیته سنج‌ها
۱۸۷	۸-۲-۱. دانسیته سنج‌های ویژه‌ی مایعات
۱۸۹	۸-۲-۲. دانسیته سنج‌های ویژه‌ی گازها
۱۹۲	۸-۲-۳. مشکلات و راه‌حل‌های دیگر
۱۹۳	۸-۳. مانیتورینگ آب در نفت
۱۹۷	نکات کاربردی
۱۹۷	۸-۴. شیر دو تکه قابل آب‌بندی ساخت شرکت General
۱۹۹	روش عملکرد
۲۰۳	۹. مناطق پر خطر
۲۰۵	۹-۱. طبقه‌بندی
۲۰۸	۹-۲. تکنیک‌های حفاظت
۲۰۸	۹-۲-۱. افزایش ایمنی
۲۰۹	۹-۲-۲. ضد شعله
۲۱۰	۹-۲-۳. ایمنی ذاتی
۲۱۱	دیود یا مانع ایمن کننده غیر فعال
۲۱۲	سطح مشترک IS فعال یا IS عایق کننده
۲۱۴	۱۰. محاسبه‌گرهای جریان
۲۱۵	۱۰-۱. اتصالات
۲۱۵	ورودی‌ها
۲۱۶	ارتباطات

۲۱۷	خروجی‌ها
۲۱۷	۱۰-۲. محاسبات
۲۱۸	۱۰-۲-۱. دبی
۲۱۹	۱۰-۲-۲. دانسیته
۲۱۹	گاز
۲۲۰	مایع
۲۲۱	ملاحظات کاربردی
۲۲۱	۱۰-۲-۳. ارزش گرمایی
۲۲۲	۱۰-۲-۴. شدت جریان‌های جزیی
۲۲۳	۱۰-۳. مثال کاربردی
۲۲۵	۱۱. سیستم ناظر
۲۲۶	۱۱-۱. ارتباطات
۲۲۸	۱۲. مراجع فنی
۲۲۸	۱۲-۱. اختصارات فنی
۲۳۱	۱۲-۲. استانداردهای رایج در سیستم‌های اندازه‌گیری
۲۳۱	۱۲-۲-۱. استانداردهای AGA
۲۳۲	۱۲-۲-۲. استانداردهای GPA
۲۳۲	۱۲-۲-۳. استانداردهای ISO
۲۳۴	۱۲-۲-۴. استانداردهای OIML
۲۳۴	۱۲-۲-۵. استانداردهای MPMS
۲۳۷	فهرست منابع

مقدمه

با توجه به اهمیت سیستم‌های اندازه‌گیری در محاسبات کمی و کیفی محصولات صنایع بالادستی و پایین دستی و لزوم وجود منابع به زبان پارسی بر آن شدم تا با توجه به تجارب در این زمینه، به تألیف کتابی اقدام کنم که در برگیرنده‌ی توضیحات لازم و کاربردی در این باره باشد.

بدیهی است، هر دانشی اصطلاحات خاص خود را دارد، به‌طوری‌که بدون اطلاع از آن‌ها نمی‌توان ارتباط دقیق با دانش مورد نظر را برقرار کرد. تلاش نموده‌ام که اصطلاحات مربوط به سیستم‌های اندازه‌گیری به سادگی، تشریح شوند تا به سهولت، به‌خاطر سپرده شوند.

بخش عمده‌ی این کتاب، راجع به جریان‌سنج‌ها می‌باشد که در این زمینه باید اطلاعات مقدماتی از ریاضیات و آمار داشته باشیم.

واضح است، تهیه‌ی چنین اثری با تمام دقتی که در تألیف آن لحاظ نموده‌ام، نمی‌تواند خالی از اشکال باشد؛ بنابراین از تمام خوانندگان محترم تقاضا دارم، تا دیدگاه‌های اصلاحی خود را به آدرس ناشر ارسال نمایند، تا در ویرایش‌های آینده مورد توجه قرار گیرند.

از همکاری صمیمانه‌ی مدیران موفق شرکت آسیا ابزار دقیق، سرکار خانم مهرداد و جناب آقای مهندس موحدیان، پیشگامان مؤثر در زمینه‌ی انتقال تکنولوژی و ساخت داخلی سیستم‌های اندازه‌گیری در ایران سپاسگزارم؛ زیرا بدون کمک‌های ایشان تهیه‌ی چنین اثری هرگز میسر نبود، همچنین باید از زحمات بی‌شائبه‌ی آقایان استیفن یانگ، آنتونی دینگل، جان پترسون، مایک سیبروک، دیوید لوید، کیت بنیستر و ماهش کومار تشکر و قدردانی ویژه‌ی نمایم که برای اینجانب دوره‌های متعدد آموزشی بسیار مفیدی در انگلستان، فرانسه و ایران برگزار نمودند. در پایان از شرکت پتروساینو به‌دلیل نشر این کتاب بویژه جا

دارد که از سرکار خانم سجاسی بهخاطر کلیه هماهنگی‌های لازم برای چاپ، آقای مهندس محمد علی سعیدی بهخاطر ویرایش فنی، آقای دکتر مجتبی سمنانی رهبر بهدلیل ارائه نقطه نظرات اصلاحی در زمینه انتخاب واژگان فنی کتاب کمال امتنان را دارم.

داود باهر
کارشناس ارشد فرآیند

www.ketab.ir