

اصول اندازه‌گیری جریان سیالات

پایش، کنترل و اندازه‌گیری به قصد فروش،
سامانه‌های اندازه‌گیری،
محاسبات حجم
سامانه‌های صحت‌سنجی و واسنجی صحت‌سنج‌ها

نویسنده:

محمد حسن موحدی

movahed61@nipc.net

موحدی، محمد حسن
اصول اندازه گیری جریان سیالات: پایش، کنترل، اندازه گیری، قصد فروش، سامانه های اندازه گیری ... / نگارنده محمد حسن موحدی -

قم: معبود، ۱۳۹۰

۳۵۵ ص: مصور، جدول، نمودار

ISBN 978-964-8572-94-0 ۱۸۰۰۰ ریال:

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

م.ع. انگلیسی: M.H.Movahedi. Flow Measurement Principles

کتابنامه: ص. ۳۵۲-۳۵۴

۱. جریان سنجها. ۲. سیالات - مکانیک. الف. عنوان.

۶۸۱/۲۸

۶ الف م ۸ / ۹۳۵ TJ

نویسنده: محمد حسن موحدی

ناشر: انتشارات کوهسار

چاپ: آبنوس

لیتوگرافی: مهران

تیراژ: ۱۷۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول - تابستان ۱۳۹۱

قیمت: ۱۸۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۵۷۲-۹۴-۰

طراحی و صفحه بندی: الفبای چاپ

تلفن مرکز پخش:

۱. انتشارات کوهسار، عضو تعاونی توزیع کنندگان کتاب تهران، www.kouhsarpup.com

آدرس: تهران، خیابان ۱۲ فروردین، خیابان روانمهر، نرسیده به فخر رازی، پلاک ۱۰۸.

تلفن ۶۶۴۶۵۴۲۶ و ۶۶۴۱۷۶۸۰، رایانامه: info@kouhsarpup.com

www.adinebook.com

۲. نشر آدینه، سفارش از طریق اینترنت

رایانامه: metering.f@gmail.com

۳. پخش مستقیم: همراه ۰۹۳۵ ۱۸۹ ۴۲۸۷

تقدیر و تشکر

کلمه به کلمه‌ی این نوشتار روی کاغذ جاری نمی‌شد، مگر با مساعدت، هم‌فکری و تشویق‌های عزیزانی که هم حق استادی به گردن دارند و هم به طور مداوم از تشویق‌های آنان برخوردار بوده‌ام. لذا در این جا بر خود لازم می‌دانم بعد از حمد و سپاس خداوند، از تمامی این عزیزان کمال تشکر و سپاسگزاری را داشته باشم.

لازم به ذکر است که نهایی سازی بخش‌های مربوط به محاسبات حجم، نحوه‌ی صحت‌سنجی دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان و واسنجی صحت‌سنج‌ها را مرهون عزیزان آموزش مرکزی صنعت نفت دانسته و به این وسیله مراتب سپاس ویژه‌ی خود را اعلام می‌دارم:

- مسئولین محترم مرکز آموزش مدیریت (محمودآباد) و به ویژه "جناب آقای مهندس محسن نفوی فر" به واسطه‌ی اهتمام ویژه جهت برگزاری کلاس‌های پر بار Metering
- "جناب آقای مهندس اصغر حنفری سنجری" که ضمن دانش‌آموزی از محضر وی، در بخش صحت‌سنجی کتاب از نمونه مثال‌ها و محاسبات کاربردی ارائه شده توسط ایشان در کلاس‌های درس، وام گرفته شده است.

هم‌چنین، بر خود لازم می‌دانم از مدیریت محترم منابع انسانی شرکت ملی نفت ایران، اعضای محترم کمیته‌ی انتشارات و به ویژه رییس محترم مرکز اطلاع رسانی و کتابخانه‌ی مرکزی شرکت ملی نفت ایران و داوران عزیز که امکان نشر این اثر را فراهم نمودند صمیمانه سپاس‌گزاری نموده و برای این عزیزان آرزوی توفیق روزافزون بنمایم.

در پایان جا دارد از همیاری حامیان مالی که بخش زیادی از هزینه‌های چاپ و توزیع این اثر را متقبل شده‌اند قدردانی و سپاسگزاری به عمل آید. مخاطبین محترم، می‌توانند از نام و نوع فعالیت این شرکت‌ها که در صفحات ۳۷۵ الی ۳۸۲ و هم‌چنین پشت جلد کتاب به معرفی آن‌ها پرداخته شده است، آشنا شوند.

فهرست مطالب

موضوع:	صفحه
پیش‌گفتار.....	"ط"
مقدمه.....	۱
فصل اول: کلیات.....	۷
۱.۱. تاریخچه اندازه‌گیری جریان سیالات.....	۸
۲.۱. تعاریف.....	۱۰
۳.۱. تکنیک‌های اندازه‌گیری جریان سیالات.....	۲۵
۴.۱. ملاحظات و ملاحظات عمومی نصب.....	۲۹
۵.۱. رویه‌های آزمایش و بازرسی فنی در خط تولید.....	۳۰
فصل دوم: گزیده‌هایی از مباحث مکانیک سیالات.....	۳۵
فصل سوم: اندازه‌گیری جریان به‌روش حجمی یا جرمی.....	۵۱
۱.۳. دستگاه‌های اندازه‌گیری پیمانه‌ای.....	۵۲
۲.۳. استفاده از تکنیک حجمی در اندازه‌گیری جریان گازها.....	۶۸
فصل چهارم: اندازه‌گیری جریان به‌روش اختلاف فشار.....	۷۱
۱.۴. معرفی عناصر ایجاد اختلاف فشار.....	۷۵
۲.۴. نحوه‌ی انشعاب گرفتن از طرفین عناصر اختلاف فشار.....	۸۵
۳.۴. روش‌های مختلف نصب انشعابات ارفیس.....	۸۸
۴.۴. تعیین اندازه‌ی روزنه‌ی ارفیس.....	۹۲
۵.۴. جبران‌سازی سیگنال در اندازه‌گیری جریان گازها.....	۹۵
۶.۴. جذرگیر و ضرورت استفاده از آن.....	۹۸
۷.۴. طراحی‌های خاص.....	۱۰۰

فصل پنجم: اندازه‌گیری جریان به کمک شاخص نیرو..... ۱۰۹

۱.۵ Target Meter..... ۱۱۰

۲.۵ Rotameter..... ۱۱۱

فصل ششم: اندازه‌گیری جریان به کمک شاخص سرعت سیال..... ۱۱۵

۱.۶ اندازه‌گیری جریان سیال به کمک توربین..... ۱۱۷

۲.۶ اندازه‌گیری جریان به روش الکترومغناطیسی..... ۱۲۴

۳.۶ اندازه‌گیری جریان به روش گردابی..... ۱۲۸

۴.۶ اندازه‌گیری جریان به کمک امواج ماوراءصوت..... ۱۳۲

فصل هفتم: اندازه‌گیری جریان به کمک شاخص جرم سیال..... ۱۴۳

۱.۷ اندازه‌گیری جرم سیالات به روش حرارتی..... ۱۴۵

۲.۷ اندازه‌گیری جرم سیالات بر اساس پدیده‌ی پیچشی یا کوریولیس..... ۱۴۹

فصل هشتم: انتخاب تکنیک اندازه‌گیری و نوع دستگاه..... ۱۵۹

۱.۸ انتخاب دستگاه اندازه‌گیری بر اساس ویژگی‌های سیال..... ۱۶۰

۲.۸ انتخاب دستگاه بر اساس شرایط نصب..... ۱۶۲

۳.۸ انتخاب دستگاه با لحاظ کردن شرایط محیطی..... ۱۶۳

۴.۸ انتخاب بر مبنای قابلیت‌ها و کارایی دستگاه..... ۱۶۶

۵.۸ انتخاب بر مبنای نوع فناوری و روش اندازه‌گیری..... ۱۷۰

۶.۸ روند انتخاب نوع فناوری..... ۱۷۱

۷.۸ راهنمای انتخاب دستگاه اندازه‌گیری جریان..... ۱۷۵

فصل نهم: اندازه‌گیری جریان سیال به قصد فروش..... ۱۷۷

۱.۹ سامانه‌های اندازه‌گیری جریان..... ۱۸۷

۲.۹ چیدمان اجزاء اصلی سامانه‌های اندازه‌گیری جریان سیالات به منظور فروش..... ۱۸۹

۳.۹ Flow Computer..... ۱۹۰

۴.۹ از بلیت یا سند اندازه‌گیری تا صورت حساب‌های بسیار دقیق..... ۱۹۶

۵.۹ محاسبات حجم دقیق و واقعی مایعات منتقل شده..... ۱۹۸

۶.۹ معرفی جداول پرکاربرد..... ۲۱۲

فصل دهم: صحت سنج (عملیات صحت سنجی، واسنجی یک صحت سنج)	۲۱۵
۱.۱.۰ مقدمه	۲۱۶
بخش اول: عملیات صحت سنجی	۲۱۹
۲.۱.۰ شیوه‌های صحت سنجی	۲۱۹
۳.۱.۰ تعاریف	۲۲۲
۴.۱.۰ مراحل انجام صحت سنجی	۲۲۷
۵.۱.۰ انواع صحت سنج	۲۲۸
۱.۵.۱.۰ صحت سنج‌های حجمی	۲۳۰
۲.۵.۱.۰ صحت سنج‌های مخزنی	۲۶۰
بخش دوم: واسنجی صحت سنج‌ها	۲۶۵
۶.۱.۰ واسنجی یک صحت سنج	۲۶۵
۷.۱.۰ واسنجی صحت سنج‌ها به روش آبرانی	۲۶۷
۱.۷.۱.۰ روش آبرانی حجمی	۲۷۴
۲.۷.۱.۰ آبرانی به روش ثقلی یا وزنی	۲۹۳
۳.۷.۱.۰ معرفی دو چیدمان ویژه در واسنجی صحت سنج‌ها	۲۹۷
۸.۱.۰ نصب صحت سنج‌ها	۳۲۱
۱.۸.۱.۰ کلیات	۳۲۱
۲.۸.۱.۰ توصیه‌های کلی در مورد صحت سنج‌های ثابت	۳۲۲
۳.۸.۱.۰ توصیه‌های کلی در مورد صحت سنج‌های قابل حمل	۳۲۳
۴.۸.۱.۰ توصیه‌های لازم در مورد نصب تجهیزات و حفاظات الکتریکی	۳۲۳
۵.۸.۱.۰ توصیه‌های عمومی نصب	۳۲۴
پیوست‌ها	۳۲۵
پیوست شماره یک:	۳۲۶
انتخاب روش اندازه‌گیری برای جریان‌های دوفاز و چندفاز	۳۲۶
پیوست شماره دو:	۳۳۵
جدول ۶ از استاندارد API-MPMS-12-2-2	۳۳۵
پیوست شماره سه:	۳۳۷
الزامات استاندارد ISO-17025	۳۳۷

پیوست شماره چهار:	۳۴۱
مراحل محاسبه‌ی ارقام و حجم مبادلات به منظور درج در صورت حساب	۳۴۱
پیوست شماره پنج:	۳۴۲
چگونگی محاسبه‌ی CTDW و CTL	۳۴۲
پیوست شماره شش:	۳۴۳
روش تبدیل واحدهای حجم پر کاربرد	۳۴۳
پیوست شماره هفت:	۳۴۵
ملاحظات نصب	۳۴۵
پیوست شماره هشت:	۳۵۰
داده برگ دستگاه اندازه گیری پیمانه‌ای جریان	۳۵۰
پیوست شماره نه	۳۵۲
واژه‌گزینی	۳۵۲
واژگان برگزیده	۳۵۶
منابع و مآخذ:	۳۶۸

«معرفی حامیان مالی»

شرکت پتروکنترل	(Petroco).....پشت جلد فارسی (بدرقه)
شرکت نانو حس گر	(Nanohes).....۳۷۵
شرکت شرکت فناوریان ماشین‌های دوار برنا	(Rotech).....۳۷۶ و ۳۷۷
شرکت طراحی مهندسی فرانگر صنعت	(FIDEC).....۳۷۸ و ۳۷۹
شرکت پارس الکترونیک کیش	(Pars Electronic).....۳۸۰
شرکت رضوان گستر تهران	(TRG).....۳۸۱ و ۳۸۲ و پشت جلد

پیش‌گفتار:

اندازه‌گیری به طور عام دانشی است که علاوه بر علمی بودن مبنای آن، وجود ابتکار و خلاقیت آمیخته با هنر بشر نیز باعث به وجود آمدن تنوع در فناوری و روش‌های اندازه‌گیری هر عنصری و همچنین گستردگی شاخص‌های آن شده است. یکی از مهم‌ترین کمیت‌هایی که میزان آن می‌تواند برای ما دارای اهمیت ویژه باشد، مقدار جریان سیالات است. حال که بحث واقعی سازی ارزش حاصل‌های انرژی به واقعیت نزدیک شده و حتی عددهای اعشاری رقم قرائت شده‌ی کنتورها نیز ارزشمند است، آشنایی با روش‌های مختلف اندازه‌گیری جریان سیالات و ویژگی هر روشی می‌تواند برای خواننده حالب توجه باشد. اما بدون شک، اندازه‌گیری جریان سیالات خواست‌گاهی فراتر از اهداف یاد شده دارد. یکی از اهداف بسیار مهم اندازه‌گیری (به طور عام) به‌کارگیری روش‌های متنوع در صنعت به قصد تحت کنترل در آوردن متغیرها است، ولی دلیلی مهم‌تر برای ارتقاء روزافزون روش‌ها و فناوری‌های متنوع موجود "همانا به‌کارگیری روش‌های بسیار دقیق در اندازه‌گیری جریان سیالات به قصد فروش است". چرا که در کاربرد اندازه‌گیری جریان سیالات به قصد فروش بحث مبادله‌ی کار با پول مطرح بوده و زمانی که اندازه‌گیری در حوزه‌ی انرژی و به ویژه تبادل نفت خام، گاز و یا فراورده‌های نفتی باشد اهمیت موضوع دوچندان خواهد شد. در این کتاب نیز بحث‌های پیرامون اندازه‌گیری جریان سیال در مبادی خروجی حوزه‌های نفتی به عنوان آخرین مطلب ارایه خواهد شد. در فصل‌های اولیه‌ی کتاب نیز سعی شده است پرداخته شود به روش‌های متعدد موجود و پر کاربرد در اندازه‌گیری جریان سیالات در صنعت. از آنجایی که هر روش اندازه‌گیری معرفی شده مبتنی بر یک بحث علمی است، سعی شده است قبل از معرفی هر روش، مطالب پایه‌ای که اساس روش اندازه‌گیری بر آن استوار است را به زبان ساده بیان نموده سپس فناوری‌های مبتنی بر آن معرفی گردد. ویژگی‌ها، مزایا و معایب هر روش به عنوان مسیری برای قضاوت کارشناسان در انتخاب نوع حس‌گر متناسب با هر کاربرد نیز مطالبی است که در بخش انتهایی هر روش خواهد آمد. بعد از

آشنایی با تمام روش‌های اندازه‌گیری و اطلاع یافتن از ویژگی‌ها، مزایا و معایب هر کدام امکان انتخاب دستگاه متناسب با کاربرد مورد نظر آسان می‌شود. اما این دلیلی نیست که در یک فصل مستقل کتاب با جمع بندی مطالب به مقوله‌ی مهم انتخاب تکنیک اندازه‌گیری و نوع دستگاه پرداخته نشود.

ضمن تقدیم و ارایه‌ی این کتاب به تمام علاقمندان و با اعتراف به کامل نبودن مطالب آن، رجاء واثق دارد که اساتید محترم، خوانندگان عزیز و تمامی صاحبان نظر هم‌چنان از یاری نمودن نگارنده در رفع نواقص احتمالی دریغ نخواهند نمود. لذا مزید امتنان خواهد بود چنان‌چه عزیزان نظرات خود را از طریق رایانامه‌ی movahed61@nipc.net یا هر روش دیگر به اطلاع مؤلف برسانند.

... قد افلح من زکیها ...

محمد حسن موحدی

شهریور ۱۳۹۱