

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

سیستم‌های اندازه‌گیری

ترجمه و تالیف:

دکتر منصور رفیعیان
(دانشیار دانشگاه یزد)



صدی انتشارات

سرشناسه	: رفیعان، منصور، ۱۳۴۶-
عنوان و نام پدیدآور	: سیستم‌های اندازه‌گیری / ترجمه و تالیف منصور رفیعان.
مشخصات نشر	: تهران: فذک ایستایس، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	: ۴۴۴ ص، مصور، جدول.
شابک	: ۱۳۵۰۰۰ ریال : ۵-۲۶-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: اندازه‌گیری
موضوع	: ابزار اندازه‌گیری
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۹ س۹/۷ T ۵۰/۸
رده بندی دیویی	: ۵۳۰/۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۲۷۱۱۸۱

سیستم‌های اندازه‌گیری



ترجمه و تالیف	: منصور رفیعان
مدیر تولید	: مجیدرضا زروئی
حروفچینی و صفحه‌آرایی	: واحد تولید انتشارات فذک ایستایس (مریم یوزباشی)
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۰
تیراژ	: ۱۰۰۰
چاپ و صحافی	: گنج‌شایگان
قیمت	: ۱۲۵۰۰۰ ریال
شابک	: ۵-۲۶-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸

دفتر انتشارات :	تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لای نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰ (۱۲۶ قدیم)
تلفن :	۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
نمایندگی تهران :	خیابان انقلاب - نبش ۱۲ فروردین - بلاک ۱۳۱۲ - انتشارات صانعی
تلفن :	۶۶۴۰۹۹۲۴ - ۶۶۴۰۵۳۸۵
نمایندگی یزد :	میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان فرخی - جنب مجتمع ستاره
تلفن :	۶۲۲۷۴۷۵ - ۶۲۲۶۷۷۱ - ۶۲۲۶۷۷۲
www.fadakbook.ir- info@fadakbook.ir	

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فذک ایستایس می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی‌برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فذک ایستایس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات فذک ایستایس

مقدمه‌ی مؤلف

سیاس فراوان به پیشگاه خداوند بزرگ و مهربان که توفیق تهیه‌ی کتابی در زمینه‌ی سیستم‌های اندازه‌گیری ویژه‌ی مخصوص دانشجویان رشته‌ی مهندسی مکانیک را به این بنده‌ی کوچک خود عنایت فرمود. به نظر اینجانب که چندین سال به تدریس سیستم‌های اندازه‌گیری به دانشجویان رشته‌ی مهندسی مکانیک اشتغال دارم، جای چنین کتابی در زبان فارسی کاملاً خالی به نظر می‌رسید. با بررسی‌های اولیه معلوم شد که تعدادی از اساتید رشته‌های برق و مکانیک، در تدریس ابزار دقیق به دانشجویان، از بخش‌های عمده‌ای از کتاب "ابزار دقیق برای اندازه‌گیری‌های مهندسی" تألیف: دالی، ریلی و مک‌کانل استفاده می‌کنند. اما این کتاب علی‌رغم مزیت‌های خود، دارای عیوبی نظیر خالی بودن متن از مثال‌ها و قلت تصاویر و سایل مختلف اندازه‌گیری نیز هست. بنابراین، تهیه‌کننده‌ی کتاب حاضر تصمیم گرفت که نواقص نامبرده را برطرف کند. در نتیجه در تهیه‌ی کتاب حاضر، ضمن تألیف فصل اول به طور کاملاً متفاوت با کتاب اصلی، به گونه‌ای که دانشجو را با مفاهیم اولیه آشنا می‌کند، به حذف فصل هفتم کتاب اصلی که مطالب بنیادی آن در دیگر فصول آمده بود، اقدام شد. تلاش زیادی شده تا با ارائه‌ی تصاویر تکمیلی و جداول کاربردی در هر مبحث از اینترنت، به منظور تفهیم بهتر مباحث اقدام شود. امید است این مجموعه در ارتقای بینش دانشجویان مکانیک در خصوص سیستم‌های اندازه‌گیری - به دلیل اهمیت فراوان آن به گونه‌ای که بی‌اطلاعی دانش‌آموختگان این رشته از این مطالب جایز نخواهد بود - سهم به‌سزایی داشته باشد. چنانکه می‌دانیم کمتر محیط کاری را می‌توان یافت که در آن یکی از انواع وسایل اندازه‌گیری به کار گرفته نشده باشد. همچنین در انجام بسیاری از امور غیر حرفه‌ای نیز به اندازه‌گیری نیاز است. حتی در مقام تصمیم‌گیری برای خرید وسایل اندازه‌گیری نیز الزام به داشتن حداقلی از این اطلاعات وجود دارد.

ضمن آرزوی مفید بودن کتاب حاضر برای دانشجویان و مهندسان و نیز اساتید محترمی که از آن برای تدریس استفاده خواهند کرد، امیدوارم همه‌ی این عزیزان با ارائه‌ی انتقادات و رهنمودهای ارزشمند خود نویسنده را در غنای هرچه بیشتر کتاب در چاپ‌های بعدی یاری فرمایند.

سرانجام تسکّر و فدردانی خویش را از خانواده‌ام به سبب زحماتی که در طول تدارک کتاب به آنان تحمیل کردم و با صبوری و بردباری کم نظیری تحمل کردند و همچنین از آقای مهندس مهدی معمار اردستانی به خاطر بازخوانی و ارائه‌ی پیشنهادهای اصلاحی ارزنده و نیز از مدیریت محترم انتشارات فدک که به چاپ این نوشته همت گماشتند، ابراز می‌دارم.

منصور رفیعیان
زمستان ۱۳۸۹

تلفن : ۰۹۱۳۳۱۴۴۸۱۲

پست الکترونیکی : rafeeyan@yazduni.ac.ir

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل اول	مقدمه	۱-۱۷
۱.۱	لزوم آشنایی ۱	
۲.۱	مفاهیم و تعاریف ۲	
۳.۱	ابزارهای اندازه‌گیری ۳	
۴.۱	طبقه‌بندی وسایل اندازه‌گیری ۵	
۵.۱	کالیبراسیون وسایل اندازه‌گیری ۶	
۶.۱	رفتار مطلوب یک سیستم اندازه‌گیری ۷	
۷.۱	مشخصه‌های وسایل اندازه‌گیری ۷	
۸.۱	خطاها ۱۴	
۹.۱	محاسبه‌ی خطا ۱۵	
فصل دوم	سیستم‌های ابزار دقیق الکترونیکی	۱۹-۳۴
۱.۲	معرفی ۱۹	
۲.۲	اجزای سیستم ابزار دقیق الکترونیکی ۲۰	
۳.۲	کاربرد سیستم‌های ابزار دقیق الکترونیکی ۲۱	
۴.۲	تحلیل مهندسی ۲۱	
۵.۲	مانیتورینگ و کنترل فرایندها ۲۲	
۶.۲	تجهیزات کنترل فرایند ۲۳	
فصل سوم	تحلیل مدارهای الکتریکی	۳۵-۴۴
۱.۳	مقدمه و تعاریف ۳۵	
۲.۳	اجزای الکتریکی پایه ۳۶	
۳.۳	قوانین کیرشهف ۳۷	
۴.۳	قضیه‌ی تونن ۳۷	
۵.۳	قضیه‌ی نورتن ۳۸	

دیود، ترانزیستور و دروازه ۳۸	۶.۳
مدارهای جریان مستقیم DC ۴۰	۷.۳
مدارهای جریان متناوب AC ۴۰	۸.۳
تابع پاسخ فرکانسی ۴۱	۹.۳
سازگاری امپدانس ۴۲	۱۰.۳

۴۵-۶۷

فصل چهارم ابزارهای دقیق ثبت آنالوگ

مقدمه ۴۵	۱.۴
مشخصه‌های عمومی ابزارهای ثبت ۴۵	۲.۴
ولتمترهای مربوط به اندازه‌گیری‌های حالت دائمی ۴۹	۳.۴
گالوانومتر دارسون‌وال ۴۹	۱.۳.۴
آمپتر ۵۰	۲.۳.۴
ولتمترهای DC ۵۱	۳.۳.۴
خطاهای بارگذاری ولتمتر ۵۲	۴.۳.۴
ولتمترهای تقویت‌شده ۵۲	۵.۳.۴
ولتمترهای پتانسیومتری ۵۳	۶.۳.۴
ولتمترهای سیگنال‌های با تغییرات آرام ۵۳	۴.۴
ثبات‌های نمودار باز ۵۳	۱.۴.۴
ثبات‌های X-Y ۵۴	۲.۴.۴
ولتمترهای سیگنال‌های با تغییرات سریع ۵۵	۵.۴
اسیلوگراف ۵۵	۱.۵.۴
پاسخ زمانی گالوانومترها ۵۶	۲.۵.۴
پاسخ گالوانومترها به سیگنال متناوب ۵۹	۳.۵.۴
اسیلوسکوپ ۶۳	۴.۵.۴
نوار ضبط مغناطیسی ۶۴	۵.۵.۴

۶۹-۹۵

فصل پنجم ابزارهای دقیق ثبت دیجیتال

مقدمه ۶۹	۱.۵
کدهای دیجیتال ۷۰	۲.۵
فرایندهای تبدیل سیگنال ۷۱	۳.۵
مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ ۷۴	۴.۵
مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال ۷۵	۵.۵

روش تقریب متوالی ۷۵	۱.۵.۵
روش انتگرال گیری ۷۷	۲.۵.۵
روش موازی یا بی درنگ ۷۹	۳.۵.۵
توزیع داده ها ۸۰	۶.۵
ساختارهای باس ۸۲	۱۶.۵
واسطه ها ۸۴	۷.۵
ولت‌مترهای دیجیتال ۸۶	۸.۵
سیستم‌های ثبت اطلاعات ۸۶	۹.۵
سیستم‌های اخذ داده ۸۷	۱۰.۵
سیستم‌های اخذ داده‌ی مبتنی بر PC ۸۸	۱۱.۵
اسیلوسکوپ‌های دیجیتال ۸۹	۱۲.۵
ثبات‌های موجگون ۸۹	۱۳.۵
الیاژینگ ۹۰	۱۴.۵
فیلترهای ضد الیاژ ۹۲	۱.۱۴.۵

۹۷-۱۳۳

فصل ششم حسگرهای به کاررفته در مبدل‌ها

مقدمه ۹۷	۱.۶
پتانسیومترها ۹۷	۲.۶
ترانسفورمورهای تفاضلی ۱۰۰	۳.۶
کرنش سنج‌های مقاومتی ۱۰۴	۴.۶
حسگرهای خازنی ۱۰۷	۵.۶
حسگرهای جریان گردابی ۱۱۰	۶.۶
حسگرهای پیزوالکتریک ۱۱۲	۷.۶
حسگرهای پیزومقاومتی ۱۱۵	۸.۶
حسگرهای فتوالکتریک ۱۱۶	۹.۶
آشکارسازهای لوله - خلا ۱۱۹	۱.۹.۶
سلول‌های رسانای نور ۱۲۱	۲.۹.۶
دیودهای نوری نیمه رسانا ۱۲۲	۳.۹.۶
آشکارسازهای دمای مقاومتی ۱۲۳	۱۰.۶
ترمیستورها ۱۲۴	۱۱.۶
ترموکوپل‌ها ۱۲۶	۱۲.۶
نوسانگرهای کریستالی ۱۲۸	۱۳.۶

۱.۷	مقدمه ۱۲۵
۲.۷	منابع تغذیه ۱۳۵
۱.۲.۷	باتری ها ۱۳۵
۲.۲.۷	منابع ولتاژ خط ۱۳۷
۳.۷	مدار پتانسیومتر (ولتاژ ثابت) ۱۳۸
۴.۷	مدار پتانسیومتر (جریان ثابت) ۱۴۰
۵.۷	پل وتسون (ولتاژ ثابت) ۱۴۱
۶.۷	پل وتسون (جریان ثابت) ۱۴۴
۷.۷	پل های جریان متناوب ۱۴۶
۸.۷	پل های نابالانس ۱۴۹
۹.۷	تقویت کننده ها ۱۵۰
۱۰.۷	تقویت کننده های عملیاتی ۱۵۴
۱.۱۰.۷	تقویت کننده ی وارون گر ۱۵۶
۲.۱۰.۷	تقویت کننده ی تفاضلی ۱۵۷
۳.۱۰.۷	تقویت کننده ی ولتاژ ۱۵۷
۴.۱۰.۷	تقویت کننده ی جمع کننده ۱۵۹
۵.۱۰.۷	تقویت کننده ی انتگرالی ۱۵۹
۶.۱۰.۷	تقویت کننده ی مشتقی ۱۶۰
۱۱.۷	فیلترها ۱۶۰
۱.۱۱.۷	فیلتر بالاگذر ۱۶۱
۲.۱۱.۷	فیلتر پایین گذر ۱۶۲
۳.۱۱.۷	فیلتر فعال ۱۶۳
۱۲.۷	مودولاسیون و دمودولاسیون دامنه ۱۶۵
۱۳.۷	مدارهای اندازه گیری زمان ۱۶۷
۱.۱۳.۷	واحد شمارش گر دودویی ۱۶۷
۲.۱۳.۷	دروازه ها در کاربردهای شمارنده ۱۶۸
۳.۱۳.۷	ماشه ها ۱۶۸
۴.۱۳.۷	ابزارهای دقیق شمارش ۱۷۰

اندازه‌گیری نیرو (سلول‌های نیرو) ۱۸۰	۲.۸
سلول نیروی میله‌ای ۱۸۰	۱.۲.۸
سلول نیروی تیری ۱۸۱	۲.۲.۸
سلول نیروی حلقه‌ای ۱۸۳	۳.۲.۸
سلول نیروی بال برشی ۱۸۵	۴.۲.۸
اندازه‌گیری گشتاور پیچشی (سلول‌های گشتاور پیچشی) ۱۸۶	۳.۸
سلول‌های گشتاور پیچشی-مفاهیم طراحی ۱۸۶	۱.۳.۸
سلول‌های گشتاور پیچشی-انتقال اطلاعات ۱۸۷	۲.۳.۸
اندازه‌گیری همزمان نیرو و گشتاور یا گشتاور پیچشی ۱۸۹	۴.۸
اندازه‌گیری توأم نیرو-گشتاور ۱۸۹	۱.۴.۸
اندازه‌گیری توأم نیرو-گشتاور پیچشی ۱۹۱	۲.۴.۸
اندازه‌گیری فشار (سلول فشار) ۱۹۳	۵.۸
مبدل فشار جابه‌جایی ۱۹۳	۱.۵.۸
مبدل فشار دیافراگمی ۱۹۴	۲.۵.۸
مبدل فشار پیزوالکتریک ۱۹۵	۳.۵.۸
کمینه کردن خطاها در مبدل‌ها ۱۹۷	۶.۸
جسائیت دوگانه ۱۹۸	۱.۶.۸
جابه‌جایی صفر با تغییر دما ۱۹۹	۲.۶.۸
بالانس بل ۱۹۹	۳.۶.۸
تنظیم ظرفیت ۱۹۹	۴.۶.۸
تغییر ظرفیت با دما ۲۰۰	۵.۶.۸
پاسخ فرکانسی مبدل‌ها ۲۰۰	۷.۸
پاسخ یک مبدل نیرو به یک تابع شمی خط ثابت ۲۰۱	۱.۷.۸
پاسخ یک مبدل نیرو به تابع نیروی سینوسی ۲۰۳	۲.۷.۸
کالیبراسیون مبدل‌ها ۲۰۴	۸.۸

۲۵۸-۲۰۹

اندازه‌گیری جابه‌جایی، سرعت و شتاب

فصل نهم

مقدمه ۲۰۹	۱.۹
مدل مبدل لرزه‌ای ۲۱۰	۲.۹
پاسخ دینامیکی مبدل لرزه‌ای ۲۱۱	۳.۹
تحریک سینوسی ۲۱۱	۱.۳.۹
تحریک‌های گذرا ۲۱۲	۲.۳.۹
مبدل‌های حرکتی لرزه‌ای ۲۱۴	۴.۹

میدل‌های جابه‌جایی لرزه‌ای ۲۱۴	۱.۲.۹
میدل‌های سرعت لرزه‌ای ۲۱۵	۲.۴.۹
میدل‌های شتاب لرزه‌ای ۲۱۵	۳.۴.۹
میدل‌های نیروی پیزوالکتریک ۲۱۹	۵.۹
مدارهای حسگر پیزوالکتریک ۲۲۰	۶.۹
مدل حساسیت باری ۲۲۱	۱۶.۹
مدار تقویت‌کننده‌ی ولتاژ ۲۲۱	۲.۶.۹
مدار تقویت‌کننده‌ی بار ۲۲۳	۳.۶.۹
تقویت‌کننده‌های ولتاژ توکار ۲۲۶	۴.۶.۹
پاسخ مدارهای پیزوالکتریک به سیگنال‌های گذرا ۲۲۸	۷.۹
کالیبراسیون شتاب‌سنج ۲۳۱	۸.۹
کالیبراسیون دینامیکی میدل‌های نیرو ۲۳۴	۹.۹
کالیبراسیون میدل نیرو به وسیله‌ی ضربه ۲۳۵	۱.۹.۹
کالیبراسیون کلی سیستم ۲۳۷	۱۰.۹
منابع خطای میدل‌های پیزوالکتریک ۲۳۸	۱۱.۹
اندازه‌گیری‌های جابه‌جایی در یک دستگاه مرجع ثابت ۲۴۱	۱۲.۹
اندازه‌گیری‌های جابه‌جایی با پتانسیومترهای مقاومتی ۲۴۳	۱.۱۲.۹
اندازه‌گیری‌های جابه‌جایی با وسایل چند مقاومتی ۲۴۴	۲.۱۲.۹
میدل‌های جابه‌جایی فوتوالکتریک ۲۴۵	۳.۱۲.۹
اندازه‌گیری‌های جابه‌جایی به روش نوری ۲۴۶	۱۲.۹
سیستم تقویت‌کننده‌ی نوری ۲۴۶	۱.۱۲.۹
تحلیل حرکت دوربین ویدئویی ۲۴۷	۲.۱۲.۹
اندازه‌گیری‌های سرعت ۲۴۸	۱۴.۹
اندازه‌گیری‌های سرعت خطی ۲۴۹	۱.۱۴.۹
اندازه‌گیری‌های سرعت زاویه‌ای ۲۵۰	۲.۱۴.۹
سیستم لیزر-دوپلر ۲۵۱	۳.۱۴.۹

۲۵۹-۳۰۶

تحلیل سیستم‌های ارتعاشی

فصل دهم

مقدمه ۲۵۹	۱.۱۰
میانگین موقت ۲۶۱	۱.۱.۱۰
میانگین مربعی موقت و جذر میانگین مربعی موقت ۲۶۱	۲.۱.۱۰
تحلیل سیگنال سینوسی ۲۶۱	۲.۱۰
مشخصه‌های سیگنال ۲۶۴	۳.۱۰
سیگنال‌های متناوب ۲۶۴	۱.۳.۱۰

سیگنال‌های گذرا ۲۶۵	۲.۳.۱.۰
سیگنال‌های تصادفی ۲۶۸	۲.۳.۱.۰
مدل‌های ارتعاشی جرم و فنر فشرده ۲۷۰	۴.۱.۰
فرکانس طبیعی نامیرایی و مود شیب ۲۷۱	۱.۴.۱.۰
پاسخ ارتعاش اجباری (حل مستقیم) ۲۷۱	۲.۴.۱.۰
پاسخ ارتعاش اجباری (حل مودال) ۲۷۲	۳.۴.۱.۰
مدل‌های ارتعاشی سیستم‌های پیوسته ۲۷۳	۵.۱.۰
معادله‌ی بنیادی حرکت ۲۷۴	۱.۵.۱.۰
حل مودال ماندگار ۲۷۴	۲.۵.۱.۰
مدل ورودی - خروجی خطی ۲۷۶	۶.۱.۰
پاسخ ضربه ۲۷۷	۱.۶.۱.۰
روابط ورودی-خروجی تصادفی ۲۷۹	۲.۶.۱.۰
مبانی تحلیل گر فرکانسی دیجیتال ۲۷۹	۷.۱.۰
فرایند نمونه‌برداری زمانی ۲۸۰	۱.۷.۱.۰
کانولوشن ۲۸۱	۲.۷.۱.۰
نشت فیلتر ۲۸۴	۳.۷.۱.۰
دیاگرام جعبه‌ای ۲۸۶	۴.۷.۱.۰
استفاده از یک تحلیل گر فرکانسی ۲۸۷	۸.۱.۰
روابط تحلیل گرهای فرکانسی ۲۸۷	۱.۸.۱.۰
مشخصه‌های فیلتر ۲۸۹	۲.۸.۱.۰
چهار تابع پنجره‌ی معمول ۲۹۱	۳.۸.۱.۰
نامعینی در اندازه‌ی خطوط طیفی ۲۹۲	۴.۸.۱.۰
خلاصه‌ی کاربرد پنجره ۲۹۳	۵.۸.۱.۰
حساسیت محور عرضی شتاب‌سنج ۲۹۴	۹.۱.۰
مدل اتصال محور عرضی یک شتاب‌سنج ۲۹۴	۱.۹.۱.۰
مدل شتاب‌سنج سه محوره ۲۹۵	۲.۹.۱.۰
اصلاح قرائت‌های ولتاژ شتاب‌سنج ۲۹۵	۳.۹.۱.۰
کاربرد در تحلیل مودال سیگنال‌ها ۲۹۶	۴.۹.۱.۰
تشدید محور عرضی ۲۹۸	۵.۹.۱.۰
تداخل مبدل نیرو-سازه ۲۹۸	۱۰.۱.۰
مدل مبدل نیروی دو درجه آزادی عمومی ۲۹۸	۱.۱۰.۱.۰

روش‌های انبساطی اندازه‌گیری دما	۲۰۹
دماسنج‌های مقاومتی	۳۱۰
اشکارسازهای دمای مقاومتی	۱.۳.۱۱
RTD ها و پل وتسون	۲.۳.۱۱
ترمیستورها	۳.۳.۱۱
ترموکوپل‌ها	۴.۱۱
اصول رفتار ترموکوپل	۱.۴.۱۱
مواد ترموالاستیک	۲.۴.۱۱
دمای نقطه‌ای اتصال مرجع	۳.۴.۱۱
شیوه‌های نصب و ساخت	۴.۴.۱۱
ابزارهای ثبت ترموکوپل‌ها	۵.۴.۱۱
حذف نویز در مدارهای ترموکوپل	۶.۴.۱۱
حسگرهای دمای مدار مجتمع	۵.۱۱
پاسخ دینامیکی حسگرهای دما	۶.۱۱
منابع خطا در اندازه‌گیری‌های دما	۷.۱۱
روش‌های کالیبراسیون	۸.۱۱
روش‌های تشعشعی (آذرسنجی)	۹.۱۱
اصول تشعشع (تابش)	۱.۹.۱۱
آذرسنج نوری	۲.۹.۱۱
آذرسنج‌های زیر قرمز	۳.۹.۱۱
ابزارهای دمایی اشکارساز فوتونی	۴.۹.۱۱

۳۵۹-۴۰۱

فصل دوازدهم اندازه‌گیری جریان سیالات

مقدمه	۱.۱۲
سرعت جریان (میدل‌های داخل گذاردنی)	۲.۱۲
لوله پیتوت (جریان تراکم ناپذیر)	۱.۲.۱۲
لوله‌ی پیتوت (جریان تراکم‌پذیر)	۲.۲.۱۲
جریان‌سنج‌های سیم داغ و فیلم داغ	۳.۲.۱۲
میدل‌های سرعت نیروی مقاوم	۴.۲.۱۲
جریان‌سنج‌ها	۵.۲.۱۲
جریان‌سنج‌های توربینی	۶.۲.۱۲
میدل‌های گردابه‌ساز	۷.۲.۱۲
نرخ جریان در سیستم‌های حلقه بسته با اندازه‌گیری تغییرات فشار	۳.۱۲

۱.۳.۱۲	ونتوری متر ۳۷۹
۲.۳.۱۲	نازل جریان ۳۸۱
۳.۳.۱۲	اریفیس متر ۳۸۲
۴.۳.۱۲	زانویی متر ۳۸۳
۴.۱۲	نرخ جریان در سیستم‌های نیمه بسته ۳۸۴
۵.۱۲	نرخ جریان در کانال‌های باز با استفاده از اندازه‌گیری‌های فشار ۳۸۶
۱.۵.۱۲	دروازه‌ی آب‌گیر ۳۸۶
۲.۵.۱۲	سرریزها ۳۸۷
۶.۱۲	اثرات جریان تراکم‌پذیر در سیستم‌های بسته ۳۸۸
۷.۱۲	دیگر روش‌های اندازه‌گیری جریان در سیستم‌های بسته ۳۸۹
۱.۷.۱۲	جریان سنج مویی ۳۹۰
۲.۷.۱۲	جریان سنج‌های جابه‌جایی مثبت ۳۹۰
۳.۷.۱۲	مبدل‌های جریان جرمی فیلم داغ ۳۹۲
۴.۷.۱۲	سیستم‌های سرعت‌سنج لیزری ۳۹۲

پیوست الف ۴-۳

پیوست ب ۴-۷