

اندازه‌گیری الکتریکی

نویسنده:

دکتر محمد خویش

مهندس محمد قمی

انتشارات دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)

۱۳۹۷



سرشناسه	خوشه، محمد، ۱۳۴۴ -
عنوان و نام پدیدآور	اندازه گیری الکتریکی /تالیف محمد خوشه، محمد قمی
مشخصات نشر	نوشهر: دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	۸- ۲۰ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	۹۰۹۵-۷۹۴۱-۶۰۰-۹۷۸:
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	کتابنامه: ص: ۲۰۸.
موضوع	ابزار اندازه گیری برقی
موضوع	Electric meters
موضوع	نشانها-ها
موضوع	Pressu : gage
موضوع	دماسنج ها
موضوع	Thermometers
موضوع	برقی -- اندازه گیری
موضوع	Electric measurements
موضوع	امپلوسکوپ
موضوع	Oscilloseres
شناسه افزوده	دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)
شناسه افزوده	قمی اوپلی، محمد، ۱۳۵۰ -
شناسه افزوده	Imam Khomeini Naval University of Noshahr
رده بندی کنگره	TK۲۰۱/ع۹ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	۶۴۱/۳۷۴
شماره کتابشناسی ملی	۵۲۱۶۰۸۲
نام کتاب	اندازه گیری الکتریکی
تألیف	محمد خوشه، محمد قمی.
ناشر	دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)
نوبت چاپ	چاپ اول
تاریخ انتشار	۱۳۹۷
تیراژ	۵۰۰
قیمت	۲۰۰۰۰۰ ریال
حروفچینی، چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)

پیشگفتار مولفین:

اندازه‌گیری در تمامی صنایع از جمله صنایع نظامی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. فقط با اندازه‌گیری کمیت‌های مختلف می‌توان پدیده‌های مختلف را مورد نقد و بررسی دقیق قرار داده و از آن نتیجه مطلوب را حاصل نمود. امروزه اتوماسیون صنعتی در بیشتر صنایع، سوخ کرده و بیشتر کارهای روزمره به صورت اتوماتیک انجام می‌پذیرد. این جریانه اتوماسیون، بدون استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری عملاً کارایی لازم را نخواهد داشت.

در بین دستگاه‌های مختلف اندازه‌گیری که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی نقش مهم‌تر و وسیع‌تری را دارا می‌باشند. زیرا تمامی کمیت‌های فیزیکی که غالباً رؤیت نیستند را می‌توان با دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی، اندازه‌گیری کرد. به همین جهت در این کتاب سعی شده است به‌طور کامل مباحث مربوط به اندازه‌گیری الکتریکی تشریح گردد. این کتاب مشتمل بر هفت فصل است.

در **فصل اول** دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار و مباحث علمی فشار مطالعه خواهد شد. در **فصل دوم** مباحث و دستگاه‌های اندازه‌گیری مربوط به اندازه‌گیری دما به‌طور کامل تشریح می‌گردد. در **فصل سوم** اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و معاوضات آن و دستگاه‌های اندازه‌گیری مربوط به این پارامترها مرور خواهد شد. با توجه به کاربرد وسیع اسیلوسکوپ در اندازه‌گیری‌های الکتریکی، **فصل چهارم** به آشنایی و آموزش اسیلوسکوپ اختصاص دارد.

در **فصل پنجم** مبحث مگر، زمین و عایق سنجی به‌طور مفصل بررسی خواهد شد. در **فصل ششم** با توجه به کاربرد گسترده پل‌ها و کالیبراتورها در کالیبراسیون دستگاه‌های اندازه‌گیری، بحث جامعی در این خصوص انجام خواهد شد به‌طوری که خواننده با انواع دستگاه‌های کالیبراسیون و نحوی انجام آن روش‌ها آشنا خواهد گردید. دستگاه‌های دیجیتال کاربرد بسیار گسترده‌ای در اندازه‌گیری‌های دیجیتال دارند. با

گسترش صنعت دیجیتال و جایگزین شدن دستگاه‌های آنالوگ قدیمی با دستگاه‌های دیجیتال، کاربرد این دستگاه‌ها در صنعت روز به روز گسترده‌تر می‌شود. بدین منظور در فصل هفتم مباحث مربوط به دستگاه‌های دیجیتال و کاربرد آن‌ها در اندازه‌گیری الکتریکی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

تلاش شده است درتالیف کتاب، یکدست بودن مطالب در ارائه مفاهیم و ترجمه برخی از لغات فنی رعایت شود اما علی‌رغم ویرایش‌های متعدد ممکن است نگارش عاری از ایراد نباشد از اساتید محترم و دانشجویان عزیز تقاضا می‌شود. اگر ایرادی و اشکالی در ویرایش و محتوای کتاب مشاهده کردند در صورت امکان به اطلاع مولفین برسانند.

مهندس محمد قمی^۲

رئیس دانشکده مهندسی برق

دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)

دکتر محمد نویسنه^۱

استادیار دانشکده مهندسی برق

دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)

^۱ m_khishe@elec.iust.ac.ir

^۲ ghomi.1350@gmail.com

فصل اول: اندازه‌گیری فشار

۳	مقدمه
۳	۱-۱- واحدهای فشار
۴	۱-۲- انواع فشار اندازه‌گیری شده
۵	۱-۳- اجزاء مهم فشارسنج
۵	۱-۴- انواع وسایل اندازه‌گیری فشار
۶	۱-۴-۱- فشارسنج‌های ایدرواستاتیکی
۸	۱-۴-۲- فشارسنج‌های پیستونی
۱۰	۱-۴-۳- فشارسنج‌های ستون مایع
۱۰	۱-۴-۴-۱- فشارسنج‌های آنرویدی (فشارسنج‌های مکانیکی)
۱۰	۱-۴-۴-۲- فشارسنج لوله بوردن
۱۲	۱-۴-۴-۳- فشارسنج‌های دیافراگمی
۱۳	۱-۴-۴-۴- فشارسنج کپسولی
۱۳	۱-۴-۵- فشارسنج‌های الکترونیکی
۱۶	۱-۴-۶- فشارسنج هدایت حرارتی
۱۸	۱-۴-۷- فشارسنج یونیزاسیون
۲۰	۱-۵- حسگرهای فشاری
۲۱	۱-۵-۱- کاربرد حسگر فشار
۲۳	۱-۵-۲- فناوری‌های اندازه‌گیری حسگرهای فشار
۲۴	۱-۵-۳- حسگرهای فشار از نظر نوع فشار اندازه‌گیری
۲۴	۱-۵-۳-۱- حسگرهای فشار مطلق
۲۴	۱-۵-۳-۲- حسگرهای فشار گیج
۲۵	۱-۵-۳-۳- حسگرهای فشار خلا

- ۲۵ ۱-۵-۳-۴- حسگرهای فشار تفاضلی
- ۲۵ ۱-۵-۳-۵- حسگرهای فشار مهرشده
- ۲۵ ۱-۵-۴- حسگرهای فشار از نظر تکنولوژی ساخت
- ۲۶ ۱-۵-۴-۱- روش دیافراگم و کپسول
- ۲۶ ۱-۵-۴-۲- ترانسدیوسر خازنی فشار
- ۲۶ ۱-۵-۴-۳- ترانسدیوسر پتانسیومتری فشار
- ۲۶ ۱-۵-۴-۴- پیزوالکتریک
- ۲۷ ۱-۵-۵-۵- ساندگان حسگرهای فشار
- ۲۷ ۱-۵-۶- تکنولوژی حس کردن فشار
- ۲۸ ۱-۵-۶-۱- معکده نبر
- ۲۸ ۱-۵-۶-۲- گیج ران تشش سیزو رزیستور
- ۲۸ ۱-۵-۶-۳- خازنی
- ۲۸ ۱-۵-۶-۴- الکترومغناطیس
- ۲۹ ۱-۵-۶-۵- پیزو الکتریک
- ۲۹ ۱-۵-۶-۶- نوری
- ۲۹ ۱-۵-۶-۷- پتانسیومتری
- ۳۰ ۱-۵-۶-۸- رزونانس
- ۳۰ ۱-۵-۶-۹- دما
- ۳۰ ۱-۵-۶-۱۰- یونیزاسیون
- ۳۰ ۱-۶-۶- کاربردها
- ۳۰ ۱-۶-۱- اندازه گیری فشار
- ۳۱ ۱-۶-۲- اندازه گیری ارتفاع از سطح دریا
- ۳۱ ۱-۶-۳- اندازه گیری جریان
- ۳۱ ۱-۶-۴- اندازه گیری ارتفاع / عمق
- ۳۱ ۱-۶-۵- آزمایش نشتی
- ۳۲ ۱-۷- مبدل های اختلاف فشار
- ۳۲ ۱-۸- فشارسنج گیج آنالوگ

- ۳۳ ۹-۱- فشارسنج دیجیتالی
- ۳۴ ۱۰-۱- کنترل کننده فشار یا کلید مبتنی بر فشار

فصل دوم : اندازه گیری دما

- ۳۸ ۱-۲- تعریف دما
- ۴۰ ۲-۲- انواع وسایل اندازه گیری درجه حرارت
- ۴۰ ۲-۲-۱- دماسنج با ماده‌ی قابل انبساط
- ۴۲ ۲-۲-۲- دماسنج فشاری
- ۴۳ ۲-۲-۳- دماسنج بی‌مثال
- ۴۵ ۲-۲-۴- دماسنج ترموکوپلی
- ۴۷ ۲-۲-۴-۱- مزایای ترموکوپل
- ۴۷ ۲-۲-۴-۲- انواع ترموکوپل
- ۵۱ ۲-۲-۵- اشکال مختلف ترموکوپل
- ۵۲ ۲-۳-۱- دماسنج مادون قرمز^۳ (پیرومتر یا پیرومتر^۴)
- ۵۲ ۲-۳-۱- رابطه اندازه گیری دما با امواج مادون قرمز
- ۵۴ ۲-۴-۱- حرارت سنج دیجیتالی قابل حمل
- ۵۵ ۲-۴-۱- پراب‌های اندازه گیری دما
- ۵۶ ۲-۴-۲- پارامترهای مهم در انتخاب دماسنج دیجیتالی پرتابل
- ۵۶ ۲-۴-۳- حسگرهای مقاومتی دما (RTD)
- ۵۷ ۲-۵-۱- ترمیستور
- ۵۸ ۲-۵-۱- دسته بندی ترمیستورها
- ۵۸ ۲-۵-۲- مزایای ترمیستورها
- ۵۹ ۲-۵-۳- معایب ترمیستورها
- ۵۹ ۲-۵-۴- کاربردهای ترمیستور
- ۵۹ ۲-۵-۵- پارامترهای مهم برای انتخاب ترمیستور
- ۵۹ ۲-۶- مدارهای مجتمع اندازه گیری دما

^۳ . Infrared Thermometer

^۴ . Pyrometers

۶۰	۲-۶-۱- تعریف مدار مجتمع
۶۰	۲-۶-۲- تراشه‌های اندازه‌گیری دما موجود در بازار
۶۱	۲-۶-۱- اندازه‌گیری دما با حسگر ۱۰۰pt
۶۲	۲-۶-۲- تراشه LM35
۶۳	۲-۶-۲-۱- ویژگی‌های حسگر LM35
۶۴	۲-۶-۲-۲- کاربردهای حسگر LM35
۶۵	۲-۶-۳- حسگرهای مبتنی بر ترمیستور
۶۶	۲-۶-۱- حسگر MAX6577
۶۶	۲-۶-۵- حسگر SMT160
۶۷	۲-۶-۶- حسگر DS18B20
۶۹	۲-۶-۷- حسگرهای اندازه‌گیری دما ۱۰SHT و ۱۱SHT

فصل سوم: اندازه‌گیری جریان، ولتاژ، توان، اختلاف فاز و مقاومت اهمی

۷۲	مقدمه
۷۲	۳-۱- مفاهیم اولیه
۷۳	۳-۲- اندازه‌گیری جریان
۷۹	۳-۲-۲- اندازه‌گیری جریان DC
۸۶	۳-۲-۳- اندازه‌گیری جریان AC
۸۹	۳-۳- اندازه‌گیری ولتاژ
۸۹	۳-۱-۳- اندازه‌گیری ولتاژ DC
۹۳	۳-۲-۳- اندازه‌گیری ولتاژ AC
۹۴	۳-۴- اندازه‌گیری مقاومت اهمی
۱۰۱	۳-۵- اندازه‌گیری توان
۱۰۴	۳-۶- انرژی الکتریکی
۱۰۶	۳-۷- اختلاف فاز

فصل چهارم: اسیلوسکوپ

۱۱۰	مقدمه
۱۱۲	۴-۱- دستگاه اسیلوسکوپ

۱۱۲	۲-۴- انواع اسیلوسکوپ
۱۱۲	۴-۲-۱- اسیلوسکوپ آنالوگ
۱۱۲	۴-۲-۲- اسیلوسکوپ دیجیتال
۱۱۳	۴-۳- مزایای اسیلوسکوپ
۱۱۳	۴-۴- مشخصه‌های اسیلوسکوپ‌ها
۱۱۳	۴-۴-۱- صفحه نمایشگر
۱۱۴	۴-۴-۲- کانال
۱۱۴	۴-۴-۳- لامپ پرتو کاتدی
۱۱۴	۴-۴-۴- ترنسکترونی
۱۱۴	۴-۴-۵- صفحه‌های انحراف عمودی
۱۱۵	۴-۴-۶- صفحه فلورسنت
۱۱۵	۴-۴-۷- مولد مبنای زمان
۱۱۵	۴-۵- مدارهای اصلی اسیلوسکوپ
۱۱۶	۴-۵-۱- سیستم انحراف قائم
۱۱۶	۴-۵-۲- سیستم انحراف افقی
۱۱۶	۴-۵-۳- هم‌زمانی
۱۱۷	۴-۵-۴- مواد محوکننده
۱۱۷	۴-۵-۵- کنترل وضعیت
۱۱۷	۴-۵-۶- کنترل کانونی بودن
۱۱۷	۴-۵-۷- کنترل شدت
۱۱۷	۴-۵-۸- مدار کالیبره‌سازی
۱۱۸	۴-۵-۹- پراب
۱۱۸	۴-۶- اجزای اصلی اسیلوسکوپ
۱۱۹	۴-۶-۱- صفحه نمایش اسیلوسکوپ
۱۱۹	۴-۶-۲- کلید روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ
۱۲۰	۴-۶-۳- کلید چرخشی Intensity
۱۲۰	۴-۶-۴- کلید چرخشی Focus

- ۱۲۱ ۴-۶-۵- پین تنظیمات یا کالیبراسیون
- ۱۲۱ ۴-۶-۶- کلیدهای چرخشی آستیگمات
- ۱۲۲ ۴-۶-۷- کلید چرخش محور افقی
- ۱۲۲ ۴-۶-۸- کلید Time/div
- ۱۲۲ ۴-۶-۹- کلید چرخشی Time Variable
- ۱۲۳ ۴-۶-۱۰- کلید بزرگ‌نمایی در راستای افقی
- ۱۲۴ ۴-۶-۱۱- کلید بزرگ‌نمایی در راستای عمودی
- ۱۲۴ ۴-۶-۱۲- کلید چرخشی تغییر مکان افقی
- ۱۲۴ ۴-۶-۱۳- کلید Volt/div
- ۱۲۴ ۴-۶-۱۴- کلید چرخشی Volt Variable
- ۱۲۵ ۴-۶-۱۵- کلید چرخشی Vertical Position
- ۱۲۵ ۴-۶-۱۶- کلید چرخشی بائیس EC
- ۱۲۵ ۴-۶-۱۷- کلید AC-GND-DC
- ۱۲۶ ۴-۶-۱۸- کلید ۱-CH/ADJ-DUAL-CH
- ۱۲۶ ۴-۶-۱۹- کلید CHOP-ALT
- ۱۲۷ ۴-۶-۲۰- کلید INV۲CH
- ۱۲۷ ۴-۶-۲۱- بخش تنظیمات پایه
- ۱۲۹ ۴-۷- راهنمای قدم به قدم استفاده از اسیلوسکپ

فصل پنجم: مگر و ارت‌سنج

- ۱۳۲ ۵-۱- مگر
- ۱۳۳ ۵-۱-۱- طرز کار با مگر
- ۱۳۳ ۵-۱-۲- طرز تشخیص سالم بودن مگر
- ۱۳۳ ۵-۱-۳- طریقه مگر زدن روی ماشین‌ها
- ۱۳۴ ۵-۲- دستگاه مگر HVDC Tester
- ۱۳۴ ۵-۲-۱- اصول عملکرد دستگاه
- ۱۳۴ ۵-۲-۲- کاربردها و توانمندی‌های HVDC TESTER
- ۱۳۵ ۵-۳- قطعات مگر

- ۱۳۶ ۴-۵- انواع خطوط هوایی عایق شده
- ۱۳۷ ۴-۵-۱- هادی روکش دار (cc)
- ۱۳۸ ۴-۵-۲- کابل باندل هوایی یا کابل خود نگهدار
- ۱۳۹ ۴-۵-۳- کابل هوایی فاصله دار (ASC)
- ۱۴۰ ۴-۵-۴- هادی روکش دار
- ۱۴۰ ۴-۵-۵- مزایای استفاده از هادی های روکش دار
- ۱۴۰ ۴-۵-۶- عوامل بروز آسیب بر عایق هادی
- ۱۴۰ ۵-۵- موارد استفاده از عایق سنج
- ۱۴۱ ۵-۵-۱- نکات مهم در انتخاب عایق سنج
- ۱۴۱ ۵-۵-۶- اتصال دستگاه های مختلف با مگر
- ۱۴۲ ۵-۶-۱- اتصال به هادی
- ۱۴۲ ۵-۶-۲- اتصال به کابل سبیلدار
- ۱۴۳ ۵-۶-۳- اتصال به قطع کننده مدار (بار شکن)
- ۱۴۳ ۵-۶-۴- اتصال به ترانسفورماتور قدرت
- ۱۴۴ ۵-۶-۵- اتصال به ژنراتور
- ۱۴۴ ۵-۶-۶- اتصال به موتور سه فاز
- ۱۴۵ ۵-۷- خروجی محافظ
- ۱۴۵ ۵-۸- ارت سنج
- ۱۴۶ ۵-۸-۱- تعریف ارت سنج
- ۱۴۹ ۵-۹- تفاوت بین ارت سنج و مگر
- ۱۴۹ ۵-۱۰- روش های ارت سنجی
- ۱۵۰ ۵-۱۰-۱- اندازه گیری مقاومت ویژه خاک
- ۱۵۲ ۵-۱۰-۲- نحوی محاسبه مقاومت خاک
- ۱۵۳ ۵-۱۰-۲- نحوی قرار دادن میله های ارت سنج در داخل خاک
- ۱۵۴ ۵-۱۰-۳- روش اندازه گیری انتخابی
- ۱۵۶ ۵-۱۰-۴- روش اندازه گیری بدون استفاده از میله های سنجش
- ۱۵۶ ۵-۱۰-۵- محاسبه مقاومت سیستم ارتینگ با استفاده از روش دو قطبی

فصل ششم: پل‌ها و کالیبراتورها

۱۶۰	مقدمه
۱۶۱	۶-۱- پل‌ها
۱۶۱	۶-۱-۱- پل‌های DC
۱۶۱	۶-۱-۱-۱- پل وتستون
۱۶۴	۶-۱-۱-۲- حساسیت پل وتستون
۱۶۵	۶-۱-۱-۱- پل وتستون نیمه متعادل
۱۶۶	۶-۱-۱-۴- پل تامسون
۱۶۸	۶-۱-۲- پل وتستون AC
۱۷۰	۶-۲- روش‌های جبران DC
۱۷۰	۶-۳- کالیبراتورها
۱۷۲	۶-۳-۱- کالیبراتور DC
۱۷۲	۶-۳-۲- کالیبراتور AC

فصل هفتم: دستگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتال

۱۷۶	مقدمه
۱۷۶	۷-۱- مزایای وسایل اندازه‌گیری دیجیتال
۱۸۰	۷-۲- مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال
۱۸۰	۷-۲-۱- مبدل‌های A/D ولتاژ به زمان
۱۸۲	۷-۲-۲- مبدل A/D شیب‌دار دو واحدی (مجموع)
۱۸۳	۷-۲-۳- مبدل تخمین متوالی A/D
۱۸۴	۷-۲-۴- مبدل موازی A/D
۱۸۶	۷-۳- اندازه‌گیری AC در مولتی‌مترهای دیجیتال
۱۸۸	۷-۴- ویژگی‌های اصلی دستگاه‌های دیجیتال
۱۸۹	۷-۵- وات‌متر الکترونیک
۱۹۰	۷-۶- دستگاه‌های اندازه‌گیری برق الکترونیک