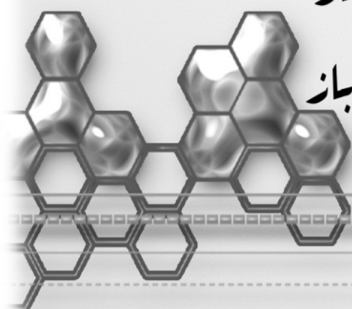


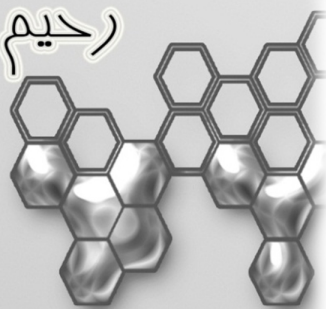
ای نام تو بهترین سرآغاز  
بی نام تو نامه کی کنم باز

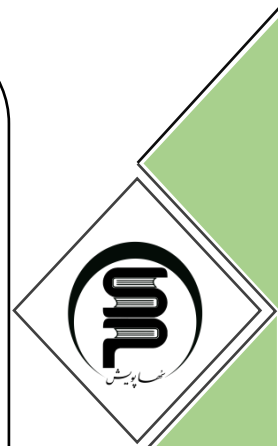


مرجع منحصر فرد

# ابزار دقیق

رحیم جهانشاهی - ابراهیم فرد





سرشناسه  
عنوان و نام پدیدآور  
مشخصات نشر  
مشخصات ظاهری  
شابک  
وضعیت فهرست نویسی  
یادداشت  
موضوع  
شناسه افزوده  
رده بندی کنگره  
رده بندی دیویی  
شماره کتابشناسی ملی  
اطلاعات رکورد کتابشناسی

: جهانشاهی، رحیم، ۱۳۶۴ -  
: مرجع منحصر به فرد ابزار دقیق / رحیم جهانشاهی، ابراهیم فرد.  
: تهران: سها پویش، ۱۴۰۱.  
: ۴۵۶ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی).  
: 978-622-92849-4-0  
: فیبا  
: کتابنامه: ص. ۴۵۵.  
: کنترل فرایندها -- ابزار و تجهیزات  
Process control -- Instruments  
مهندسی کنترل -- وسایل و تجهیزات  
Automatic control -- Equipment and supplies  
: فرد، ابراهیم، ۱۳۶۴ -  
: ۸/۱۵۶TS  
: ۲/۶۸۱  
: ۹۰۲۳۲۸۵  
: فیبا

تلفن : ۳-۶۶۵۶۹۸۸۱-۳ همراه : ۰۹۳۵۱۲۶۱۴۱۹

عنوان کتاب ..... مرجع منحصر به فرد ابزار دقیق  
تألیف و گردآوری ..... رحیم جهانشاهی  
ناشر ..... سها پویش  
نوبت چاپ ..... اول  
سال چاپ ..... ۱۴۰۱  
تیراژ ..... ۵۰  
قیمت ..... ۸۰۰۰۰ تومان

شابک: ۰-۴-۹۲۸۴۹-۶۲۲-۹۷۸-۹۷۸-۶۲۲-۹۲۸۴۹-۴-۰ ISBN: 978-622-92849-4-0

sohapooyesh\_pub  
@sohapooyesh\_pub  
www.sohadanesh.com : فروشگاه آنلاین



این اثر مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ می‌باشد.

پروردگاره

کلام را با نام حضرتت گشودم که امید یاری داشتیم  
هیچ ستایشی نیست جز تو را و هیچ تو کالی به شیر تو نیست.

پروردگاره

هیچ معرفتی استوار نکرده جز به تائید حضرتت  
هیچ اطمینانی به شیر تو نیست و هیچ خیری از شیر تو نیست  
و هیچ گشایشی نیست مگر از ناحیه تو.

پروردگاره

اگر معرفتی هست تو دادی، و اگر عزتی هست تو بخشیدی  
و اگر هدایتی هست به لطف تو است.

پروردگاره

دروغ می فرستم بر پیامبر بزرگت محمد مصطفی (ص)  
که رسالت خویشی، به خوبی ادا کرد و طلال و حرامت را  
بیان داشت

نماز و زکات را پیاداشت و مردم را به دینت دعوت نمود.

پروردگاره

از هر گزشتی به تو پناه می برم و از هر نافرمانی از تو امید  
مفردارم.

(دکتر محمد جعفر واصف)



تقدیم به  
پدر، مادر و همسر عزیزم  
رحیم جهانشاهی

تقدیم به خانواده‌ی عزیزم  
ابراهیم فرد



ابزار دقیق و کنترل صنعتی در تمامی صنایع از جمله صنایع پتروشیمی، ذوب آهن، نساجی و ... کاربرد فراوانی دارد، در نتیجه با اندازه‌گیری و کنترل پارامترهای بسیار متعددی مانند دما، فشار، فلو و ... در این صنایع روبرو می‌شویم که نیاز به استفاده و به‌کارگیری از تجهیزات ابزار دقیق گسترده‌ای دیده می‌شود؛ در این کتاب به تشریح انواع تجهیزات ابزار دقیق و تحلیل سیستم‌های کنترل صنعتی پرداخته شده است. در نگارش کتاب حاضر بیشتر از کاتالوگ‌های سازندگان تجهیزات ابزار دقیق، به ویژه شرکت امگا استفاده شده است.

مؤلفین کتاب حاضر با تکیه بر سال‌ها تجربه کار در صنایع مختلف و همکاری با دانشگاه و مراکز فنی و حرفه‌ای و استفاده از منابع علمی مختلف محتوای این کتاب را تنظیم نموده‌اند. در نگارش این اثر تمام سعی بر آن بوده تا اثری کاربردی و متناسب با نیاز صنعت کشور نگارش شود، از این‌رو در این کتاب شاهد معرفی تجهیزات ابزار دقیق پیشرفته و به روز خواهید بود. سبک نگارش این کتاب به زبانی ساده و در عین حال کاربردی، جامع به همراه عکس‌های متعدد می‌باشد و مناسب برای مهندسين، تکنيسين‌ها و دانشجويان است.

در اینجا بر خود واجب می‌دانیم از همکاری تمامی دوستان و عزیزانی که ما را در آماده سازی و چاپ این کتاب یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی صمیمانه خود را مبذول نماییم. در نهایت با عنایت به این مطلب که نویسندگان این اثر کار خود را عاری از خطا و اشتباه نمی‌دانند از تمامی خوانندگان تقاضا می‌شود هرگونه پیشنهاد و یا انتقاد خود را از طریق پست الکترونیک [electric.book@yahoo.com](mailto:electric.book@yahoo.com) با مؤلفین کتاب در میان بگذارند تا در چاپ‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

رحیم جهانشاهی - ابراهیم فرد



## فصل اول: آشنایی با ابزار دقیق و کنترل صنعتی

|    |   |
|----|---|
| ۲۰ | ۱.۱ تعاریف و اصطلاحات.....                      |
| ۲۰ | ۱.۱.۱ اندازه‌گیری (MEASURING).....              |
| ۲۰ | ۱.۱.۲ ابزار دقیق (INSTRUMENT).....              |
| ۲۰ | ۱.۱.۳ کمیت‌های فیزیکی.....                      |
| ۲۱ | ۱.۲ عناصر تشکیل دهنده یک سیستم اندازه‌گیری..... |
| ۲۲ | ۱.۲.۱ سنسور (SENSOR).....                       |
| ۲۲ | ۱.۲.۲ ترانسدیوسر (TRANSDUCER).....              |
| ۲۲ | ۱.۲.۳ ترانسمیتر (TRANSMITER).....               |
| ۲۳ | ۱.۳ مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری.....             |
| ۲۳ | ۱.۳.۱ دقت (ACCURACY).....                       |
| ۲۳ | ۱.۳.۲ حساسیت (SENSITIVITY).....                 |
| ۲۳ | ۱.۳.۳ خطا (ERROR).....                          |
| ۲۴ | ۱.۳.۴ تفکیک‌پذیری یا حد تفکیک (RESOLUTION)..... |
| ۲۴ | ۱.۳.۵ خطی بودن (LINEARTY).....                  |
| ۲۴ | ۱.۳.۶ پسماند (HYSTERESIS).....                  |
| ۲۵ | ۱.۳.۷ تکرارپذیری (REPEATABILITY).....           |
| ۲۵ | ۱.۳.۸ رنج (RANGE).....                          |
| ۲۵ | ۱.۳.۹ اغتشاش (DISTRUBANCE).....                 |
| ۲۵ | ۱.۳.۱۰ پایداری (STABILITY).....                 |
| ۲۵ | ۱.۴ سیگنال‌های استاندارد ابزار دقیق.....        |

۲۶ ..... (۱.۵) تقسیم بندی سیستم‌های کنترل

## فصل دوم: اندازه‌گیری دما

|    |   |
|----|---|
| ۳۰ | ..... (۲.۱) تعریف کمیت دما                          |
| ۳۰ | ..... (۲.۲) واحدهای اندازه‌گیری دما                 |
| ۳۱ | ..... ۲.۲.۱ تبدیل واحدهای اندازه‌گیری دما به یکدیگر |
| ۳۳ | ..... (۲.۳) روش‌های اندازه‌گیری دما                 |
| ۳۳ | ..... ۲.۳.۱ ترموکوپل ( <i>THERMOCOUPLE</i> )        |
| ۴۲ | ..... 2.3.2 بی‌متال <i>BIMETAL</i>                  |
| ۴۳ | ..... 2.3.3 آشکارسازهای دمای مقاومتی <i>RTD</i>     |
| ۵۴ | ..... ۲.۳.۴ آی‌سی‌های اندازه‌گیری دما               |
| ۵۷ | ..... 2.3.5 سنسورهای اتصال <i>PN</i> سیلیکونی       |
| ۵۸ | ..... ۲.۳.۶ سنسورهای دمای کریستال مایع              |
| ۶۰ | ..... ۲.۳.۷ حرارت سنج‌های تشعشعات مادون قرمز        |
| ۶۴ | ..... (۲.۴) ترمال‌ول <i>THERMAL WELL</i>            |
| ۶۴ | ..... (۲.۵) زمان پاسخ <i>RESPONSE TIME</i>          |
| ۶۵ | ..... (۲.۶) ترانسمیترها و میدل‌ها                   |
| ۶۶ | ..... (۲.۷) کنترلرها و نشانگرهای دما                |
| ۶۷ | ..... (۲.۸) کالیبراسیون سنسورهای اندازه‌گیری دما    |
| ۶۹ | ..... (۲.۹) مقایسه انواع روش‌های اندازه‌گیری دما    |

## فصل سوم: سنسورهای بدون تماس

|    |   |
|----|---|
| ۷۲ | ..... (۳.۱) مقدمه   |
| ۷۲ | ..... (۳.۲) سنسورهای مجاورتی مغناطیسی <i>MAGNETIC PROXIMITY SENSORS</i> |
| ۷۵ | ..... ۳.۲.۱ کاربردهای سنسور مغناطیسی                                    |
| ۷۵ | ..... (۳.۳) سنسورهای مجاورتی مغناطیس-القایی                             |
| ۷۸ | ..... (۳.۴) سنسورهای مجاورتی القایی <i>INDUCTIVE PROXIMITY SENSORS</i>  |
| ۸۰ | ..... ۳.۴.۱ نحوه عملکرد سنسور   |
| ۸۲ | ..... ۳.۴.۲ خصوصیات و مشخصات سنسور القایی                               |

|     |  |       |
|-----|--|-------|
| ۸۵  | نحوه نصب سنسورهای القایی   | ۳.۴.۳ |
| ۸۸  | انواع سنسورهای القایی از نظر طبقه خروجی                          | ۳.۴.۴ |
| ۹۳  | اتصال سری و موازی سنسورهای القایی                                | ۳.۴.۵ |
| ۹۸  | اتصال سنسورهای القایی به بار                                     | ۳.۴.۶ |
| ۹۹  | سنسورهای القایی خاص  | ۳.۴.۷ |
| ۱۰۴ | سنسورهای مجاورتی خازنی <i>CAPACITIVE PROXIMITY SENSORS</i>       | ۳.۵   |
| ۱۰۴ | نحوه عملکرد سنسور خازنی  | ۳.۵.۱ |
| ۱۰۷ | کاربرد سنسورهای خازنی  | ۳.۵.۲ |
| ۱۰۹ | سنسورهای مجاورتی نوری <i>OPTICAL PROXIMITY SENSORS</i>           | ۳.۶   |
| ۱۱۰ | سنسورهای نوری یک طرفه ( <i>DIFFUSE</i> )                         | ۳.۶.۱ |
| ۱۱۳ | سنسورهای نوری رفلکتوری ( <i>RETROREFLECTION</i> )                | ۳.۶.۲ |
| ۱۱۴ | سنسورهای نوری دو طرفه ( <i>THRU BEAM</i> )                       | ۳.۶.۳ |
| ۱۱۶ | سنسورهای نوری همراه با کابل فیبر نوری                            | ۳.۶.۴ |
| ۱۱۷ | سمبل انواع سنسور نوری  | ۳.۶.۵ |
| ۱۱۸ | چند مثال از کاربرد انواع سنسور نوری                              | ۳.۶.۶ |
| ۱۱۹ | سنسورهای مجاورتی اولتراسونیک <i>ULTRASONIC PROXIMITY SENSORS</i> | ۳.۷   |
| ۱۲۰ | خصوصیات سنسور اولتراسونیک  | ۳.۷.۱ |
| ۱۲۳ | نحوه نصب سنسورهای اولتراسونیک و موقعیت اجسام                     | ۳.۷.۲ |
| ۱۲۴ | مزایا و معایب سنسور اولتراسونیک                                  | ۳.۷.۳ |
| ۱۲۵ | چند مثال از کاربرد انواع سنسور اولتراسونیک                       | ۳.۷.۴ |
| ۱۲۶ | سنسورهای مجاورتی تشخیص کد رنگ                                    | ۳.۸   |
| ۱۲۷ | سمبل مدار الکتریکی سنسورهای مجاورتی                              | ۳.۹   |
| ۱۲۸ | مقایسه سنسورهای مجاورتی  | ۳.۱۰  |

#### فصل چهارم: اندازه‌گیری موقعیت و سرعت

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| ۱۳۰ | مقدمه  | ۴.۱ |
| ۱۳۰ | <i>(LINEAR VARIABLE DIFFERENTIAL TRANSFORMER) LVDT</i> | ۴.۲ |
| ۱۳۳ | <i>(ROTARY VOLTAGE DIFFERENTIAL TRANSMITTER) RVDT</i>  | ۴.۳ |
| ۱۳۴ | رمز گذار چرخشی ( <i>ROTARY ENCODER</i> )               | ۴.۴ |



|     |   |
|-----|---|
| ۱۳۵ | ۴.۴.۱ اینکودرهای افزایشی (INCREMENTAL)          |
| ۱۳۶ | ۴.۴.۲ اینکودرهای مطلق (ABSOLUTE)                |
| ۱۳۸ | ۴.۵ رمز گذار موقعیت (POSITION ENCODER)          |
| ۱۳۹ | ۴.۶ تاکومتر ژنراتور (TACHOMETER GENERATOR)      |
| ۱۴۱ | ۴.۷ دور سنج‌های نوری                            |
| ۱۴۱ | ۴.۸ پتانسیومترهای اندازه‌گیری موقعیت            |
| ۱۴۳ | ۴.۹ ترانسدیوسرهای تغییر مکان خازنی              |
| ۱۴۴ | ۴.۱۰ سنسورهای حرکت اثر هال (HALL EFFECT SENSOR) |
| ۱۴۵ | ۴.۱۰.۱ سنسورهای دیجیتال                         |
| ۱۴۵ | ۴.۱۰.۲ سنسورهای آنالوگ                          |
| ۱۴۶ | ۴.۱۰.۳ کاربرد سنسورهای اثر هال                  |

### فصل پنجم: اندازه‌گیری فشار و وزن

|     |   |
|-----|---|
| ۱۵۰ | ۵.۱ مقدمه   |
| ۱۵۲ | ۵.۲ فشار در مخازن سر بسته                             |
| ۱۵۲ | ۵.۳ واحدهای اندازه‌گیری فشار                          |
| ۱۵۴ | ۵.۴ اصطلاحات فنی فشار سنج‌ها                          |
| ۱۵۴ | ۵.۴.۱ رنج اندازه‌گیری (MEASURING RANG)                |
| ۱۵۵ | ۵.۴.۲ اسپن (SPAN)                                     |
| ۱۵۵ | ۵.۴.۳ دقت (ACCURACY)                                  |
| ۱۵۵ | ۵.۴.۴ هیستریزیس (HYSTERESIS)                          |
| ۱۵۶ | ۵.۴.۵ خطای هد (HEAD ERROR)                            |
| ۱۵۶ | ۵.۵ انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار به روش مکانیکی  |
| ۱۵۶ | ۵.۶ مانومترها (MANOMETERS)                            |
| ۱۵۷ | ۵.۶.۱ مانومتر با تیوب U شکل (U-TUBE MANOMETER)        |
| ۱۵۷ | ۵.۶.۲ مانومتر نوع مخزن دار (WELL RESERVOIR MANOMETER) |
| ۱۵۷ | ۵.۶.۳ مانومتر مورب (INCLINED MANOMETER)               |
| ۱۵۸ | ۵.۶.۴ مانومتر شناور دار (FLOAT MANOMETER)             |
| ۱۵۸ | ۵.۷ بارومتر (BAROMETER)                               |

|     |  |
|-----|--|
| ۱۵۹ | .....(BOURDON TUBE) بوردن تیوب                           |
| ۱۵۹ | .....(C-BOURDON) شکل C بوردن تیوب                        |
| ۱۶۰ | .....(SPIRAL) بوردن تیوب حلزونی                          |
| ۱۶۱ | .....(HELICAL) بوردن تیوب مارپیچ                         |
| ۱۶۲ | .....(DIAPHRAGM) فشار سنج دیافراگمی                      |
| ۱۶۲ | .....(BELLOWS) فشار سنج فانوسی                           |
| ۱۶۳ | .....کیسول‌های فشار                                      |
| ۱۶۴ | .....انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار به روش الکترونیکی |
| ۱۶۵ | .....استرین گیج‌ها (STRAIN GAUGES)                       |
| ۱۶۷ | .....ترانسفورماتور دیفرانسیلی متغیر خطی (LVDT)           |
| ۱۶۷ | .....مبدل رلوکتانس متغیر                                 |
| ۱۶۷ | .....مبدل خازنی  |
| ۱۶۸ | .....مبدل پیزوالکتریک                                    |
| ۱۶۹ | .....اندازه‌گیری وزن                                     |
| ۱۷۰ | .....اندازه‌گیری وزن به کمک لودسل                        |

### فصل ششم: اندازه‌گیری فلو سیالات

|     |   |
|-----|---|
| ۱۷۴ | .....(۶.۱) مفاهیم کلی                                   |
| ۱۷۴ | .....(۶.۲) روش‌های فلومتری                              |
| ۱۷۵ | .....(۶.۳) ویسکوزیته و عدد رینولدز                      |
| ۱۷۶ | .....(۶.۴) انواع و فرم‌های مختلف حرکت سیال در لوله      |
| ۱۷۷ | .....(۶.۵) معرفی انواع فلومتر                           |
| ۱۷۷ | .....(ORIFICE FLOW METER) فلومتر اریفیس                 |
| ۱۷۹ | .....(THREE VALVE MANIFOLD) ۶.۶.۱ شیر سه راه مانیفولد   |
| ۱۸۰ | .....(۶.۶.۲) ویژگی المان اولیه (مانع ایجاد اختلاف فشار) |
| ۱۸۲ | .....(۶.۶.۳) لوله کشی و نصب                             |
| ۱۸۴ | .....(۶.۶.۴) ویژگی‌های اریفیس پلیت                      |
| ۱۸۴ | .....(۶.۶.۵) انواع اریفیس پلیت                          |
| ۱۸۶ | .....(VENTURI FLOW METER) (۶.۷) فلومتر ونچوری           |

- ۱۸۷.....(CLASSICAL HERSCHEL VENTURI) ونچوری کلاسیک هرشل
- ۱۸۷.....(SHORT FORM VENTURI) ونچوری کوتاه شده
- ۱۸۸.....(UNIVERSAL VENTURI) ونچوری یونیورسال
- ۱۸۸.....(VENTURI-CONE ELEMENT) ونچوری مخروطی
- ۱۸۹.....(FLOW NOZZLE) فلومتر فلو نازل
- ۱۸۹.....(WEDGE ELEMENTS) فلومتر المان گوه دار
- ۱۹۰.....(ELBOW) فلومتر زانو
- ۱۹۱.....(PITOT TUBE) فلومتر لوله‌ی پیتوت
- ۱۹۲.....(SINGLE PORT) پیتوت تیوب تک دهانه
- ۱۹۳.....(AVERAGING PITOT TUBE) پیتوت تیوب میانگین گیر
- ۱۹۴.....(AREA AVERAGING PITOT TUBE) پیتوت تیوب میانگین گیر سطح
- ۱۹۵.....(VARIABLE AREA FLOW METERS) فلومتر با سطح متغیر
- ۱۹۵.....(ROTAMETER) فلومتر روتامتر
- ۱۹۷..... جریان سنج‌های سطح متغیر دیگر
- ۱۹۸.....PURGE فلومتر
- ۱۹۹..... POSITIVE DISPLACEMENT(PD) فلومترهای جابجایی مثبت
- ۲۰۰.....(NUTATING DISC) فلومتر دیسک رقصکی
- ۲۰۰.....(ROTATING VANE) فلومتر پره‌ای دوار
- ۲۰۱.....(PISTON) فلومتر پیستونی
- ۲۰۲.....(OVAL GEAR) فلومتر چرخ دنده‌ای بیضوی
- ۲۰۲.....LOBE فلومتر چرخشی
- ۲۰۳.....(IMPELLER) فلومتر چرخشی پروانه‌ای
- ۲۰۳.....(HELIX) فلومتر حلزونی
- ۲۰۴.....(METERING PUMPS) پمپ‌های اندازه‌گیری
- ۲۰۵..... PD فلومتر گازی
- ۲۰۶..... PD سیستم‌های دقیق
- ۲۰۶.....(۶.۱۴) فلومترهای توربینی
- ۲۰۸.....انتخاب و کاربرد فلومتر توربینی
- ۲۰۹.....۶.۱۴.۲ ملزومات نصب فلومتر توربینی

|     |   |        |
|-----|---|--------|
| ۲۱۰ | .....PADDLEWHEEL فلومتر                               | ۶.۱۴.۳ |
| ۲۱۱ | .....(IMPELLER) فلومتر پروانه‌ای                      | ۶.۱۴.۴ |
| ۲۱۱ | ..... فلومترهای توربینی جدید                          | ۶.۱۴.۵ |
| ۲۱۱ | ..... فلومترهای الکترونیکی                            | ۶.۱۵   |
| ۲۱۲ | .....(MAGNETIC FLOW METER) فلومترهای مغناطیسی         | ۶.۱۵.۱ |
| ۲۱۷ | .....(VORTEX) فلومترهای گردابی                        | ۶.۱۵.۲ |
| ۲۲۲ | .....(ULTRASONIC) فلومترهای اولتراسونیک               | ۶.۱۵.۳ |
| ۲۲۸ | ..... فلومترهای جرمی                                  | ۶.۱۶   |
| ۲۲۸ | .....(CORIOLIS MASS FLOW METERS) فلومتر جرمی کوریولیس | ۶.۱۶.۱ |
| ۲۳۸ | .....(THERMAL MASS FLOW METER) فلومترهای جرمی گرمایی  | ۶.۱۶.۲ |
| ۲۴۱ | .....(HOT-WIRE ANEMOMETER) باد سنج سیم داغ            | ۶.۱۶.۳ |
| ۲۴۲ | ..... مقایسه انواع فلومتر                             | ۶.۱۷   |

### فصل هفتم: اندازه‌گیری سطح

|     |   |       |
|-----|---|-------|
| ۲۴۸ | ..... مقدمه   | ۷.۱   |
| ۲۴۸ | .....(FLOAT LEVEL SWITCHES) سوئیچ‌های سطح شناور                     | ۷.۲   |
| ۲۵۱ | .....DISPLACER SWITCHES سوئیچ‌های غوطه‌ور                           | ۷.۳   |
| ۲۵۳ | .....FLOAT CONTROL VALVES شیرهای کنترل شناور دار                    | ۷.۳.۱ |
| ۲۵۴ | ..... اندازه‌گیری سطح با استفاده از اختلاف فشار (فشار هیدرواستاتیک) | ۷.۴   |
| ۲۵۷ | .....(BUBBLER TUBES) تیوب‌های حباب ساز                              | ۷.۵   |
| ۲۵۸ | ..... دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح خازنی                              | ۷.۶   |
| ۲۵۹ | ..... نحوه عملکرد سنسورهای سطح ظرفیت خازنی                          | ۷.۶.۱ |
| ۲۶۷ | ..... اندازه‌گیری سطح بر اساس رسانایی مایع                          | ۷.۷   |
| ۲۶۸ | ..... اندازه‌گیری سطح با امواج رادیویی                              | ۷.۸   |
| ۲۶۸ | .....RADAR & MICROWAVE رادار و ماکروویو                             | ۷.۸.۱ |
| ۲۷۳ | .....(ULTRASONIC LEVEL GAGES) گیج‌های سطح مافوق صوت                 | ۷.۸.۲ |
| ۲۷۵ | ..... سنسورهای سطح هسته‌ای  | ۷.۹   |
| ۲۷۸ | ..... انواع آشکارسازها  | ۷.۹.۱ |
| ۲۸۰ | ..... کاربردهای سنسورهای سطح هسته‌ای                                | ۷.۹.۲ |

|     |  |
|-----|--|
| ۲۸۱ | ..... سوئیچ‌های سطح ویژه (۷.۱۰)                    |
| ۲۸۲ | ..... سوئیچ‌های گرمایی (THERMAL SWITCHES) (۷.۱۰.۱) |
| ۲۸۳ | ..... سوئیچ‌های لرزشی (۷.۱۰.۲)                     |
| ۲۸۵ | ..... سوئیچ‌های نوری (OPTICAL SWITCHES) (۷.۱۰.۳)   |

### فصل هشتم : آنالیزها

|     |  |
|-----|--|
| ۲۸۸ | ..... اندازه‌گیری PH (۸.۱)                                 |
| ۲۸۸ | ..... اصول تئوری PH (۸.۱.۱)                                |
| ۲۹۰ | ..... اساس کار سنسورهای اندازه‌گیری PH (۸.۱.۲)             |
| ۲۹۲ | ..... الکتروود مرجع (۸.۱.۳)                                |
| ۲۹۲ | ..... الکتروود اندازه‌گیر (۸.۱.۴)                          |
| ۲۹۳ | ..... پتانسیل اتصال مایع (۸.۱.۵)                           |
| ۲۹۴ | ..... تبدیل PH به ولتاژ (۸.۱.۶)                            |
| ۲۹۵ | ..... شیب الکتروود گلاس (۸.۱.۷)                            |
| ۲۹۶ | ..... بافرها و کالیبراسیون (۸.۱.۸)                         |
| ۲۹۸ | ..... PH ایزو پتانسیل (۸.۱.۹)                              |
| ۲۹۹ | ..... عدم تطبیق پتانسیل اتصال (۸.۱.۱۰)                     |
| ۳۰۰ | ..... امپدانس سنسور (۸.۱.۱۱)                               |
| ۳۰۰ | ..... شیلدها و پیش تقویت کننده‌ها (۸.۱.۱۲)                 |
| ۳۰۰ | ..... میکروپروسور (۸.۱.۱۳)                                 |
| ۳۰۱ | ..... کاغذهای تست PH (۸.۱.۱۴)                              |
| ۳۰۲ | ..... اندازه‌گیری هدایت مایعات (۸.۲)                       |
| ۳۰۲ | ..... تئوری هدایت الکتریکی در مایعات (۸.۲.۱)               |
| ۳۰۴ | ..... دستگاه‌های اندازه‌گیری هدایت الکتریکی مایعات (۸.۲.۲) |

### فصل نهم: پروتکل‌های ارتباطی

|     |  |
|-----|--|
| ۳۰۶ | ..... تعریف پروتکل (۹.۱)                   |
| ۳۰۶ | ..... لایه‌ها در پروتکل (۹.۲)              |
| ۳۰۷ | ..... لایه فیزیکی (PHYSICAL LAYER) (۹.۲.۱) |

|     |   |
|-----|---|
| ۳۰۸ | .....(DATA LINK LAYER) لایه پیوند داده                      |
| ۳۰۸ | .....(NETWORK LAYER) لایه شبکه                              |
| ۳۰۸ | .....(TRANSPORT LAYER) لایه انتقال                          |
| ۳۰۹ | .....(SESSION LAYER) لایه جلسه یا لایه نشست                 |
| ۳۰۹ | .....(PRESENTATION LAYER) لایه نمایش یا لایه ارائه          |
| ۳۰۹ | .....(APPLICATION LAYER) لایه کاربردی                       |
| ۳۱۰ | ..... بررسی لایه‌ها در شبکه‌های صنعتی                       |
| ۳۱۱ | ..... (۹.۳) استانداردهای لایه فیزیکی شبکه‌های صنعتی         |
| ۳۱۱ | .....RS-232 استاندارد                                       |
| ۳۱۴ | .....RS-423 استاندارد                                       |
| ۳۱۴ | .....RS-422 استاندارد                                       |
| ۳۱۵ | .....RS-485 استاندارد                                       |
| ۳۱۶ | .....RS مقایسه استانداردهای                                 |
| ۳۱۷ | .....H1 استاندارد   |
| ۳۱۷ | .....H2 استاندارد   |
| ۳۱۷ | ..... (۹.۴) توپولوژی شبکه‌های صنعتی (TOPOLOGIES)            |
| ۳۱۸ | ..... (۹.۴.۱) توپولوژی حلقوی (RING TOPOLOGY)                |
| ۳۱۹ | ..... (۹.۴.۲) توپولوژی باس یا خطی (BUS TOPOLOGY)            |
| ۳۲۰ | ..... (۹.۴.۳) توپولوژی ستاره (STAR TOPOLOGY)                |
| ۳۲۱ | ..... (۹.۴.۴) توپولوژی درختی (TREE TOPOLOGY)                |
| ۳۲۱ | ..... (۹.۴.۵) توپولوژی اتصال کامل (FULL CONNECTED TOPOLOGY) |
| ۳۲۲ | ..... (۹.۴.۶) توپولوژی ترکیبی (HYBRID TOPOLOGY)             |
| ۳۲۳ | ..... (۹.۴.۷) مقایسه توپولوژی‌های سه‌گانه اصلی              |
| ۳۲۴ | ..... (۹.۵) روش‌های دسترسی به شبکه                          |
| ۳۲۴ | ..... (۹.۵.۱) روش فرمان دهنده و فرمان گیرنده (MASTER/SLAVE) |
| ۳۲۴ | ..... (۹.۵.۲) گوش دادن به خط                                |
| ۳۲۵ | ..... (۹.۵.۳) روش انتقال علامت (TOKEN PASSING)              |
| ۳۲۶ | ..... (۹.۶) پروتکل هارت (HART)                              |
| ۳۲۷ | ..... (۹.۶.۱) خصوصیات سیستم‌های کنترلی مبتنی بر هارت        |

|     |       |   |        |
|-----|-------|---|--------|
| ۳۲۸ | ..... | نحوه عملکرد هارت                                  | ۹.۶.۲  |
| ۳۲۸ | ..... | روش‌های ارتباطی در هارت                           | ۹.۶.۳  |
| ۳۳۰ | ..... | نرم افزار سیستم‌های کنترلی مبتنی بر هارت          | ۹.۶.۴  |
| ۳۳۱ | ..... | پروتکل اترنت صنعتی (INDUSTRIAL ETHERNET)          | ۹.۷    |
| ۳۳۱ | ..... | پروتکل پروفیباس (PROFIBUS)                        | ۹.۸    |
| ۳۳۲ | ..... | PROFIBUS PA                                       | ۹.۸.۱  |
| ۳۳۲ | ..... | PROFIBUS DP                                       | ۹.۸.۲  |
| ۳۳۴ | ..... | PROFIBUS FMS                                      | ۹.۸.۳  |
| ۳۳۴ | ..... | پروتکل ارتباطی CAN                                | ۹.۹    |
| ۳۳۷ | ..... | نقش ترمیناتور                                     | ۹.۹.۱  |
| ۳۳۷ | ..... | گسترش شبکه و ساخت شبکه‌های متصل به هم             | ۹.۱۰   |
| ۳۳۷ | ..... | تکرار کننده‌ها (REPEATERS)                        | ۹.۱۰.۱ |
| ۳۳۷ | ..... | پل (BRIDGE)                                       | ۹.۱۰.۲ |
| ۳۳۷ | ..... | GATEWAY   | ۹.۱۰.۳ |
| ۳۳۸ | ..... | رسانه های فیزیکی انتقال اطلاعات                   | ۹.۱۱   |
| ۳۳۸ | ..... | روش الکتریکی                                      | ۹.۱۱.۱ |
| ۳۸۸ | ..... | روش نوری  | ۹.۱۱.۲ |
| ۳۳۹ | ..... | روش بی سیم  | ۹.۱۱.۳ |
| ۳۳۹ | ..... | سطح بندی شبکه‌های صنعتی و جایگاه پروتکل‌های مختلف | ۹.۱۲   |
| ۳۳۹ | ..... | سطح مدیریت (MANAGEMENT LEVEL)                     | ۹.۱۲.۱ |
| ۳۳۹ | ..... | سطح سلول (CELL LEVEL)                             | ۹.۱۲.۲ |
| ۳۴۰ | ..... | سطح میدان (FIELD LEVEL)                           | ۹.۱۲.۳ |
| ۳۴۰ | ..... | سطح سنسور و محرک (ACTUATOR-SENSOR LEVEL)          | ۹.۱۲.۴ |

### فصل دهم: ارتباط سنسورها و عملگرها (AS-i Interface)

|     |       |                           |        |
|-----|-------|---------------------------|--------|
| ۳۴۲ | ..... | معرفی سیستم AS-I          | ۱۰.۱   |
| ۳۴۳ | ..... | علت استفاده از سیستم AS-I | ۱۰.۲   |
| ۳۴۶ | ..... | اجرای سیستم AS-I          | ۱۰.۳   |
| ۳۴۷ | ..... | AS-I MASTER               | ۱۰.۳.۱ |

|     |       |  |
|-----|-------|--|
| ۳۴۸ | ..... | AS-I SLAVES ۱۰.۳.۲                       |
| ۳۴۹ | ..... | AS-I کابل‌های ۱۰.۳.۳                     |
| ۳۵۰ | ..... | AS-I POWER SUPPLY UNIT ۱۰.۳.۴            |
| ۳۵۰ | ..... | (ADDRESSING UNIT) دستگاه آدرس دهی ۱۰.۳.۵ |
| ۳۵۱ | ..... | (DIAGNOSTIC UNIT) دستگاه خطایاب ۱۰.۳.۶   |
| ۳۵۱ | ..... | SAFETY MONITOR ۱۰.۳.۷                    |
| ۳۵۳ | ..... | REPEATER ۱۰.۳.۸                          |
| ۳۵۳ | ..... | EXTENDER ۱۰.۳.۹                          |
| ۳۵۴ | ..... | (EXTENSION PLUG) پلاگ توسعه ۱۰.۳.۱۰      |

### فصل یازدهم: P&ID

|     |       |  |
|-----|-------|--|
| ۳۵۶ | ..... | مقدمه (۱۱.۱)   |
| ۳۵۷ | ..... | نقشه جانمایی (PLANT LAYOUT) (۱۱.۲)                         |
| ۳۵۷ | ..... | نمودار جعبه‌ای فرآیند (BFD) (۱۱.۳)                         |
| ۳۵۸ | ..... | نمودار جریان‌های فرآیند PROCESS FLOW DIAGRAM (۱۱.۴)        |
| ۳۶۰ | ..... | نقشه‌های P&ID (۱۱.۵)                                       |
| ۳۷۲ | ..... | ۱۱.۵.۱ سمبل‌ها در P&ID                                     |
| ۳۸۲ | ..... | ۱۱.۶ ترسیم نقشه‌های هیدرولیکی و P&ID با AUTOCAD ELECTRICAL |
| ۳۸۳ | ..... | ۱۱.۶.۱ فرایند ترسیم یک نقشه هیدرولیکی                      |
| ۳۹۰ | ..... | ۱۱.۶.۲ ایجاد پایپ (CREATING PIPES)                         |
| ۳۹۵ | ..... | ۱۱.۶.۳ ایجاد یک نقشه از نوع P&ID                           |

### فصل دوازدهم: نواحی پر خطر

|     |       |   |
|-----|-------|---|
| ۴۰۲ | ..... | مقدمه (۱۲.۱)                                |
| ۴۰۳ | ..... | درجه حفاظت (IP) (۱۲.۲)                      |
| ۴۰۴ | ..... | آتش سوزی و انفجار (۱۲.۳)                    |
| ۴۰۵ | ..... | فضاهای پرخطر (HAZARDOUS AREA) (۱۲.۴)        |
| ۴۰۶ | ..... | تقسیم‌بندی هر منطقه بر حسب نوع گازها (۱۲.۵) |
| ۴۰۷ | ..... | گازهای GROUP II A (۱۲.۵.۱)                  |



پروردگاره

کلام را با نام حضرتت گشودم که امید یاری داشتیم  
هیچ ستایشی نیست جز تو را و هیچ تو کالی به شیر تو نیست.

پروردگاره

هیچ معرفتی استوار نکرده جز به تائید حضرتت  
هیچ اطمینانی به شیر تو نیست و هیچ خیری از شیر تو نیست  
و هیچ گشایشی نیست مگر از ناحیه تو.

پروردگاره

اگر معرفتی هست تو دادی، و اگر عزتی هست تو بخشیدی  
و اگر هدایتی هست به لطف تو است.

پروردگاره

دروغ می فرستم بر پیامبر بزرگت محمد مصطفی (ص)  
که رسالت خویشی، به خوبی ادا کرد و طلال و حرامت را  
بیان داشت

نماز و زکات را پیاداشت و مردم را به دینت دعوت نمود.

پروردگاره

از هر نگرشی به تو پناه می برم و از هر نافرمانی از تو امید  
مفردارم.

(دکتر محمد جعفر واصف)



تقدیم به  
پدر، مادر و همسر عزیزم  
رحیم جهانشاهی

تقدیم به خانواده‌ی عزیزم  
ابراهیم فرد



ابزار دقیق و کنترل صنعتی در تمامی صنایع از جمله صنایع پتروشیمی، ذوب آهن، نساجی و ... کاربرد فراوانی دارد، در نتیجه با اندازه‌گیری و کنترل پارامترهای بسیار متعددی مانند دما، فشار، فلو و ... در این صنایع روبرو می‌شویم که نیاز به استفاده و به‌کارگیری از تجهیزات ابزار دقیق گسترده‌ای دیده می‌شود؛ در این کتاب به تشریح انواع تجهیزات ابزار دقیق و تحلیل سیستم‌های کنترل صنعتی پرداخته شده است. در نگارش کتاب حاضر بیشتر از کاتالوگ‌های سازندگان تجهیزات ابزار دقیق، به ویژه شرکت امگا استفاده شده است.

مؤلفین کتاب حاضر با تکیه بر سال‌ها تجربه کار در صنایع مختلف و همکاری با دانشگاه و مراکز فنی و حرفه‌ای و استفاده از منابع علمی مختلف محتوای این کتاب را تنظیم نموده‌اند. در نگارش این اثر تمام سعی بر آن بوده تا اثری کاربردی و متناسب با نیاز صنعت کشور نگارش شود، از این‌رو در این کتاب شاهد معرفی تجهیزات ابزار دقیق پیشرفته و به روز خواهید بود. سبک نگارش این کتاب به زبانی ساده و در عین حال کاربردی، جامع به همراه عکس‌های متعدد می‌باشد و مناسب برای مهندسين، تکنيسين‌ها و دانشجويان است.

در اینجا بر خود واجب می‌دانیم از همکاری تمامی دوستان و عزیزانی که ما را در آماده سازی و چاپ این کتاب یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی صمیمانه خود را مبذول نماییم. در نهایت با عنایت به این مطلب که نویسندگان این اثر کار خود را عاری از خطا و اشتباه نمی‌دانند از تمامی خوانندگان تقاضا می‌شود هرگونه پیشنهاد و یا انتقاد خود را از طریق پست الکترونیک [electric.book@yahoo.com](mailto:electric.book@yahoo.com) با مؤلفین کتاب در میان بگذارند تا در چاپ‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

رحیم جهانشاهی - ابراهیم فرد



## فصل اول: آشنایی با ابزار دقیق و کنترل صنعتی

|    |   |
|----|---|
| ۲۰ | ۱.۱ تعاریف و اصطلاحات.....                      |
| ۲۰ | ۱.۱.۱ اندازه‌گیری (MEASURING).....              |
| ۲۰ | ۱.۱.۲ ابزار دقیق (INSTRUMENT).....              |
| ۲۰ | ۱.۱.۳ کمیت‌های فیزیکی.....                      |
| ۲۱ | ۱.۲ عناصر تشکیل دهنده یک سیستم اندازه‌گیری..... |
| ۲۲ | ۱.۲.۱ سنسور (SENSOR).....                       |
| ۲۲ | ۱.۲.۲ ترانسدیوسر (TRANSDUCER).....              |
| ۲۲ | ۱.۲.۳ ترانسمیتر (TRANSMITER).....               |
| ۲۳ | ۱.۳ مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری.....             |
| ۲۳ | ۱.۳.۱ دقت (ACCURACY).....                       |
| ۲۳ | ۱.۳.۲ حساسیت (SENSITIVITY).....                 |
| ۲۳ | ۱.۳.۳ خطا (ERROR).....                          |
| ۲۴ | ۱.۳.۴ تفکیک‌پذیری یا حد تفکیک (RESOLUTION)..... |
| ۲۴ | ۱.۳.۵ خطی بودن (LINEARTY).....                  |
| ۲۴ | ۱.۳.۶ پسماند (HYSTERESIS).....                  |
| ۲۵ | ۱.۳.۷ تکرارپذیری (REPEATABILITY).....           |
| ۲۵ | ۱.۳.۸ رنج (RANGE).....                          |
| ۲۵ | ۱.۳.۹ اغتشاش (DISTRUBANCE).....                 |
| ۲۵ | ۱.۳.۱۰ پایداری (STABILITY).....                 |
| ۲۵ | ۱.۴ سیگنال‌های استاندارد ابزار دقیق.....        |

۲۶ ..... (۱.۵) تقسیم بندی سیستم‌های کنترل

### فصل دوم: اندازه‌گیری دما

|    |   |
|----|---|
| ۳۰ | ..... (۲.۱) تعریف کمیت دما                          |
| ۳۰ | ..... (۲.۲) واحدهای اندازه‌گیری دما                 |
| ۳۱ | ..... ۲.۲.۱ تبدیل واحدهای اندازه‌گیری دما به یکدیگر |
| ۳۳ | ..... (۲.۳) روش‌های اندازه‌گیری دما                 |
| ۳۳ | ..... ۲.۳.۱ ترموکوپل ( <i>THERMOCOUPLE</i> )        |
| ۴۲ | ..... 2.3.2 بی‌متال <i>BIMETAL</i>                  |
| ۴۳ | ..... 2.3.3 آشکارسازهای دمای مقاومتی <i>RTD</i>     |
| ۵۴ | ..... ۲.۳.۴ آی‌سی‌های اندازه‌گیری دما               |
| ۵۷ | ..... 2.3.5 سنسورهای اتصال <i>PN</i> سیلیکونی       |
| ۵۸ | ..... ۲.۳.۶ سنسورهای دمای کریستال مایع              |
| ۶۰ | ..... ۲.۳.۷ حرارت سنج‌های تشعشعات مادون قرمز        |
| ۶۴ | ..... (۲.۴) ترمال‌ول <i>THERMAL WELL</i>            |
| ۶۴ | ..... (۲.۵) زمان پاسخ <i>RESPONSE TIME</i>          |
| ۶۵ | ..... (۲.۶) ترانسمیترها و میدل‌ها                   |
| ۶۶ | ..... (۲.۷) کنترلرها و نشانگرهای دما                |
| ۶۷ | ..... (۲.۸) کالیبراسیون سنسورهای اندازه‌گیری دما    |
| ۶۹ | ..... (۲.۹) مقایسه انواع روش‌های اندازه‌گیری دما    |

### فصل سوم: سنسورهای بدون تماس

|    |   |
|----|---|
| ۷۲ | ..... (۳.۱) مقدمه   |
| ۷۲ | ..... (۳.۲) سنسورهای مجاورتی مغناطیسی <i>MAGNETIC PROXIMITY SENSORS</i> |
| ۷۵ | ..... ۳.۲.۱ کاربردهای سنسور مغناطیسی                                    |
| ۷۵ | ..... (۳.۳) سنسورهای مجاورتی مغناطیس-القایی                             |
| ۷۸ | ..... (۳.۴) سنسورهای مجاورتی القایی <i>INDUCTIVE PROXIMITY SENSORS</i>  |
| ۸۰ | ..... ۳.۴.۱ نحوه عملکرد سنسور   |
| ۸۲ | ..... ۳.۴.۲ خصوصیات و مشخصات سنسور القایی                               |

|     |  |
|-----|--|
| ۸۵  | نحوه نصب سنسورهای القایی   |
| ۸۸  | انواع سنسورهای القایی از نظر طبقه خروجی                          |
| ۹۳  | اتصال سری و موازی سنسورهای القایی                                |
| ۹۸  | اتصال سنسورهای القایی به بار                                     |
| ۹۹  | سنسورهای القایی خاص  |
| ۱۰۴ | سنسورهای مجاورتی خازنی <i>CAPACITIVE PROXIMITY SENSORS</i>       |
| ۱۰۴ | نحوه عملکرد سنسور خازنی  |
| ۱۰۷ | کاربرد سنسورهای خازنی  |
| ۱۰۹ | سنسورهای مجاورتی نوری <i>OPTICAL PROXIMITY SENSORS</i>           |
| ۱۱۰ | سنسورهای نوری یک طرفه ( <i>DIFFUSE</i> )                         |
| ۱۱۳ | سنسورهای نوری رفلکتوری ( <i>RETROREFLECTION</i> )                |
| ۱۱۴ | سنسورهای نوری دو طرفه ( <i>THRU BEAM</i> )                       |
| ۱۱۶ | سنسورهای نوری همراه با کابل فیبر نوری                            |
| ۱۱۷ | سمبل انواع سنسور نوری  |
| ۱۱۸ | چند مثال از کاربرد انواع سنسور نوری                              |
| ۱۱۹ | سنسورهای مجاورتی اولتراسونیک <i>ULTRASONIC PROXIMITY SENSORS</i> |
| ۱۲۰ | خصوصیات سنسور اولتراسونیک  |
| ۱۲۳ | نحوه نصب سنسورهای اولتراسونیک و موقعیت اجسام                     |
| ۱۲۴ | مزایا و معایب سنسور اولتراسونیک                                  |
| ۱۲۵ | چند مثال از کاربرد انواع سنسور اولتراسونیک                       |
| ۱۲۶ | سنسورهای مجاورتی تشخیص کد رنگ                                    |
| ۱۲۷ | سمبل مدار الکتریکی سنسورهای مجاورتی                              |
| ۱۲۸ | مقایسه سنسورهای مجاورتی  |

### فصل چهارم: اندازه‌گیری موقعیت و سرعت

|     |  |
|-----|--|
| ۱۳۰ | مقدمه  |
| ۱۳۰ | <i>(LINEAR VARIABLE DIFFERENTIAL TRANSFORMER) LVDT</i> |
| ۱۳۳ | <i>(ROTARY VOLTAGE DIFFERENTIAL TRANSMITTER) RVDT</i>  |
| ۱۳۴ | رمز گذار چرخشی <i>(ROTARY ENCODER)</i>                 |

|     |   |
|-----|---|
| ۱۳۵ | ۴.۴.۱ اینکودرهای افزایشی (INCREMENTAL)          |
| ۱۳۶ | ۴.۴.۲ اینکودرهای مطلق (ABSOLUTE)                |
| ۱۳۸ | ۴.۵ رمز گذار موقعیت (POSITION ENCODER)          |
| ۱۳۹ | ۴.۶ تاکومتر ژنراتور (TACHOMETER GENERATOR)      |
| ۱۴۱ | ۴.۷ دور سنج‌های نوری                            |
| ۱۴۱ | ۴.۸ پتانسیومترهای اندازه‌گیری موقعیت            |
| ۱۴۳ | ۴.۹ ترانسدیوسرهای تغییر مکان خازنی              |
| ۱۴۴ | ۴.۱۰ سنسورهای حرکت اثر هال (HALL EFFECT SENSOR) |
| ۱۴۵ | ۴.۱۰.۱ سنسورهای دیجیتال                         |
| ۱۴۵ | ۴.۱۰.۲ سنسورهای آنالوگ                          |
| ۱۴۶ | ۴.۱۰.۳ کاربرد سنسورهای اثر هال                  |

### فصل پنجم: اندازه‌گیری فشار و وزن

|     |   |
|-----|---|
| ۱۵۰ | ۵.۱ مقدمه   |
| ۱۵۲ | ۵.۲ فشار در مخازن سر بسته                             |
| ۱۵۲ | ۵.۳ واحدهای اندازه‌گیری فشار                          |
| ۱۵۴ | ۵.۴ اصطلاحات فنی فشار سنج‌ها                          |
| ۱۵۴ | ۵.۴.۱ رنج اندازه‌گیری (MEASURING RANG)                |
| ۱۵۵ | ۵.۴.۲ اسپن (SPAN)                                     |
| ۱۵۵ | ۵.۴.۳ دقت (ACCURACY)                                  |
| ۱۵۵ | ۵.۴.۴ هیستریزیس (HYSTERESIS)                          |
| ۱۵۶ | ۵.۴.۵ خطای هد (HEAD ERROR)                            |
| ۱۵۶ | ۵.۵ انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار به روش مکانیکی  |
| ۱۵۶ | ۵.۶ مانومترها (MANOMETERS)                            |
| ۱۵۷ | ۵.۶.۱ مانومتر با تیوب U شکل (U-TUBE MANOMETER)        |
| ۱۵۷ | ۵.۶.۲ مانومتر نوع مخزن دار (WELL RESERVOIR MANOMETER) |
| ۱۵۷ | ۵.۶.۳ مانومتر مورب (INCLINED MANOMETER)               |
| ۱۵۸ | ۵.۶.۴ مانومتر شناور دار (FLOAT MANOMETER)             |
| ۱۵۸ | ۵.۷ بارومتر (BAROMETER)                               |

|     |  |
|-----|--|
| ۱۵۹ | .....(BOURDON TUBE) بوردن تیوب                           |
| ۱۵۹ | .....(C-BOURDON) شکل C بوردن تیوب                        |
| ۱۶۰ | .....(SPIRAL) بوردن تیوب حلزونی                          |
| ۱۶۱ | .....(HELICAL) بوردن تیوب مارپیچ                         |
| ۱۶۲ | .....(DIAPHRAGM) فشار سنج دیافراگمی                      |
| ۱۶۲ | .....(BELLOWS) فشار سنج فانوسی                           |
| ۱۶۳ | .....کیسول‌های فشار                                      |
| ۱۶۴ | .....انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار به روش الکترونیکی |
| ۱۶۵ | .....استرین گیج‌ها (STRAIN GAUGES)                       |
| ۱۶۷ | .....ترانسفورماتور دیفرانسیلی متغیر خطی (LVDT)           |
| ۱۶۷ | .....مبدل رلوکتانس متغیر                                 |
| ۱۶۷ | .....مبدل خازنی  |
| ۱۶۸ | .....مبدل پیزوالکتریک                                    |
| ۱۶۹ | .....اندازه‌گیری وزن                                     |
| ۱۷۰ | .....اندازه‌گیری وزن به کمک لودسل                        |

### فصل ششم: اندازه‌گیری فلو سیالات

|     |   |
|-----|---|
| ۱۷۴ | .....(۶.۱) مفاهیم کلی                                   |
| ۱۷۴ | .....(۶.۲) روش‌های فلومتری                              |
| ۱۷۵ | .....(۶.۳) ویسکوزیته و عدد رینولدز                      |
| ۱۷۶ | .....(۶.۴) انواع و فرم‌های مختلف حرکت سیال در لوله      |
| ۱۷۷ | .....(۶.۵) معرفی انواع فلومتر                           |
| ۱۷۷ | .....(ORIFICE FLOW METER) فلومتر اریفیس                 |
| ۱۷۹ | .....(THREE VALVE MANIFOLD) ۶.۶.۱ شیر سه راه مانیفولد   |
| ۱۸۰ | .....(۶.۶.۲) ویژگی المان اولیه (مانع ایجاد اختلاف فشار) |
| ۱۸۲ | .....(۶.۶.۳) لوله کشی و نصب                             |
| ۱۸۴ | .....(۶.۶.۴) ویژگی‌های اریفیس پلیت                      |
| ۱۸۴ | .....(۶.۶.۵) انواع اریفیس پلیت                          |
| ۱۸۶ | .....(VENTURI FLOW METER) (۶.۷) فلومتر ونچوری           |



- ۱۸۷.....(CLASSICAL HERSCHEL VENTURI) ونچوری کلاسیک هرشل
- ۱۸۷.....(SHORT FORM VENTURI) ونچوری کوتاه شده
- ۱۸۸.....(UNIVERSAL VENTURI) ونچوری یونیورسال
- ۱۸۸.....(VENTURI-CONE ELEMENT) ونچوری مخروطی
- ۱۸۹.....(FLOW NOZZLE) فلومتر فلو نازل
- ۱۸۹.....(WEDGE ELEMENTS) فلومتر المان گوه دار
- ۱۹۰.....(ELBOW) فلومتر زانو
- ۱۹۱.....(PITOT TUBE) فلومتر لوله‌ی پیتوت
- ۱۹۲.....(SINGLE PORT) پیتوت تیوب تک دهانه
- ۱۹۳.....(AVERAGING PITOT TUBE) پیتوت تیوب میانگین گیر
- ۱۹۴.....(AREA AVERAGING PITOT TUBE) پیتوت تیوب میانگین گیر سطح
- ۱۹۵.....(VARIABLE AREA FLOW METERS) فلومتر با سطح متغیر
- ۱۹۵.....(ROTAMETER) فلومتر روتامتر
- ۱۹۷..... جریان سنج‌های سطح متغیر دیگر
- ۱۹۸.....PURGE فلومتر
- ۱۹۹..... POSITIVE DISPLACEMENT(PD) فلومترهای جابجایی مثبت
- ۲۰۰.....(NUTATING DISC) فلومتر دیسک رقصکی
- ۲۰۰.....(ROTATING VANE) فلومتر پره‌ای دوار
- ۲۰۱.....(PISTON) فلومتر پیستونی
- ۲۰۲.....(OVAL GEAR) فلومتر چرخ دنده‌ای بیضوی
- ۲۰۲.....LOBE فلومتر چرخشی
- ۲۰۳.....(IMPELLER) فلومتر چرخشی پروانه‌ای
- ۲۰۳.....(HELIX) فلومتر حلزونی
- ۲۰۴.....(METERING PUMPS) پمپ‌های اندازه‌گیری
- ۲۰۵..... PD فلومتر گازی
- ۲۰۶..... PD سیستم‌های دقیق
- ۲۰۶.....(۶.۱۴) فلومترهای توربینی
- ۲۰۸.....انتخاب و کاربرد فلومتر توربینی
- ۲۰۹.....۶.۱۴.۲ ملزومات نصب فلومتر توربینی

|     |   |        |
|-----|---|--------|
| ۲۱۰ | .....PADDLEWHEEL فلومتر                               | ۶.۱۴.۳ |
| ۲۱۱ | .....(IMPELLER) فلومتر پروانه‌ای                      | ۶.۱۴.۴ |
| ۲۱۱ | ..... فلومترهای توربینی جدید                          | ۶.۱۴.۵ |
| ۲۱۱ | ..... فلومترهای الکترونیکی                            | ۶.۱۵   |
| ۲۱۲ | .....(MAGNETIC FLOW METER) فلومترهای مغناطیسی         | ۶.۱۵.۱ |
| ۲۱۷ | .....(VORTEX) فلومترهای گردابی                        | ۶.۱۵.۲ |
| ۲۲۲ | .....(ULTRASONIC) فلومترهای اولتراسونیک               | ۶.۱۵.۳ |
| ۲۲۸ | ..... فلومترهای جرمی                                  | ۶.۱۶   |
| ۲۲۸ | .....(CORIOLIS MASS FLOW METERS) فلومتر جرمی کوریولیس | ۶.۱۶.۱ |
| ۲۳۸ | .....(THERMAL MASS FLOW METER) فلومترهای جرمی گرمایی  | ۶.۱۶.۲ |
| ۲۴۱ | .....(HOT-WIRE ANEMOMETER) باد سنج سیم داغ            | ۶.۱۶.۳ |
| ۲۴۲ | ..... مقایسه انواع فلومتر                             | ۶.۱۷   |

### فصل هفتم: اندازه‌گیری سطح

|     |   |       |
|-----|---|-------|
| ۲۴۸ | ..... مقدمه   | ۷.۱   |
| ۲۴۸ | .....(FLOAT LEVEL SWITCHES) سوئیچ‌های سطح شناور                     | ۷.۲   |
| ۲۵۱ | .....DISPLACER SWITCHES سوئیچ‌های غوطه‌ور                           | ۷.۳   |
| ۲۵۳ | .....FLOAT CONTROL VALVES شیرهای کنترل شناور دار                    | ۷.۳.۱ |
| ۲۵۴ | ..... اندازه‌گیری سطح با استفاده از اختلاف فشار (فشار هیدرواستاتیک) | ۷.۴   |
| ۲۵۷ | .....(BUBBLER TUBES) تیوب‌های حباب ساز                              | ۷.۵   |
| ۲۵۸ | ..... دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح خازنی                              | ۷.۶   |
| ۲۵۹ | ..... نحوه عملکرد سنسورهای سطح ظرفیت خازنی                          | ۷.۶.۱ |
| ۲۶۷ | ..... اندازه‌گیری سطح بر اساس رسانایی مایع                          | ۷.۷   |
| ۲۶۸ | ..... اندازه‌گیری سطح با امواج رادیویی                              | ۷.۸   |
| ۲۶۸ | .....RADAR & MICROWAVE رادار و ماکروویو                             | ۷.۸.۱ |
| ۲۷۳ | .....(ULTRASONIC LEVEL GAGES) گیج‌های سطح مافوق صوت                 | ۷.۸.۲ |
| ۲۷۵ | ..... سنسورهای سطح هسته‌ای  | ۷.۹   |
| ۲۷۸ | ..... انواع آشکارسازها  | ۷.۹.۱ |
| ۲۸۰ | ..... کاربردهای سنسورهای سطح هسته‌ای                                | ۷.۹.۲ |

|     |  |
|-----|--|
| ۲۸۱ | ..... سوئیچ‌های سطح ویژه (۷.۱۰)                    |
| ۲۸۲ | ..... سوئیچ‌های گرمایی (THERMAL SWITCHES) (۷.۱۰.۱) |
| ۲۸۳ | ..... سوئیچ‌های لرزشی (۷.۱۰.۲)                     |
| ۲۸۵ | ..... سوئیچ‌های نوری (OPTICAL SWITCHES) (۷.۱۰.۳)   |

### فصل هشتم : آنالیزها

|     |  |
|-----|--|
| ۲۸۸ | ..... اندازه‌گیری PH (۸.۱)                                 |
| ۲۸۸ | ..... اصول تئوری PH (۸.۱.۱)                                |
| ۲۹۰ | ..... اساس کار سنسورهای اندازه‌گیری PH (۸.۱.۲)             |
| ۲۹۲ | ..... الکتروود مرجع (۸.۱.۳)                                |
| ۲۹۲ | ..... الکتروود اندازه‌گیر (۸.۱.۴)                          |
| ۲۹۳ | ..... پتانسیل اتصال مایع (۸.۱.۵)                           |
| ۲۹۴ | ..... تبدیل PH به ولتاژ (۸.۱.۶)                            |
| ۲۹۵ | ..... شیب الکتروود گلاس (۸.۱.۷)                            |
| ۲۹۶ | ..... بافرها و کالیبراسیون (۸.۱.۸)                         |
| ۲۹۸ | ..... PH ایزو پتانسیل (۸.۱.۹)                              |
| ۲۹۹ | ..... عدم تطبیق پتانسیل اتصال (۸.۱.۱۰)                     |
| ۳۰۰ | ..... امپدانس سنسور (۸.۱.۱۱)                               |
| ۳۰۰ | ..... شیلدها و پیش تقویت کننده‌ها (۸.۱.۱۲)                 |
| ۳۰۰ | ..... میکروپروسور (۸.۱.۱۳)                                 |
| ۳۰۱ | ..... کاغذهای تست PH (۸.۱.۱۴)                              |
| ۳۰۲ | ..... اندازه‌گیری هدایت مایعات (۸.۲)                       |
| ۳۰۲ | ..... تئوری هدایت الکتریکی در مایعات (۸.۲.۱)               |
| ۳۰۴ | ..... دستگاه‌های اندازه‌گیری هدایت الکتریکی مایعات (۸.۲.۲) |

### فصل نهم: پروتکل‌های ارتباطی

|     |  |
|-----|--|
| ۳۰۶ | ..... تعریف پروتکل (۹.۱)                   |
| ۳۰۶ | ..... لایه‌ها در پروتکل (۹.۲)              |
| ۳۰۷ | ..... لایه فیزیکی (PHYSICAL LAYER) (۹.۲.۱) |

|     |   |
|-----|---|
| ۳۰۸ | .....(DATA LINK LAYER) لایه پیوند داده                      |
| ۳۰۸ | .....(NETWORK LAYER) لایه شبکه                              |
| ۳۰۸ | .....(TRANSPORT LAYER) لایه انتقال                          |
| ۳۰۹ | .....(SESSION LAYER) لایه جلسه یا لایه نشست                 |
| ۳۰۹ | .....(PRESENTATION LAYER) لایه نمایش یا لایه ارائه          |
| ۳۰۹ | .....(APPLICATION LAYER) لایه کاربردی                       |
| ۳۱۰ | ..... بررسی لایه‌ها در شبکه‌های صنعتی                       |
| ۳۱۱ | ..... (۹.۳) استانداردهای لایه فیزیکی شبکه‌های صنعتی         |
| ۳۱۱ | .....RS-232 استاندارد                                       |
| ۳۱۴ | .....RS-423 استاندارد                                       |
| ۳۱۴ | .....RS-422 استاندارد                                       |
| ۳۱۵ | .....RS-485 استاندارد                                       |
| ۳۱۶ | .....RS مقایسه استانداردهای                                 |
| ۳۱۷ | .....H1 استاندارد   |
| ۳۱۷ | .....H2 استاندارد   |
| ۳۱۷ | ..... (۹.۴) توپولوژی شبکه‌های صنعتی (TOPOLOGIES)            |
| ۳۱۸ | ..... (۹.۴.۱) توپولوژی حلقوی (RING TOPOLOGY)                |
| ۳۱۹ | ..... (۹.۴.۲) توپولوژی باس یا خطی (BUS TOPOLOGY)            |
| ۳۲۰ | ..... (۹.۴.۳) توپولوژی ستاره (STAR TOPOLOGY)                |
| ۳۲۱ | ..... (۹.۴.۴) توپولوژی درختی (TREE TOPOLOGY)                |
| ۳۲۱ | ..... (۹.۴.۵) توپولوژی اتصال کامل (FULL CONNECTED TOPOLOGY) |
| ۳۲۲ | ..... (۹.۴.۶) توپولوژی ترکیبی (HYBRID TOPOLOGY)             |
| ۳۲۳ | ..... (۹.۴.۷) مقایسه توپولوژی‌های سه‌گانه اصلی              |
| ۳۲۴ | ..... (۹.۵) روش‌های دسترسی به شبکه                          |
| ۳۲۴ | ..... (۹.۵.۱) روش فرمان دهنده و فرمان گیرنده (MASTER/SLAVE) |
| ۳۲۴ | ..... (۹.۵.۲) گوش دادن به خط                                |
| ۳۲۵ | ..... (۹.۵.۳) روش انتقال علامت (TOKEN PASSING)              |
| ۳۲۶ | ..... (۹.۶) پروتکل هارت (HART)                              |
| ۳۲۷ | ..... (۹.۶.۱) خصوصیات سیستم‌های کنترلی مبتنی بر هارت        |

|     |       |   |        |
|-----|-------|---|--------|
| ۳۲۸ | ..... | نحوه عملکرد هارت                                  | ۹.۶.۲  |
| ۳۲۸ | ..... | روش‌های ارتباطی در هارت                           | ۹.۶.۳  |
| ۳۳۰ | ..... | نرم افزار سیستم‌های کنترلی مبتنی بر هارت          | ۹.۶.۴  |
| ۳۳۱ | ..... | پروتکل اترنت صنعتی (INDUSTRIAL ETHERNET)          | ۹.۷    |
| ۳۳۱ | ..... | پروتکل پروفیباس (PROFIBUS)                        | ۹.۸    |
| ۳۳۲ | ..... | PROFIBUS PA                                       | ۹.۸.۱  |
| ۳۳۲ | ..... | PROFIBUS DP                                       | ۹.۸.۲  |
| ۳۳۴ | ..... | PROFIBUS FMS                                      | ۹.۸.۳  |
| ۳۳۴ | ..... | پروتکل ارتباطی CAN                                | ۹.۹    |
| ۳۳۷ | ..... | نقش ترمیناتور                                     | ۹.۹.۱  |
| ۳۳۷ | ..... | گسترش شبکه و ساخت شبکه‌های متصل به هم             | ۹.۱۰   |
| ۳۳۷ | ..... | تکرار کننده‌ها (REPEATERS)                        | ۹.۱۰.۱ |
| ۳۳۷ | ..... | پل (BRIDGE)                                       | ۹.۱۰.۲ |
| ۳۳۷ | ..... | GATEWAY   | ۹.۱۰.۳ |
| ۳۳۸ | ..... | رسانه های فیزیکی انتقال اطلاعات                   | ۹.۱۱   |
| ۳۳۸ | ..... | روش الکتریکی                                      | ۹.۱۱.۱ |
| ۳۸۸ | ..... | روش نوری  | ۹.۱۱.۲ |
| ۳۳۹ | ..... | روش بی سیم  | ۹.۱۱.۳ |
| ۳۳۹ | ..... | سطح بندی شبکه‌های صنعتی و جایگاه پروتکل‌های مختلف | ۹.۱۲   |
| ۳۳۹ | ..... | سطح مدیریت (MANAGEMENT LEVEL)                     | ۹.۱۲.۱ |
| ۳۳۹ | ..... | سطح سلول (CELL LEVEL)                             | ۹.۱۲.۲ |
| ۳۴۰ | ..... | سطح میدان (FIELD LEVEL)                           | ۹.۱۲.۳ |
| ۳۴۰ | ..... | سطح سنسور و محرک (ACTUATOR-SENSOR LEVEL)          | ۹.۱۲.۴ |

### فصل دهم: ارتباط سنسورها و عملگرها (AS-i Interface)

|     |       |                           |        |
|-----|-------|---------------------------|--------|
| ۳۴۲ | ..... | معرفی سیستم AS-I          | ۱۰.۱   |
| ۳۴۳ | ..... | علت استفاده از سیستم AS-I | ۱۰.۲   |
| ۳۴۶ | ..... | اجرای سیستم AS-I          | ۱۰.۳   |
| ۳۴۷ | ..... | AS-I MASTER               | ۱۰.۳.۱ |

|     |       |  |
|-----|-------|--|
| ۳۴۸ | ..... | AS-I SLAVES ۱۰.۳.۲                       |
| ۳۴۹ | ..... | AS-I کابل‌های ۱۰.۳.۳                     |
| ۳۵۰ | ..... | AS-I POWER SUPPLY UNIT ۱۰.۳.۴            |
| ۳۵۰ | ..... | (ADDRESSING UNIT) دستگاه آدرس دهی ۱۰.۳.۵ |
| ۳۵۱ | ..... | (DIAGNOSTIC UNIT) دستگاه خطایاب ۱۰.۳.۶   |
| ۳۵۱ | ..... | SAFETY MONITOR ۱۰.۳.۷                    |
| ۳۵۳ | ..... | REPEATER ۱۰.۳.۸                          |
| ۳۵۳ | ..... | EXTENDER ۱۰.۳.۹                          |
| ۳۵۴ | ..... | (EXTENSION PLUG) پلاگ توسعه ۱۰.۳.۱۰      |

### فصل یازدهم: P&ID

|     |       |  |
|-----|-------|--|
| ۳۵۶ | ..... | مقدمه (۱۱.۱)   |
| ۳۵۷ | ..... | نقشه جانمایی (PLANT LAYOUT) (۱۱.۲)                         |
| ۳۵۷ | ..... | نمودار جعبه‌ای فرآیند (BFD) (۱۱.۳)                         |
| ۳۵۸ | ..... | نمودار جریان‌های فرآیند (PROCESS FLOW DIAGRAM) (۱۱.۴)      |
| ۳۶۰ | ..... | نقشه‌های P&ID (۱۱.۵)                                       |
| ۳۷۲ | ..... | ۱۱.۵.۱ سمبل‌ها در P&ID                                     |
| ۳۸۲ | ..... | ۱۱.۶ ترسیم نقشه‌های هیدرولیکی و P&ID با AUTOCAD ELECTRICAL |
| ۳۸۳ | ..... | ۱۱.۶.۱ فرایند ترسیم یک نقشه هیدرولیکی                      |
| ۳۹۰ | ..... | ۱۱.۶.۲ ایجاد پایپ (CREATING PIPES)                         |
| ۳۹۵ | ..... | ۱۱.۶.۳ ایجاد یک نقشه از نوع P&ID                           |

### فصل دوازدهم: نواحی پر خطر

|     |       |   |
|-----|-------|---|
| ۴۰۲ | ..... | مقدمه (۱۲.۱)                                |
| ۴۰۳ | ..... | درجه حفاظت (IP) (۱۲.۲)                      |
| ۴۰۴ | ..... | آتش سوزی و انفجار (۱۲.۳)                    |
| ۴۰۵ | ..... | فضاهای پرخطر (HAZARDOUS AREA) (۱۲.۴)        |
| ۴۰۶ | ..... | تقسیم‌بندی هر منطقه بر حسب نوع گازها (۱۲.۵) |
| ۴۰۷ | ..... | گازهای GROUP II A (۱۲.۵.۱)                  |

|     |       |  |
|-----|-------|--|
| ۴۰۷ | ..... | گازهای <i>GROUP II B</i>                                     |
| ۴۰۸ | ..... | گازهای <i>GROUP II C</i>                                     |
| ۴۰۸ | ..... | طبقه‌بندی بر اساس دمای تجهیزات                               |
| ۴۱۰ | ..... | طبقه‌بندی تجهیزات از لحاظ آزاد سازی انرژی جهت انفجار         |
| ۴۱۴ | ..... | کد گذاری تجهیزات بر اساس مکان نصب                            |
| ۴۱۶ | ..... | خلاصه استاندارد <i>ATEX</i>                                  |
| ۴۱۷ | ..... | مثال‌هایی از نصب تجهیزات در مناطق مختلف                      |
| ۴۱۷ | ..... | نصب تجهیزات مجاز در <i>ZONE 0</i>                            |
| ۴۱۷ | ..... | نصب تجهیزات مجاز در <i>ZONE 1</i>                            |
| ۴۱۷ | ..... | نصب تجهیزات مجاز در <i>ZONE 2</i>                            |
| ۴۱۸ | ..... | جداکننده‌ها ( <i>BARRIER</i> )                               |
| ۴۱۹ | ..... | مدارهای با ایمنی ذاتی ( <i>INTRINSICALLY SAFE CIRCUITS</i> ) |
| ۴۲۰ | ..... | تجهیزات ( <i>FIELD INSTRUMENTS</i> )                         |
| ۴۲۰ | ..... | مدارهای خازنی در منطقه خطر                                   |
| ۴۲۱ | ..... | مدارهای سلفی در منطقه خطر                                    |
| ۴۲۲ | ..... | مدارهای مقاومتی در منطقه خطر                                 |
| ۴۲۳ | ..... | مدارهای مختلط در منطقه خطر                                   |
| ۴۲۵ | ..... | کابل کشی‌ها  |
| ۴۲۵ | ..... | <i>BARRIER</i> ها  |
| ۴۲۶ | ..... | انواع <i>BARRIER</i> ها                                      |
| ۴۲۶ | ..... | <i>BARRIER</i> های پسیو یا زبر                               |
| ۴۲۷ | ..... | <i>BARRIER</i> های <i>ISOLATED</i> یا اکتیو                  |
| ۴۲۸ | ..... | احتیاجات مدارهای <i>INTRINSICALLY SAFE</i>                   |
| ۴۲۸ | ..... | انتخاب <i>BARRIER</i>  |
| ۴۳۰ | ..... | مثال‌هایی از انتخاب <i>BARRIER</i>                           |

ضمایم ۴۳۳

فهرست منابع مهم ۴۵۵

|     |       |  |
|-----|-------|--|
| ۴۰۷ | ..... | گازهای <i>GROUP II B</i>                                     |
| ۴۰۸ | ..... | گازهای <i>GROUP II C</i>                                     |
| ۴۰۸ | ..... | طبقه‌بندی بر اساس دمای تجهیزات                               |
| ۴۱۰ | ..... | طبقه‌بندی تجهیزات از لحاظ آزاد سازی انرژی جهت انفجار         |
| ۴۱۴ | ..... | کد گذاری تجهیزات بر اساس مکان نصب                            |
| ۴۱۶ | ..... | خلاصه استاندارد <i>ATEX</i>                                  |
| ۴۱۷ | ..... | مثال‌هایی از نصب تجهیزات در مناطق مختلف                      |
| ۴۱۷ | ..... | نصب تجهیزات مجاز در <i>ZONE 0</i>                            |
| ۴۱۷ | ..... | نصب تجهیزات مجاز در <i>ZONE 1</i>                            |
| ۴۱۷ | ..... | نصب تجهیزات مجاز در <i>ZONE 2</i>                            |
| ۴۱۸ | ..... | جداکننده‌ها ( <i>BARRIER</i> )                               |
| ۴۱۹ | ..... | مدارهای با ایمنی ذاتی ( <i>INTRINSICALLY SAFE CIRCUITS</i> ) |
| ۴۲۰ | ..... | تجهیزات ( <i>FIELD INSTRUMENTS</i> )                         |
| ۴۲۰ | ..... | مدارهای خازنی در منطقه خطر                                   |
| ۴۲۱ | ..... | مدارهای سلفی در منطقه خطر                                    |
| ۴۲۲ | ..... | مدارهای مقاومتی در منطقه خطر                                 |
| ۴۲۳ | ..... | مدارهای مختلط در منطقه خطر                                   |
| ۴۲۵ | ..... | کابل کشی‌ها  |
| ۴۲۵ | ..... | <i>BARRIER</i> ها  |
| ۴۲۶ | ..... | انواع <i>BARRIER</i> ها                                      |
| ۴۲۶ | ..... | <i>BARRIER</i> های پسیو یا زبر                               |
| ۴۲۷ | ..... | <i>BARRIER</i> های <i>ISOLATED</i> یا اکتیو                  |
| ۴۲۸ | ..... | احتیاجات مدارهای <i>INTRINSICALLY SAFE</i>                   |
| ۴۲۸ | ..... | انتخاب <i>BARRIER</i>  |
| ۴۳۰ | ..... | مثال‌هایی از انتخاب <i>BARRIER</i>                           |

ضمایم ۴۳۳

فهرست منابع مهم ۴۵۵