

کنترل دما (فرآیند)

بهرت تشریحی و مفهومی PID



ترجمه و تالیف:

مصطفی رحمنی

حسین رحمانی

ویراستار علمی: حسین دهقان (کامیاب مرام)



انتشارات قدیس

www.Qeddis.com

سرشناسه : رحمنی، مصطفی، ۱۳۶۵ -
 عنوان و نام پدیدآور : کنترل دما (فرایند) بصورت تشریحی و مفهومی (PID) / ترجمه و تألیف مصطفی رحمنی، حسین رحمانی
 مشخصات نشر : تهران: قدیس، ۱۳۹۳.
 مشخصات ظاهری : ۳۹۵: نمودار (بخشی رنگی)
 شابک : ۲۵۰۰۰۰ ریال: ۱-۴۲-۶۰۰-۶۰۰-۹۷۸
 وضعیت فهرست نویسی : فیفا
 بادداشت : وازنامه،
 موضوع : کنترل کننده‌های پی. پی. آی. دی
 موضوع : کنترل کننده‌های برنامه‌پذیر
 موضوع : کنترل فرایندها
 شناسه افزوده : رحمانی، حسین، ۱۳۶۶ -
 رده بندی کنگره : ۹۳/ک۱۳۹۳T۱۲۳۳ ۳
 رده بندی دیویی : ۸/۶۲۹
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۴۷۱۷۳۰



انتشارات قدیس

کنترل دما (فرایند) بصورت تشریحی و مفهومی PID

ترجمه و تألیف: مصطفی رحمنی، حسین رحمانی
ناشر: قدیس

صفحه آرایشی: سعید اسدی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: رادین

نوبت و سال چاپ: اول، ۱۳۹۳

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۲۵۰۰۰ تومان

شابک: ۱-۴۲-۶۴۵۰-۶۰۰-۹۷۸

حق چاپ محفوظ و منحصرأ مخصوص ناشر است.

مرکز پخش:

تهران، خیابان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، پایین تر از وحید نظری، نبش بن بست حقیقت، پلاک ۴ واحد ۵

تلفن: ۶۶۴۰۳۵۴۸ - ۶۶۴۱۱۳۸۱ - ۶۶۷۱۵۲۵۵

۰۹۱۲۳۷۰۴۸۳۷ - ۰۹۱۹۵۵۰۷۱۲۵

پیشگفتار

کامیاب مرام فعالیت خود را از سال ۱۳۷۲ آغاز کرده و در حال حاضر به عنوان نماینده‌ی انحصاری محصولات دلتا فعالیت خود را در ایران ادامه می‌دهد.

این مجموعه با بهره‌مندی از کادر مجرب و متخصص و با برخورداری از دانش فنی مناسب و تلاش در جهت جلب رضایت مشتریان، با ارائه‌ی خدمات مناسب و ارائه‌ی راهکار، به عنوان یکی از اثرگذاران بازار اتوماسیون شناخته شده است.

ارتقای رضایتمندی مشتریان از طریق شناخت و تأمین نیاز بازار و ارائه‌ی سرویس و خدمات پس از فروش مناسب، به عنوان اصلی‌ترین سیاست این شرکت بوده که همواره برای نیل به این هدف تلاش کرده است.

کیفیت بالا، قیمت مناسب و تنوع بالای محصولات باعث شده که گستره‌ی وسیعی از تجهیزات پیش روی مشتریان قرار گیرد و آن‌ها بتوانند بر اساس نیاز، محصول مورد نظر خود را انتخاب نمایند و این بعنوان یکی از افتخارات کامیاب مرام به عنوان یک برند برتر در زمینه‌ی اتوماسیون صنعتی محسوب می‌شود.

در کامیاب مرام تحقیق، توسعه و آموزش مستمر و با کیفیت از جایگاه خاصی برخوردار بوده و کامیاب مرام در این راستا با نشر کتاب‌های مختلف در زمینه‌های علمی و فنی، گامی مهم در جهت نیل به اهداف فوق برداشته است.

کتاب حاضر، چهارمین جلد از مجموعه کتاب‌های آموزشی کامیاب مرام می‌باشد که به زیور طبع آراسته شده است. در اینجا، از زحمات بی‌شائبه‌ی مولفان محترم آقایان مهندس مصطفی رحمنی و حسین رحمانی و همچنین، مدیریت و دست‌اندرکاران نشر قدیس که با دلسوزی در تمام مراحل تألیف، ویرایش، آماده سازی و چاپ این کتاب ما را یاری نمودند، قدردانی می‌شود. صمیمانه از شما تقاضا داریم اشکالات کتاب را به ما یادآوری نموده و در جهت ارتقای سطح کیفی کتاب ما را راهنمایی فرمایید.

www.deltakaran.com

با آرزوی موفقیت

حسین دهقان

کامیاب مرام

دیباهای نویسندگان

به یاد آیهی شریفه‌ی «لَوْنُ الْقَلَمِ وَ مَا يَسْطُرُون» ارزش قلم و آنچه که می‌نویسد در پیشگاه خداوند عالمیان قطعاً به این دلیل است که قلم اسباب انتقال اندیشه و علم و ماندگاری آن است. چنین پیامی از جانب خداوند متعال را تلنگری یافتیم، چرا که علم و اندیشه اگر در ذهن باشد، ارزشی ندارد و جهت امتثال امر، نگارش سومین کتابم را آغاز کردم.

در مدت کوتاهی که از چاپ نخستین اثرم می‌گذرد، توصیه‌های سازنده‌ای از جانب دوستان و همکاران مطرح گردید که موجب مسرت و دلگرمی و ایجاد انگیزه‌ای مضاعف در من شد. بنابراین، بر آن شدم با جدیتی وافر و فزون‌تر توصیه‌های دلسوزانه را پذیرفته و اثر پیش رو را با نهایت دقت به پایان ببرم، تا به گونه‌ای عملی سپاسگذار دوستانی باشم که حمایت‌های علمی خود را از اینجانب دریغ نکردند. به این امید که توانسته باشم سپاسگذار این دوستان باشم، همچنان خود را از حمایت‌های آنها و سایر خوانندگان این مجموعه بی‌نیاز نمی‌دانم. در اینجا، جا دارد از کمک‌های شایان استاد گرامی **مسعود رحمانی** که کارهای حقوقی این مجموعه بر عهده ایشان بوده و همچنین، از مدیریت محترم انتشارات قدیس، **جناب آقای یوسف باوند سواد کوهی** که با دلگرمی‌ها و راهنمای‌های خود ما را رهین منت خود قرار دادند، صمیمانه تشکر نماییم.

مصطفی رحمانی

حسین رحمانی

آدرس وبلاگ : <http://motion-servo.blogfa.com>

آدرس پست الکترونیکی : mostafa.mz8995@gmail.com

مقدمه

در تمام سیستم‌های کنترل صنعتی با هدف انجام عملیات کنترل فرآیند، نیاز به اندازه‌گیری درستی از کمیت‌های پروسه نظیر فشار، جابجایی خطی یا زوایه‌ای، دما، شتاب، سرعت، دبی حجمی، رطوبت، سطح مایعات، فاصله و امثال آن وجود دارد. انتخاب و تحلیل مبدلی که به عنوان طبقه اول سیستم کنترل یا اندازه‌گیری هریک از پارامترهای فوق‌الذکر مورد استفاده قرار گیرد، از وظایف مهندسی کنترل است که کنترل‌کننده‌ی مناسب را برای پروسه، طراحی یا پیاده‌سازی می‌کند.

پس از تبدیل کمیت فیزیکی به سیگنال الکتریکی، این سیگنال باید به یک سیستم پردازش‌کننده مثل کامپیوتر، یک سیستم PLC، کنترل‌کننده‌ی دیجیتال یا آنالوگ و یا ثبات و نمایشگر انتقال یابد. یکسری عملیات پیش‌پردازی جهت قابل استفاده نمودن سیگنال الکتریکی ضعیف برای سیستم‌های پردازش‌کننده، ضروری می‌باشد.

یکی از اجزای مهم و حساس حلقه‌ی کنترل صنعتی، کنترل‌کننده‌ها می‌باشند. یک کنترل‌کننده با توجه به خطای موجود (اختلاف رفتار فرآیند با رفتار مطلوب) و با در نظر گرفتن قوانین کنترل (استراتژی کنترل)، دستوری را برای اصلاح خطا به قسمت‌های بعدی (محرك-Actuator و عنصر نهایی - Final Element) ارسال می‌کند. کنترل‌کننده‌ها از نظر قانون کنترل یا عملی که بر روی سیگنال خطا انجام می‌دهند، به چند دسته تقسیم می‌شوند که یکی از آنها کنترل‌کننده‌های PID (Proportional-Integral-Derivative) می‌باشند.

از آنجایی که بیش از نیمی از کنترل‌کننده‌های صنعتی که امروزه به کار می‌روند، از طرح‌های کنترل PID یا PID اصلاح شده استفاده می‌کنند، شناخت و یادگیری نحوه‌ی تنظیم پارامترهای این نوع از کنترل‌کننده‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

چون اغلب کنترل‌کننده‌های PID (Proportional-Integral-Derivative) در محل تنظیم می‌شوند، قواعد تنظیم متفاوتی پیشنهاد شده‌اند. با استفاده از این قواعد می‌توان کنترل‌کننده‌ها را در محل، با دقت و ظرافت تنظیم کرد. روش‌های تنظیم خودکار (Auto-tuning) نیز ابداع شده‌اند و بعضی از کنترل‌کننده‌های PID دارای قابلیت تنظیم خودکار می‌باشند.

مزیت کنترل‌کننده‌های PID در قابلیت اعمال آنها به اکثر سیستم‌های کنترل است. در زمینه‌ی سیستم‌های کنترل فرآیند، طرح‌های کنترل PID و شکل‌های اصلاح شده آن، کارایی خود را در ایجاد یک فرآیند کنترل رضایت بخش به اثبات رسانده‌اند.

کنترل‌کننده‌های PID (Proportional-Integral-Derivative) توسط سروسیستم نیز قابل پیاده‌سازی می‌باشند.

فهرست

۷	دیباچه‌ی نویسندگان
۸	مقدمه
۳۱	فصل اول / PID کنترل
۲۲	تعاریف اولیه
۲۲	اغتشاش (Disturbance)
۲۲	کنترل با بازخورد (Feedback)
۲۲	پایداری مطلق
۲۳	پاسخ گذرا و پاسخ حالت ماندگار
۲۳	خطای حالت ماندگار
۲۳	تعریف مشخصات پاسخ گذرا
۲۴	طبقه‌بندی کنترل‌کننده‌های صنعتی
۲۵	کنترل‌کننده‌های دو وضعیتی (on/off)
۲۷	کنترل‌کننده‌های تناسبی (Proportional)
۲۹	کنترل‌کننده‌های انتگرالی
۳۱	کنترل‌کننده‌ی مشتق‌گیر (Derivative)
۳۳	کنترل‌کننده‌ی تناسبی - انتگرالی (PI)
۳۴	کنترل‌کننده‌ی تناسبی - مشتق‌گیر (PD)
۳۵	کنترل‌کننده‌ی تناسبی - انتگرالی - مشتق‌گیر (PID)
۳۶	استفاده از دو کنترل‌کننده‌ی PID
۳۷	PID یا کنترل فازی
۳۸	انتخاب نوع کنترل‌کننده
۴۰	موارد انتخاب کنترل‌کننده‌ی دو وضعیتی
۴۰	موارد انتخاب کنترل‌کننده‌ی تناسبی

۴۰	موارد انتخاب کنترل کننده های PID و PD ، PI
۴۰	انواع حلقه های کنترلی
۴۰	حلقه ی کنترلی ساده
۴۱	حلقه ی کنترلی Feed Forward
۴۱	حلقه ی کنترلی Multiloop
۴۱	حلقه ی کنترلی Blending
۴۲	حلقه ی کنترلی Cascade
۴۳	فصل دوم / سیستم های کنترل اتوماتیک
۴۴	تعاریف اولیه
۴۴	سیستم کنترل حلقه باز
۴۴	سیستم کنترل حلقه بسته
۴۴	کنترل اتوماتیک
۴۴	کنترل دستی
۴۴	ترانسدیوسر الکتریکی
۴۴	کنترلر
۴۴	محرك
۴۴	ثبات
۴۵	خواص و ویژگی های ترانسدیوسرها
۴۶	مشخصات عمومی سنسورها و یا مبدل ها
۴۶	مزایای سیگنال الکتریکی
۴۶	دسته بندی های مختلف مبدل ها
۴۷	مشخصه های مبدل
۴۸	مشخصه های استاتیکی:
۴۸	دقت: (Accuracy)
۴۸	قدرت تفکیک: Resolution
۴۹	تکرارپذیری: Repeatability
۴۹	هیستریزس Hysteresis
۵۱	خطی بودن مبدل: Linearity
۵۴	مشخصه های دینامیکی: Dynamic Specifications
۶۵	فصل سوم / مدارات پردازشگر و انتقال سیگنال
۶۶	مدارات تنظیم صفر و بازه (Span و Zero)
۶۸	اثر تنظیمات Span و Zero
۶۸	تنظیم صفر و بازه با استفاده از جمع کننده وارون ساز
۶۹	تنظیم صفر و بازه با استفاده از تقویت کننده ی ابزار دقیق

۷۲	مبدل ولتاژ به جریان
۷۲	مبدل ولتاژ به جریان با بار شناور
۷۸	مبدل ولتاژ به جریان با بار زمین شده
۸۱	مبدل ولتاژ به جریان با مبدل ولتاژ به جریان مدار مجتمع
۸۶	مبدل جریان به ولتاژ
۹۱	مدارات ایزوله
۹۱	ایده‌ی کلی
۹۲	تقویت کننده با کوپلاژ ترانسفورمری
۹۳	تقویت کننده با کوپلاژ نوری
۹۵	کابل کشی
۹۶	شیلد مغناطیسی و الکترواستاتیکی
۹۷	زمین کردن

۱۰۵	فصل چهارم / مبدل‌های دما
۱۰۶	مبدل دما
۱۰۶	واحدهای اندازه‌گیری دما
۱۰۷	ترموکوپل
۱۱۹	سنسور مقاومتی دما RTD
۱۲۲	خطا در روش پل سه سیمه
۱۲۴	تبدیل مقاومت به دما در RTD
۱۲۴	ترمیستور Thermistor
۱۲۶	مبدل دمای مدار مجتمع
۱۲۶	سنسور دمای دقیق کلون LM355

۱۳۵	فصل پنجم / ارتباطات شبکه‌ی MODBUS
۱۳۶	پروتکل MODBUS AND MODBUS PLUS
۱۳۶	MODBUS در لایه پیوند
۱۳۷	آدرس‌بندی MODBUS
۱۳۷	کدهای عملیاتی در MODBUS (Function Codes)
۱۳۸	داده‌های قرار گرفته شده در قاب (Data Field MODBUS)
۱۳۸	بررسی خطا در MODBUS
۱۳۸	نوشتن پروتکل MODBUS در لایه پیوند داده
۱۳۹	پروتکل MODBUS PLUS
۱۳۹	پروتکل MODBUS TCP/IP

۱۴۱	فصل ششم / مشخصات و ویژگی‌های کنترلر فرآیند (دما، فشار و غیره).....
۱۴۲	ابعاد کنترلر.....
۱۴۳	کنترلر.....
۱۴۳	پشتیبانی از سنسورهای مختلف.....
۱۴۴	مدهای خروجی.....
۱۴۴	کنترل پایدار.....
۱۴۵	ترانسمیتر جریان CT.....
۱۴۵	کنترل قابل برنامه‌ریزی.....
۱۴۵	ارتباطات.....
۱۴۶	حفاظت.....
۱۴۷	کنترل خروجی دوبل.....
۱۴۷	نمونه‌ای از ساختار کنترلر دما.....
۱۴۸	کنترلر دما (Temperature Control).....
۱۴۹	مشخصات شیء کنترل شونده (Characteristics of the Controlled Object).....
۱۴۹	کنترل ON/OFF.....
۱۵۰	عملگر P (Proportional Control Action).....
۱۵۱	عملگر I (Integral Control Action).....
۱۵۲	عملگر D (Derivative Control Action).....
۱۵۳	کنترل PID.....
۱۵۳	عمل 2PID.....
۱۵۵	PID با کنترلر Fuzzy.....
۱۵۵	هیستریزیس.....
۱۵۶	آفست Offset.....
۱۵۷	فراجهش و اعوجاج (Overshoot & Hunting).....
۱۵۷	سیکل کنترل و عمل کنترل متناسب با زمان.....
۱۵۸	زمان مشتق‌گیری (Derivative time).....
۱۵۹	تابع ARW (Anti Reset Windup).....
۱۵۹	زمان انتگرال‌گیری (Integral time).....
۱۶۰	تنظیم اتوماتیک (Auto tuning).....
۱۶۱	روش پاسخ پله‌ای (Step Response Method).....
۱۶۱	روش حساسیت حاشیه‌ای (Marginal Sensitivity Method).....
۱۶۲	روش سیکل مرزی (Limit Cycle Method).....
۱۶۲	تنظیم مجدد ثابت‌های PID.....
۱۶۲	پاسخ به تغییرات در باند تناسبی.....
۱۶۳	پاسخ به تغییرات زمان انتگرال‌گیری.....
۱۶۳	پاسخ به تغییرات زمان مشتق‌گیری.....

۱۶۴	خود تنظیم فازی (Fuzzy Self-tuning)
۱۶۴	خود تنظیم فازی در سه حالت
۱۶۵	تابع خود تنظیم (Self-tuning)
۱۶۵	تابع تنظیم دقیق (Fine-tuning)
۱۶۶	آلارم (Alarm)
۱۶۶	آلارم
۱۶۶	آلارم انحرافی
۱۶۶	آلارم مطلق
۱۶۶	آلارم تناسبی
۱۶۶	آلارم ترتیبی (Standby Sequential Alarm)
۱۶۷	آلارم سوختن (Heater Burnout Alarm)
۱۶۸	Latch Alarm
۱۶۹	Loop Burnout Alarm
۱۶۹	سنسور دما
۱۶۹	مدار جبران ساز اتصال سرد (Cold Junction Compensating Circuit)
۱۷۰	هادی جبران ساز (Compensating Conductor)
۱۷۰	دماسنج مقاومتی سه سیمه (Three-Wire Resistance Thermometer)
۱۷۰	جبران ساز ورودی (Input Compensation)
۱۷۱	دما سنج مقاومتی پلاتینیوم (Platinum Resistance Thermometer)
۱۷۱	ترموکوپل (Thermocouple)
۱۷۲	اتصال گرم و اتصال سرد (Hot Junction & Cold Junction)
۱۷۲	خروجی: (Output)
۱۷۲	کارکرد معکوس (Reverse Operation)
۱۷۲	کارکرد نرمال (Normal Operation)
۱۷۳	کنترل گرمایش و سرمایش (Heating & Cooling Control)
۱۷۳	کنترل تناسبی موقعیت (Position- Proportioning Control)
۱۷۴	خروجی انتقالی (Transmission Output)
۱۷۵	تنظیمات (Setting)
۱۷۵	محدوده‌ی تنظیم (Set Limit)
۱۷۵	عملیات انتقال نقطه‌ی تنظیم (Shift Set Operation)
۱۷۵	8 Banks
۱۷۶	شیب SP (Sp Ramp)
۱۷۷	فصل هفتم / کنترل فرآیند سری DT3 با گسترش کنترلر دما
۱۷۸	مقدمه
۱۷۸	کنترل از راه دور

۱۷۸	.....	مدهای کنترل مختلف
۱۷۹	.....	قابلیت توسعه
۱۷۹	.....	اشکار کردن گرمکن‌های برقی بدون اتصال به کنترلر
۱۸۰	.....	ارسال مجدد خروجی
۱۸۰	.....	دکمه‌های توابع
۱۸۰	.....	کنترل نقطه به نقطه
۱۸۱	.....	کنترلر خروجی دوبل
۱۸۱	.....	مشخصات کنترلر سری DT3 دلتا
۱۸۲	.....	خروجی‌های آلارم
۱۸۴	.....	ارتباطات شبکه‌ی RS-485
۱۸۵	.....	پارامترهای وابسته به عملکرد

۱۹۱	.....	فصل هشتم / کنترلر استاندارد DTA دلتا
۱۹۳	.....	اخطار
۱۹۴	.....	نمایشگر، LED و دکمه‌ها
۱۹۵	.....	لیست پارامترها
۱۹۸	.....	عملکرد کنترلر
۲۰۱	.....	تنظیمات سنسور ورودی و رنج ورودی
۲۰۲	.....	مشخصات خطای ورودی
۲۰۲	.....	تنظیمات خروجی آلارم
۲۰۴	.....	تابع ترانس جریان CT
۲۰۴	.....	لیست پارامترها در ارتباطات شبکه RS-485
۲۰۷	.....	مشخصات ترمینال‌ها
۲۰۸	.....	نحوه‌ی مونتاژ کنترلر
۲۰۸	.....	نحوه‌ی بستن قلاب نگهدارنده‌ی کنترلر
۲۰۸	.....	برش کنترلر پتل (تابلو) و مشخصات ترمینال‌های کنترلر
۲۱۰	.....	سیم‌بندی ورودی جریان
۲۱۰	.....	نرم‌افزار

۲۱۳	.....	فصل نهم / کنترلر پیشرفته سری DTB
۲۱۵	.....	اخطار
۲۱۷	.....	نمایشگر، LED و دکمه‌ها
۲۱۷	.....	تنظیمات سنسور ورودی و رنج ورودی
۲۱۸	.....	عملکرد کنترلر
۲۲۴	.....	کنترل حلقه‌ی خروجی دوبل (کنترل گرمایشی/سرمایشی)
۲۲۵	.....	تنظیمات خروجی آلارم

۲۲۷	تابع ترانس جریان CT
۲۲۷	تابع ورودی وقایع EVENT
۲۲۸	کنترل قابل برنامه‌ریزی PID
۲۲۹	کنترل PID
۲۳۰	کنترل شیر برقی
۲۳۱	شبکه‌ی RS-485
۲۳۶	مد ASCII برنامه
۲۳۷	مد RTU
۲۳۷	نحوه‌ی مونتاژ کنترلر
۲۳۸	نحوه‌ی بستن قلاب نگهدارنده‌ی کنترلر
۲۳۸	روش سیم‌بندی ترانس CT
۲۳۹	برش کنترل پیل (تابلو) و مشخصات ترمینال‌های کنترلر
۲۴۰	نمایش و تایید کردن خطا
۲۴۱	تنظیم سخت‌افزار ورودی جریان
۲۴۱	نرم‌افزار
۲۴۳	فصل دهم / کنترلر فرآیند ماژولار DTC دلتا
۲۴۵	اخطار
۲۴۶	طرح کلی و نام اجزای کنترلر DTC
۲۴۸	سنسور ورودی
۲۴۹	خروجی کنترلر DTC
۲۴۹	کنترل خروجی
۲۵۰	کنترل قابل برنامه‌ریزی PID و تنظیمات پارامترها
۲۵۱	خروجی تناسبی
۲۵۲	آلارم خروجی
۲۵۳	تابع ترانس جریان CT
۲۵۴	نمایشگرهای LED
۲۵۴	تابع پسورد
۲۵۵	پروتکل شبکه سنکرون شده و تنظیم ID اتوماتیک
۲۵۵	شبکه‌ی RS-485
۲۶۱	مد ASCII برنامه
۲۶۲	مد RTU
۲۶۳	نصب کنترلر
۲۶۳	تنظیمات سخت‌افزار ورودی جریان
۲۶۴	نرم‌افزار
۲۶۵	انتخاب مد کنترل در کنترلر DTC

۲۶۵	کنترل ON/OFF
۲۶۶	مد دستی MANUAL
۲۶۷	مد کنترل PID
۲۶۸	مد کنترل PID PROG

۲۶۹	فصل یازدهم / کنترلر نوع ارزان سری DTD دلتا
۲۷۰	مقدمه
۲۷۰	مشخصات الکتریکی کنترلر سری DTD دلتا
۲۷۱	اخطار
۲۷۲	نمایشگر، LED و دکمه‌ها
۲۷۲	دستورالعمل استفاده از دکمه‌ها
۲۷۲	سوئیچ کردن مدها
۲۷۲	سوئیچ کردن توابع
۲۷۳	اصلاح کردن تنظیمات
۲۷۳	تنظیمات ورودی
۲۷۳	تنظیم نوع سنسور ورودی
۲۷۴	تنظیمات واحد ورودی
۲۷۴	تنظیمات رنج ورودی
۲۷۴	تنظیم کردن ورودی
۲۷۶	تنظیمات کنترلی
۲۷۶	تنظیمات مد کنترل
۲۷۶	تنظیمات RUN و STOP
۲۷۶	تنظیمات پارامترهای مد کنترلی On/Off
۲۷۷	تنظیمات پارامترهای PID
۲۷۹	مد کنترل قابل برنامه‌ریزی PID
۲۸۰	تنظیمات مد کنترل دستی
۲۸۱	تنظیمات آلارم
۲۸۱	تنظیمات مد آلارم
۲۸۲	تنظیمات آلارم انتخابی
۲۸۳	استثناء در توابع آلارم
۲۸۴	نمایش خطا
۲۸۴	نحوه‌ی مونتاژ کنترلر
۲۸۵	نحوه‌ی بستن قلاب نگهدارنده‌ی کنترلر
۲۸۵	برش کنترل پنل (تابلو)
۲۸۶	ترمینال‌های کنترلر
۲۸۷	تنظیم سخت افزار ورودی جریان

۲۸۹	صل دوازدهم / کنترلر چند کاناله مازولار سری DTE دلتا
۲۹۱	کنترلر سری DTE10P دلتا
۲۹۱	اخطار
۲۹۲	طرح کلی و نام اجزای کنترلر DTE10P
۲۹۳	سنسور ورودی
۲۹۴	خروجی
۲۹۵	آدرس ارتباطات و تنظیمات پارامترها
۲۹۶	کنترل خروجی
۲۹۶	آلارم خروجی
۲۹۸	نمایشگرهای LED
۲۹۸	پروتکل ارتباطات سنکرون شده و تنظیم ID اتوماتیک
۲۹۸	تابع ترانس جریان CT
۳۰۰	ورودی وقایع EVENT
۳۰۲	شیب منحنی Slope
۳۰۳	تابع Latch قابل برنامه‌ریزی PID
۳۰۳	خروجی معکوس
۳۰۳	تاخیر زمانی آلارم
۳۰۴	محدوده‌های خروجی
۳۰۴	واحد زمان کنترل قابل برنامه‌ریزی
۳۰۴	فیلتر ورودی
۳۰۵	کنترل راه انداز گرم (داغ)
۳۰۶	شبکه‌ی RS-485
۳۱۰	تنظیمات پارامترهای ارتباطات شبکه
۳۱۱	کدهای خطا
۳۱۱	تنظیم پارامترهای قابل برنامه‌ریزی ارتباطات شبکه
۳۱۲	تنظیم پارامترهای قابل برنامه‌ریزی
۳۱۲	مد ASCII
۳۱۳	مد RTU
۳۱۴	نحوه‌ی نصب کنترلر بر روی ریل
۳۱۴	کنترلر سری DTE10T دلتا
۳۱۴	اخطار
۳۱۷	طرح کلی و نام اجزای کنترلر DTE10T
۳۱۸	سنسور ورودی
۳۱۹	خروجی
۳۲۰	آدرس ارتباطات و تنظیمات پارامترها
۳۲۰	کنترل خروجی

۳۲۱	.....	آلارم خروجی
۳۲۲	.....	نمایشگرهای LED
۳۲۳	.....	پروتکل ارتباطات سنکرون شده و تنظیم ID اتوماتیک
۳۲۳	.....	تابع ترانس جریان CT
۳۲۵	.....	ورودی وقایع EVENT
۳۲۶	.....	شیب منحنی Slope
۳۲۷	.....	تابع Latch قابل برنامه‌ریزی PID
۳۲۸	.....	خروجی معکوس
۳۲۸	.....	تاخیر زمانی آلارم
۳۲۸	.....	محدوده‌های خروجی
۳۲۹	.....	واحد زمان کنترل قابل برنامه‌ریزی
۳۲۹	.....	فیلتر ورودی
۳۳۰	.....	کنترل راه انداز گرم (داغ)
۳۳۱	.....	شبکه‌ی RS-485
۳۳۵	.....	تنظیمات پارامترهای ارتباطات شبکه
۳۳۵	.....	کدهای خطا
۳۳۶	.....	تنظیم پارامترهای قابل برنامه‌ریزی ارتباطات شبکه
۳۳۶	.....	تنظیم پارامترهای قابل برنامه‌ریزی
۳۳۷	.....	مد ASCII
۳۳۸	.....	مد RTU
۳۳۸	.....	نحوه‌ی نصب کنترلر بر روی ریل
۳۳۹	.....	کیفیت برنامه‌ریزی (ترمینال دستی) DTE-2DS دلتا
۳۳۹	.....	اخطار
۳۴۰	.....	طرح کلی و نام اجزای ترمینال دستی DTE10S
۳۴۰	.....	مشخصات الکتریکی
۳۴۱	.....	تنظیمات پارامترها
۳۴۵	.....	تنظیم نوع سنسور ورودی رنج ورودی
۳۴۶	.....	تنظیمات کنترل خروجی
۳۵۱	.....	تنظیمات شبکه
۳۵۱	.....	انتخاب کانال
۳۵۱	.....	تنظیمات تابع کپی
۳۵۲	.....	قفل کردن دکمه‌های روی پنل
۳۵۲	.....	خروجی آنالوگ و خود تنظیم دما
۳۵۳	.....	پیغام خطا
۳۵۳	.....	روش نصب کنترلر پنل

۳۵۷	فصل سیزدهم / کنترلر فرآیند شیر برقی سری DTV دلتا
۳۵۸	مقدمه
۳۵۸	ویژگی‌های کنترلر سری DTV
۳۵۸	مشخصات الکتریکی کنترلر شیر برقی سری DTV دلتا
۳۵۹	اخطار
۳۶۰	نمایشگر، LED و دکمه‌ها
۳۶۱	تنظیمات پارامترها
۳۶۵	خروجی کنترلی
۳۶۶	تنظیمات سنسور ورودی و رنج ورودی
۳۶۷	تنظیمات آلارم
۳۶۸	کنترل قابل برنامه‌ریزی PID
۳۷۰	کنترل PID
۳۷۰	کنترل شیر برقی
۳۷۱	سوئیچ کردن مد کنترل دستی/اتوماتیک
۳۷۲	محدوده‌ی بالا و پایین باز شدن دریچه‌ی شیر برقی
۳۷۲	شبکه‌ی RS-485
۳۷۵	مد ASCII
۳۷۶	مد RTU
۳۷۷	نحوه‌ی مونتاژ کنترلر
۳۷۷	نحوه‌ی بستن قلاب نگهدارنده‌ی کنترلر
۳۷۷	ابعاد کنترلر سری DTV
۳۷۸	برش کنترل پتل (تابلو) برای کنترلر DTV4896/DTV9696
۳۷۸	ترمینال‌های کنترلر DTV4896R/DTV9696R
۳۷۹	تنظیم سخت افزار ورودی جریان
۳۸۱	فصل چهاردهم / ارتباطات شبکه‌ی کنترلر با PLC
۳۸۲	ارتباط بین PLC دلتا و کنترلر دمای سری DTA دلتا (MODRD/MODWR)
۳۸۲	هدف از کنترل
۳۸۲	تنظیم پارامترهای کنترل فرآیند سری DTA دلتا
۳۸۲	مراحل باز گرداندن پارامترها به مقدار پیش فرض کارخانه
۳۸۳	ابزار مورد نیاز برای PLC
۳۸۴	برنامه‌ی کنترلی PLC
۳۸۵	توضیحات برنامه
۳۸۶	ارتباط مابین PLC دلتا و کنترلر دمای سری DTB دلتا (MODRD/MODWR)
۳۸۶	هدف از کنترل
۳۸۶	تنظیم پارامترهای کنترل فرآیند سری DTB دلتا

۳۸۷	.....	مراحل باز گرداندن پارامترها به مقدار پیش فرض کارخانه
۳۸۷	.....	ابزار مورد نیاز برای PLC
۳۸۸	.....	برنامه کنترلی PLC
۳۸۹	.....	توضیحات برنامه
۳۹۰	.....	لینک ارتباطات بین PLC، کنترلر فرآیند DTA و کنترلر فرآیند DTB
۳۹۰	.....	هدف از کنترل
۳۹۱	.....	تنظیم پارامترهای کنترل فرآیند سری DTA دلتا
۳۹۱	.....	تنظیم پارامترهای کنترل فرآیند سری DTB دلتا
۳۹۲	.....	مراحل باز گرداندن پارامترها به مقدار پیش فرض کارخانه
۳۹۲	.....	ابزار مورد نیاز برای PLC
۳۹۳	.....	برنامه‌ی کنترلی PLC
۳۹۳	.....	توضیحات برنامه
۳۹۵	.....	واژه‌نامه‌ی لاتین کنترل فرآیند