

第1回 PID制御とは？ - 人間の判断との類似性 -

ワイド制御技術研究所 所長 広井 和男
ひろい かずお

はじめに

「PID制御のお話」を連載させていただくことになりました。PID制御は、制御の世界で圧倒的なシェアをもっており、製鉄所、化学工場などの装置工業や、上下水道、ゴミなどの処理設備の温度、圧力、流量、レベル、成分などの制御、いわゆるプロセス制御では90%以上を占めて基盤制御技術となっています。

連載の内容は、基礎から2自由度PID制御まで11回を予定しています。やさしい説明を目指しますので、ご愛読をお願いします。

1. PID制御の定義

制御は、英語のcontrolの訳です。controlの語源はラテン語のcontrarotulareで、contraは「対して」、rotulareは「巻物」という意味です。これらを組み合わせると、controlは、「巻物に記載された権威(基準)に照らして、差異があれば修正する」ということからきています。JIS用語では、制御とは、「ある目的に適合するように、対象になっているものに所要の操作を加えること」と定義されています。「PID」はどのような方法で制御するかを表わし、PはProportional: 比例、IはIntegral: 積分、DはDerivative: 微分の略です。

このPID制御については、その

生い立ちから、最先端まで詳しく説明して行きますが、ここで、PID制御基本式はどのようなものであるかについて、簡単にふれておきます。

PID制御基本式は下記の(1)あるいは(2)式のように表わされ、現在の偏差 e に比例した修正量を出す比例動作(Proportional Action: P動作)と、過去の偏差の累積値に比例した修正量を出す積分動作(Integral Action: I動作)と、偏差 e が増加しつつあるか減少しつつあるか、その傾向の大きさに比例した修正量を出す微分動作(Derivative Action: D動作)との3つを加算合成したものです。

$$y = K_P \left(e + \frac{1}{T_I} \int e dt + T_D \frac{de}{dt} \right) \quad \dots(1)$$

$$= \underbrace{K_P \cdot e}_{\text{比例動作}} + \underbrace{\frac{K_P}{T_I} \int e dt}_{\text{積分動作}} + \underbrace{K_P \cdot T_D \frac{de}{dt}}_{\text{微分動作}} \quad \dots(2)$$

y : 操作量
 e : 偏差 (= 目標値 - 実際値)
 K_P : 比例ゲイン
 T_I : 積分時間
 T_D : 微分時間

2. 人間の判断との類似性

ここで、PID制御と、人間が制御したり問題の解決策を判断したりするときの考え方との類似性を探ってみたいと思います。

PID制御基本式の各項の役割を分析してまとめますと、表1に示すようになります。

判断方法

表1に示すように、PID制御の積分動作は過去の偏差の累積値、つまり「過去」のデータの重視度を示し、比例動作は現在の偏差の大きさ、つまり「現在」のデータの重視度を示し、微分動作は偏差の将来の予測値、つまり「将来」のデータの重視度を示しています。制御対象の特性に対応して、人がPIDパラメータ値(各項の強さの設定値)を調整するのがマニュアルチューニング(手動調整)で、それを自動的に行うのがオートチューニング(自動調整)です。人間が物事を考えて判断するときには、必ず「過去の状態はどうであったか」、「現在の状態はどうなっているか」、「将来はどうなりそうか」という、「過去」、「現在」および「将来」の3種の情報を用いて、それぞれの情報にどのようなウエートをおくかを考えて結論を出します。これとまったく同じ機能をPID制御が実行していることとなります。

人間の場合にも、パラメータ設定値のバランスの悪い人がいます。たとえば、過去の後始末をしっかりする、つまり積分動作は良く効いているが将来の予測がまったくできない、つまり微分動作が効かない人もいれば、反対に

表1 PID制御と人間の判断との類似性

動作		I: 積分	P: 比例	D: 微分
演算式		$\frac{K_P}{T_I} e dt$	$K_P \cdot e$	$K_P \cdot T_D \frac{de}{dt}$
制御の方法		「過去の偏差」の累積値に対応	「現在の偏差」の大きさに対応	「将来の偏差」の変化予測に対応
パラダイム	判断方法	「過去」のデータの重視度	「現在」のデータの重視度	「将来」のデータの重視度
	変化への対応	「継続」追従	「即応」追従	「予見」追従

PID制御にどのような機能を付加すると、PID制御を超えられるか？

微分動作が効き過ぎて予測ばかりして後始末の不得意な人もいます。

一般的に、良い結論を出すためには、個々の問題の特性に対応して「過去」、「現在」および「将来」の情報の重視度を最適に調整しなければならないことを示しています。

変化への対応

PID制御において、目標値と実際値との間にズレが発生したとき、つまり偏差 e が発生したとき、比例動作は偏差 e の変化に対して、直ちに応動するという「即応追従」動作をし、積分動作は偏差 e がゼロになるまで、つまり目標値と実際値がピッタリ一致するまで制御出力を出し続けるという「継続追従」動作をし、さらに微分動作は偏差 e の変化率の大きさから将来の動きを予測し、これに対応する制御出力を出す「予見追従」動作をしているとみることができます。つまり、PID制御は、変化に対して「即応追従」、「継続追従」および「予見追従」という動作を組合せて制御を実行していることとなります。

この「即応」、「継続」および「予見」という3つの側面から目標達成に取り組むことは、制御のみならず目標管理、製品のVA(Value Analysis)/ CD(Cost Down)、技術力強化などあらゆる取り組みに共通する基本的手法です。PID制御は目標達成に向けての基本行動パラダイムを私達に明確に示しているといえます。

3. PID制御は暖かいもの

以上説明しましたように、PID制御は、シンプルな構成の中に人間の判断や行動の基本パラダイムと同じ機能を備えており、これを忠実に実行していることとなります。PID制御基本式は、表面的にはまったく無味乾燥で冷たい表情をしています。内面では人間の判断と同じことを一所懸命に計算して制御していると理解すると、ほのぼのとした暖かさを感じます。今後、ぜひ興味をもってPID制御と接していただきたいと願っています。また人間のように、時々休んだり勝手に中断したりするというような、気まぐれな行動をすることはありません。

著者紹介



広井 和男

ワイド制御技術研究所
所長

(TEL : 0426-51-2802

E-mail:kazuo.hiroi@h8.dion.ne.jp)

《著者略歴》1960年大阪府立大学工学部電気工学科卒。同年(株)東芝入社。鉄鋼、化学、電力、上下水道、食品など多数の分野の設計、エンジニアリングなどの業務に従事し、設計課長、技術課長、設計部長、主幹、技監を歴任。

2000年現職。

工学博士(京都大学)(社)計測自動制御学会フェロー。

主な著書に「デジタル計装制御システムの基礎と応用」、「制御システムの理論と応用」、「PID制御」、「実践デジタル制御技術」、「実用アドバンス制御とその応用」がある。

雇用・能力開発機構高度ポリテクセンターセミナーや東芝技術公開講座で「実践デジタルPID制御」、「先端デジタルPID制御」の講師をしている。

このように、PID制御は分かりやすくシンプルな構成でありながら、プロセス制御の大部分の対象に対してすぐれた制御能力をもっています。これが、PID制御を超える汎用制御方式の誕生を許さない要因ではないでしょうか？

これらの考え方をベースとして、PID制御にどのような機能を付加すればPID制御を超えられるか、を考えれば、新しい制御方式を生み出すことが可能かもしれません。読者の皆さんの積極果敢な挑戦を期待しています。

お客様訪問記

静岡市水道部 清水水道事務所の上水道設備 遠隔監視システムに採用された MsysNet



(株)エム・システム技研 東京支社 東京第2営業部

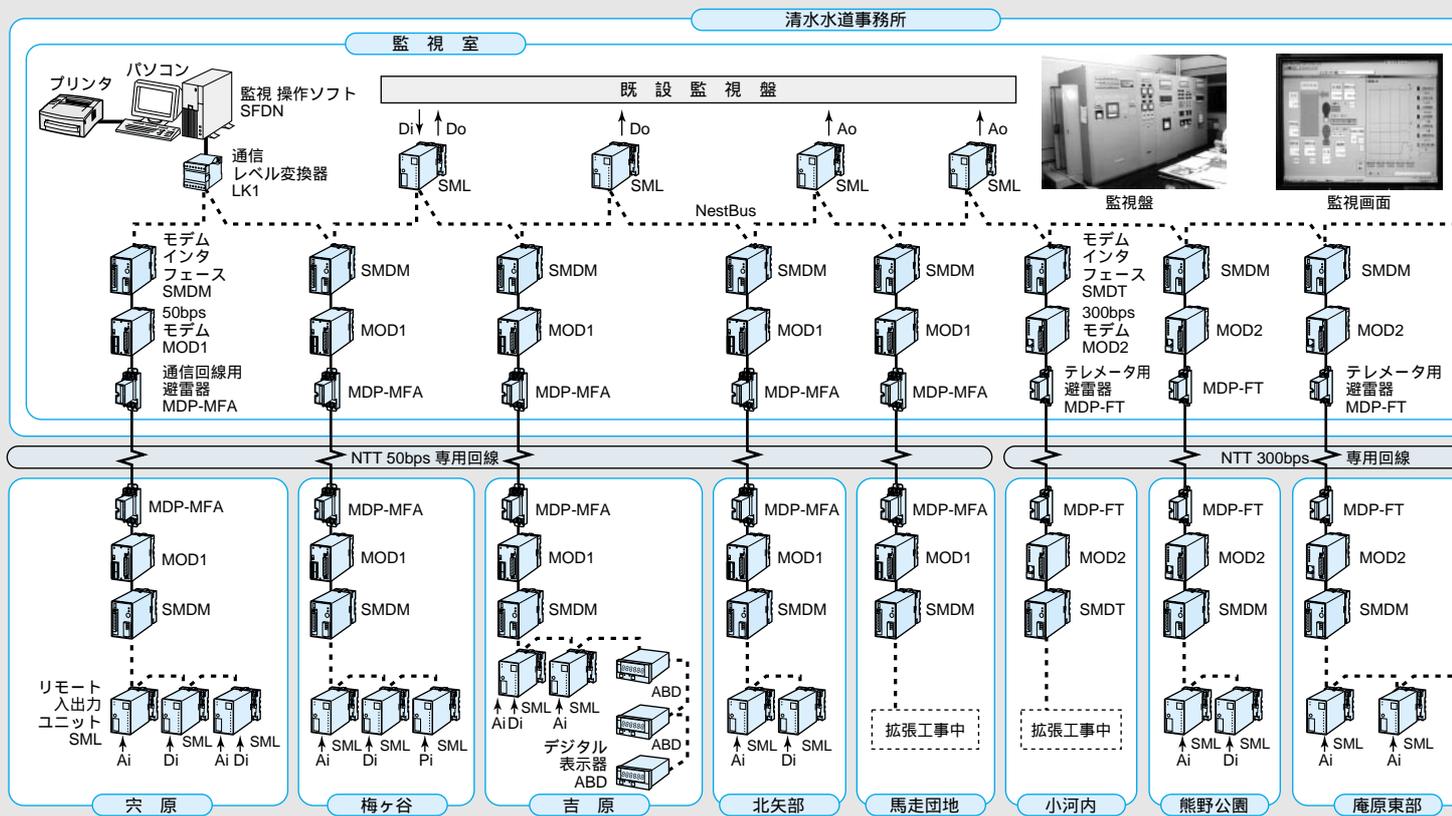
岡 五十
おが ごじゅう

静岡県の県庁所在地である静岡市は、2003年4月、東隣にあった清水市と合併し、人口が70万人を超え、東海地方の中核都市としてさらなる発展を目指して都市整備を進めています。今月は旧清水市の水道管理施設

であった静岡市企業局水道部 清水水道事務所 水道施設課を訪ね、上水道設備遠隔監視システムに採用された MsysNet について、水道施設課主任 村松 憲一郎 様、同課主任 馬場 雅好 様にお話を伺いました。

[岡] MsysNet による遠隔監視システム導入の経緯についてお教えください。

[村松] 清水水道施設課では、主要な設備については以前から NTT の専用線と重電メーカー製のテレメータ機



清水水道事務所のテレメータ盤内部(左: モデムとモデムインタフェース。右: 通信用と電源用避雷器)

草雑配水池

草雑配水池に設置されたRMD2収納箱

図1 清水水道事務所 水道施設課における MsysNet によるシステム構成図(一部省略)

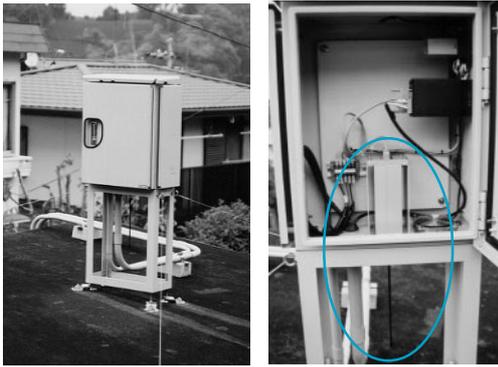


図2 つつじヶ丘団地のポンプ屋上に設置された“無線データ通信モデム”(形式：RMD2)収納箱(左)とその内部(右)

器を使って遠隔監視(常時監視)を行っていました。また、加圧ポンプ場や小さな配水設備については、常時監視用のテレメータ機器の導入コストが高い

こともあって、公衆回線を使った異常通報装置しか取り付けなかったり、あるいは異常通報装置自体が設置されていない施設もありました。

3年ほど前に、梅ヶ谷に加圧ポンプ場を新設することになり、当初、公衆回線による異常通報装置を設置する予定でした。しかし以前から、エム・システム技研が小規模設備監視

に適した安価なテレメータ機器を販売していることを『MS TODAY』などで知っていました。そこで、資料を取り寄せて仕様や設置コストを検討し、MsysNetによる遠隔監視システムを梅ヶ谷の加圧ポンプ場の監視に採用してみることにしました。

その結果、比較的安価な設備費用で常時監視が可能であることがわかり、順次監視箇所を増やして行き、今ではMsysNetによる遠隔監視システムを使って、工事中の箇所を含めて10箇所の常時監視ができるようになりました(図1参照)。

[岡]MsysNet製品は、各機器にソフト設定したり、監視画面を作り込まなければなりません。どうされましたか？

[馬場]基本的なソフト設定や画面の構築は自分たちでも行っています。まとまった仕事の際には外部のエンジニアリング会社にお願いしていますが、ソフト設定や変更、パソコンの監視画面の修正や変更などは自分たちで行うことにより、より早く対応できるうえ、コストも下がります。

[岡]無線テレメータも採用しているらっしゃいますね。

[馬場]2003年の3月に、草薙配水池を親局とし、つつじヶ丘団地と草薙団地にある小規模の配水池を子局とした、1:2の400MHz帯小電力無線テレ



静岡市企業局 水道部 清水水道事務所 水道施設課 主査 村松 憲一郎 様
静岡市企業局 水道部 清水水道事務所 水道施設課 主任 馬場 雅好 様

メータ無線データ通信モデム(形式：RMD2)^注を導入しました。それぞれ直線距離で500～600m程度離れていて、見通しもそれほど良いものではありませんが、導入した後問題なく順調に稼働しています。

RMD2は本体とアンテナが一体になっているうえ、防水構造でないため、その取付け方法には気を使いました。収納用の箱にRMD2を逆さに取り付け、アンテナが箱の下側から出るようにしました。また、夏場に箱内の温度が機器の許容設置温度以上にならないよう、箱を二重にするなど工夫しました(図2参照)。

[岡]MsysNetによる遠隔監視システムを導入されていかがでしたか。

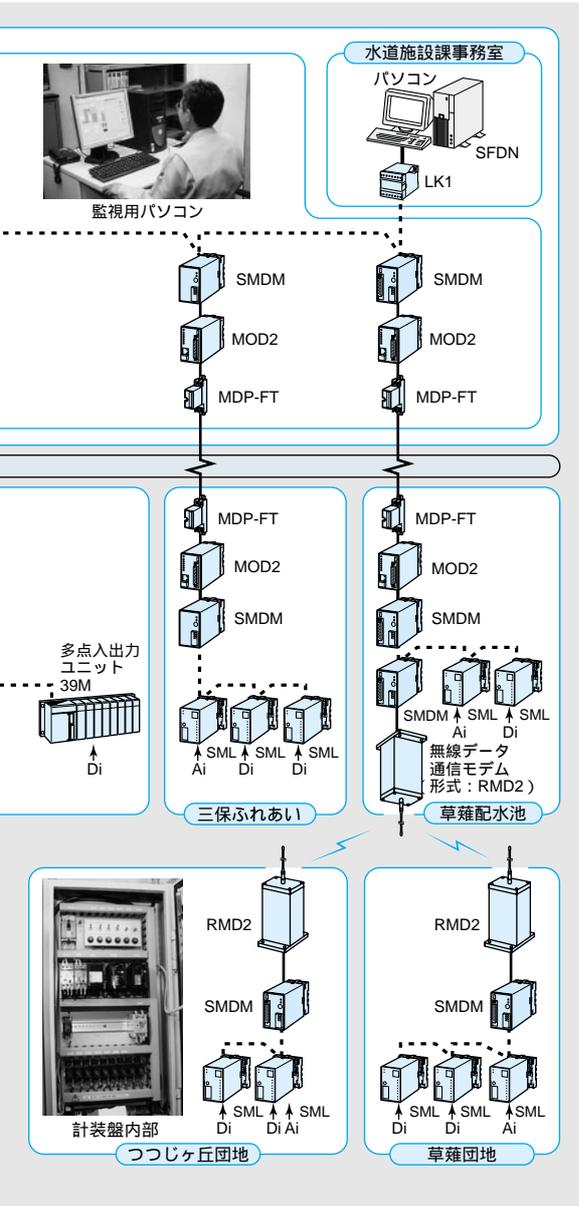
[村松]従来のテレメータ機器に比べ価格が安いので、監視項目の少ない小規模設備の監視にはコストパフォーマンスが良いと思います。また、無線テレメータは地形などによって伝送距離に制限がありますが、使う場所を選択することで、遠隔監視のランニングコストを下げることができました。

[岡]お忙しいところ、ありがとうございました。

注 本誌2002年8月号の記事をご参照ください(エム・システム技研ホームページ <http://www.m-system.co.jp/>でもご覧いただけます)。

本稿についての照会先：
(株)エム・システム技研 東京支社
東京第2営業部 岡 五十
TEL. 03-5783-0511
FAX. 03-5783-0757

* MsysNetは、エム・システム技研の登録商標です。



薄形変換器「M3S・UNITシリーズ」

(株)エム・システム技研 開発部 草原 猛
くさ はら たける

はじめに

エム・システム技研は、ご好評をいただいております「M3・UNITシリーズ」よりもさらに薄形の変換器、「M3S・UNITシリーズ」を開発しています。なお、横幅が薄くなったといっても、「M3・UNITシリーズ」変換器の斬新なデザインは、そのまま受け継いでいます。

今回、「M3S・UNITシリーズ」の第1弾として、直流入力変換器(形式:M3SVS、価格25,000円)を発売しました。

本稿では、薄形変換器「M3S・UNITシリーズ」の特長、仕様、今後の展開などについてご紹介します。

1. 形状

図1にM3SVSの外観と寸法を示

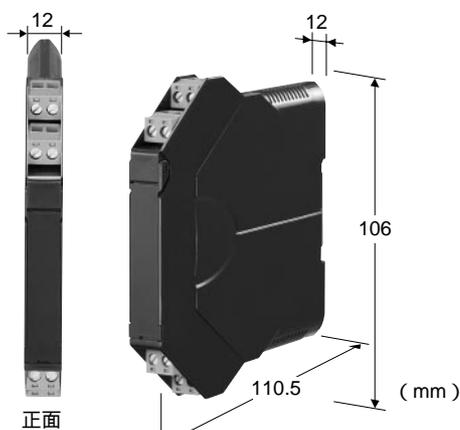


図1 直流入力変換器(形式:M3SVS)の外観と寸法

します。横幅が12mmと、スリムでスタイリッシュなケースに収納されており、ケース正面の上下部斜面には、2ピン端子が2段に2つずつ、全部で8ピンあり、かつ、各端子の高さには段差をもたせて、現場での配線作業がスムーズに行えるよう設計されています。

DIN レール取り付けであり、ワンタッチで取り付け、取り外しができます。

変換器の横幅が12mmと薄いため、スペース効率の向上が図れます。分電盤のわずかな隙間に設置したいような場合にとくに有効です。

また、ゼロ点調整およびスパン調整機構を前面に配置しているため、操作が容易です(図2)。

2. 仕様

表1に、M3SVSの入力、出力、供給電源の仕様を示します。

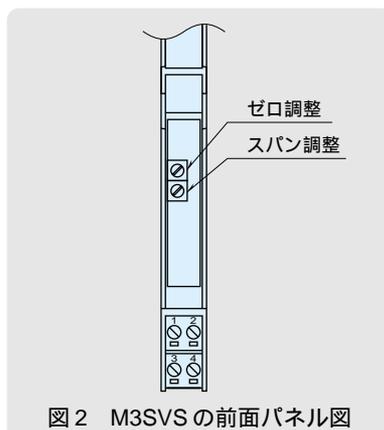
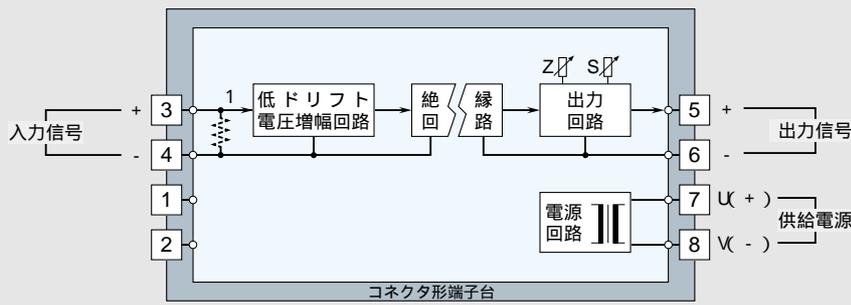


図2 M3SVSの前面パネル図

新製品や、使用未経験の製品を新規に採用される際は、ご心配や抵抗感があるものです。まして、変換器は工場の自動運転に直接関係する機器であり、「スペックが合わなくて、新設ラインが動かなかつたらどうしよう」などと考え出すと、採用者には勇気と決断が必要になります。しかしご安心く

表1 M3SVSの主な仕様

入力信号	
電流入力	電圧入力
DC 4~20 mA	DC 0~10 mV
DC 2~10 mA	DC 0~50 mV
DC 1~5 mA	DC 0~60 mV
DC 0~20 mA	DC 0~100 mV
DC 0~16 mA	DC 0~1 V
DC 0~10 mA	DC 0~10 V
DC 0~1 mA	DC 0~5 V
DC 10~50 mA	DC 1~5 V
DC 0~10 μA	DC -10~+10 V
DC 0~100 μA	DC -5~+5 V
DC -1~+1 mA	指定電圧レンジ
DC -10~+10 mA	指定電流レンジ
出力信号	
電流出力	電圧出力
DC 4~20 mA	DC 0~10 mV
DC 2~10 mA	DC 0~100 mV
DC 1~5 mA	DC 0~1 V
DC 0~20 mA	DC 0~10 V
DC 0~16 mA	DC 0~5 V
DC 0~10 mA	DC 1~5 V
DC 0~1 mA	DC -10~+10 V
指定電流レンジ	DC -5~+5 V
	指定電圧レンジ
供給電源	
AC 100~240 V (+5,000円)	
DC 24 V	
AC 100~240 V / DC 24~120 V(交直共用) (+5,000円)	



1、電流入力時は内部に入力抵抗器が付きます。

図3 M3SVSのブロック図



ださい。M3SVSでは、表1に示すような多種類の入力信号と出力信号に対応できます。

さらに供給電源としては、DC24Vとワールド電源に対応しており、また、交直共用電源用も用意しました。交直共用電源の場合、DC24～120VとAC100～240Vの電源に対応するため、日本国内はもとより、海外においても供給電源の電圧仕様にご心配はありません。

さらに、ワールド電源対応でありながらも、省電力設計により使用可能温度範囲を - 10 ~ + 55 と広くしています。

入力 - 出力 - 電源間の絶縁耐圧は、AC2000Vまで確保しています。

応答時間は、標準形で0.5s以下、高速応答形の場合約25msであり、

多様なニーズに対応可能です。

以上の説明でお分かりのように、M3SVSは超薄形でありながら、変換器としての基本的性能は十分に保持しています。

3. 海外規格への対応

変換器を海外、とくにヨーロッパで稼働させる設備に、CEマーキングに適合していない変換器を組み込んで使用すると、当該地域の法律によって罰せられることがあります。

なお、CEマーキングは、電磁波障害と安全性に対する厳しい欧州の規格への適合を示します。

今回ここにご紹介した製品は、CE電磁適合指令(89/336/EEC)に適合し、UL3111-1(一般安全規格)に準拠していますので、どうぞご安心ください。

おわりに

薄形変換器「M3S・UNITシリーズ」は、分電盤の合理化と省スペース化、省力化に役立つことを主要な目的として開発を進めています。

直流入力変換器(形式:M3SVS)に続き、以下の3機種を近日中に発売する予定です。

測温抵抗体変換器(形式:M3SRS)

ポテンショメータ変換器(形式:M3SMS)

カップル変換器(形式:M3STS)

これら3機種の入力仕様を表2に示します。

なお、出力と供給電源、その他絶縁耐圧、応答時間など、入力信号以外の仕様は、今回ご紹介したM3SVSと共通になっています。

変換器に関する品揃えを含め、エム・システム技研製品に対するお客様のご意見をお聞かせいただき、それを今後反映させていきたいと考えています。

ご希望、ご意見などをエム・システム技研ホットラインまで、ぜひお寄せくださるようお願いいたします。

表2 M3SRS、M3SMS、M3STSの主な仕様

製品名称	形式	入力信号
測温抵抗体変換器	M3SRS	3線式測温抵抗体 JPt 10Q (JIS '89) Pt 10Q (JIS '89) Pt 10Q (JIS '97、DIN、IEC) Pt 50 (JIS '81) Ni 508.4
ポテンショメータ変換器	M3SMS	全抵抗値100 ~ 10 k
カップル変換器	M3STS	熱電対 (PR)、K(CA)、E(CRC)、J(IC) T(CC)、E(RH)、R、S、N