

# ハイプランシステム PQ シリーズ調節計

## Hi-Plan System PQ Series Controller

芝塚貴行\* Takayuki Shibatsuka・荒井靖博\* Yasuhiro Arai

### I. まえがき

最近、省エネルギー、省力化、効率化の要求から、計測制御への要望が高まり、その市場は増大しているが、コストパフォーマンスへの追求は厳しくなっている。

計測制御の需要分野は、汎用工業計器を中心とした分野と、IS シリーズ計器やコンピュータを駆使したシステム計装の分野の二つに大きく分かれる。この両分野の中間に位置する本システム“ハイプランシステム”は、最も必要なシステム機能を安価に実現し、経済的計装システムを提供する目的で開発した。PQ シリーズ調節計は、その中心を構成するもので、Hi(より高級に)-Plan(Plantを Planning する)システムで、P (Price)と Q (Quality)を追求したシリーズである。

本文では PQ シリーズ調節計を主体とした概要、使用例などについて紹介する。第1図はハイプランシステム PQ シリーズ調節計群である。

### II. PQ シリーズ調節計の10大特長

#### 1) デジタル設定方式

だれでも間違いのない再現性の高い設定が容易である。

#### 2) 理想的なユニット方式

機能を理想的に細分化したプラグイン結合のユニット方式で、入力、制御モード変更及び保守が容易である。

#### 3) 豊富な入力と信号転送機能を装備

あらゆる入力に対応しており、また測温抵抗体などの信号を並列受信するための転送出力機能を内蔵している。

#### 4) あらゆるプロセスをカバーした制御方式

定値、カスケード、プログラム、偏差制御とあらゆる制御方式を用意している。

#### 5) 操作装置にマッチした出力信号

出力信号は、“連続/断続”の2方式を用意しており、操作端は空気圧式、油圧式、電動式などプラントにマッチした方式がある。

#### 6) オーバシュート防止回路

微分先行形の回路方式と合わせて、オーバシュート防止回路付のため、立上りの速い良好な制御結果が得られる。

#### 7) あらゆる操作が前面で可能

比例、積分、微分の各定数、ニュートラルゾーン、オーバシュート防止回路と多くの制御定数をそろえ、すべての定数が連続可変で前面からセットできる。

#### 8) 安全を確保する手動操作付

バンプレス機能を備えた手動/自動切換、操作の容易な手動操作機能を備えており、プラントの始動及び安全確保が容易である。

#### 9) 信頼性を高めた内部帰還方式

電動操作端の位置決めは、開度帰還方式をやめ、信頼性の高い内部帰還方式を採用した。

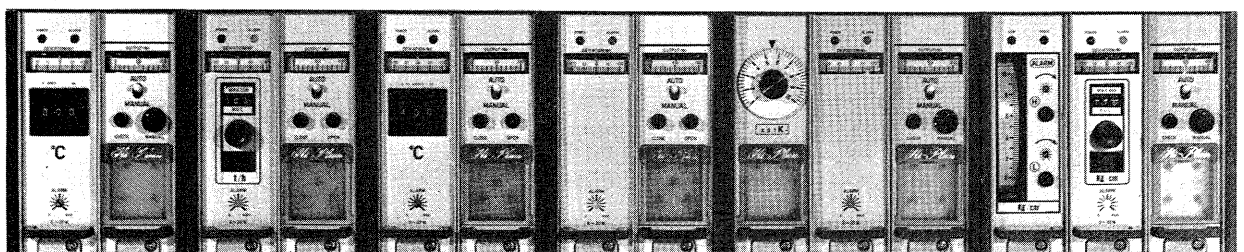
#### 10) 本質安全防爆が可能

ツェナバリヤによる信頼性の高い本質安全防爆が可能で、安全性が高く経済的な防爆システムが実現できる。

### III. PQ シリーズ調節計の構成

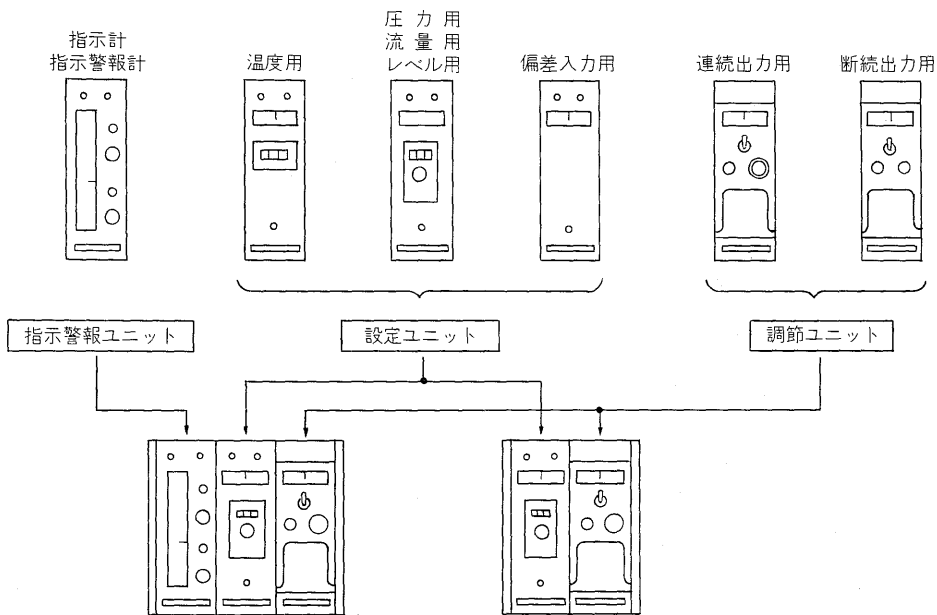
PQ シリーズ調節計は機能別にユニットを分類し、それぞれの目的に合わせて、ユニットを組み合わせるユニット構成を採用している。したがって、ユニット単体であれば自由に交換が可能である。

多数の調節計を使用するユーザでは、少数の補用ユニットで保守が可能であり、造機メーカーなどで多仕様の調節計が必要な場合は、ユニット単位の対処を行えば比較

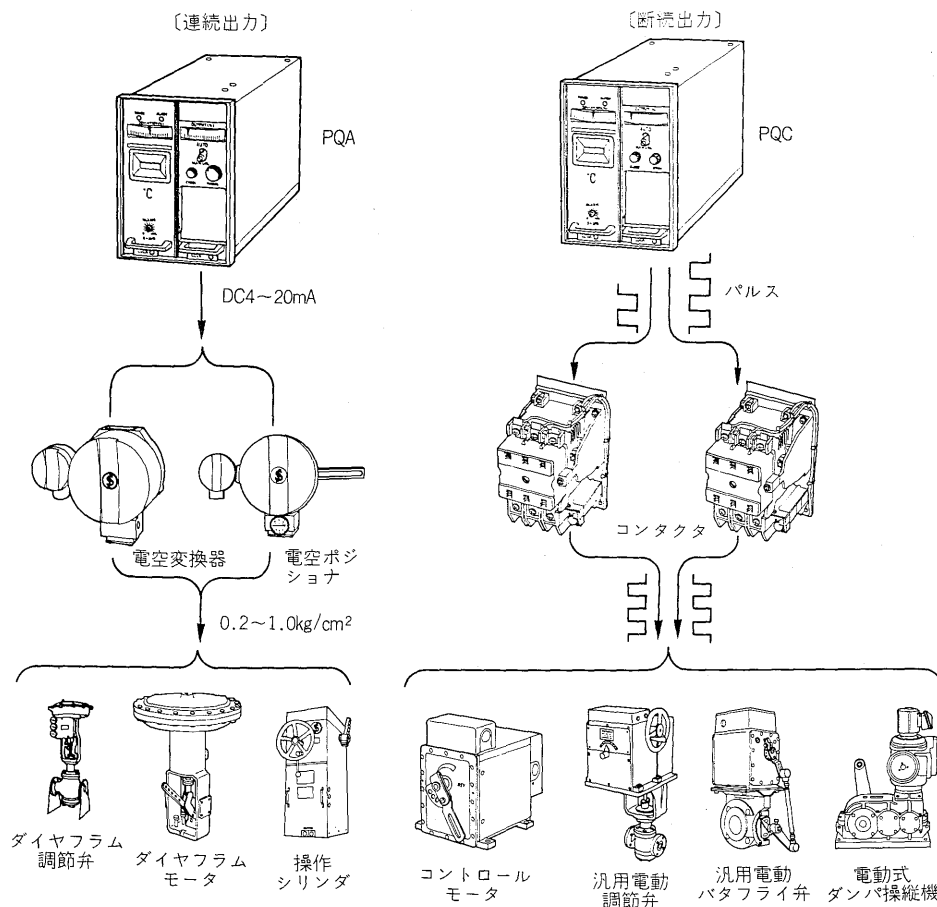


第1図 ハイプランシステム PQ シリーズ調節計群  
Fig. 1. Hi-Plan system PQ series controllers

\* 東京工場 設計部



第 2 図 調節計のユニット構成例  
Fig. 2. Example component units of controller



第 3 図 連続出力及び断続出力の構成  
Fig. 3. Component of continuous output or step output

的少額な投資で、機能的に満たす調節計が実現できる。第 2 図のような構成を基本的に採っているため、例えば温度調節計を圧力調節計に変更する場合は、設定ユニットを交換すればよいし、また連続調節計を断続調節計に変更する場合は、調節ユニットを交換すれば対処できる。ユニットは第 2 図のほかに比率設定ユニットがある。

#### IV. PQ シリーズ調節計の特性

#### 1. 調節計の種類

##### 1) 連続調節計

温度、圧力、流量、レベルなどの各種プロセス変数を入力として受信し、設定値と比較した制御偏差を PID 演算し、操作端の駆動信号として、DC 4~20mA を発信する。操作端は、この出力信号に比例した位置を確保するように動作する (位置形制御)。

操作端としては電空変換器 (ZLC), 電空ポジション

(ZLA)を介してダイヤフラム弁, 操作シリンダ, ダイヤフラムモータなどを, また電油ポジションを介して各種油圧操作端を使用する。

2) 断続調節計

連続調節計と同様に, プロセス変数を制御偏差として取り出し, パルス幅変調して, オン-オフの接点出力を発信する。操作端には電動操作器を使用して, 出力パルスの継続時間中一定速度で, 開または閉方向に弁開度を調節する(速度形制御)。

電動操作器の積分特性を含めて, この調節計はPI動作を行う。操作端は, 富士コントロールモータ(ZJC, ZJM), ダンバ操縦機(ZJA), 電動調節弁(ZNA)などがある。

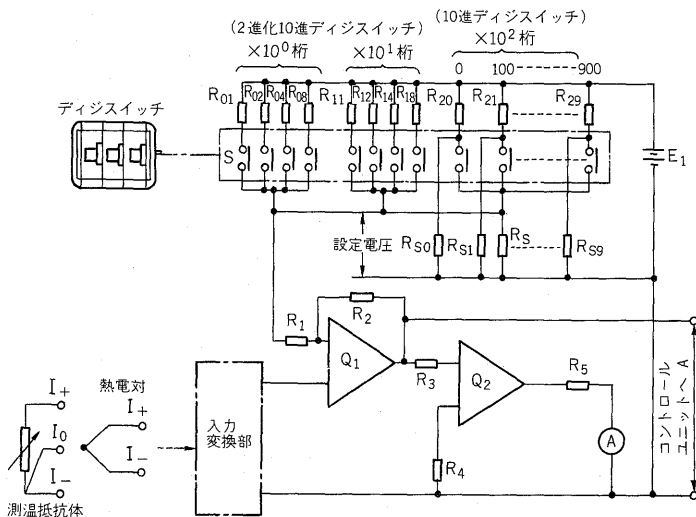
2. 動作説明

1) 設定ユニット(ディジスイツチ設定形)

このユニットの入力信号は, 熱電対(IC, CA, CRC, PR)及び測温抵抗体(Pt 100Ω)で, 第4図の原理回路にて構成されている。

入力を非直線D/A変換した設定値と比較する方法により構成し, 熱電対, 測温抵抗体の非直線入力と設定を一致させるため, 折線近似を設定回路に設けている。

ディジスイツチにより設定の各桁ごとに独立した抵抗を切り換え, 抵抗R<sub>S0</sub>……R<sub>S9</sub>上に発生する設定電圧を変える。1℃, 10℃の桁は2進10進ディジスイツチを用い, 100℃の桁は10進ディジスイツチを用いている。



第4図 デジスイツチ設定形回路 Fig. 4. Digital switch type setting circuit

これは100℃ごとに設定電圧を折線近似化するため, 1℃に相当する抵抗をR<sub>01</sub>とすると100℃の桁の抵抗R<sub>2n</sub>と設定電圧発生抵抗R<sub>Sn</sub>は次の関係にある。

$$\frac{R_2(n+1)}{R_S(n+1)} = \frac{R_{2n} \cdot R_{01}}{R_{Sn}(100R_{2n} + R_{01})} \quad (n = 0 \dots 8)$$

R<sub>2n</sub>: 設定がn×100℃の時の抵抗

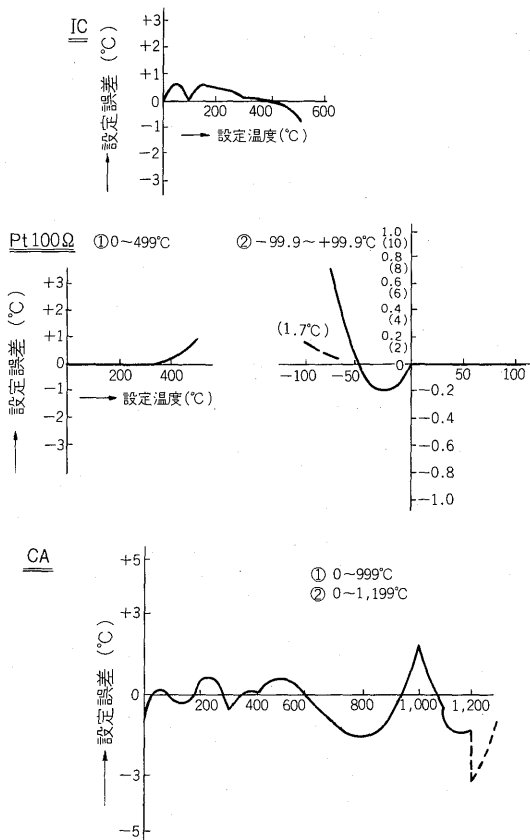
R<sub>Sn</sub>: n×100℃~(n+1)×100℃の間の折線こう配を決める抵抗

このような関係で比較, 増幅された偏差電圧は, コントロールユニットへ供給される。また, この偏差電圧は増幅されて偏差指示計を動作させる。

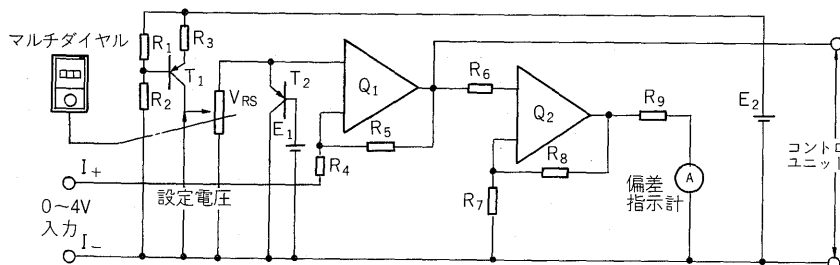
熱電対入力の場合は基準接点温度補償を, 測温抵抗体入力の場合は配線抵抗キャンセル回路及び±設定回路を設けている。

第5図に設定精度の一部を図示する。

2) 設定ユニット(マルチダイヤル設定形)



第5図 直接入力の計算設定誤差 Fig. 5. Calculated setting error of direct input



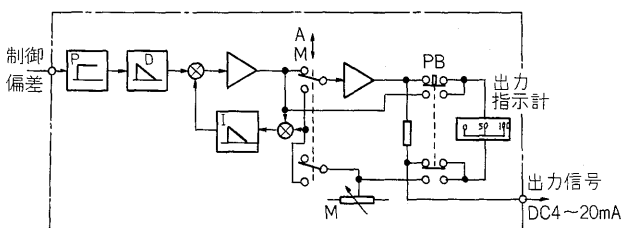
第6図 マルチダイヤル形設定回路 Fig. 6. Multi dial type setting circuit

このユニットの入力信号は、DC 1～5 V, DC 4～20 mA, DC 0～4 V, ST 発信器などの直線入力で、第 6 図の原理回路にて構成されている。

マルチダイヤル付の多回転ポテンシオメータで設定された設定値と入力信号は、比較、増幅されて、偏差電圧としてコントロールユニットへ供給される。また偏差電圧は増幅されて、偏差指示計を動作させる。ポテンシオメータの全回転 (10 回転) のうち、設定に使う部分は最小 1.2 回転であるため、過大な設定が行われる場合がある。最悪を考えると 1.2 回転をスパンとした時で、10 回転時に実にスパンの 8 倍もの値になる。したがって、この過大設定を防止するため、設定範囲の上限 (最大設定値の約 +50%) を決めるリミッタ回路を内蔵している。

### 3) 調節ユニット (連続出力)

設定ユニットから受け取った制御偏差は、P, I, D の各回路により PID 演算されて、V/I 変換器により DC 4～20 mA の制御出力となる。この場合の制御モードは自動 (A) であるが、手動 (M) の場合は、手動操作ボリュームにて設定された電圧が V/I 変換されて、DC 4～20 mA の手動出力となる。第 7 図に原理回路を示す。



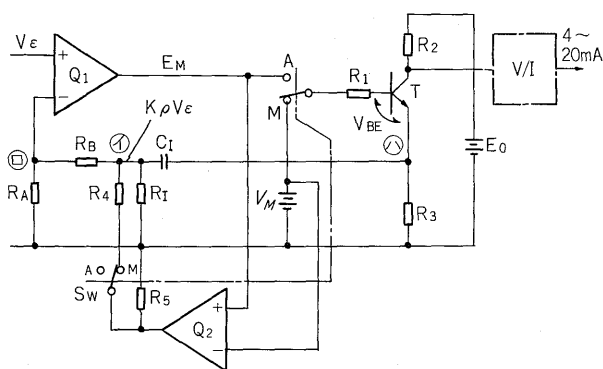
第 7 図 連続出力動作原理図  
Fig. 7. Principle circuit diagram of continuous output

#### (1) バンプレス回路

自動→手動の切替時の出力のショックをなくし、スムーズに切り換えるためにバンプレス回路を設けている。

まず、手動→自動切替の場合は、バランスレスバンプレスで第 8 図に原理図を示す。今、調節計が手動状態の場合  $S_w$  は M 側 (手動) にあり、手動操作電圧  $V_M$  が V/I 変換器を介して 4～20 mA の出力となっている。バンプレスアンプ  $Q_2$  の出力は、①→②→ $Q_1$ → $Q_2$  と戻り、負帰還回路を形成し、自動信号  $E_M$  は手動信号  $V_M$  に等しくなるように追従する。したがって、手動から自動に切り換えた時の出力のショックはないことになる。しかし、比例帯に比べ制御偏差  $V_e$  が過大な場合は、バンプレス回路が飽和状態となり、バンプレス機能がなくなるが、この場合は次に述べる自動→手動切替と同様のバランスチェックを行うことにより、バンプレスが可能になる。

自動→手動の切替はバランスバンプレスである。これはチェックボタンを押すことにより、出力指示計を自動



第 8 図 バンプレス回路  
Fig. 8. Principle circuit diagram of bumpless switching

信号と手動信号との差を示す偏差指示計にして、手動操作ボリュームによりこの指示計を 0 に合わせ、自動信号と手動信号を等しくする方法である。この時、出力指示計 (目盛 0～100%) をバランス点が目盛 50% の偏差指示計として使用するために間違える可能性がある。このため、50% の目盛線をグリーンバンドとし、指示がこの中に入っていればバンプレス状態にあることを示すようにしている。

#### (2) オーバシュート防止回路

PI (D) 動作の場合、立上り状態において積分時間に比べ十分長い時間制御偏差があると、積分コンデンサが完全に充電されるために出力は、入力が設定をオーバーしてから下がり始め、制御結果にオーバーシュートを生じる。これを防止するため、オーバーシュート防止回路を内蔵している。

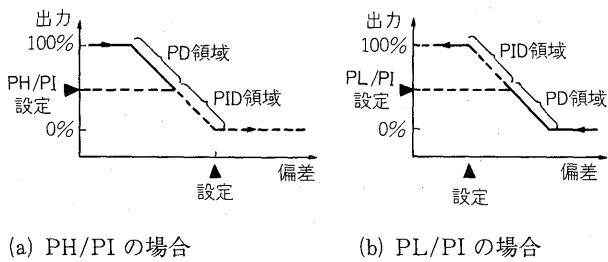
この回路は、トランジスタスイッチにより積分コンデンサを短絡して I 動作を切り、P (D) 動作とするもので、I 動作の動作する点は P/PI ボリュームにより出力の 0～100% の間とオフに設定できる。このオフはオーバーシュートを必要としない場合、例えば、オーバーシュートが生じても立上り時間をできるだけ速くしたい場合などに使用する。

オーバーシュート防止機能は、PH/PI と PL/PI の 2 種がある。動作は第 9 図のように、PH/PI は設定した出力値より実際の出力が大きい状態で、調節動作を PI (D) → P (D) 動作に切り換えるものである。PL/PI は、逆に設定した出力値より実際の出力が小さい状態で切り換えるものである。

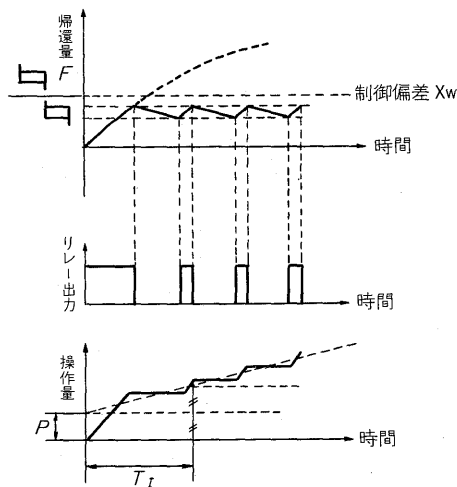
#### 4) 調節ユニット (断続出力)

ステップ入力加わると第 10 図のような操作特性を示し、この平均値特性が連続式の PI 特性に類似した形となるもので、原理図を第 11 図に示す。

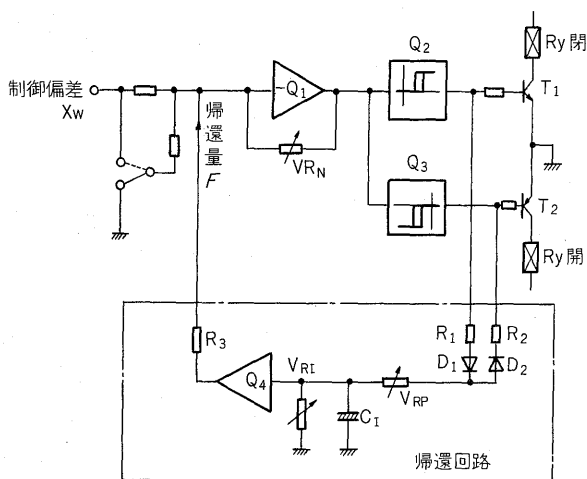
設定ユニットから受け取った制御偏差  $X_w$  は、ニュー



第 9 図 P/PI 動作特性 (逆作用)  
Fig. 9. Characteristics of P/PI action (reverse action)



第 10 図 PI 動作特性  
Fig. 10. Characteristics of PI action



第 11 図 断続出力動作原理図  
Fig. 11. Principle circuit diagram of step output

トラルゾーン設定ボリューム  $VR_N$  により決められた所定の増幅度で増幅され、跳躍増幅器の  $Q_2$  と  $Q_3$  に加えられる。これらの不感帯は  $Q_2$  が + 側に、 $Q_3$  が - 側にと対称にずれた状態で存在している。したがって、これらに加

わる電圧が小さい時には、 $Q_2$ 、 $Q_3$  ともオフであるため出力もオフである。

次に、制御偏差を  $Q_2$  がオンするような大きな値に変化させると  $T_1$  がオンして、閉側のリレーがオンになる。同時にダイオードスイッチ  $D_1$  もオンとなり、積分コンデンサ  $C_1$  が  $C_1(VR_P/VR_l)$  の時定数で充電され、帰還量  $F$  となる。この帰還量は制御偏差とほぼ等しくなる ( $Q_2$  がオフ) まで増加し続ける。 $Q_2$  がオフになると  $D_1$  もオフとなり、 $C_1$  は  $C_1 VR_l$  の時定数で放電して、 $F$  は減少し、 $Q_2$  がオンするまで続き、 $Q_2$  がオンすることにより再び  $C_1$  を充電する。以後はこの繰り返しとなる。

比例帯は充電の立上りの傾斜で、積分時間は放電の時定数により決められている。

### V. PQ シリーズ調節計の概略仕様

#### 1) 制御機能

定値制御、比率制御、カスケード制御、プログラム制御、偏差制御

#### 2) 入力信号

熱電対、測温抵抗体、ST シリーズ信号、電圧信号、電流信号

#### 3) 設定許容差

フルスケールの  $\pm 1\%$

#### 4) 調節動作

PID 動作 (連続出力)

PI 動作 (断続出力)

#### 5) 制御出力

DC 4 ~ 20 mA (連続出力)

開、閉接点出力 (断続出力)

#### 6) 手動操作機能

A-M 切換、手動操作機能付

#### 7) 指示機能

入力値指示: 偏差指示  $\pm 20\%$

出力値指示: 0 ~ 100% 指示

#### 8) 警報機能

偏差警報

絶対値警報 (付加ユニット)

#### 9) 供給電源

AC 100/200 V または

AC 110/220 V 50/60 Hz

#### 10) 周囲温度

-10 ~ +50°C (保存温度 -30 ~ +60°C)

### VI. PQ シリーズ調節計の使い方

ハイランシステムの基本システム例を示す。

#### 1) 定値制御システム

第 12 図に示す。

2) プログラム制御システム

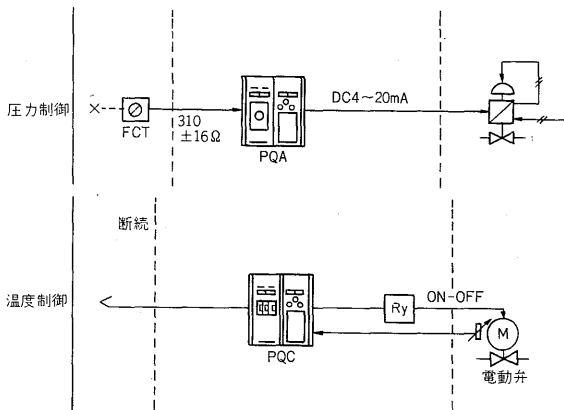
第13図に示す。

3) カスケード制御システム

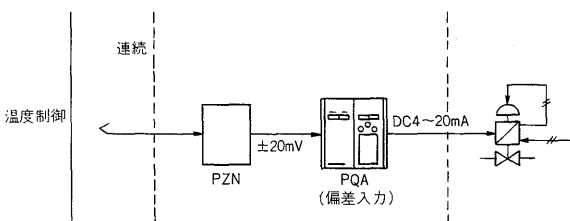
第14図に示す。

4) 比率制御システム

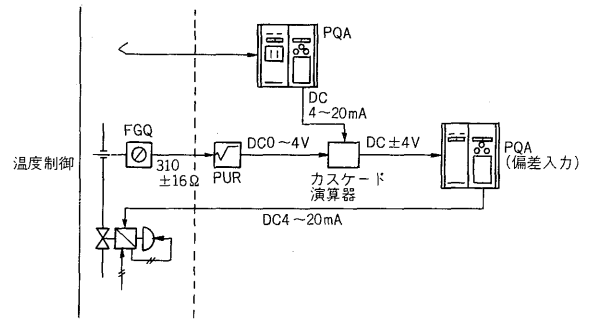
第15図に示す。



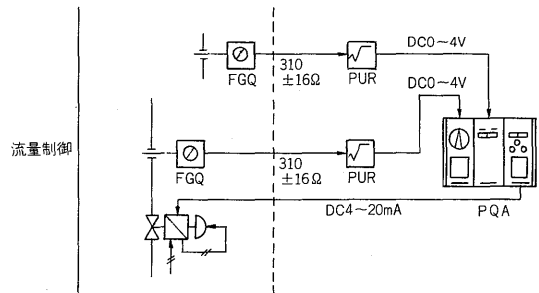
第12図 定値制御  
Fig. 12. Fix value control system



第13図 プログラム制御  
Fig. 13. Program control system



第14図 カスケード制御  
Fig. 14. Cascade control system



第15図 比率制御  
Fig. 15. Ratio control system

VII. あとがき

PQ シリーズ調節計とシステム構成について述べたが、経済計装システムの分野で、コストと機能の両面から、その効果を十分に発揮できるものと確信している。また発信器や操作端などを含めたニーズの多様化に対応して、機能アップや、仕様の充実に各方面の御協力を得て取り組み、努力していく考えである。



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。