

特集

空気圧アナログリレーによる 位置検出および制御

(株)アサヒエンタープライズ 飯塚博道

産業機械分野における空気圧機器の用途は、シリンダなどの空気圧アクチュエータを動作させる方向制御弁や、ON・OFF信号により論理演算を行なう空気圧論理素子を主体に発達してきた。さまざまな機能をもつ空気圧論理素子の出現により、複雑なシーケンス回路もさほどの苦労もなく組立てることができるようになり、この空気圧制御システムも手近なものになりつつある。

ON・OFF信号により必要な仕事を行なう空気圧制御システムが確立した一方、空気圧のアナログの処理についての産業機械分野における応用例は、フルイドイクスの衰退とともにすたれてしまい、その応用例はごく限られた分野に限定されている。空気圧による比例増幅・加減算・微積分などのアナログ演算や移動量・温度などのアナログ信号変換は、今日、空気圧計装システムとして主に化学プラントの圧力制御や流量制御・温度制御などに利用されている。この空気圧計装システムの変換器やコントローラには、空気圧に特徴的な力平衡方式の変換・演算方式がとり入れられており、高精度な制御を実現している。

この力平衡方式のアナログ変換・アナログ演算により、産業機械に必要とされるギャップや移動量などの制御対象の変化を、空気圧の変化に置き換え、各種のインターロックや制御に利用するセンサ・変換器・コントローラの総称

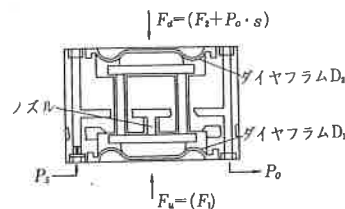


図1 差圧増幅リレー

である600シリーズ空気圧アナログリレーを紙面をかりて簡単に紹介する。

1. 力平衡方式の変換とは

図1は空気圧アナログリレーの基本的なモデルである差圧増幅リレーの内部構造図である。この構造図をもとに、力平衡方式とはどのような変換演算方式であるかを簡単に説明する。

差圧増幅リレーはごく狭い比例帯をもち、比例帯の範囲内ではつぎの等式が成立する。

$$\text{上向きの力 (Fu)} = \text{下向きの力 (Fd)}$$

この場合には入力ダイヤフラムD1・D2にかかる力の差 $\Delta F = (F_1 - F_2)$ 、出力はノズル内の圧力 P_0 である。 ΔF が増加すると、ノズルを閉じる方向にフラップが

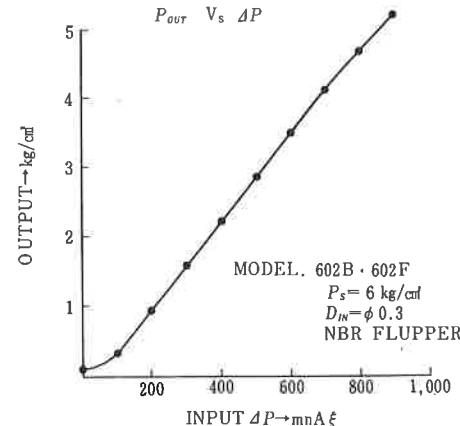


図2 差圧増幅リレーの入出力特性

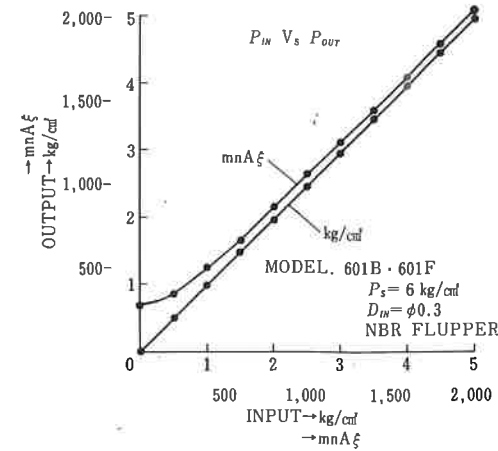


図3 1対1リレーの入出力特性

移動し、それによりノズル内圧 P_0 が上昇する。この内圧 P_0 により、上向きの力 $P_0 \times s$ (s はノズルの断面積) が発生し

$$\Delta F = P_0 \times s$$

となる位置で力平衡状態となりフラップが停止する。 ΔF が減少すれば P_0 も減少し、逆に上昇すれば P_0 も上昇する。これが基本的な力平衡方式であり、 ΔF を発生させる制御対象量として、力・荷重・変位・圧力などがこのリレーの入力となる。図2は、制御対象の入力として圧力を加えた場合の入出力曲線である。差圧増幅リレーの出力 P_0 をダイヤフラムD2へ接続してフィードバックすることにより、入出力ゲインが1のリレーを構成することができる。この場合にも力平衡

方式が成立し、入力は ΔF の代わりに F_1 となる。図3は、このリレーの入力として圧力を加えた場合の入出力曲線である。この入出力ゲインが、1のリレーにゲイン調節機構・微分機構・積分機構・加減算機構を任意に付加して、力・荷重・変位・圧力・流量などのインターロックや比例制御を実行することができる。

空気圧アナログリレーを使用するシステムの特徴的な事項としてつぎの点が挙げられる。

- ① 温度ドリフトが発生しない。
- ② 磁界や電界によるノイズの発生がない。
- ③ ON・OFF制御あるいは比例制御のいずれにも対応することができる。
- ④ 防爆エリアや、油・粉塵などのある悪環境下でも使用できる。
- ⑤ 供給圧力の変動による出力変動は微小である(0.1%/kg/cm2以下)。
- ⑥ 高い精度で変換や演算ができる(ヒステリシス0.5%以下、デッドバンド0.1%以下)。
- ⑦ このリレーのみで閉ループを構成でき、制御に必要とされる部品点数が少ない。

図4は、空気圧アナログリレーにより各種の対象を制御する場合のシステム構成図である。このシステムの中で各種のセンサを利用するマイクロギャップセンシングリレーが、現在一般的に行なわれている制御システムに簡単に取り入れることができ、最も理解しやすいリレーである。

2. 空気圧マイクロギャップセンシングリレー およびその モジュール

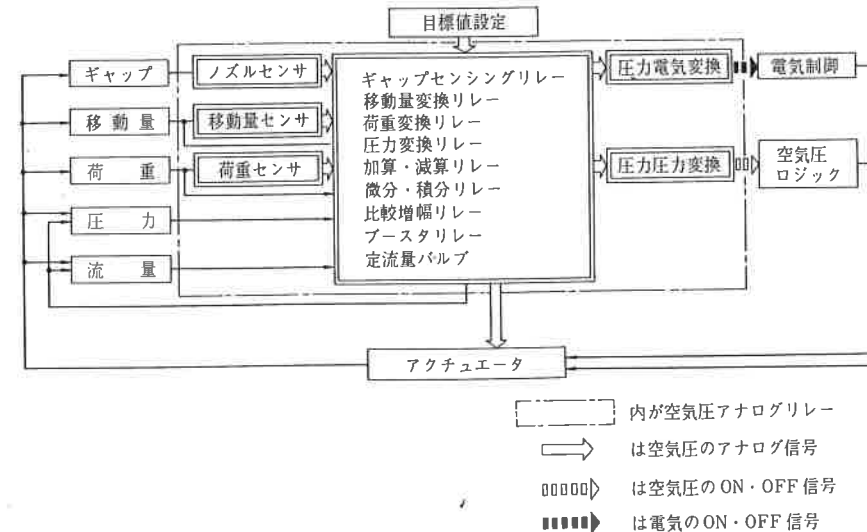


図4 空気圧アナログリレーによるシステム構成図

- 内が空気圧アナログリレー
- は空気圧のアナログ信号
- は空気圧のON・OFF信号
- は電気ON・OFF信号

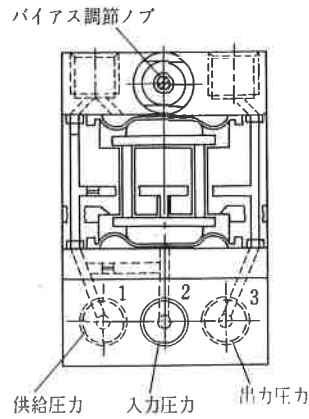


図5 マイクロギャップセンシングリレーの内部構造

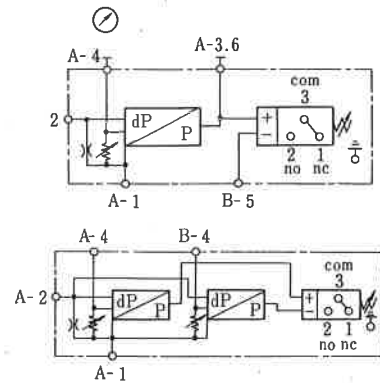


図6 マイクロギャップセンシングリレーのモジュール

空気圧マイクロギャップセンシングリレー616は、主としてON・OFF制御により、ギャップ・移動量・荷重などの高精度なインターロックを行なうために構成されたリレーであり、アナログコンパレータの役目をする。

このリレーは力平衡方式の一般的特徴に加え、インターロックすべき目標値を簡単に可変することができる、設定された目標値をゲージによっていつでも確認できる、使用方法・設定方法がきわめて簡単であるなどの特徴をもっている。

図5は、マイクロギャップセンシングリレー616の内部構造図である。入出力特性は差圧増幅リレーと同じ特性を示めすが、入力には差圧増幅リレーと異なり、ダイヤフラム D_1 へかかる圧力のみであり、ダイヤフラム D_2 へは内部バイアスによる可変バイアス圧力がかかる。また入力と供給圧力とがオリフィスを介して接続されており、このオリフィスからの流れがセンサへの測定流となる。

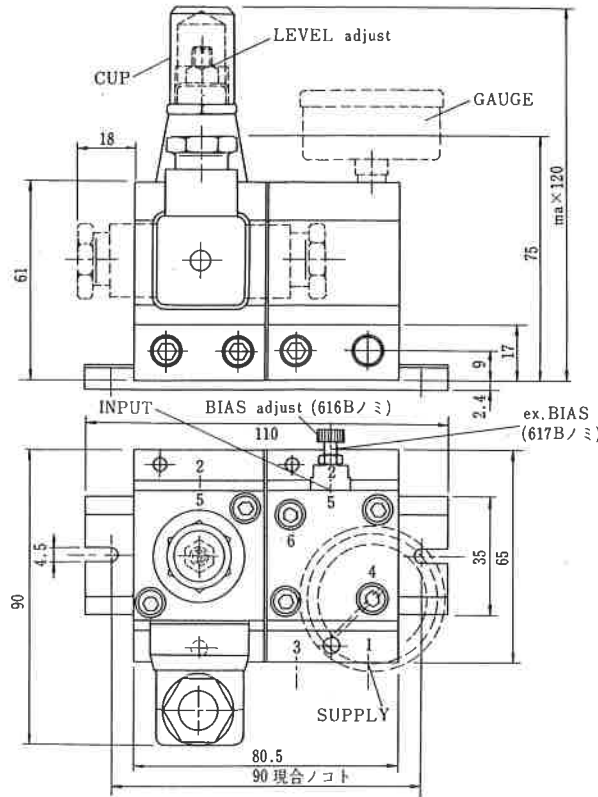


図7 マイクロギャップセンシングリレーの外形寸法図

センサによりギャップ・移動量・荷重・角度などが、空気圧のアナログ信号に変換される。このアナログ信号圧力が、リレー内で設定されたバイアス圧力を超えると、アナログ信号圧力とバイアス圧力との差圧が約50倍のゲインでリレーより出力される(図2参照)。マイクロギャップセンシングリレー616と並用するリレーには、

- ① 外部バイアス方式の617
- ② セットポイントリレー618
- ③ A/D変換リレー(差圧圧力スイッチ)690

があり、用途や目的によりいろいろ組合わせて、モジュール化することができる。図6は代表的なモジュールである1設定点および2設定点をもつ電気接点出力型のマイクロギャップセンシングリレーモジュールを示す。図7はその外形寸法である。

つぎにマイクロギャップセンシングリレー616に接続する各種センサについて説明する。

(1) ノズルセンサ

マイクロギャップセンシングリレー616の入力ポートをノズルに接続することにより、エアマイクロメータ

としてよく知られる高精度なギャップ検出器ができる。

図8は、 $\phi 2$ のノズルに対して横軸にギャップ L_g を、縦軸にバイアス圧力 P_b をとり、リレーの出力圧が 1 kg/cm^2 になる点をプロットしたものである。バイアス圧力 P_b とギャップ L_g が1対1で対応しており、 P_b の設定のみにより検出ギャップ L_g が決まる。リレーのバイアス圧力 P_b により、検出ギャップ L_g のミクロンオーダーでの調節ができるが、A/D変換リレー690の設定レベルを内蔵のスプリング、あるいは外部よりの圧力調節により変更して、サブミクロンオーダーでの微調節ができる。

表1は、ノズルセンサとリレー616

+690を組合わせた場合の標準仕様である。この組合せによる応用例は、平行度検出・差座検出・寸法選別・曲率検出・ワークの有無検出などがある。図9はワークチャック時の平行度検出に対する応用例である。マイクロギャップセンシングリレーよりの測定流は、

表1 マイクロギャップセンシングリレーの標準仕様(ノズルセンサ使用時)

モデルナンバー	616B1+690B1	617B1+690B1	616B2+690B2	617B2+690B2
供給圧力	1~10kg/cm ²		2~10kg/cm ²	
口径	PS 1/8			
使用流体	空気			
取付方向	任意			
検出方式	力平衡			
消費流量	最大20Nℓ/min	最大16Nℓ/min	最大14Nℓ/min	最大10Nℓ/min
重量	880g	860g	880g	860g
検出ギャップ	G=0~0.8mm		G=0~0.4mm	
検出精度	1μ以内			
バイアス方式	内部バイアス	外部バイアス	内部バイアス	外部バイアス
ヒステリシス	最大5μ (G=0~0.2) 1) ≦10μ (G=0.2~0.4) ≦50μ (G=0.4~0.8)		最大1μ (G=0~0.1) ≦5μ (G=0.1~0.2) ≦10μ (G=0.2~0.4)	
接点定路	1A/250VAC		1A/30VDC	

ロータリカップリングを介して旋盤の主軸に導かれ、チャック内にあけられた3個所のノズルより大気へ放出される。ワークのチャック面に対する平行度を 10μ 以内におさえる場合、グラフより 10μ に相当するバイアス圧力 P_b を求め、その値にリレーのバイアス圧力を

ギャップセンシングリレー特性表 MODEL. 616B2

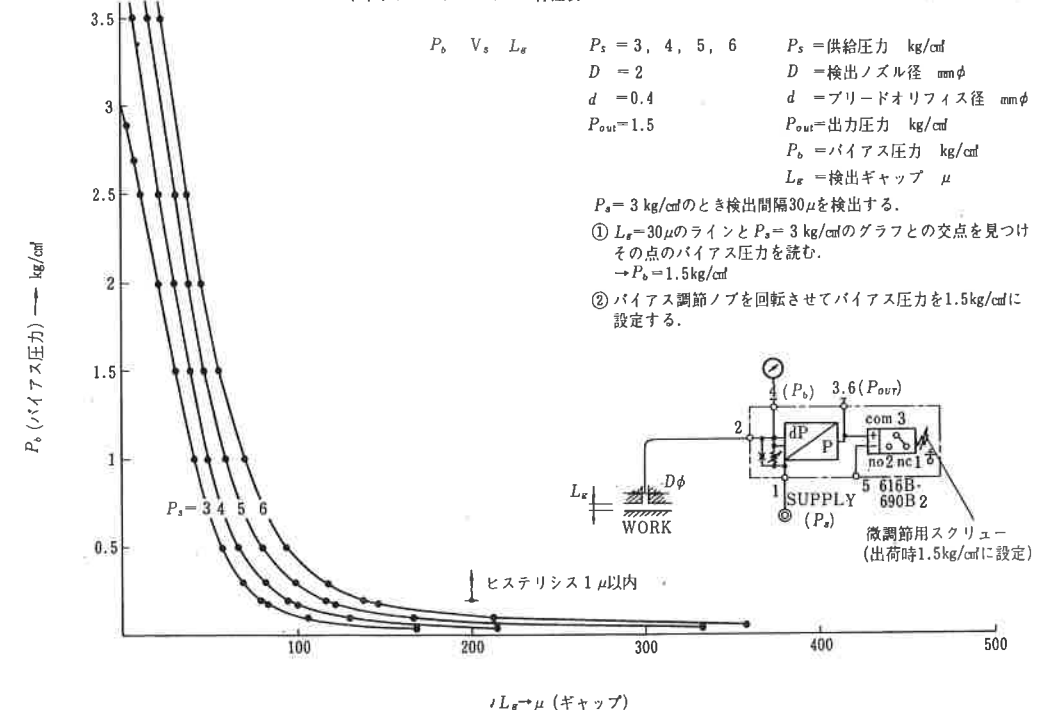


図8 ギャップセンシングリレーの入出力特性(ノズルセンサ使用時)

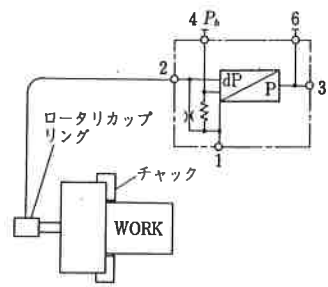


図9 ワークの平行度検出

設定する。チャック時、3個所あるノズルとワーク間の距離のうち、1個所でも10μを超えると、チャック完了信号が出ないため製品の加工精度が保証される。加工物の変化に応じて設定ギャップの変更が確実に行なえ、同一値に再設定することが簡単にできる。

(2) 移動量センサ

ノズルセンサが非接触式であるのに比較し、移動量センサは対象物に接触して移動量を空気圧のアナログ信号に変換するため、最大30mmまでの移動量をリニアに空気圧へ変換することができる。図10は、最大移動量が5mmと10mmのセンサの外寸寸法図である。図11は、

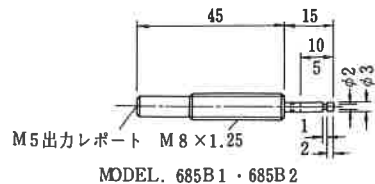


図10 移動量センサの外寸寸法図

横軸に移動量 L_t を縦軸にリレーのバイアス圧力 P_b をとり、出力圧が1kg/cm²になる点をプロットしたものである。このタイプの移動量センサにも力平衡方式を取り入れているが、力の絶対値が小さいために最大1~2%のヒステリシスが発生する。

移動量センサは、加工穴の深さ検出・組立不良検出・精度0.1mm以下の寸法検出や位置検出などに応用することができる。また移動量センサ単体を、ブリード型プースタリレーへ接続することにより、バルブの開度やシリンダの位置などを遠隔指示させることが可能である。

(3) 荷重センサなど

マイクロギャップセンシングリレーは、上記2点のセンサの他に荷重センサに接続することができるので簡単にふれる。マイクロギャップセンシングリレーに接続する荷重センサは、スプリングの圧縮荷重や把握力の検出など慣性負荷以外の荷重の検出に应用することができる。荷重センサの計測可能な荷重範囲は、0~10kgであるが、1t程度までは実用可能である。また上記の荷重変化に対する検出端の変位は、0.1mm~0.3

mm発生する。

3. 空気圧アナログリレーによる比例制御

絶対値の大きい力平衡方式の移動量・荷重・圧力変換リレーにより、制御対象(移動量・荷重・ギャップ)の変化を高精度に空気圧の変化に置き換えることができる。この変換された圧力と目標値との偏差を、比例増幅あるいは比例積分することにより、制御対象を目標値に近付けることが、空気圧アナログリレーによる閉ループ制御である。比例増幅や比例積分による移動量荷重の制御は、計装プラントにおけるものとほぼ同様の制御になり、それについてはさまざまな文献が発表されている。

ギャップの制御については、シリンダなどの機械的動作を行なうアクチュエータでは閉ループゲインが大きくなるために、安定した制御を行なうことはできないが、エアベアリングと同様の手法により、将来マイクロオーダーでの閉ループ制御が可能になると思われる。

精アサヒエンタープライズ 技術部
〒101 東京都千代田区神田東松下町17
TEL (03) 256-4041

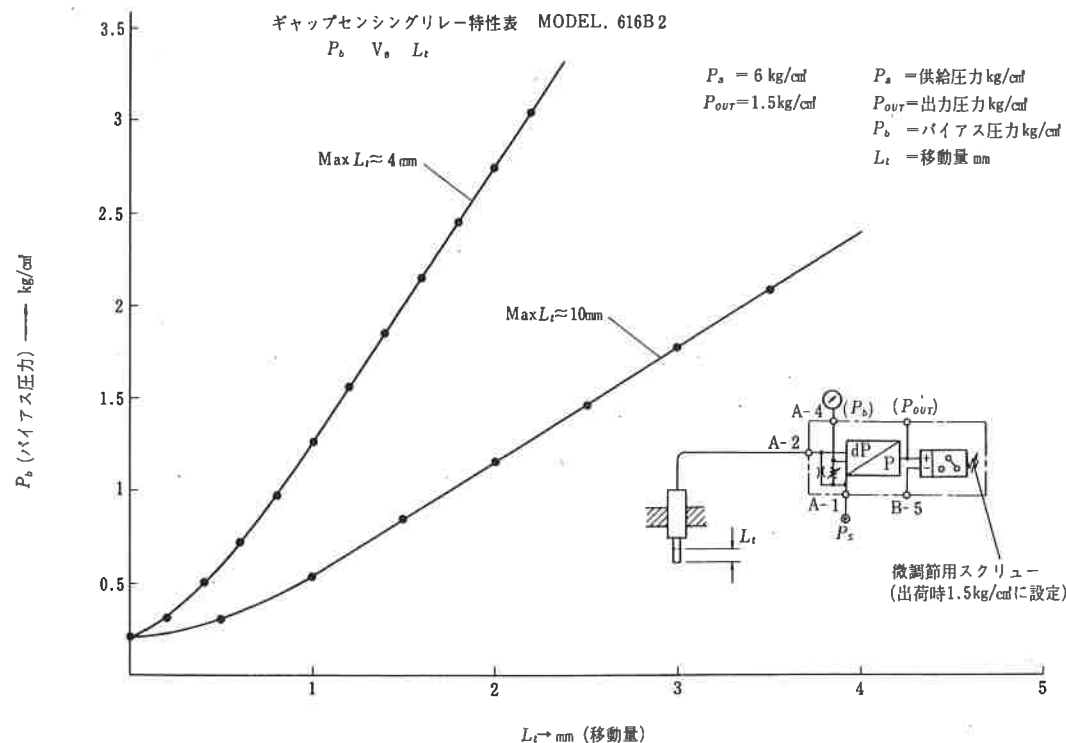


図11 ギャップセンシングリレーの入出力特性 (移動量センサ使用)