

# 最近の無接点制御器具の進歩

## Recent Progress of Contactless Controllers

佐野 司\* 中村 義彦\*  
Tukasa Sano Yoshihiko Nakamura

### 内 容 梗 概

論理制御、無接点制御、計算制御、プログラム制御など新しい制御方式が続々生みだされているが、これらは新しい制御器具の開発があって初めて可能なものである。本稿は最近開発された新しい制御器具につき取りまとめ概説したものである。

### 1. 緒 言

最近における自動制御技術の進歩はめざましいものがあるが、これらはすべて革新的な制御器具の開発によって決定されるといっても過言ではない。無接点制御器具の開発が制御装置の信頼性と寿命を飛躍的に増大せしめ、トランジスタ応用制御器具の開発がその速度性と小形化により、自動プログラム制御や自動制御の夢である計算制御への道を開いたことは制御器具開発の重要性を示す好例であって、以下最近開発された制御器具の具体例につき記述する。

### 2. 無接点制御器具

従来用いられてきた制御器具たとえば押ボタンスイッチ、リミットスイッチ、リレー、電磁接触器などはすべて電気回路を機械的に開閉することにより制御動作を行なっているが、接点を開閉すると接点間にアークが発生して接点が損傷し、また機械的衝撃のために寿命が限られたものとなる。制御器具の寿命を向上させるためには長年努力が続けられてきているが、接点があるかぎりその飛躍的向上は望めないのが現状であり、それに対応して開発されたのが、電気回路を開閉することなく制御動作を行なわせる無接点制御器具である。

日立製作所においては一連の無接点制御器具を開発し各方面で利用されているが、大別して磁気増幅器などの磁気現象を利用したものと、トランジスタなどの半導体を利用したものに分けられる。

#### 2.1 ヒタログ (Hitalog)<sup>(1)(2)(3)</sup>

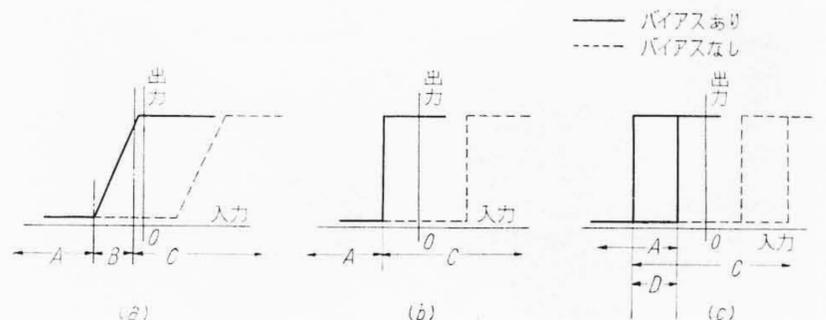
制御を行なうには現状をは握し目的と比較して、いかにすれば現状を目的に一致せしめることができるかを判断し、その結果を制御動作として実現せしめる必要がある。これを機械自身に行なわしめるのが自動制御であり、その広い分野のなかで最近論理制御という制御方式が発達してきた。これは、人間の判断はそれがいかに複雑なものでも“判断の単位”の組み合わせとみなすことができることから、“判断の単位”を一つの電気的特性として具体化した制御素子を作れば、人間の判断の進みと対応してこれら素子を順次組み合わせることにより全体の制御目的に必要な判断を自動的に行なわしめようとするものである。このような考えに基づいた制御方式を人間の判断作用(論理作用)になぞらえて制御する意味から論理制御(Logic Control)と呼び、その単位となる制御素子を論理制御素子(Logic Control Unit)と称する。論理制御における五つの基本動作を第1表に示す。

論理制御素子の特性は一般に増幅器を利用することにより実現されるが、ヒタログはそのなかで機械的に最も堅ろうで信頼性の高い磁気増幅器を用いた論理制御素子である。磁気増幅器の基本特性は第1図(a)に示されるが、論理制御素子においては磁気増幅器に正帰還を加えることにより得られる第1図(b)または(c)の特性が用

\* 日立製作所日立工場

第1表 基本論理動作

基本論理	論理動作	ヒタログの動作
論理積	And	二つの現象が同時に起こっている状態を検知する。 入力信号が二つ同時に加えられて初めて出力が得られる。
論理和	Or	二つの現象のうちどれか一つの現象または両者同時に起こっている状態を検知する。 二つの入力信号のうちどちらか一つまたは両者同時に加えられると出力が得られる。
否定	Not	否定動作を行なう。 入力信号がない状態で出力が得られ入力信号が加えられると出力がなくなる。
記憶	Memory	ある現象の起こったことを記憶する。 入力信号が加えられると出力が得られ、入力信号がなくなっても出力は消滅しない。
時間遅れ	Time Delay	一つの現象とそれに起因して起こる他の現象の間の時間的ずれを規定する。 入力信号が加えられると、ある時間の遅れののち出力が得られる。



第1図 ヒタログ用磁気増幅器特性

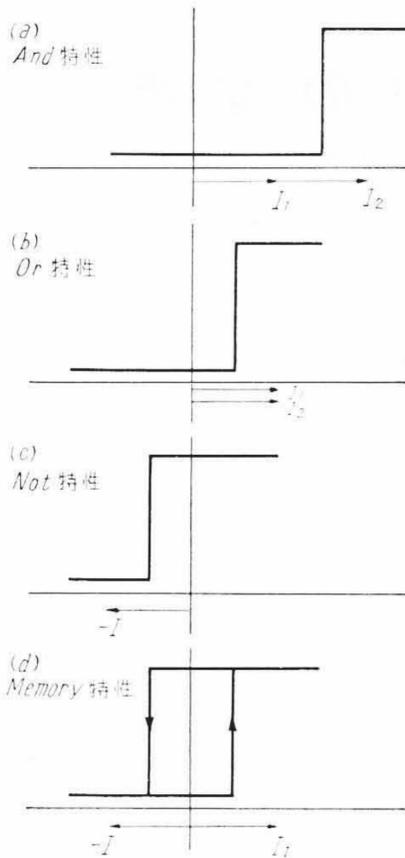
いられる。これらは入力信号に対し出力信号の取りうる値が最大出力電圧および最小出力電圧の2レベルに限られていることを示しており、最大出力電圧が接点リレーにおける接点閉に、最小出力電圧が接点開にそれぞれ対応することになる。

磁気増幅器の特性は第1図に点線で示したようにバイアスの加減により動作点を任意に移動させることができ、バイアス量を適当に選ぶことにより第1表の各種論理動作機能をもたせることができる。第2図に各論理制御動作における磁気増幅器特性を示す。第3図はヒタログを表面配線ソケットに取り付けた外観を示したもので電子管に似たコンパクトな構造にまとめられており、全体は樹脂モールドされて過酷な使用条件から内蔵部品が保護され信頼性の高いものとなっている。ヒタログには商用電源用と400 c/s電源用とがあり、それぞれ要求される応答速度によって使い分けられる。

#### 2.2 無接点操作開閉器<sup>(4)</sup>

圧延機のように非常に高ひん度の操作が要求される場合には、リレーをヒタログ、トランジログなどにより無接点化すると同時に、これらリレーに入力を与える操作開閉器をも無接点化することが必要である。

第4図は住友金属和歌山製鉄所、住友金属小倉製鉄所などに納入された足踏式無接点操作開閉器の構造を示す。従来のカムと接点の組み合わせに対応して、可動鉄心とE形差動変圧器およびシリコンダイオードの組み合わせを一単位とし、これが数個操作軸方向に配



第 2 図 ヒタログ論理制御素子特性



第 3 図 ヒタログおよび表面ソケット外観

置された構造を有する。

第 5 図はこの一単位の回路を示す。これより入力と出力の関係を求めると次の近似式をうる。

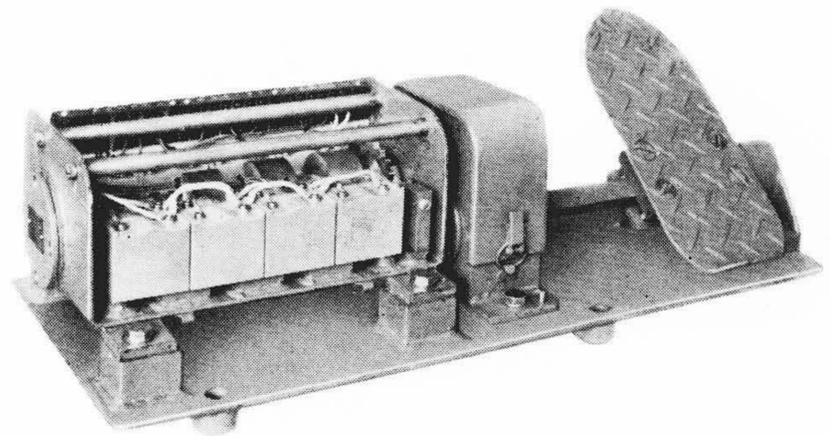
$$V_d = \left| 0.9(2k-1) \frac{n_2}{n_1} \times \frac{Z_0}{Z_0+Z_1} \times \frac{Z_L}{Z_L+Z_2} \times V_1 \right| \dots \dots \dots (1)$$

第 6 図に示すように、可動鉄心は操作軸に固定され歯部とみぞ部より成り、E形差動変圧器の一方の二次コイルとのみ対向する。可動鉄心みぞ部が差動変圧器と対向したとき、(1)式において結合係数  $k=0.5$  となり  $V_d=0$ 、すなわち出力は OFF となる。一方歯部が差動変圧器と対向したときは、 $k=0.7$  程度の値を取り出力は ON となる。現在製品化されているものは電源として 24 V 400 $\sim$  を用いている。

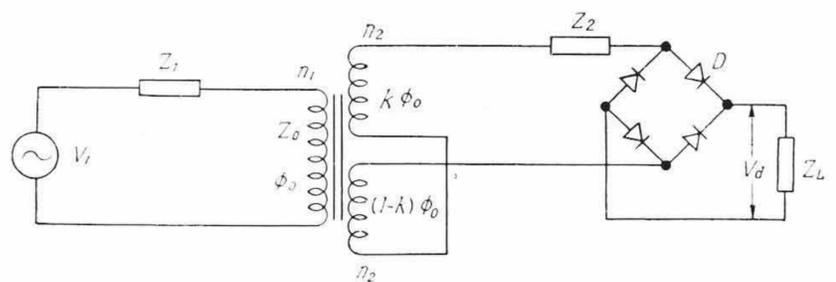
E形差動変圧器およびシリコンダイオードはヒタログ、トランジログと同様樹脂モールドにより保護されているため保守、取り扱いが容易で、信頼度が高い。また電気的接点および機械的接触部分がまったくないため、操作は軽く、接触不良の心配はなく、圧延機、巻上機、クレーンなど特に高ひん度の操作に適している。

2.3 無接触無接点位置検出器<sup>(5)</sup>

前項と同じく差動変圧器を利用したものに無接点位置検出器がある。これは巻上機のケージや圧延工場のインゴットカーなど大形の

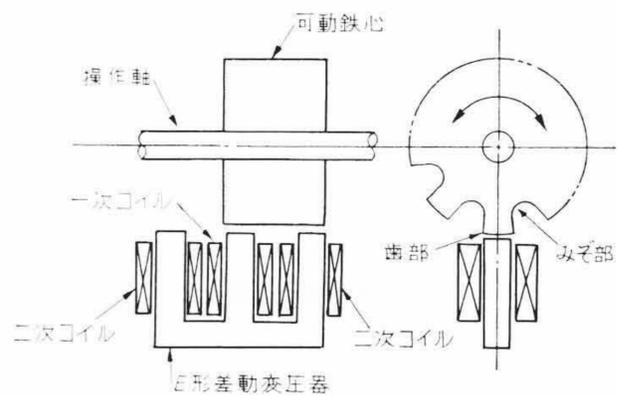


第 4 図 足踏式無接点操作開閉器



- $V_1$ : 交流電源電圧
- $V_d$ : 直流出力電圧
- $Z_0$ : 励磁インピーダンス
- $Z_1$ : 一次回路インピーダンス
- $Z_2$ : 二次回路インピーダンス
- $Z_L$ : 負荷インピーダンス (ヒタログ)
- $n_1$ : 一次コイル巻数
- $n_2$ : 二次コイル巻数
- $\phi_0$ : 主磁束
- $k$ : 一次、二次結合係数
- $D$ : シリコンダイオード

第 5 図 差動変圧器回路



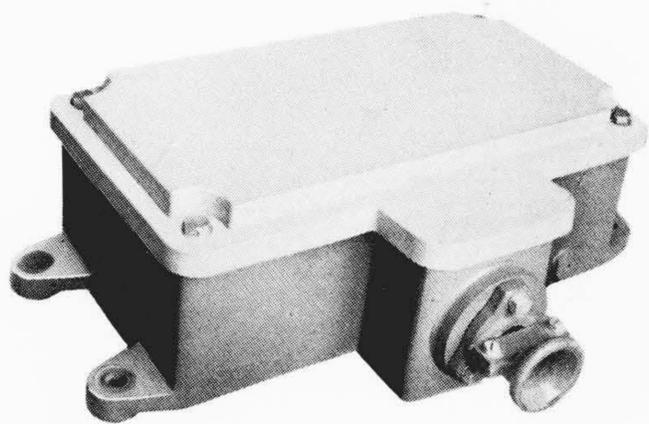
第 6 図 差動変圧器構造

移動体の位置を移動体と直接接触することなしに検出するものである。特に高速で移動する物体の位置を検出する場合、従来用いられてきたリミットスイッチのように移動体と直接接触して動作するものでは、衝撃力が大きいので実用に供し得ないため無接触式位置検出器が必要となる。

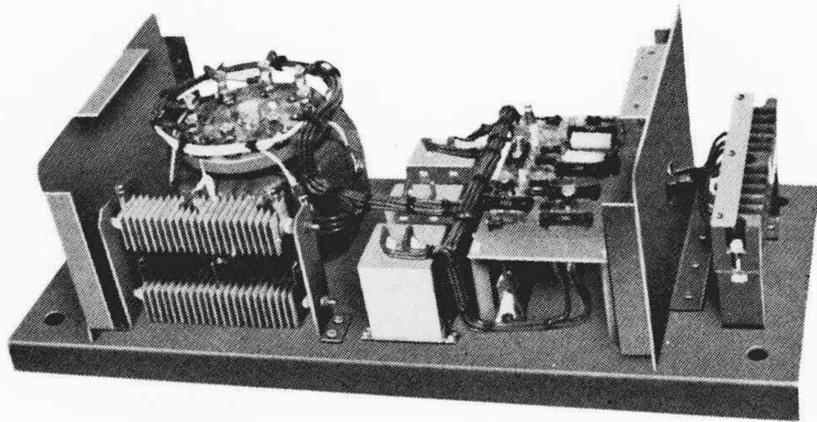
動作原理は前項と同様であるが、この場合可動鉄心は移動体に取り付けられ、検出すべき位置におかれた差動変圧器に可動鉄心が対向した場合差動変圧器から出力が取り出される。移動体が大きいのでその位置ずれ、振動などを考慮し位置検出器の検出可能距離は大きく設計されている。

位置検出器はメモリアンプ(記憶増幅器)と組み合わせて用いられるが、これは被検出体が移動しているため、位置検出信号が得られるのは非常に短時間に限られ、特に高速の場合は制御動作を行なうに十分な電力を供給できない場合があるので、瞬時検出信号をトランジスタを用いた記憶回路により持続信号に変換するとともに、たとえば電磁接触器または磁気増幅器を駆動するに十分な電力まで増幅する機能をもったものである。

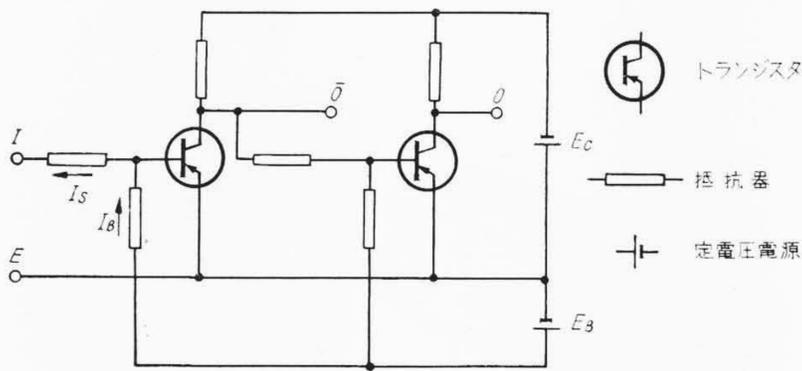
第 7 図に位置検出器、第 8 図にメモリアンプの外観を示す。



第7図 位置検出器（差動変圧器部分）外観



第8図 メモリーアンプ外観



第9図 トランジログ基本回路

2.4 トランジログ (Transilog) (6)(7)(8)(9)

自動制御技術が発達し計算制御や自動プログラム運転が行なわれるようになってくると、これらに用いる無接点リレーに速応性、小形化、コストの低減が要求され、これに対処して開発されたのがトランジスタを用いた無接点リレートランジログである。

弱電技術を強電技術に導入するにあたっては弱電機器の特殊性を十分は握するとともに、一般に比較的恵まれた環境での使用を条件に製作されている弱電機器を強電機器がさらされる過酷な使用条件にいかにして調和せしめるかを考慮する必要がある。すなわちトランジログの設計にあたっては

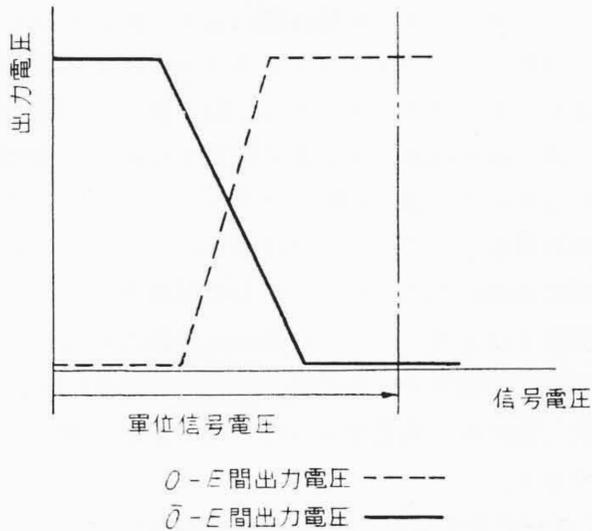
- (1) 周囲温度によるトランジスタの特性変化をいかにして補償するか。
- (2) 強電回路の開閉そのほかの電力回路から誘起される雑音によるトランジスタ回路の誤動作をいかにして防ぐか。
- (3) 機械的振動衝撃から弱電部品をいかにして保護するか。
- (4) 湿気や有害ガスによる部品の損傷劣化をいかにして防ぐか。

を十分検討のうえ設計製作されており、さらに従来つちかわれてきた接点式リレーによる制御回路構成技術により容易に利用しうる点などにも考慮がはらわれている。

第9図にトランジログ基本回路を、第10図に基本回路の特性を示す。入力信号はI-E間にI端子を負極性として加えられ、出力信号はO-EおよびO-bar-E間にO、O-bar端子を負極性として取り出される。

第2表 トランジログ一覧

素子名 形式	動作特性 ……O-E間出力 —O-bar-E間出力	機能	1論 理 子 回 路 の 数
3-inputs And素子 LGT-3AN		I1 I2 I3 の3単位信号電圧が加えられている場合に限りO-Eに出力が得られる。O-bar-EにはO-Eの逆位相出力が得られる。	3
3-inputs Or素子 LGT-3OR		I1 I2 I3 のいずれか一つ、またはそれ以上の単位信号電圧が加えられるとO-Eに出力が得られる。O-bar-EにはO-Eの逆位相出力が得られる。	3
Inhibit素子 LGT-INH		-I1の単位信号電圧が加えられぬ状態でI2の信号電圧が加えられた場合に限りO-bar-Eに出力が得られる。O-EにはO-Eの逆位相出力が得られる。	3
2-inputs Memory素子 LGT-2ME		I1 I2 の2単位信号電圧が加えられてO-Eに出力が得られ、信号電圧が消滅しても出力は維持される。-I1の単位信号電圧が加えられると出力は消滅する。O-bar-EにはO-Eの逆位相出力が得られる。	2
Buffer素子 LGT-BUF		1の単位信号電圧が加えられるとO-Eに出力が得られる。論理制御素子25個を駆動できる特長がある。	3
Indicator素子 LGT-IND		論理制御素子動作表示用ランプ点灯用で、1の単位信号電圧が加えられるとランプが点灯する。ランプは外部設置とする。	9
Output素子 LGT-OUT		論理制御素子の微小出力を増幅して強電用接触器を駆動するためのもので、1の単位信号電圧が加えられると接触器励磁電流が出力に得られる。	6
Time Delay素子 LGT-TD		Iの単位信号電圧が加えられてT秒後に出力が得られる。遅れ時間Tは可変抵抗により調整できる。可変抵抗は外部設置とする。	1
Diode素子 LGT-DD		シリコン整流器10個を一体にまとめたもので、ダイオードマトリックスの構成に利用する。	10
AVR素子 LGT-AVR		トランジログ駆動用12Vおよび6Vの直流定電圧電源を組み込んだもので、交流電圧を全波整流したのちトランジスタ式定電回路によりリップルを除去し平滑直流電圧に変換する機能をもっている。	126 VV DD CC
Rack素子 LGT-RAC		トランジログ取付用の標準取付棒で、素子16個収納可能なものと、素子1個用と2種設けられている。	(a) 16 (b) 1

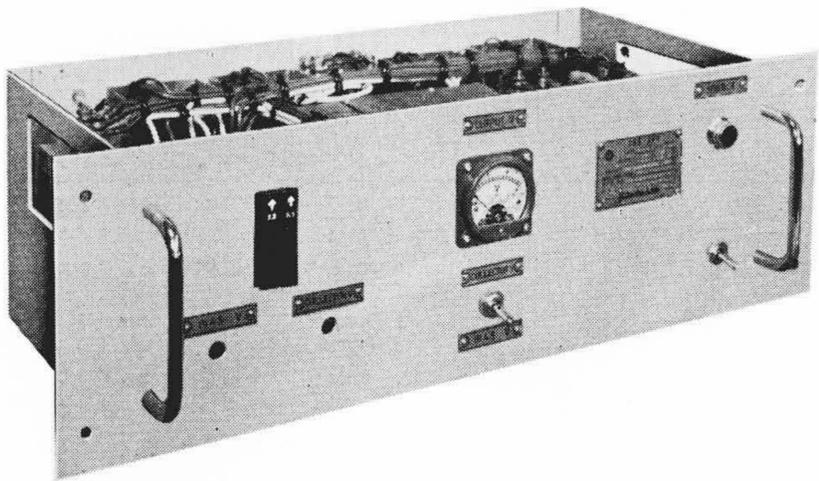


第10図 トランジログ基本回路特性

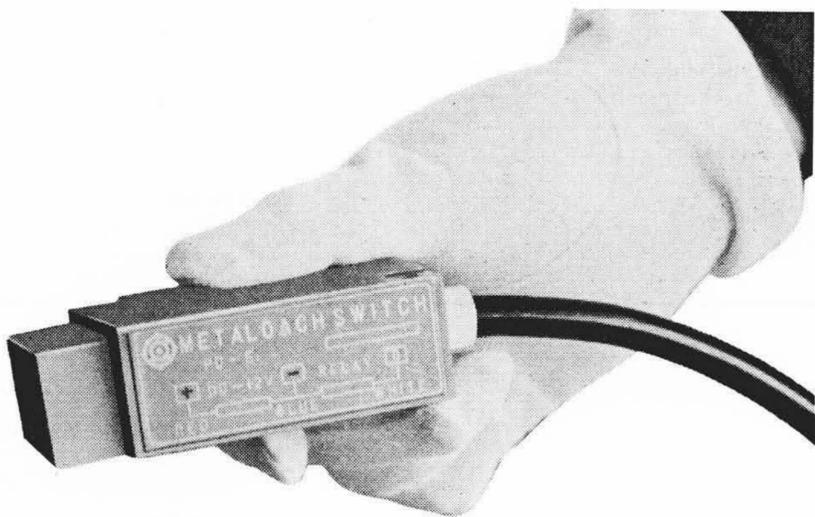
O-bar-E出力はO-E出力と逆位相となりO-E出力は接点式リレーのa接点出力、O-bar-E出力はb接点出力にそれぞれ対応する。第9図の回路と各種ゲート回路の組み合わせにより論理制御素子が構成される



第11図 トランジログ外観(ベースを含む)



第12図 トランジスタ式直流定電圧電源装置



第13図 メタローチスイッチ

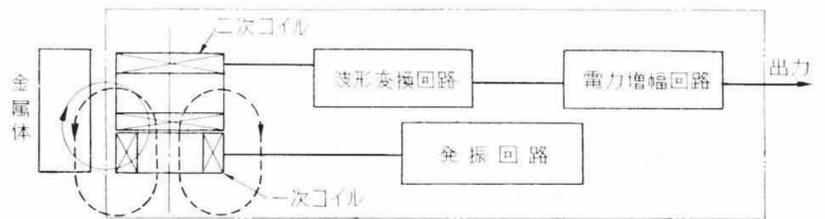
が、各種論理制御素子の特性を第2表に示す。第2表のなかで1素子中の論理回路数とあるのはトランジスタ回路は非常に小形にまとまるのであまり小形にすぎるとかえって取り扱いに不便を感じることを考慮し、同一論理回路が単位素子に表中記載の員数だけ組み込まれていることを示す。第11図にトランジログを専用ベースに取り付けた場合の外観を示すが、全体は樹脂によりモールドされていて、弱電部品は過酷な周囲条件から完全に保護されている。

定電圧電源素子はトランジログの動作に必要な直流定電圧電源装置で交流を直流に変換するとともにリップルを完全に除去し、しかも直流電圧を一定に保つ機能をもったものである。第12図に電源素子の外観を示す。

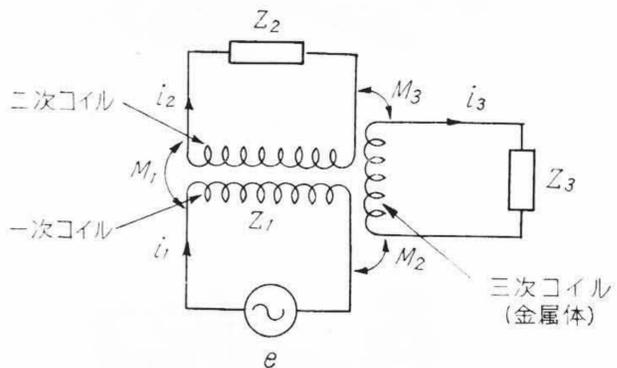
2.5 メタローチスイッチ (Metaloach Switch)<sup>(10)</sup>

メタローチスイッチは金属体とその検出面に接近しただけで動作する無接触形のリミットスイッチである。アメリカでは Proximity Switch<sup>(11)</sup> と呼ばれ、最近特に注目されている新製品である。第13図にメタローチスイッチの外観を示す。

第14図は動作原理を示すもので、検出面は中心軸が互に直交した

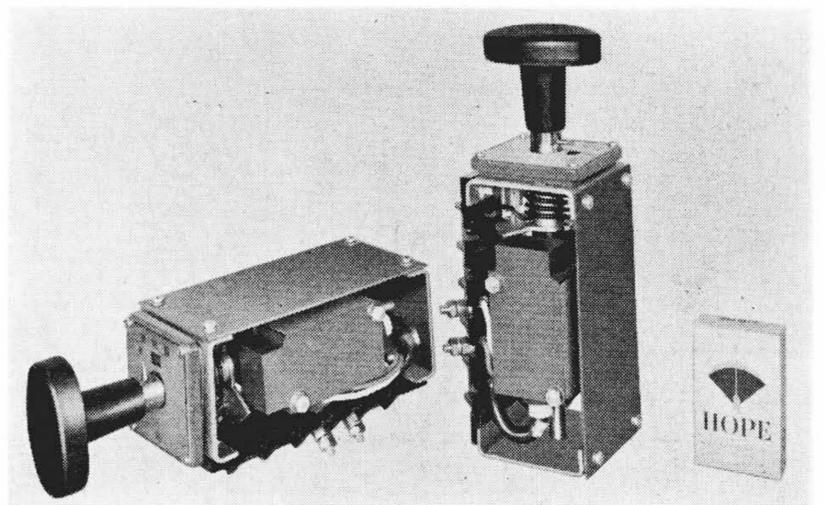


第14図 メタローチスイッチ動作原理図



- $i_1$ : 入力電流
- $i_2$ : 出力電流
- $i_3$ : うず電流
- $e$ : 励磁電圧
- $Z_1, Z_2, Z_3$ : 一次, 二次, 三次回路インピーダンス
- $M_1, M_2, M_3$ : 一次, 二次, 三次コイル間相互インダクタンス

第15図 メタローチスイッチ検出部等価回路



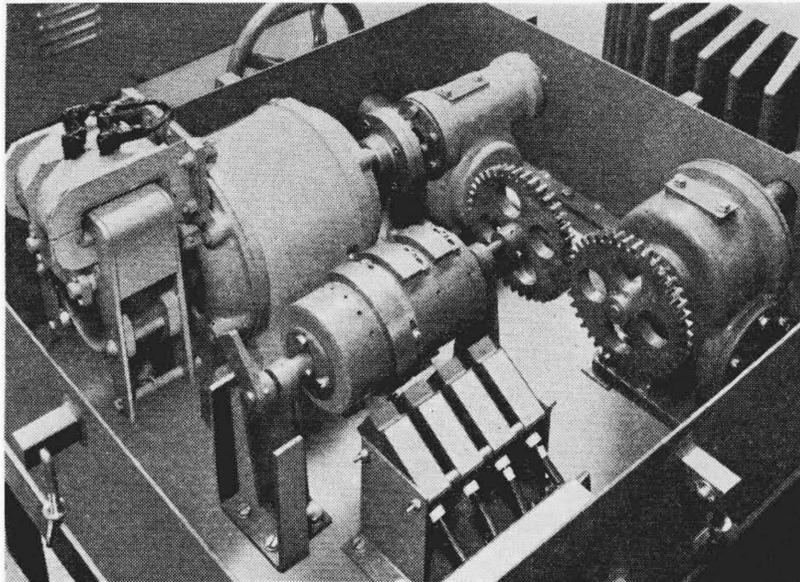
第16図 無接点操作開閉器

二個のコイルより成る。一次コイルはトランジスタ発振回路に接続され磁束を発生するが、二次コイルと鎖交する磁束は点線矢印にて示されるように一次コイルの中心軸に対し対称に分布するため二次コイルには検出電圧は生じない。金属体が接近した場合には金属体にうず電流が流れ実線矢印のような磁束が生じ磁束分布が非対称となるため二次コイルに検出電圧が生ずることになる。検出部に金属体が接近した場合の関係を等価回路にて示すと、金属体は三次コイルとして置換され第15図をうる。 $M_1=0$  であるため(2)式をうる。

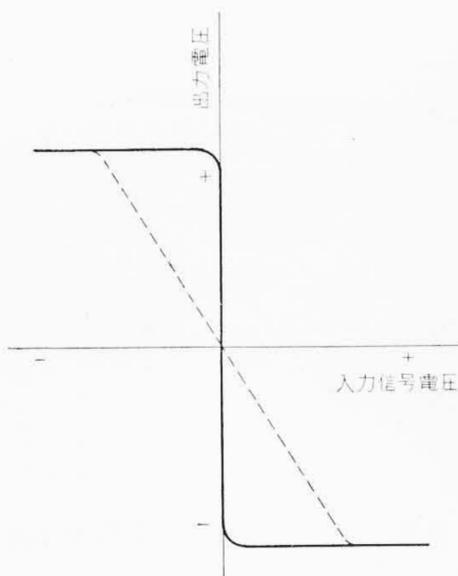
$$i_2 = \frac{(j\omega M_2)(j\omega M_3)}{Z_1 Z_2 Z_3 - Z_1(j\omega M_3)^2 - Z_2(j\omega M_2)^2} e \dots \dots \dots (2)$$

これより検出部出力は検出面に接近した金属体に流れるうず電流に基づく相互インダクタンスの形成により生じたものといえる。この検出部出力を整流し、かつスイッチとしてのスナップ特性を持たせたいうで電力増幅したものが負荷に供給される。

メタローチスイッチ回路はすべてトランジスタ化され非常に小形にまとめられ全体が樹脂によりモールドされている。このためじんあい、高湿など悪い周囲条件下での高ひん度の使用にも耐える。このほか動作速度が速い、磁性、非磁性の別なく、あらゆる金属で動作するなどの長を有する。一般用としては付属の電源リレー装置と組み合わせて用いられるが、直接ヒタログやトランジログを負荷として完全な無接点制御を行なうこともできる。第16図および第17図は圧延機用などの高ひん度の操作に用いられるメタローチスイッチ



第17図 液体起動器用無接点歯車式リミットスイッチ



第18図 磁気演算増幅器基本特性

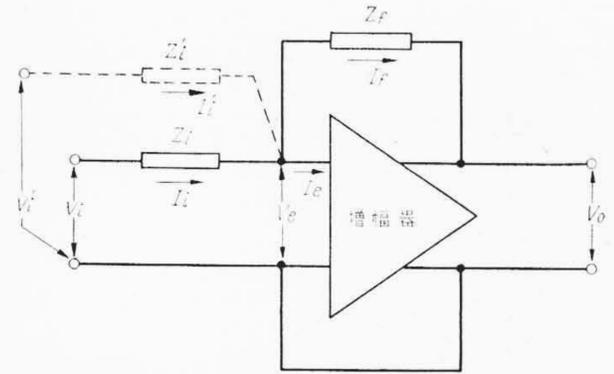
の応用例でそれぞれ、無接点操作開閉器および液体起動器用無接点歯車式リミットスイッチを示す。このほか圧延補機、工作機などの正逆転用リミットスイッチで、従来の接点式リミットスイッチが用いられているところはすべてメタローチスイッチにて置換することができる。

### 3. 磁気演算増幅器およびその応用<sup>(12)</sup>

2.1で論理制御技術および論理制御素子につき述べたが、制御を行なうための判断の過程において量的な検討を必要とする場合、数量的な計算を自動的に行なう計算制御素子が必要となる。最近急速に発展しつつある計算制御技術は計算制御素子を駆使してプラントの最大効率運転や電力系統の経済負荷配分、圧延設備における高度な品質管理などを行なわんとするものである。現今、事務用や研究用として各種の計算機が用いられてはいるが、これらを構成する計算素子はいわゆる計算機条件すなわち空気調節が行なわれ、振動などの少ない恵まれた条件での使用を仮定しているため、過酷な条件での使用には適したものとはいえず、計算制御素子の開発にあたっては素子の信頼性が生産に直結していること、および過酷な条件で使用されることを十分考慮して設計製作する必要がある。

計算方式には数値計算を行なうデジタル計算方式と数量計算を行なうアナログ計算方式とがあるが、デジタル方式は計算精度の点ですぐれているが、回路が複雑で高価なものとなるに対し、アナログ方式は計算精度は限られてはいるが、安価でしかも取り扱いに高度の技術を要しないなどの特長をもっている。

磁気演算増幅器は以上の諸点を考慮して開発されたもので、過酷な使用条件において、信頼性の高い磁気増幅器を用いたアナログ計



$V_i(V_i')$ : 入力信号電圧  
 $V_0$ : 出力電圧  
 $V_e$ : 増幅器入力端電圧  
 $Z_i(Z_i')$ : 入力演算インピーダンス  
 $Z_f$ : 帰還インピーダンス

第19図 演算基本回路

算制御素子である。

#### 3.1 磁気演算増幅器

磁気演算増幅器に用いられる磁気増幅器の基本特性は第18図の点線に示すようにプッシュプル特性で、一般の磁気増幅器と異なる点は入力信号と出力信号が逆極性となる回路構成が採られていることである。この基本特性に正帰還を加えて増幅率を高めると第18図実線の特性が得られる。

このようにして得られた増幅率無限大の磁気増幅器を第19図のように接続すると、各部の電圧および電流の間に(3)式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} I_i &= I_e + I_f \\ I_i &= \frac{V_i - V_e}{Z_i} \\ I_f &= \frac{V_e - V_0}{Z_f} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

(3)式において増幅器が無限大増幅率であるため増幅器に流入する電流  $I_e$  および増幅器入力端電圧  $V_e$  は零となり(3)式は(4)式のようにまとめられる。

$$\left. \begin{aligned} I_i &= I_f \\ \frac{V_i}{Z_i} &= \frac{-V_0}{Z_f} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

さらに第19図点線のように入力演算インピーダンス  $Z_i'$  を接続し、 $V_i$  および  $V_i'$  の入力信号を加えた場合は(4)式に対応して(5)式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} I_i + I_i' &= I_f \\ \frac{V_i}{Z_i} + \frac{V_i'}{Z_i'} &= \frac{-V_0}{Z_f} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

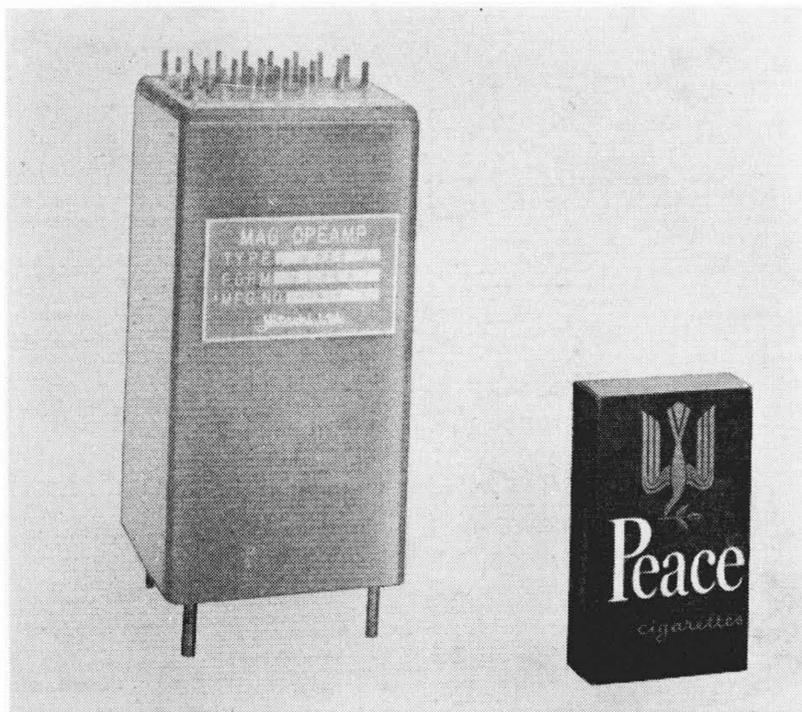
ここで  $Z_i = Z_i' = Z_f$  とすれば(6)式が成立し入力信号電圧  $V_i$  および  $V_i'$  の加算または減算結果が出力電圧  $V_0$  として得られる。

$$V_i + V_i' = -V_0 \dots\dots\dots (6)$$

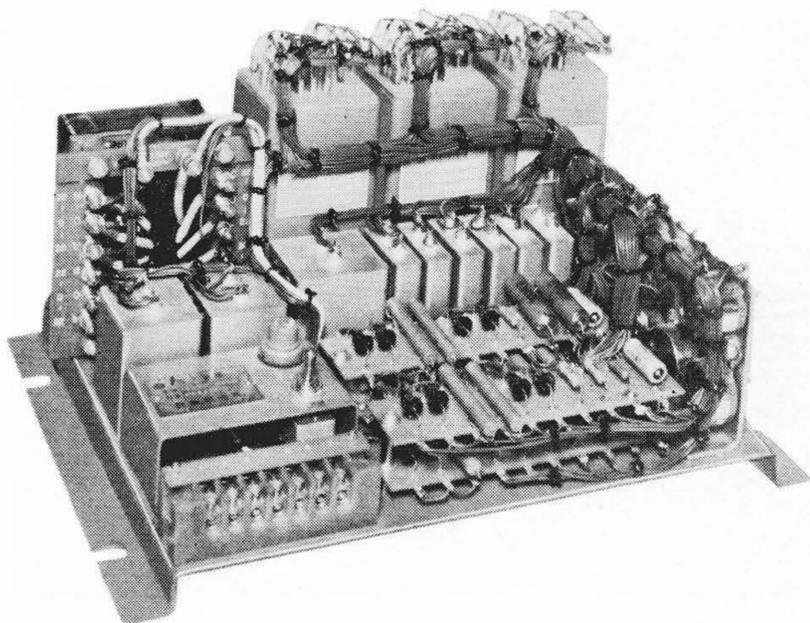
$Z_f$  をコンデンサ  $C_f$ 、 $Z_i$  を抵抗  $R_i$  とすれば(7)式の誘導で明らかのように、入力信号電圧の積分値に正比例した出力電圧が得られる。

$$\left. \begin{aligned} I_i &= I_f \\ \int I_f dt &= -C_f V_0 \\ I_i &= \frac{V_i}{R_i} \\ \therefore \int \frac{V_i}{R_i} dt &= -C_f V_0 \\ \frac{1}{R_i C_f} \int V_i dt &= -V_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

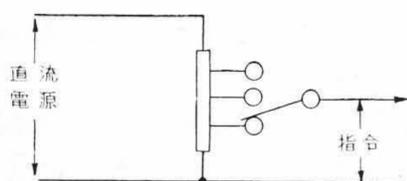
このように磁気演算増幅器において入力演算インピーダンスと帰還インピーダンスを適当に選ぶことにより各種演算が可能となる。すなわち入力および帰還インピーダンスに抵抗を用いることにより加算減算、非線形演算インピーダンスを用いることにより掛算割算、



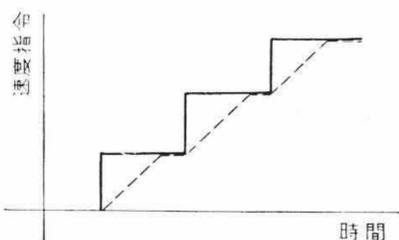
第20図 演算用磁気増幅器外観



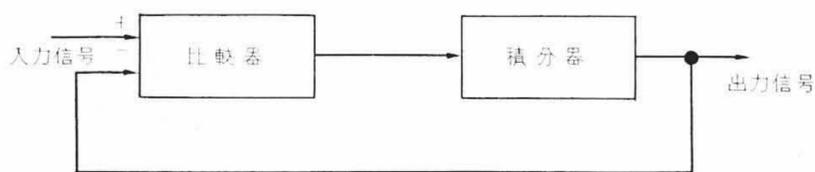
第24図 可変速度指令装置外観



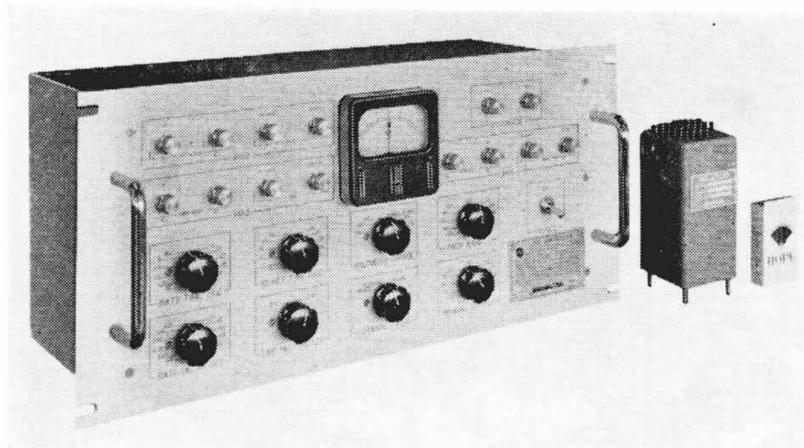
第21図 階段状可変速度指令回路



第22図 速度指令信号



第23図 指令装置ブロック図



第25図 磁気増幅器式PID制御器

入力または帰還インピーダンスにコンデンサを用いることにより微分積分を高精度で行なうことができる。第20図に磁気演算増幅器に用いられる磁気増幅器の外観を示す。以下に磁気演算増幅器の応用例を示す。

3.2 直流電動機可変定速運転指令装置

従来直流電動機速度指令は第21図に示すように抵抗タップの切り換えにより第22図実線のように階段状に加えられていた。この場合信号が急変するので速度制御系に対し過渡的に大きなじょう乱となって円滑な速度制御が行なわれないうらみがあった。この欠点を除くため、階段状信号をなめらかに上下する信号に変換し、定常状態においては階段状信号値を高精度で再現する機能をもった指令装置を開発した。これは第23図のブロック図に示すように、比較器と積分器とにより構成されるが、比較器は第18図の特性を利用したもので指令装置入力信号と出力信号の値が一致しないと比較器出力として正または負の一定電圧が得られる。積分器は比較器出力電圧を積分し入力信号と出力信号が一致するまで出力は上昇または下降を続けて一定値におちつく。第24図に本指令装置の外観を示す。

3.3 磁気増幅器式PID制御器

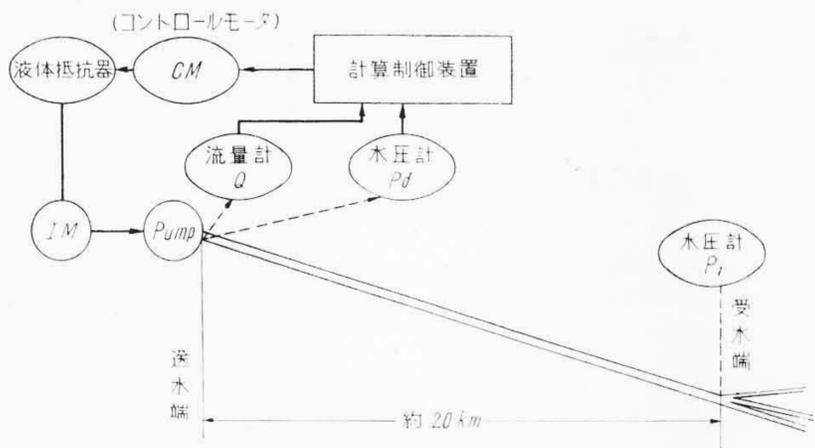
一般の自動制御に用いられる制御要素の特性は比例動作(P)、積分動作(I)、微分動作(D)の3項により代表され、制御対象により3項動作の各定数を適当に選ぶことにより高精度で応答速度が速くしかも安定な自動制御を行なうことができる。PID制御器は3項動作の各定数を広範囲に容易に調整できるようにして各種の自動制御に応用できるよう汎用的性格をもたせたものである。従来電子管式演算増幅器を用いたものが使用されてきたが、磁気演算増幅器を用いることにより下記の諸特長が得られる。

- (1) 電子管のようにヒータがないので予熱時間を必要としない。
- (2) 過酷な周囲条件で使用できる。
- (3) 保守点検や部品の定期的交換が不必要である。
- (4) アナログ演算回路を厳密に適用しているためPID演算はきわめて正確で3項動作相互間の干渉がない。
- (5) “制限積分動作”および“拡大微分動作”を行なっているため比較的小容量のコンデンサで長い微積分時間を実現でき、吸収現象の大きい電解コンデンサを用いなくてすむので微積分特性は良好である。

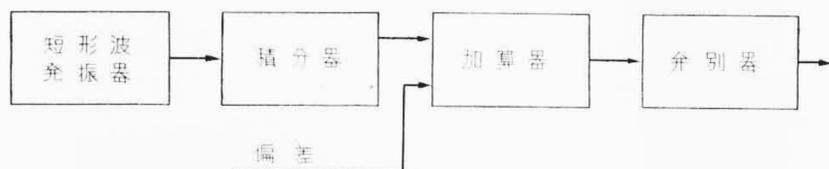
伝達関数は(8)式により表わされるが、各定数は正面パネル上で広範囲に調整可能である。

$$G(S) = K_P \left( 1 + \frac{1}{T_I S} + \frac{T_D S}{1 + T_D' S} \right) \dots \dots \dots (8)$$

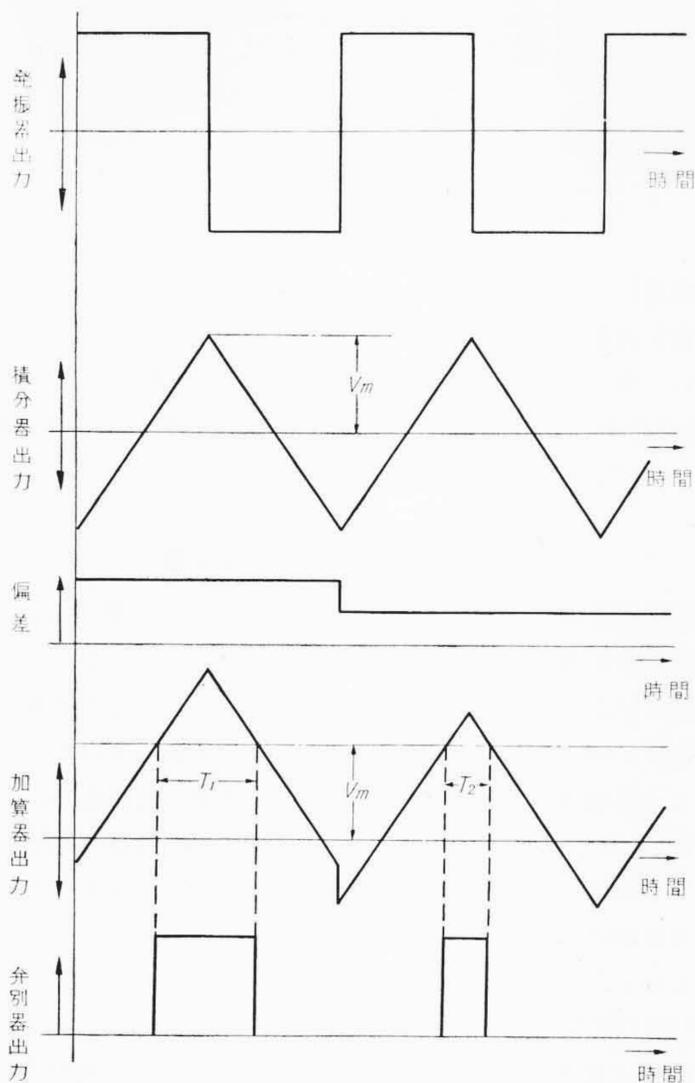
- $K_P$ : 比例感度 5~200% 連続設定
- $T_I$ : 積分時間 6~1,800 秒 22 段設定
- $T_D$ : 微分時間 1.8~600 秒 24 段設定
- $T_D'$ : 微分遅れ時間 0.18~60 秒 24 段設定
- $S$ : ラプラス演算子



第26図 水圧制御ブロック図



第27図 パルス幅変調回路ブロック図



第28図 パルス幅変調動作

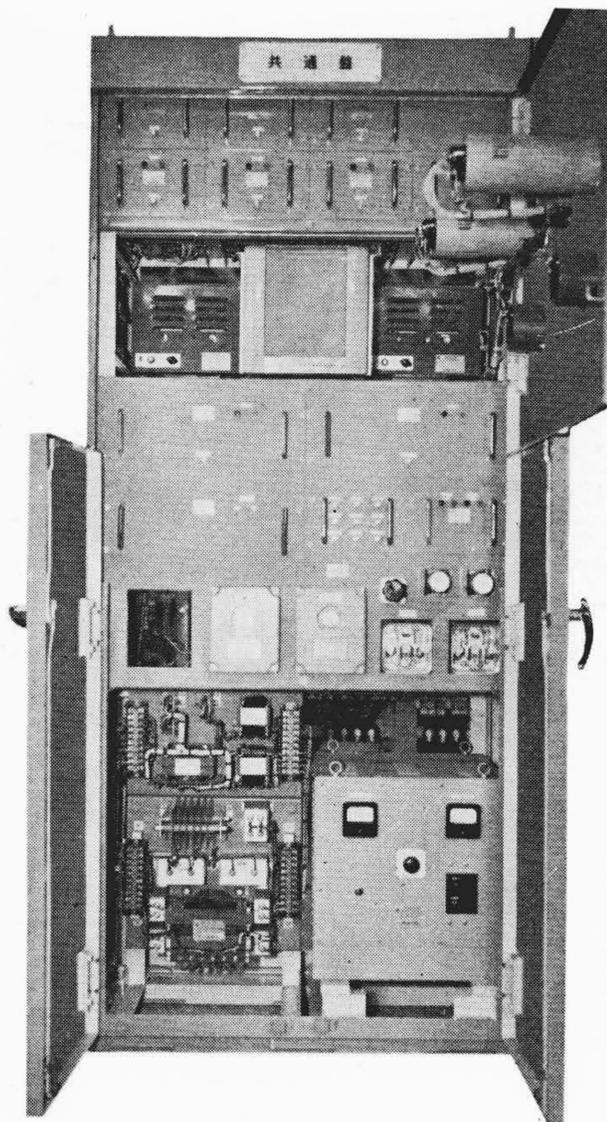
第25図に磁気増幅器式PID制御器の外観を示す。

### 3.4 自動計算制御装置

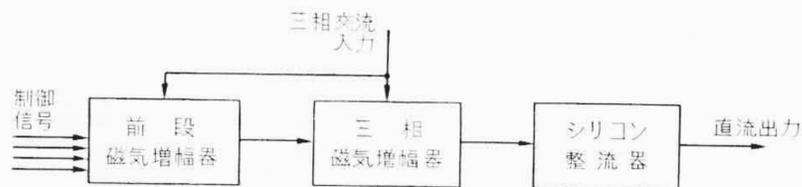
水圧自動計算制御への応用例につき述べる。第26図に示すように受水端が水圧を制御するポンプ場から非常に離れたところにあるので、受水端の水圧実測値により自動制御を行なうのは困難で、そのため送水端ですべて処理する必要がある。受水端水圧を一定に保つに必要な送水端水圧  $Pd$  は流量  $Q$  の関数として(9)式で与えられる。

$$Pd = aQ^n + b \dots\dots\dots (9)$$

$a, b$ : 比例常数  
 $n$ : 常数  
 $Q$ : 流量



第29図 水圧自動計算制御キュービクル外観 (ドアを開いたところ)



第30図 ハワースタットブロック図

### $Pd$ : 送水端水圧

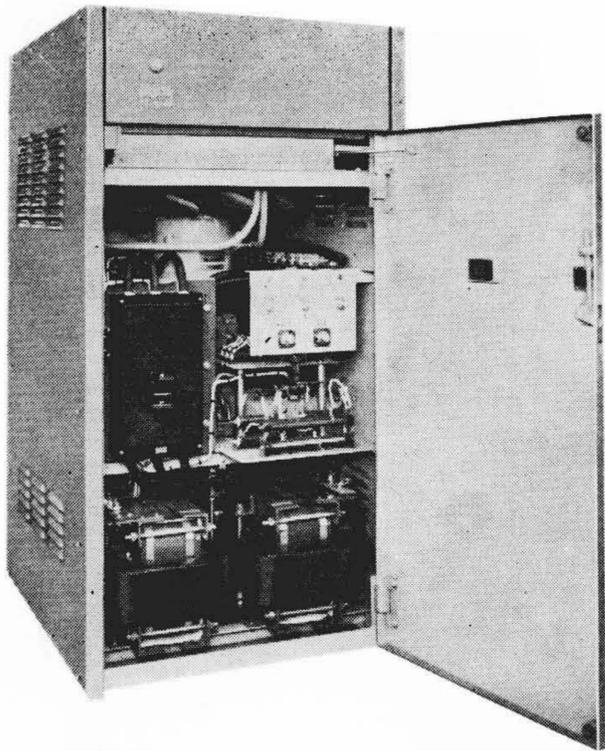
そこで送水端で流量  $Q$  を実測して(9)式の計算により送水端水圧の目標値  $Pd$  を求め、一方送水端で水圧を測定し、その実測値  $Pd'$  が  $Pd$  に一致するよう自動制御すればよいことになる。この場合  $Pd$  は自動制御の基準値となるものであるから、(9)式の計算を非常に正確に行なう必要があり、磁気演算増幅器による演算方式を採用した。

さらに、送水端から受水端までの水圧伝達にかなりの時間遅れがあるので水圧制御系が非常に不安定になる要素をもっているため、ポンプ速度の制御に水圧偏差によるパルス幅変調方式を採用し、安定かつ高精度の水圧制御を行なうことができた。パルス幅変調回路には磁気演算増幅器を用いて第27図のブロック図に示すように構成した。

方形波発振器の出力方形波を積分すると三角波が得られ、これと水圧偏差信号を加算して弁別器に加えると、弁別器はスイッチ特性の磁気増幅器で、特性の立ち上がり点が積分器出力三角波の最高値  $V_m$  に選ばれているので、水圧偏差がない場合は弁別器出力は零であるが、偏差があると偏差量に比例した時間中弁別器に出力が得られる。第28図は各部の波形を示したものである。第29図は水圧自動計算装置の外観を示す。

### 4. パワースタット (Powerstat)

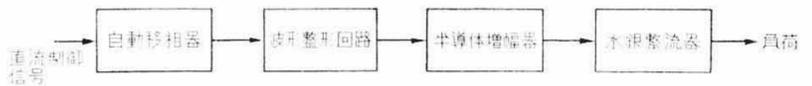
パワースタットは大容量磁気増幅器を用いた制御用可変電圧直流



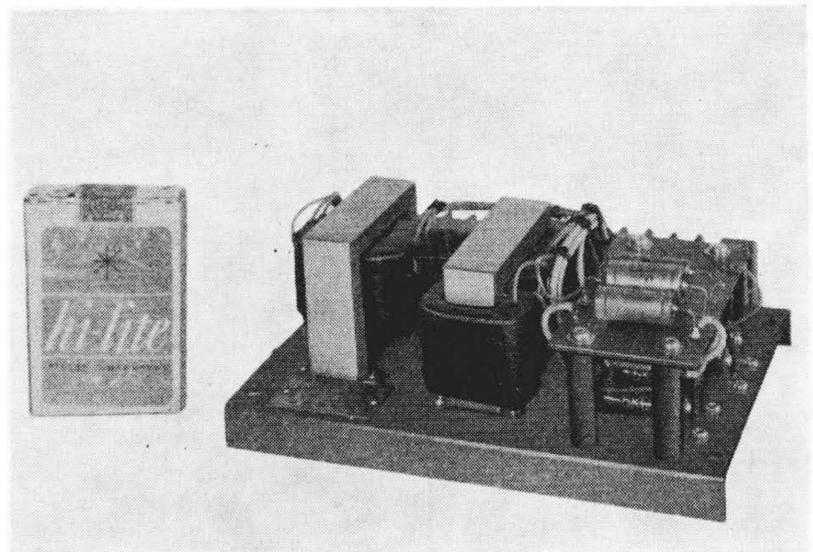
第 31 図 パワースタット外観 (ドアを開いたところ)



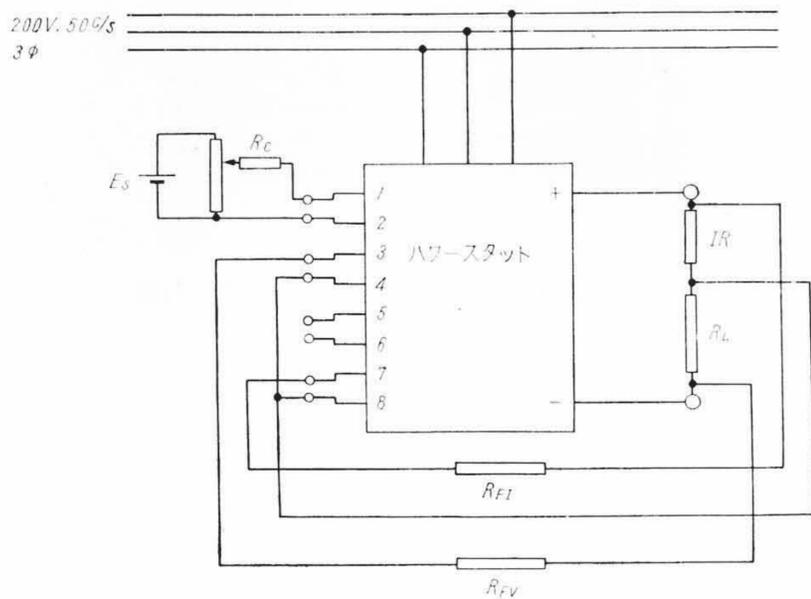
第 34 図 従来の格子制御装置ブロック図



第 35 図 半導体増幅器式格子制御装置ブロック図

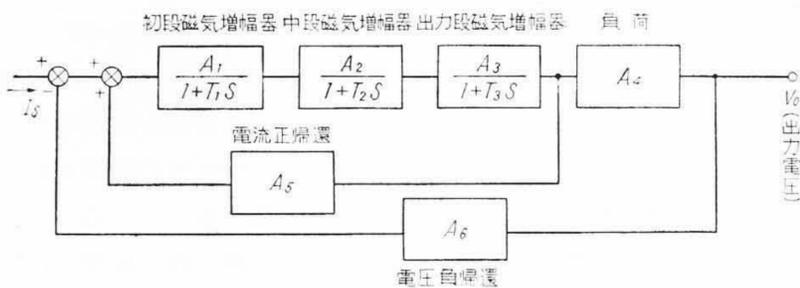


第 36 図 自動移相器外観



$E_S$ : 基準電源  
 $R_C$ : 信号入力抵抗  
 $R_L$ : 負荷抵抗  
 $IR$ :  $IR$  補償抵抗  
 $R_{FI}$ : 電流帰還抵抗  
 $R_{FV}$ : 電圧帰還抵抗

第 32 図 定電圧装置機能図



第 33 図 定電圧装置ブロック図

電源装置である。パワースタットは従来の M-G 式に代わる静止形電源で保守点検が不要、信頼性が高い、大容量の交流を直流に変換できる、出力電圧を微小制御信号により広範囲に調整可能であるなどの点から、制御用直流電源としてはもとより、大容量サーボ磁気増幅器としても利用できる特長をもっている。第 30 図にパワースタットのブロック図を、第 31 図に外観を示す。

パワースタットは制御用直流電源、直流電動機駆動電源、つり上げ電磁石用電源、同期電動機界磁電源などに利用されているが、以下代表例として制御用直流定電圧電源としての応用例につき述べる。

第 32 図の機能図に示すとおりパワースタットの増幅率が非常に高いのを利用し、前段増幅器に出力電圧信号を負帰還、負荷電流信

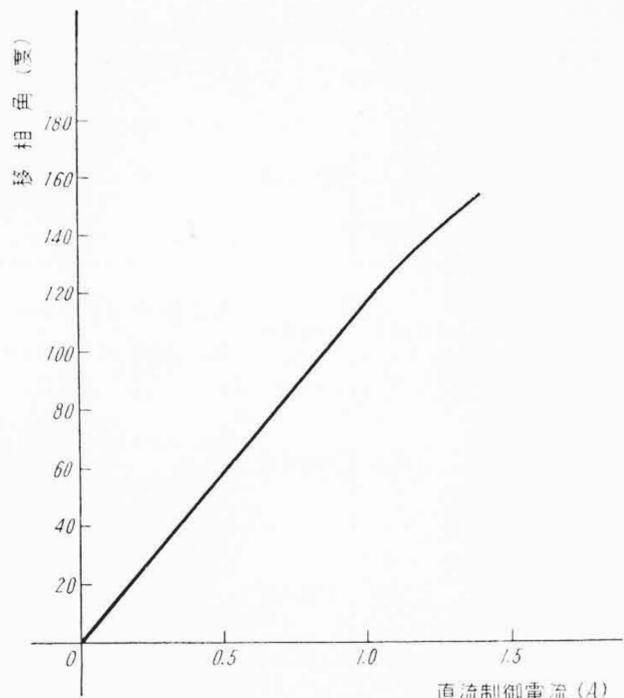
号を正帰還して基準入力信号と加減算することにより、直流出力電圧を交流入力電圧の変動および負荷変動に関係なく一定に保つことができる。出力 1 kW のパワースタット定電圧電源のブロック図を第 33 図に示す。精度は電源電圧変動  $-15 \sim +10\%$ 、負荷変動  $0 \sim 100\%$  において  $\pm 3\%$  である。

### 5. 水銀整流器格子制御装置<sup>(13)</sup>

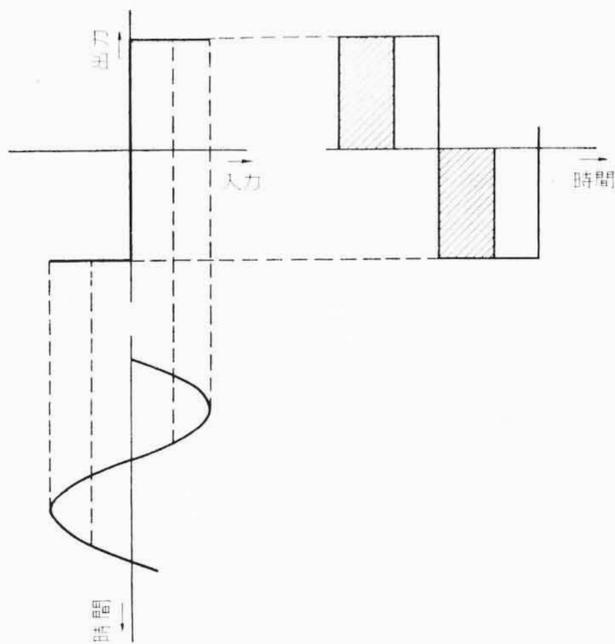
従来水銀整流器格子制御に用いられてきた方式は第 34 図に示すとおり自動移相器とせん頭変圧器を利用したものである。この場合格子制御に必要な大きなパワーを自動移相器およびせん頭変圧器から供給するため、それらが非常に大きくまた高価なものとなるばかりでなく、移相角も広範囲に選ぶことができない欠点があった。これは大きなパワーレベルで移相および波形整形を行なうために起こる欠点で、小さなパワーレベルで移相および波形整形を行ない、それを半導体増幅器で増幅する方式をとれば最も合理的な格子制御装置をうることができる。

第 35 図は新方式の格子制御装置をブロック図に示したもので、自動移相器は従来と同一原理の可変インダクタンス方式のものであるが、パワーレベルが小さいため、第 36 図に示すとおり非常に小形になるとともに、波形整形回路入力抵抗が大きいので移相特性も第 37 図に示すように広範囲にわたって直線性が得られる。波形整形回路はトランジスタ式比較器と角形ヒステリシス特性鉄心を用いた飽和変圧器により構成される。比較器は第 38 図の特性をもっており、自動移相器出力正弦波を方形波に変換する。ところで、格子制御パルス幅は電気角で 100 度にする必要があるが、第 38 図で得られた方形波は 180 度の幅をもっているのをこれを飽和変圧器により 100 度に制限することになる。鉄心の飽和磁束密度  $B_m$  Wh/m<sup>2</sup>、実効断面積  $A$  m<sup>2</sup>、一次巻線回数  $N$  回の変圧器に最大値  $V$  ボルト、同期  $T$  秒の方形波電圧を加えたとすれば、パルス幅を 100 度に制限するために必要な  $N$  は (10) 式で与えられる。

$$N = \frac{V}{2 B_m A} \times \frac{T}{2} \times \frac{100}{180} \dots\dots\dots (10)$$



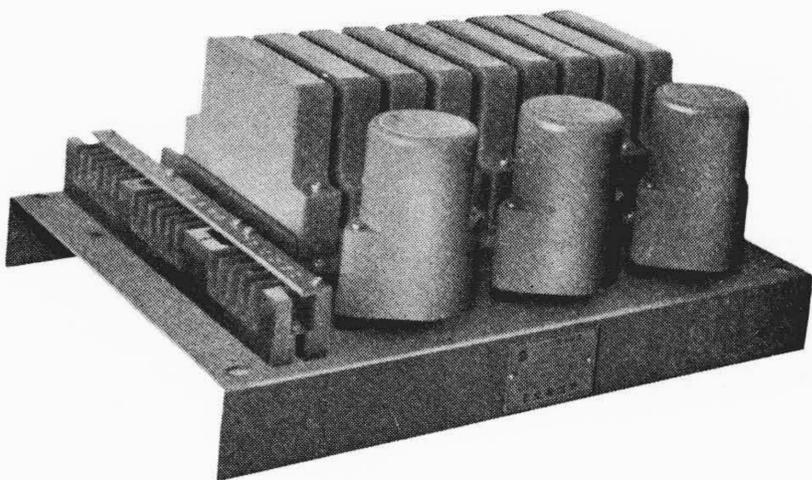
第37図 移相特性



第38図 比較器特性

このとき、飽和変圧器出力は第38図のハッチ部で表わされるパルス波形となる。第39図に波形整形回路の外観を示すが、これは3相分が一体に組み込まれた構造になっている。

得られたパルス波形はトランジスタ増幅器により電力増幅され、さらに出力変圧器により昇圧されて水銀整流器格子に導かれるが、パルス立上り時間0.5 ms以下、150度移相指令に対する応答時間が10 ms以下というすぐれた性能が得られている。



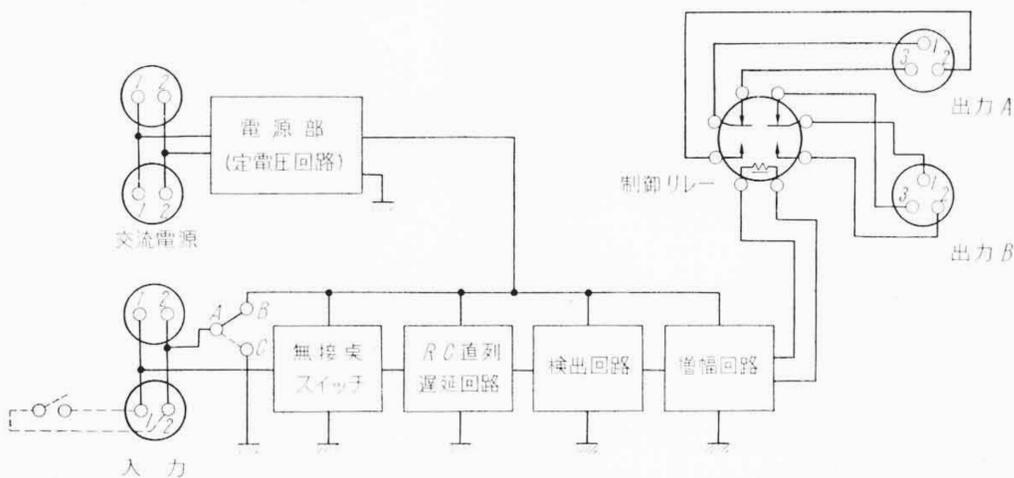
第39図 波形整形回路外観

6. トランジスタタイマ<sup>(14)</sup>

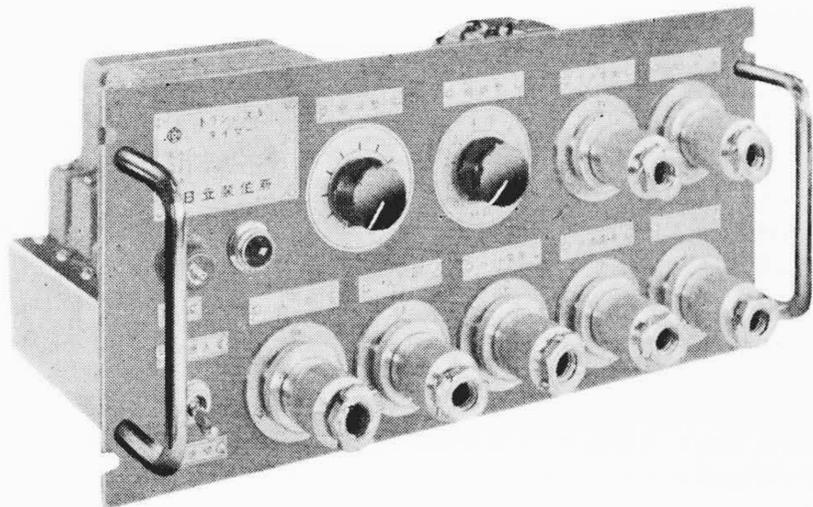
自動制御における時限要素の有用性については論をまたないが、時限要素に要求される特性としては

- (1) 広範囲に時限調整が可能であること
- (2) 周囲条件に関係なく設定された時限が正確に保たれること

である。特に圧延設備におけるように製品の長さを送られる速度と時間により決定する場合、時限のバラツキはそのまま製品寸法のバラツキとなって現われる。時限のバラツキを誘発する原因として考えられるのは構成部品の特性劣化はもとより、電源電圧周波数の変動、温度湿度など周囲条件による構成部品特性の変化などがあげられるが、トランジスタタイマの開発にあたってはこれらを十分考慮し、同一条件における時限バラツキ ±0.2% 以下、圧延工場における非常に過酷な周囲条件下での総合精度 ±2% 以下というすぐれた性能を実現することができた。第40図は回路方式のブロック図であるが、電源部は電源変動の影響をなくするための直流定電圧回路である。入力信号が加えられると無接点スイッチによって抵抗(R)およびコンデンサ(C)により構成される遅延回路に一定電圧が加えられる。この場合、コンデンサには特に漏えい抵抗の小さなものを選んで小容量のコンデンサで長時間の時限が得られるようにしてある。遅延回路出力が設定時間後検出回路の動作点に達すると、検出回路が動作し、増幅器で増幅されて制御リレーが駆動される。検出回路および増幅器には独特の温度補償回路が組み込まれており、周囲温度変化による動作点の変化を防いでいる。第41図にトランジスタタイマの外観を、第3表に標準仕様を示す。



第40図 トランジスタタイマブロック図



第41図 トランジスタタイマ外観

7. 結 言

最近開発された各種無接点制御器具につき概説したが、詳細については参考文献を参照されたい。無接点制御器具の進歩は無接点制

第 3 表 トランジスタタイマ標準仕様

形 式	電 源		遅延時間		入 力	精 度 (±%)		復 帰 時 間 (ms)	※ リセッ ト 時 間 (s)	目 誤 差 時 間 の 差 (±%)	制 御 リ レ ー	
	電 圧 (V)	周 波 数 (c/s)	最 小 (s)	最 大 (s)		測 定 条 件	-15%~+10%				構 成	容 量
						電 源 電 圧 変 動	± 5 %					
						周 波 数 変 動	-20°C~+55°C					
						周 囲 温 度	総 合 精 度					
同一条件繰返精度												
LTA1-60S	200	50/60	0.7	60	接点式 無接点式(24V <sup>+50%</sup> / <sub>-15%</sub> ) 兼用	0.2	2	約15	0.5	2以下	2極双投	AC 200V 2 A(PF=0.4) DC 200V 0.1A(L/R=100ms)
	220	50/60										
LTA1-20S	200	50/60	0.3	20	接点式 無接点式(24V <sup>+50%</sup> / <sub>-15%</sub> ) 兼用	0.2	2	約15	0.2	2以下	2極双投	AC 200V 2 A(PF=0.4) DC 200V 0.1A(L/R=100ms)
	220	50/60										
LTA1-10S	200	50/60	0.15	10	接点式 無接点式(24V <sup>+50%</sup> / <sub>-15%</sub> ) 兼用	0.2	2	約15	0.1	2以下	2極双投	AC 200V 2 A(PF=0.4) DC 200V 0.1A(L/R=100ms)
	220	50/60										
LTA1-5S	200	50/60	0.1	5	接点式 無接点式(24V <sup>+50%</sup> / <sub>-15%</sub> ) 兼用	0.2	2	約15	0.1	2以下	2極双投	AC 200V 2 A(PF=0.4) DC 200V 0.1A(L/R=100ms)
	220	50/60										
LTA1-1S	200	50/60	0.03	1	接点式 無接点式(24V <sup>+50%</sup> / <sub>-15%</sub> ) 兼用	0.2	2	約15	0.05	2以下	2極双投	AC 200V 2 A(PF=0.4) DC 200V 0.1A(L/R=100ms)
	220	50/60										

※ 入力消失後RC直列回路が十分放電し、次の入力突入後の遅延時間が本表の遅延時間の99%以上に回復する時間

御方式、論理制御方式、計算制御方式など新しい制御方式を次々と生みだし、自動制御の目的である生産の合理化すなわちよりよい製品をより安く、より迅速に生産しようとする目的が着々と実現されつつある。半導体技術の開発は制御器具に革命をもたらしたが、近い将来において第3の革命を見ることは必至であり、制御技術者の夢は昨日よりも今日、今日よりも明日とよりすぐれた形で実現されることであろう。

稿を閉じるにあたり、日ごろご教示ご激励をいただき日立製作所日立工場泉部長、桧垣課長に感謝の意を表す。

参 考 文 献

(1) 佐野ほか：日立評論別冊 34, 103 (昭 35-2)

- (2) 前川ほか：日立評論別冊 26, 24 (昭 33-10)
- (3) 宮沢ほか：日立評論 41, 1295 (昭 34-10)
- (4) 実用新案出願中
- (5) 佐々木ほか：日立評論 44, 302 (昭 37-2)
- (6) 特許出願中
- (7) 小西：日立評論 43, 860 (昭 36-7)
- (8) 佐野ほか：日立評論 43, 1198 (昭 36-10)
- (9) 佐野ほか：日立評論 44, 1161 (昭 37-8)
- (10) 特許出願中
- (11) Morgan, J. M.: Control Engineering. p.115 (Apr. 1960)
- (12) 三浦ほか：日立評論 44, 1101 (昭 37-7)
- (13) 特許出願中
- (14) 特許出願中



新 案 の 紹 介



登録新案 第 533436 号

小 林 哲 郎・仲 野 善 一

大 容 量 空 気 遮 断 器

この考案は大容量の空気遮断器において、可動および固定の両接触子にそれぞれアークを生じない主接触部と、アークを生ずる補助接触部とを設けることによって遮断特性を改善したものである。

図は遮断器の投入状態を示すもので、大部分の主回路電流は主接触部13を流れる。遮断の際には遮断室1を形成した遮断部がい管2の左方より圧縮空気が送入され可動接触子6が左方に移動してまず主接触部13を開離するが補助接触部16が接触を保っているためアークは発生しない。主接触部13が開かれると遮断室1内の圧縮空気の一部がノズル4を通して外部に流れ補助接触部16を冷却する。

さらに可動接触子6が左方に移動すると補助接触部16が開離してそこにアークが発生するが、遮断室1内の十分に圧力の高まった圧縮空気によってノズル4内に吹込まれて消弧する。このように本考案の空気遮断器は、遮断時のアークが補助接触部16に発生するだけであるから主接触部13がアークによって傷つくことがない。また、可動接触子6と固定接触子3との両接触面は連続した流線形状

をなしているため、気流を円滑に案内し効果的にアークへ吹きつけるので遮断特性は著しく向上する。(岩 田)

