

大形プレーナの制御方式

Control Method of Large Size Planers

西 一 郎*

Ichirō Nishi

宮 沢

Kiyoshi Miyazawa

きよし
浄*

内 容 梗 概

大形プレーナではテーブルの自動運転と双物台送り量制御とが制御上のおもな問題である。本稿ではこれらを主として述べ、特に後者については磁気増幅器形静止スイッチ“ヒタログ”を用いた実例の紹介を行う。

1. 緒 言

比較的大形の機械部品の平面切削を行うのにはプレーナがもっぱら用いられる。プレーナの切削動作はテーブルの直線運動とバイトの直線運動とによって得られるもので、テーブルはしゅう動みぞに沿って往復運動をなし、双物台はテーブルの一往復運動ごとにあらかじめ設定された距離だけテーブルの運動方向と垂直方向に送られる。

プレーナにおける制御上のおもな問題は上記テーブルの自動運転と双物台の送り量制御で、そのほか双物台昇降装置やクロスレールクランプ装置などが通常制御の対象となる。

テーブルの自動運転では最近の機械の大形化、高性能化にともなって工程時間の短縮が要求される傾向にあるので、逆転時間の短縮が問題となり、レオナード運転における速応励磁方式が種々研究されている。最近では磁気増幅器が用いられ、また水銀整流器と直流電動機の組合わせによる、いわゆる静止レオナードセットも用いられ始めている。双物台送り量の制御では、従来のラチェット方式やカムスイッチ方式に代って数値制御方式によるものが出現し始めており、これは任意な送り量選定が可能であることや、切り換えが簡単に行えることなど数々の特長を持っている。

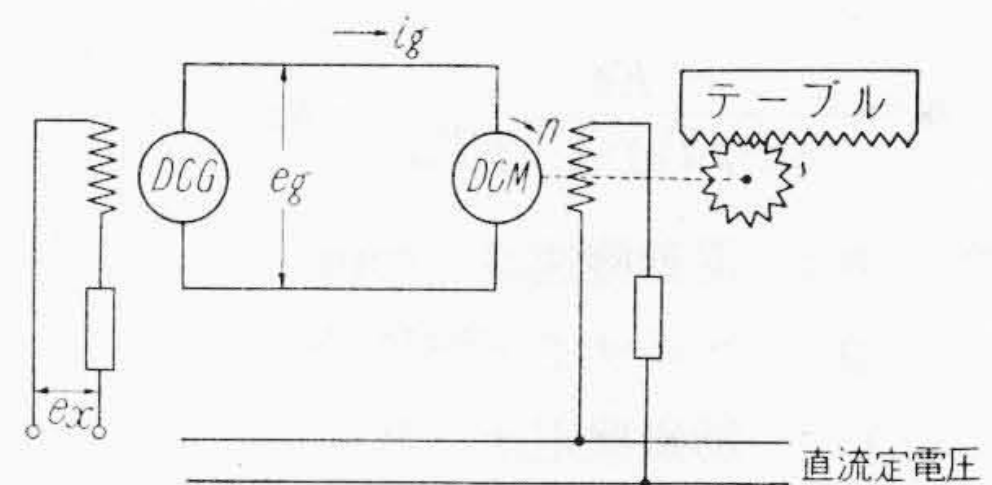
ここではテーブルの自動運転と、双物台送り量の制御を主として、最近の大形プレーナの制御方式について述べる。

2. テーブルの自動運転

一般にプレーナのテーブルに往復運動を与えるのには各種の方法があるが、特に大形プレーナにおいてはワードレオナード方式が不可欠のものとなっている。

2.1 起動、逆転および停止制御

第1図はプレーナのテーブル駆動用主回路を示す概略結線図である。テーブルの起動、逆転および停止の各制御はレオナード発電機および電動機の界磁制御により行



第1図 ワードレオナード式テーブル駆動電動機回路

われ、速応性をよくするように考慮されている。

テーブル速度の設定は電動式界磁調整器により行われるが、この界磁調整器はペンダントスイッチ箱の押ボタン開閉器により削り速度と返り速度がそれぞれ別個に遠隔設定される。ついでペンダントスイッチ箱上の起動ボタンを押せばテーブルは起動し、所要の加工行程の両端においてテーブルに取り付けられたドッグにより操作される自動可逆スイッチにより自動的に回路が切替えられて逆転し、テーブルを連続的に往復運動させる。往復運動の速度も削りまたは返り方向に応じて上記の設定された値に切替えられる。

また加工物の切削面の大きさに応じてテーブルの行程の長さを設定する必要があるが、これはドッグの位置設定により行うことができる。

切削工程中一部切削不要の場合は駆足スイッチにより電動機速度を上昇させる。駆足スイッチ用ドッグも自由に位置設定ができる。

3. テーブル急速逆転制御

プレーナにおいては、テーブルの往復運動の両端における逆転時間を短縮し惰行距離をおさえることが必要である。すなわち作業時の時間能率向上のためにはテーブル逆転時間（テーブル速度が下り始めてから逆方向の全速に達するまでの時間）を小さくすることが必要であり、またベッド長さを有効に使用するためには、逆転時惰行距離を小さくすることが望ましい。実際大形プレーナのテーブル駆動動力の大部分はこの逆転の際に消費されている。

最近の大形プレーナにおいては速度制御の自由なこと

* 日立製作所日立工場

と逆転時制御ならびに加速能力の大きいことなどのために、テーブル駆動にはワードレオナード方式が最も適している。ワードレオナード式可逆運転の速応制御方式については逆転式熱間圧延機の自動制御そのほかにおいて日立製作所は多数の経験を有している⁽¹⁾。そこでテーブル逆転について少しく理論的に考えて見よう。

逆転時間を最小にするにはテーブル逆転時間中、電動機はその許容最大トルクすなわち許容最大電流を流し続けることを要する。一般的な第1図の回路では電動機逆転時の過渡現象は次式で表わされる。

$$n = \frac{Ke_x}{(1+pT_g)(1+pT_m)} + n_0 \dots \dots \dots (1)$$

ここで n : 電動機速度 (rpm)

p : ヘビサイド演算子

e_x : 励磁機電圧 (V)

n_0 : e_x を変化する直前の電動機速度 (rpm)

T_g : 直流発電機 (DCG) 界磁時定数 (s)

T_m : 直流電動機 (DCM) 時定数 (s)

理想的な逆転においては第2図のごとく電動機電流が許容最大値を保ちつつ加減速するので、電動機界磁電流が変化しないときには電動機速度は直線的に変化する。いま電動機電流を i_g 、発電機電圧を e_g とすると、これらの関係は一般に次のように表わされる。

$$\frac{i_g}{e_g} = \frac{1/R}{1 + (\zeta\phi_0)^2/R\theta p} = \frac{1/RT_m p}{1 + T_m p}$$

$$T_m = R\theta / (\zeta\phi_0)^2 \text{ (s)}$$

ここに、

R : 電機子回路の抵抗 (Ω)

θ : 慣性能率 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

$\zeta\phi_0$: 単位回転速度当り発生する逆起電力 (volt s)

理想的な場合には e_g は次のような形となる。

$$i_g = i_{gm} \{H(t) - H(t-t_1)\}$$

ただし H は単位関数

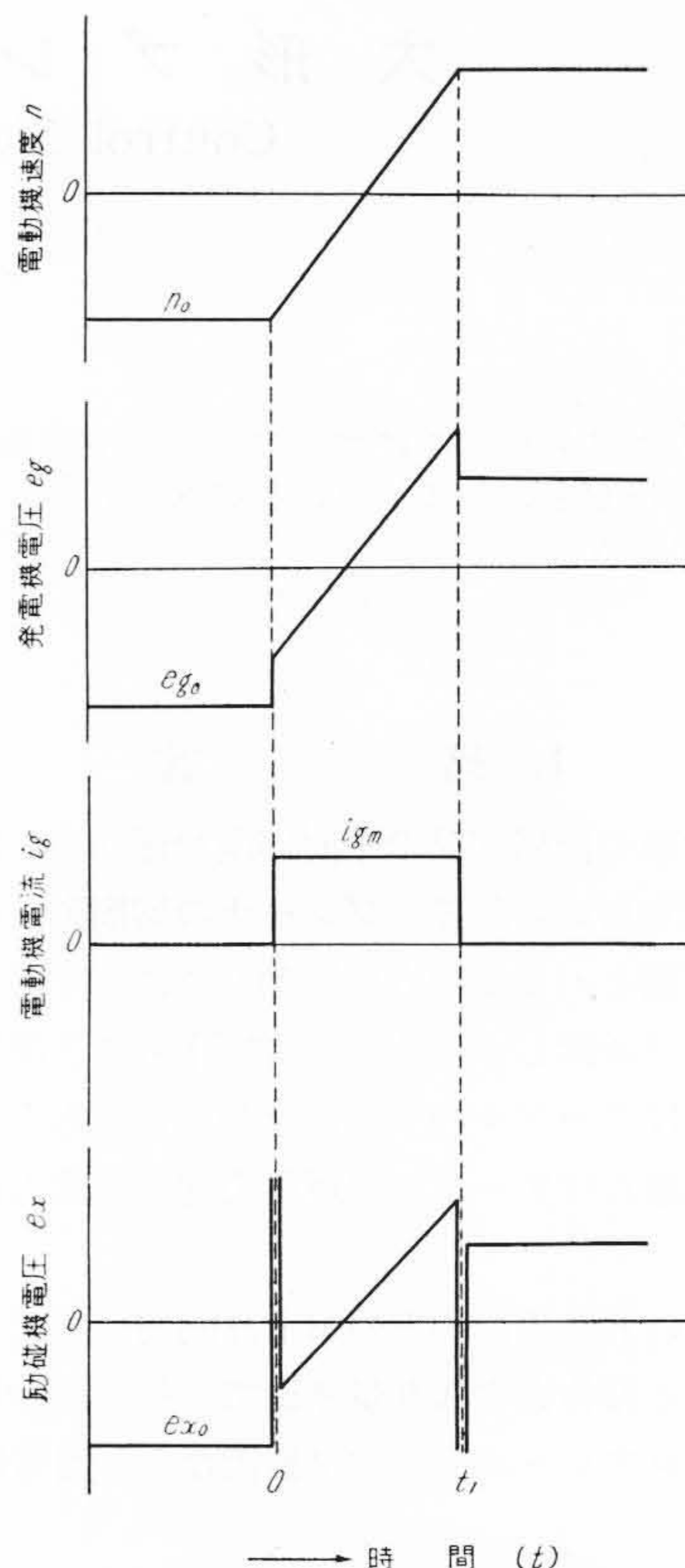
$$H(t-t_1) = 0 \quad t < t_1$$

$$H(t-t_1) = 1 \quad t > t_1$$

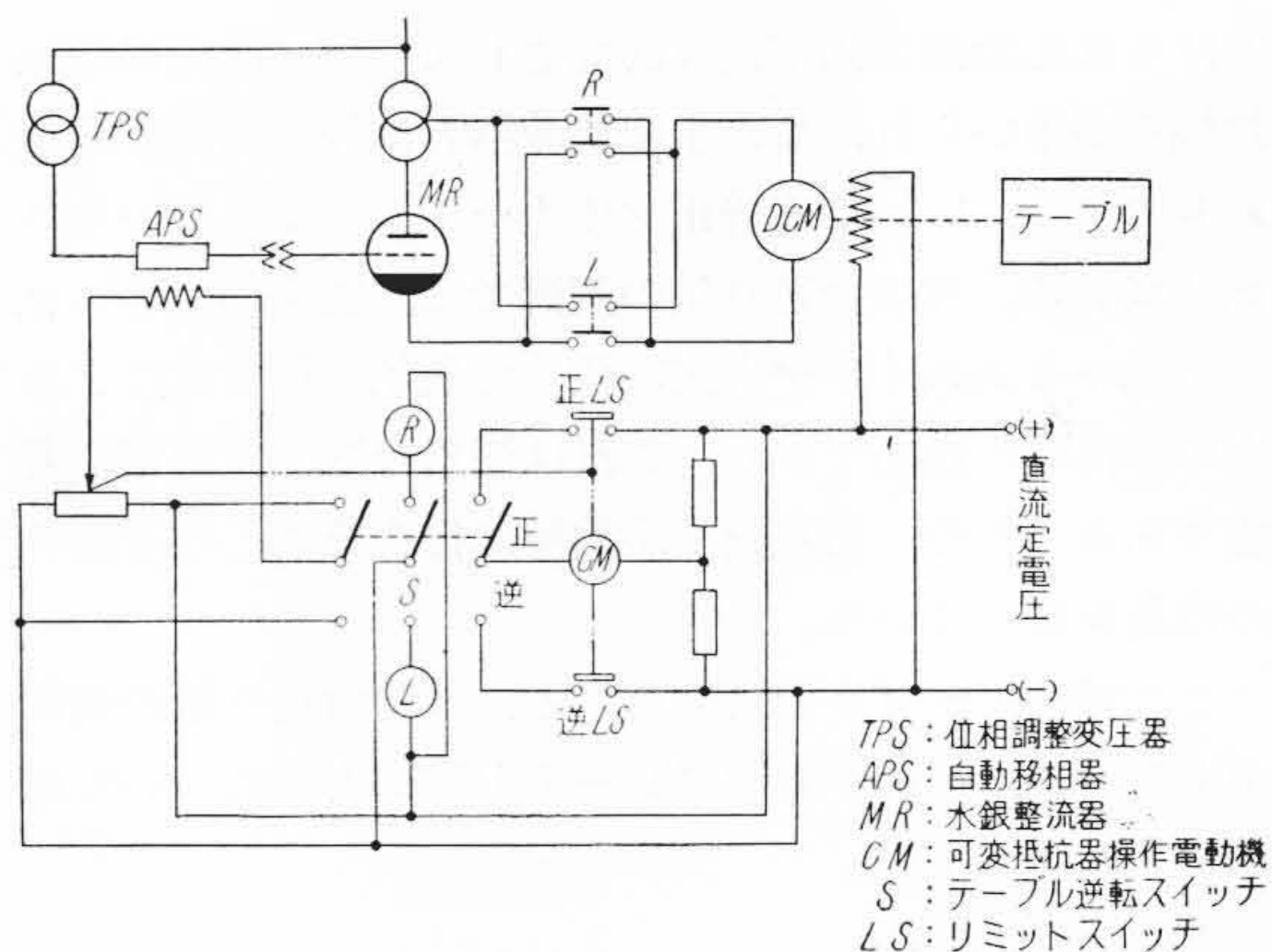
$$e_g = Ri_{gm} \left(\frac{1+T_m p}{T_m p} \right) \{H(t) - H(t-t_1)\} + e_{g0}$$

$$e_x = \left(\frac{HT_g p}{A_g} \right) e_g = \frac{Rt_{gm}}{A_g} \left(1 + \frac{T_g}{T_m} + \frac{1}{T_m p} + T_g p \right) \{H(t) - H(t-t_1)\} + e_{x0}$$

すなわち直流発電機がその界磁回路にインダクタンスを有するために励磁機電圧 e_x は第2図に示すような変化をせねばならないこととなり、実際には不可能である。回転または磁気増幅器、またはリレーを用いて直流



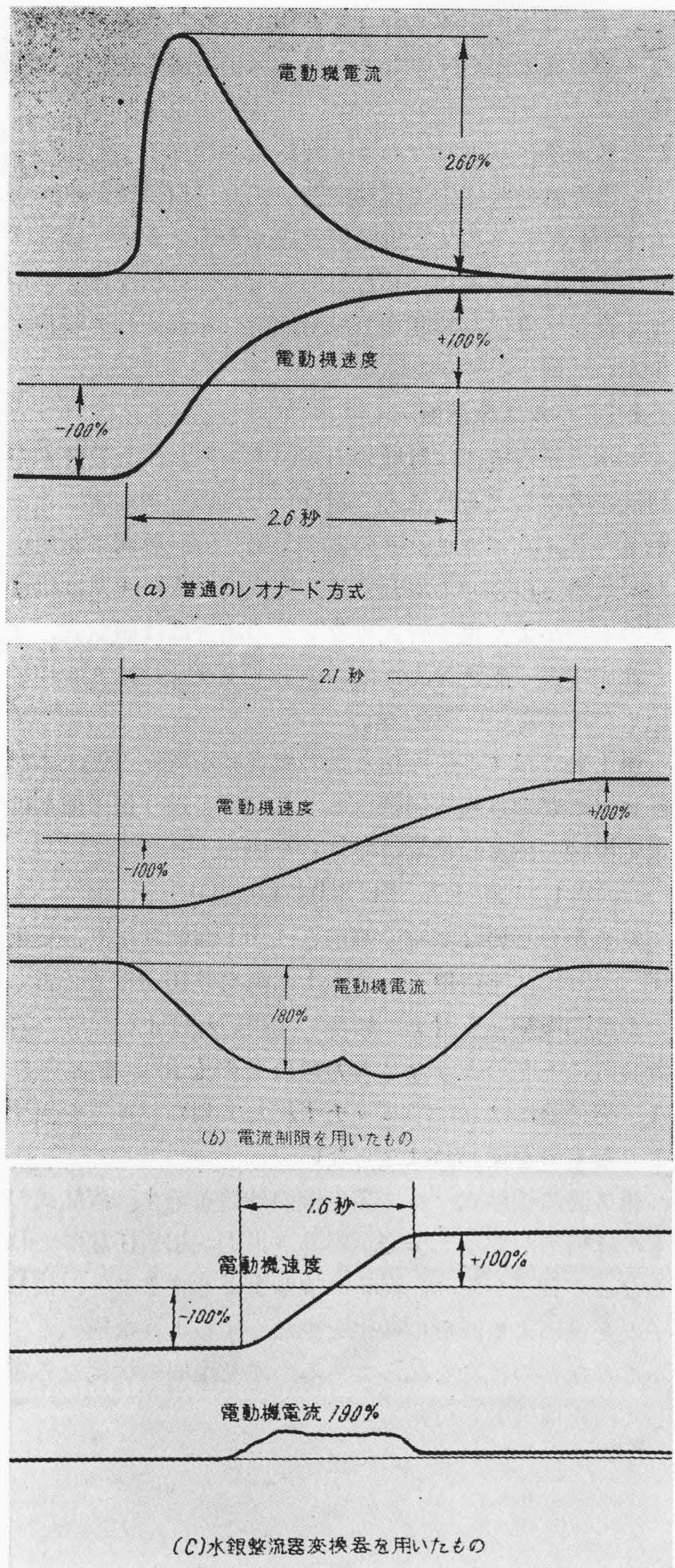
第2図 ワードレオナード方式における逆転時の理想的過渡現象



第3図 水銀アーク変換器単基切換回路

発電機の界磁時定数による時間遅れをできるだけ少くし、かつ電圧 e_g の変化度合を制御して加減速電流 i_g を所定値に保つ工夫がなされている。

最近では直流発電機に代って格子制御水銀整流器を用いる方法が行われてきた。第3図に回路の一例を示す。水銀整流器の格子による電圧制御は電子的な制御であるからその時間おくれは直流発電機における界磁のおくれ



第4図 プレーナの各種方式逆転オシログラム

にくらべて非常に小さく、 $1/1,000$ 秒程度である。これは逆転時間の1秒前後の値に比して無視できるので、この場合は第2図に示した理想的な形の発電機電圧 e_g に匹敵する整流器電圧 e_k を発生させることは可能で、 e_k と相似の格子制御電圧を与えればよく実現も容易である。第4図に各方式における実際の電動機電流のオシログラムの一例を示すが、水銀整流器方式は今後発展するものと思われる。

第1表 送り量組合せの例

送り電動機積算回転数		1.0	1.3	1.7	2.4	3.0	4.0	6.0
刃物台送り量 (mm)	A	0.33	0.44	0.57	0.8	1.0	1.33	2
	B	3.33	4.45	5.7	8	10	13.3	20
	C	4	5.3	6.9	9.6	12	16	24

4. 刃物台送り量制御装置

プレーナでは、テーブルの1往復運動ごとに刃物台をテーブルの運動方向と直角方向に送って切削動作を続けさせる。このとき刃物台の送り量は加工物の材質や仕上り状態に応じて適当な値を選定することが必要で、一度この値を設定すれば、そのあとは自動的にバイトの送りが行われる。

刃物台に一定の送り量を与える方法としては、テーブルの1往復ごとにラチェットが刃物台の送りネジに連結されたラチェット車を一定の歯数ずつ回転させていく純機械的な方法や、送り用電動機の回転量をカム形スイッチなどで制御する方法が行われてきた。前者は構造簡単のために割合に広く用いられ、最近では油圧機構を用いたプレーナにも使われており、後者はいわゆる電機送りの初期から用いられてきているものである。これらいずれの方法においても、1回の送り量が整数分の1回転またはその整数倍に限定され、またカムスイッチではその電気接点に故障の可能性がある。

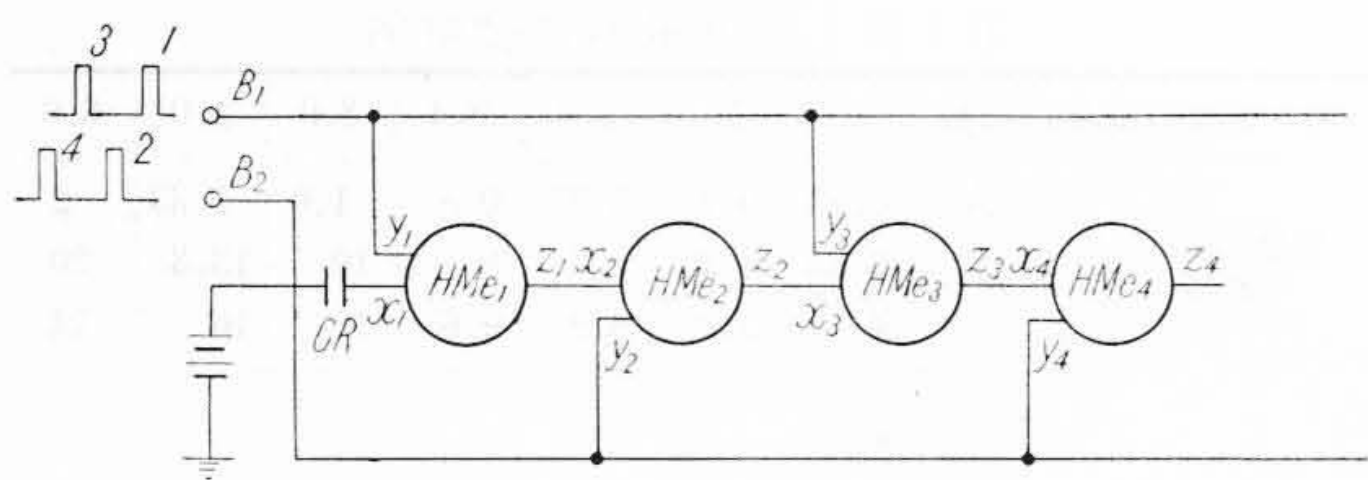
これらに代るべき新しい方法として、最近電気パルスによるものが使われ始めた。これは刃物台送り用電動機軸にパルス発信機を取りつけ、そこから得られるパルスを数えて送り用電動機の積算回転数を制御するもので、送り量を相当細かく選ぶことができ、また送り量の選択も切換スイッチにより簡単に行えるなどの特長を持っている。

第1表は送り量の組合わせの例で、まず電動機軸で7段階の積算回転数の設定が可能で、さらに歯車の切換えにより3段階に設定できるので、合計で21とおりの送り量をうることができる。ここで電動機の1回転に対して10個のパルスがでるようなパルス発信機を使えば、たとえば電動機を2.4回転だけまわすためには、24パルス目に送り用電動機を停止させればよいことになる。

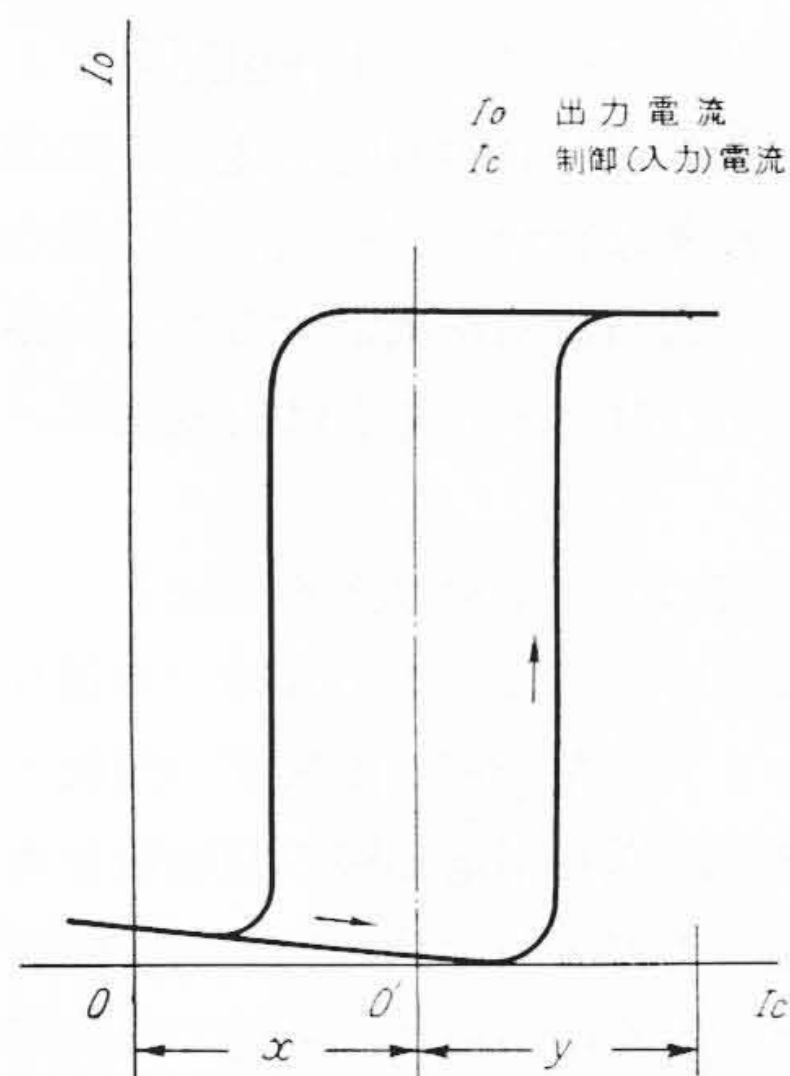
4.1 計数装置

一般に工作機械の送り量制御に用いる計数装置には簡単に信頼性の高いものが必要である。計数要素として電子管、トランジスタなどがあり、それらはいずれも計算機の計算素子として実用化されているが、ここでは磁気増幅器形静止スイッチを用いた例について説明する。

第5図はその概略結線図であって、静止スイッチとし



第5図 2入力形カウンタ



第6図 ホールドメモリー要素の特性

てヒタログのホールドメモリー要素(HMe)を用いた2入力形計数器⁽²⁾である。各要素はホールド入力端子 x 、入力端子 y および出力端子 z を有する。二つの入力母線 B_1 および B_2 には、それぞれ奇数番目および偶数番目の素子の入力端子が共通に結ばれている。また出力信号は次段の素子のホールド入力端子 x_i に結ばれる。

第6図はヒタログのホールドメモリー要素の特性曲線である。ヒタログではバイアス電流を適当に加えることにより、図の $0'$ 点の原点 0 よりの距離をある範囲で任意に設定することができる。ホールドメモリー要素では、バイアス電流の値とホールド入力電流 x および入力電流 y の値とを図に示すように設定したもので、出力電流 I_o は制御電流 I_c が増えるにつれて矢印の方向にループをたどって変化するから、 $I_c=0$ の状態から出発した場合、 y のみを加えたのでは $I_o \div 0$ のままであり、 x を加えておいて y を加えると、初めて I_o がでるような特性となっている。しかも x さえ加え続けておけば、 y が消滅しても I_o は一定値に保たれる。このとき一時的にでも x を切れればふたたび $I_o \div 0$ となる。

第5図において入力母線 B_1 および B_2 にそれぞれパルス1, 2, 3,が交互に入ってくる場合を考える。図中CRは第1番目の要素にホールド入力を与えるリレーで計数開始にさきだって閉じておく。パルスNo. 1で第1番目の要素がONとなりこれがHMe₂をホールドするから第2番目のパルスでHMe₂はONとなる。このよう

にして、2本の母線に合せて n 個のパルスが入ってくれば n 個の要素がONとなり、パルス消滅後もその状態を保つ。

計数素子にヒタログのような磁氣的論理素子を用いることはそれ自身安定で現場向きであり、信頼性の点からすぐれているので、電子管式のものととも今後ますます広く各方面に用いられていくものと確信する。応用にあたっては応答時間などを考慮し、それぞれの特長を生かして使う必要がある。

4.2 パルス発信機

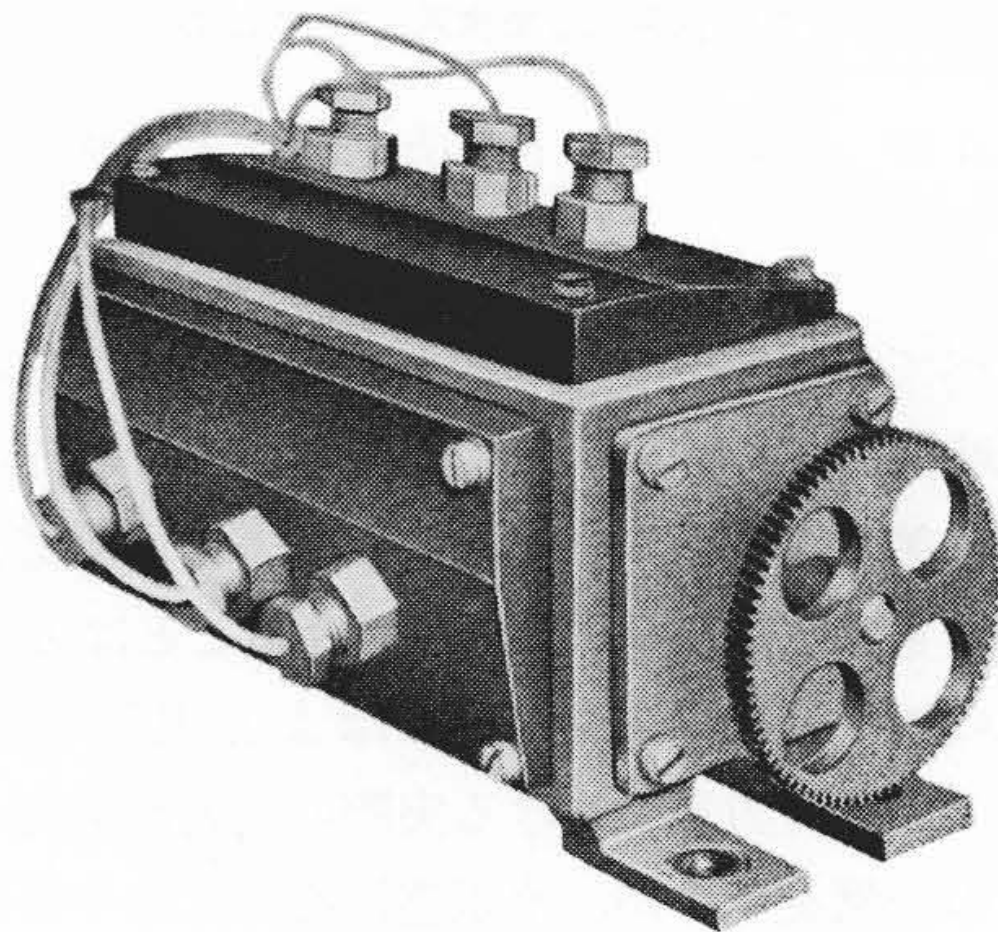
パルス発信機には数種の方法が考えられ、計数要素の特性を考慮してそれによく適合したものを選定すべきである。ヒタログカウンタのような磁氣的計数素子を用いた計数器と組合せる場合には、磁氣式のものまたは接触式のものがよく電子管式カウンタの場合には磁氣式、または光学式（光電管またはフォト・トランジスタを用いたもの）がよいと考える。

第1表に示すような送り量の組合せを考えると、本制御装置に要求される制御さるべき双物台送り量の種類は電動機軸の積算回転数に換算した場合

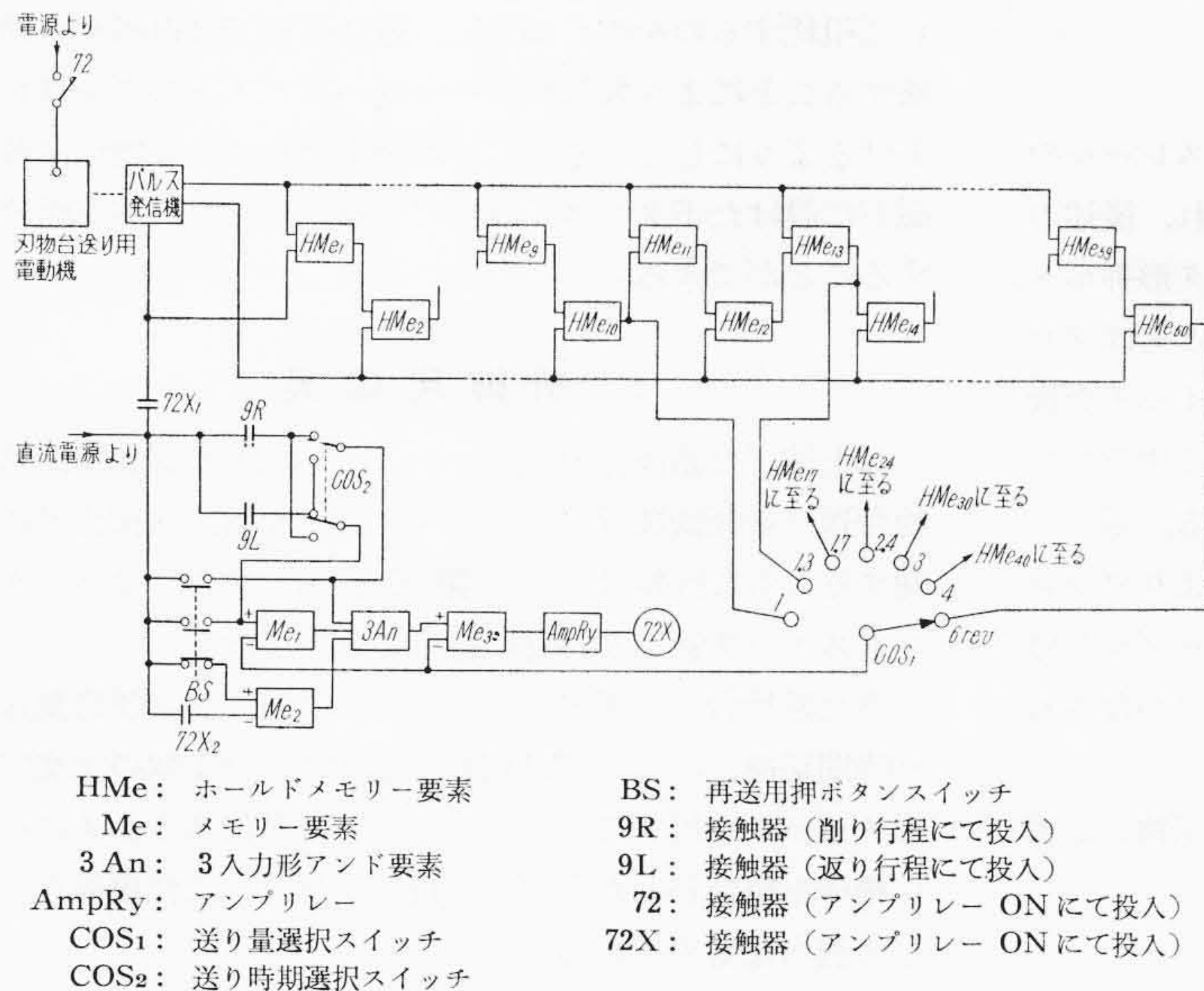
1, 1.3, 1.7, 2.4, 3.0, 4.0, 6.0

であるから必要な測定の細かさは0.1回転となり、使用すべきパルス発信機として、1回転当り10パルスでものを電動機軸と1対1に結合して用いればよい。また計数装置に上記のような2入力形のものを用いるときには、発信機には互に半ピッチずれた2列のパルスを出すようなものを使わねばならない。

第7図に接触式パルス発生機の外観を示す。接触式のものは構造が簡単、保守が容易、出力が相当任意にとれるなどの長所があり、同時に接触をよくすること、接触子の交換による波形の変化を少なくするような構造とすることなどの注意を払ってある。また現場の状況を考慮して防塵構造としてある。



第7図 パルス発信機



第8図 計数式刃物台送り量制御回路

4.3 制御回路

第8図はヒタログ計数器を用いた刃物台送り量の制御回路の一例で、計数部分には上述のヒタログのホールドメモリー要素 (HMe) を用い、そのほかに3個のメモリー要素 (Me) および1個の3入力アンド要素 (3An) よりなる論理回路が用いられる。

メモリー要素とは ON, OFF 2 個の入力端子を持ち ON 端子に入力が入ると出力が得られ、一たん出力が出ると入力が消滅しても OFF 端子に入力が入るまでは、その出力が保たれるような特性を持つ要素である。また3入力アンド要素には3個の入力端子があって、これらすべてに入力が加わっている間のみ出力が出るような特性を持っている。

刃物台送り量の制御は送り用電動機の積算回転数を制御することによって行われるが、この電動機回路は図に示す接触器 72 によって開閉制御される。接触器 72 は上記論理回路の出力 (図の Me₃ より出力) があるときに投入される。論理回路への刃物台送り開始の信号は、削り行程において投入される接触器 9R と、返り行程において投入される接触器 9L により与えられ、送り終了すなわち送り電動機停止の信号は、選択スイッチ COS₁ を通じてヒタログ計数器より与えられる。

刃物台の送り量の選択は図の選択スイッチ COS₁ によってなされ、前に述べた各回転量に対応する計数器の各段よりタップを出して、それを切り換えることによって行われる。たとえば COS₁ をノッチ 6 に切り換えておくと、計数器が 60 個のパルスを数え終ったときに計数信号が出て前記論理回路に与えられる。

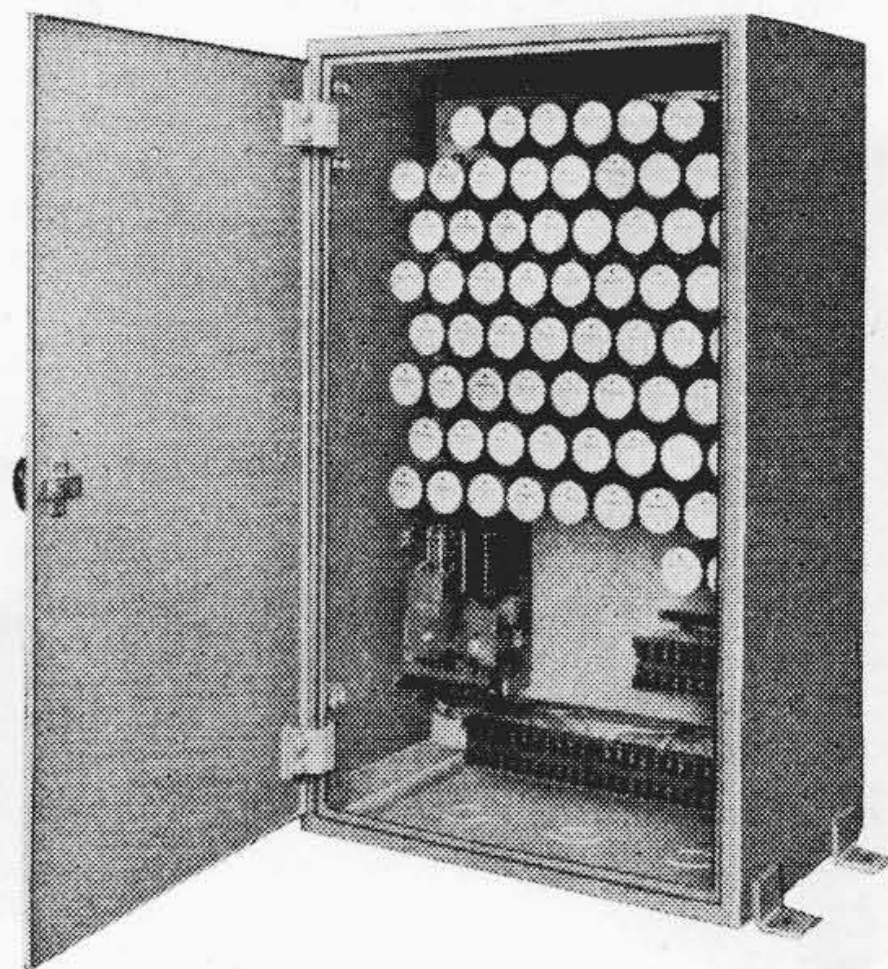
図中 COS₂ は、刃物台送りの時期をテーブルの削り行程の直後にするか返り行程の直後にするかを選択するための選択スイッチで、これを図に示すように切り換えておけば、刃物台の送りはテーブルの削り行程の直後に行われる。

押ボタンスイッチ BS はいわゆる再送のためのもので、これを押すことにより COS₁ によって設定された送り量だけさらに刃物台を送ることができる。この場合、かりに1回の送りに要する時間を上まわって長く BS が押されるようなことがあっても、必ずあらかじめ設定された一定量しか1回には送られないようになっている。また送りが行われている間に BS が押された場合でも、1回分しか送られることはない。さらに送るためには1回の送りの終了後、BS から一たん手を離したあとふたたび押すことが必要である。

上述の論理回路よりの出力すなわち Me₃ の出力は、さらにアンプリレーにより増幅された信号となって、送り電動機用接触器を投入させる。アンプリレーは電磁形リレーと磁気増幅器とを組合わせて高感度リレーユニットとしたもので、通常のリレーに比べて入力感度が高く、今後各方面に広く使われるようになると思われる。

なお図中 72X₁ および 72X₂ はアンプリレーが ON となったときに 72 と同時に投入される接点で、前者はパルス発信機の電源投入用として、また後者は再送の際のインタロックとして用いられている。

ヒタログ計数器は、ヒタログ論理回路およびアンプリレーなどととともに、第9図に示すボックス内に収納される。

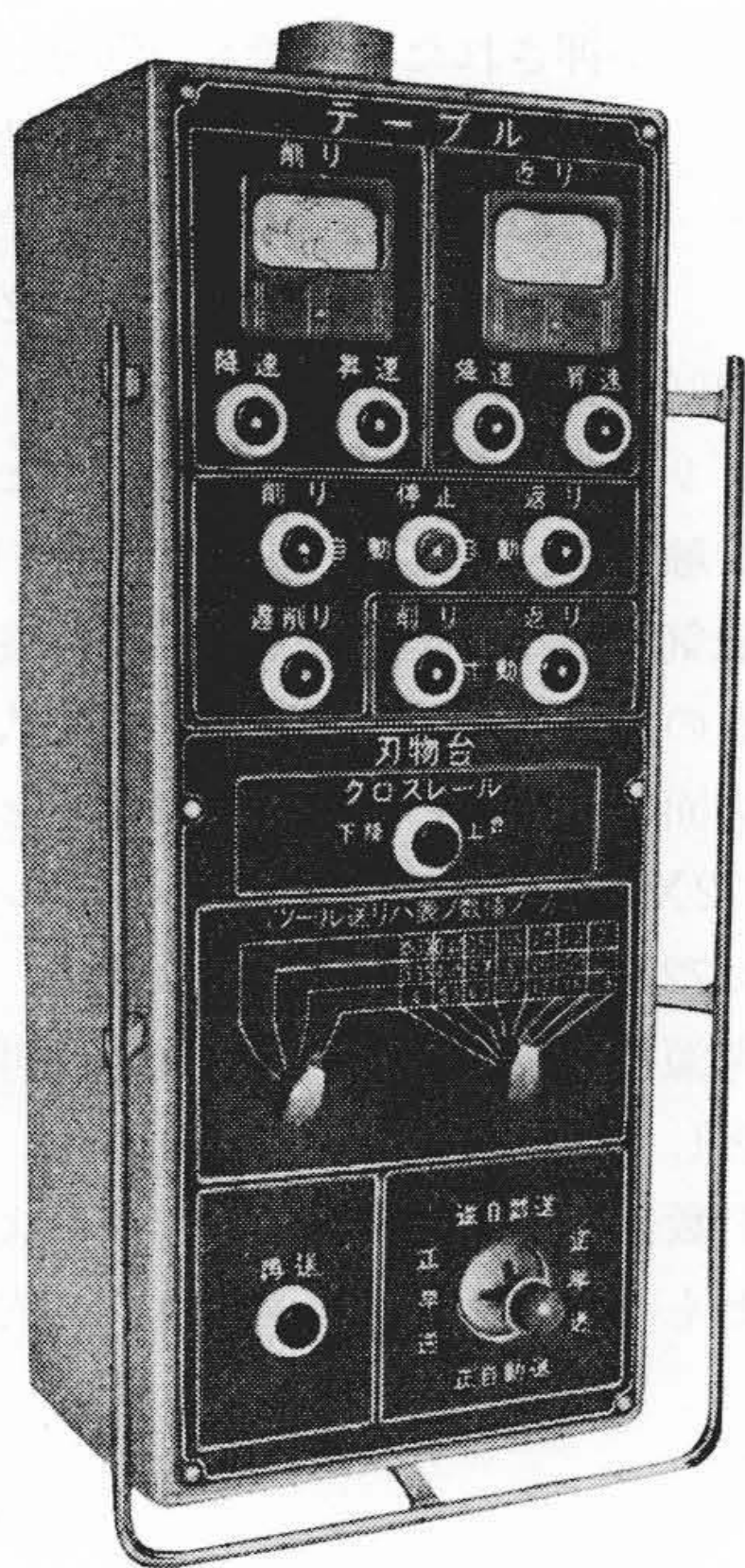


第9図 ヒタログ計数器ボックス

5. その他の制御装置

クロスレールの上下方向の駆動およびクロスレールの締付けはそれぞれ三相誘導電動機により行われ、後述のペンダントスイッチ箱上に設けられたセクタ形押ボタンスイッチにより操作することができる。たとえばクロスレールを上下させるときはこの押ボタンスイッチを操作すると、まずレール締付用電動機が起動してクランプをゆるめ、次いで上下動用電動機が起動される。新しい位置に設定されるとふたたび締付用電動機によりクランプを締めつける。クロスレールの移動は、テーブルが停止しているときのみ行えるようにインタロックがなされている。

テーブルの帰り行程でバイトの刃先と、加工物とが触



第10図 ペンダントスイッチ箱

れて損耗するのを防ぐために、返り行程では電磁石を励磁することにより刃物台をやや動かしバイトの先を持ち上げるようにしている。この際引上げ不要の刃物台は電磁石に設けたボタンスイッチにより、電磁石回路を開放することができる。

6. 制御用器具

以上述べた諸操作のうち、テーブル駆動制御装置、刃物台送り量制御装置およびクロスレール駆動制御装置に関するおもな操作はすべて第10図に示すようなペンダントスイッチ箱より容易に行うことができる。

また刃物台の、正または逆方向の早送りおよび自動送り時間切換えには、第11図に示すような1個の十文字形スイッチを用いている。これは小形単位スイッチに操作機構を組合わせたもので、操作が軽く、工作機械用として適当なものである。

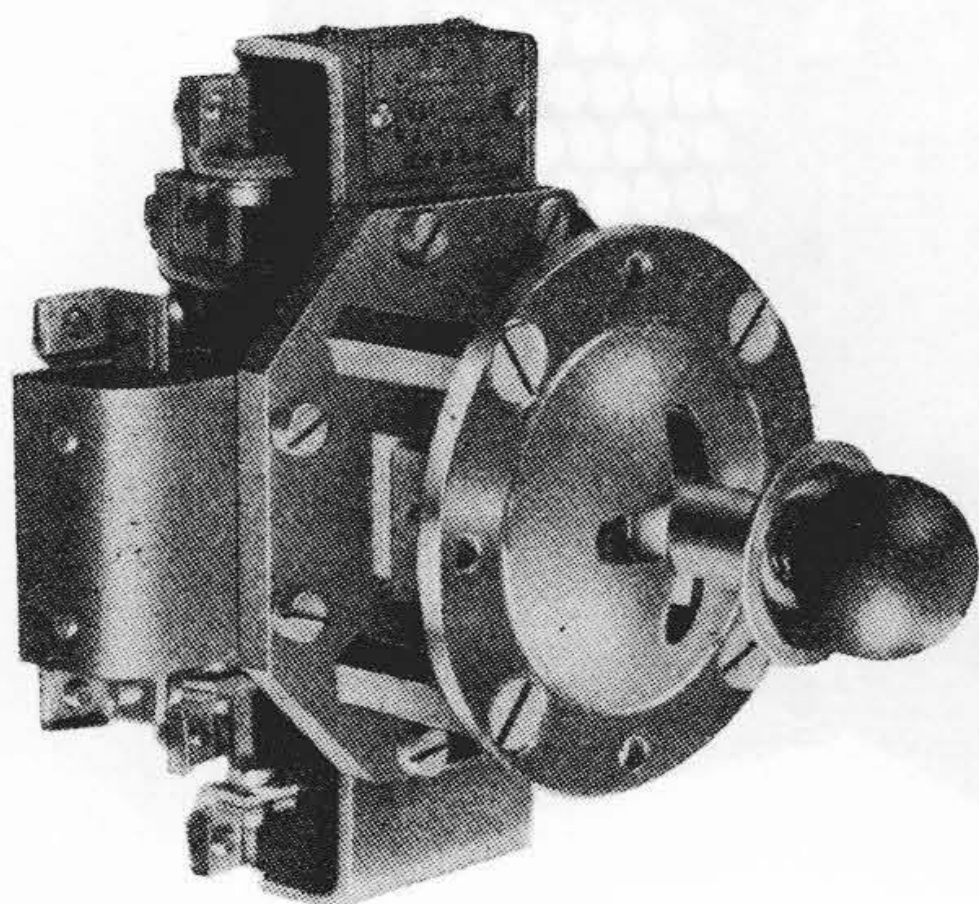
テーブル自動運転用自動可逆スイッチおよび駆足スイッチは、特にひん繁な使用に耐え信頼度の高いものでなければならない。第12図および第13図は特にプレーナ用として製作した自動可逆スイッチおよび駆足スイッチで、カム形単位スイッチを用いている。

7. 結 言

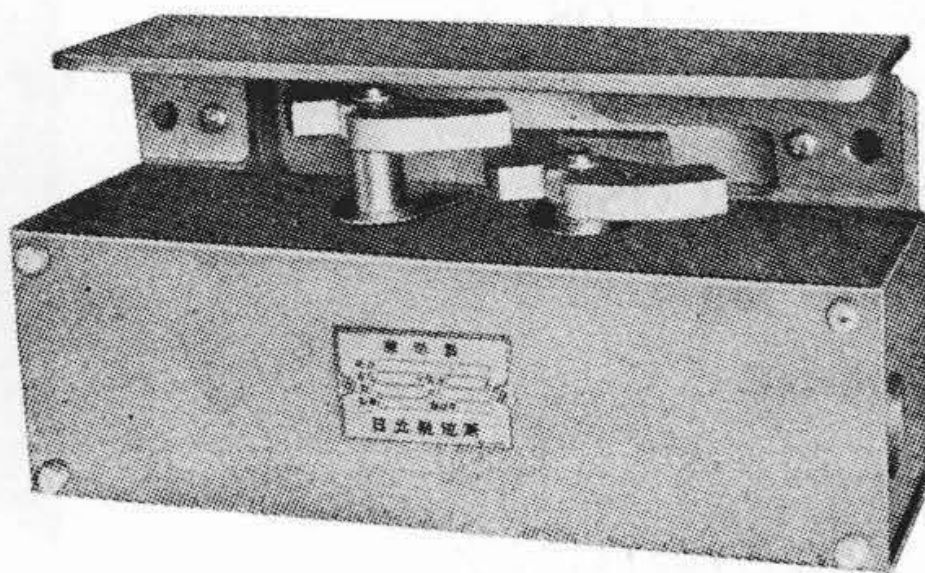
以上最近の大形プレーナの制御方式について述べたが、これらは一般にプレーナやスロッタのように、加工物と刃物との相対運動によって切削をする大形工作機械においては共通の問題である。急速逆転制御は作業能率向上のために必要であり、また計数による送り量制御方式は、プレーナのみならずほかの多くの工作機械に応用できるもので、信頼性のある計数要素の発達とともに今後次第に実用化されていくものと信ずる。本稿が多少なりとも関係者各位の御参考になれば幸である。

参 考 文 献

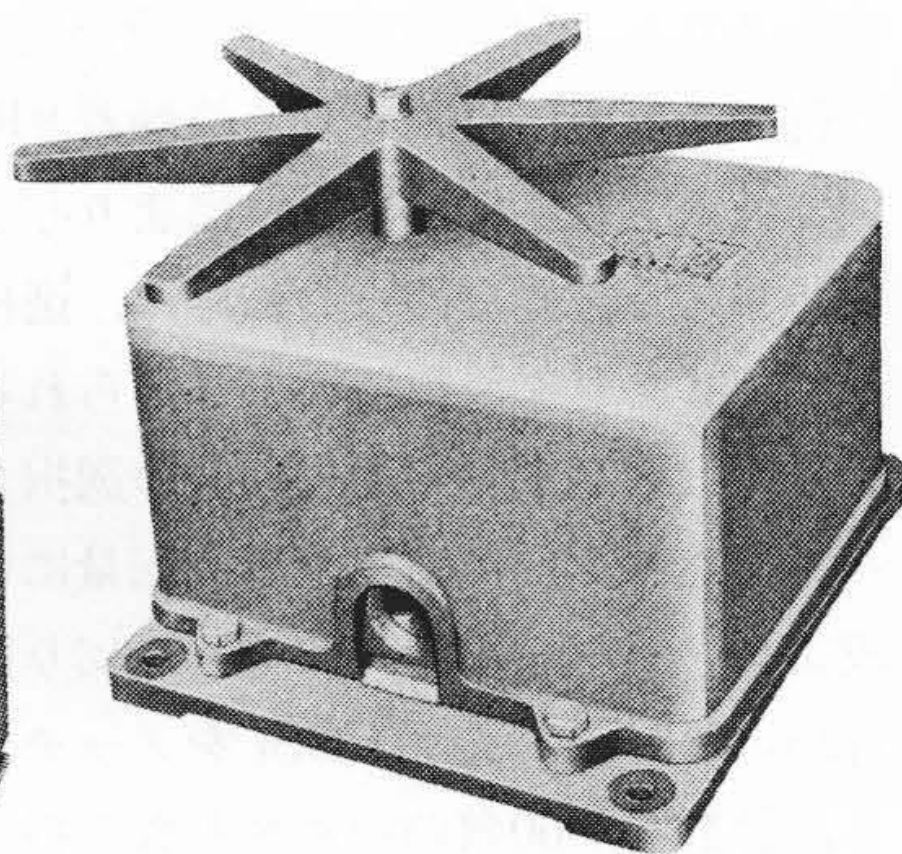
- (1) 前川, 小野田: 日立評論 38, 1131 (昭31-9)
- (2) 前川, 宮沢: 日立評論 別冊 No. 26, 25 (昭33-10)



第11図 十文字スイッチ



第12図 自動可逆スイッチ



第13図 駆足スイッチ