

電子装置の機械工作への応用

新電元工業KK* 宮本慶己

1 まえがき

真空管、放電管、光電管、や半導体等の特異な作用を応用して、機械工作を行う方法は極めて多種多様である。大は圧延機から伸線機を始め普通の工作機械の運転方法に至るまで広く利用せられているが、その利用形式を考えて見ると、直接的には温度や寸法の検出、間接的には起動、制動、速度制御、圧力や張力たわみの制御等に信号や電力の増幅、変換、変流用又は定電圧や定電流装置として利用せられてゐる。

真空管装置は増幅器としての外発振器、パルスゼネレータとしても工作装置の一部を形づくつてゐるから現在の通信用機器の色々なものが、やがては総て工作装置に全面的に取り入れられて来ることが極めて明かである。

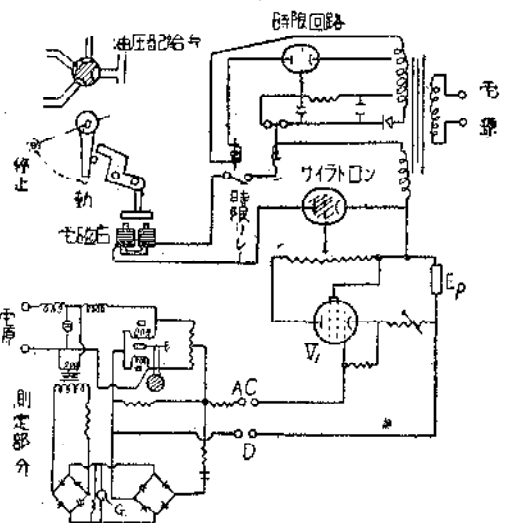
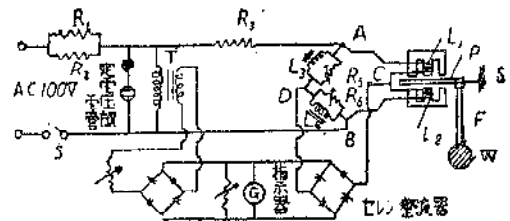
そこで今その全体をお話することは困難であるが一部について事例を引出してその進歩発達の動向を見て頂く事にしたいと思います。

2 定寸装置

第1図はエルタス型の電磁誘導装置を用いた自動測定装置で L_1, L_2, L_3, L_4 の部分が誘導装置である。E型の鉄心2箇を向い合せ中央の鉄心にコイルを巻き外部に L_3, L_4 又は抵抗を接続して、ブリッジに接続しAB点に交流電圧を加えると L_1, L_2, L_3, L_4 のインダクタンスがバランスしている時はDC間に何等電圧が出ないが、感磁子Fが動いて鉄片Pが動くとき、鉄片が L_1 又は L_2 に接近し、近付いた側のインダクタンスが減少し、不平衡になつてDC間に電圧が発生する。これを整流して指示計器を動かすのである。この中には、電子装置としてはセレン整流器、定電圧放電管が用いられているにすぎない。

検流計Gに表われる指示を増幅器や継電器を通じて取り出し電磁石を動作させて一定の寸法になつた時工作作業を停止させるようにすれば第2図のように自動定寸装置となる。第2図では油圧弁で行う。

薄板圧延機では前同様のエルタス型の電磁誘導装置を第3図のように造つて用い、薄板の厚さを測定しその厚さによつて圧延機のロール間隙を制御したり、圧延張力



第1図 自動定寸装置

第2図 誘導型電気ゲージによる自動定寸装置 (油圧作動)

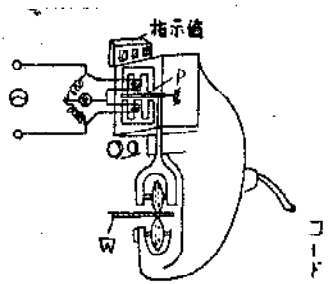
を変化させて薄板圧延の自動定寸を行わせてゐる。又圧延機数台をタンデム運転する場合、各段間の張力を検出して張力の自動制御をする場合にも用いられることがある。

これ等の検出器の出力は真空管装置によつて増幅され圧延機の原動機たる電動機速度制御を行うのである。

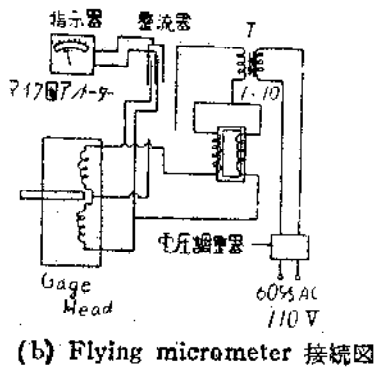
定寸装置に光電管を利用する例は第4図に示すようなものがある。図のようにランプと光電管の間に小さい隙間Sが動いて光を通じた時、光電流が流れ、これを増幅してリレーを通して定寸制御を行うものである。

自動定寸装置としては磁電管が利用出来る。第5図の様に真空管の陽極を円筒形にし中心軸にフィラメントを張つて熱陰極にした2極管の円筒軸の方向に磁界を加えるようにしたのが磁電管で陰極フィラメントから出る電子は磁界が無い場合は放射線方向に出て陽極に達するが、磁界を加えると電子軌導が円弧を描くようになり、

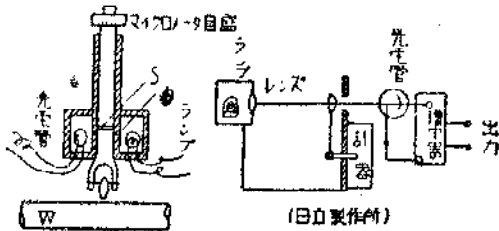
* 東京都千代田区丸ノ内2~14三菱中11



(a) Flying Micrometer
(Pratt & Whitney)
最小指示 1/1000 吋



(b) Flying micrometer 接続図

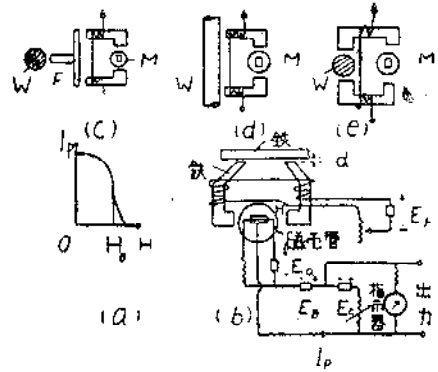


第3図
第4図 光電管利用定寸装置

磁界が或値以上になると電子軌道の半径が小さくなって遂に電子が陽極に到着し得ないようになる。この付近では磁界の強さに対する陽極電流の変化は極めて急峻で第5図aに示すように磁界の強さHと陽極電流 I_p との関係を見ると H_0 の点で急に陽極電流が減少する。この減少の勾配は極めて急峻であるからb図のように結線して間隙dを変化させるとdの大小によつて磁電管の磁界が変化するため、丁度よく調整して置くとdの極小さい変化が I_p の大きな変化となつて表われる。この原理を応用すると非常に小さい変化を検出することが出来る。c図は品物Wに接触して行う方法であるがd、eは無接触で出来る。又特にeの方法は検査器として便である。

この装置を自動定寸装置に組立てるには前に説明したと同様にして行うことが出来る。

3 定切削速度制御

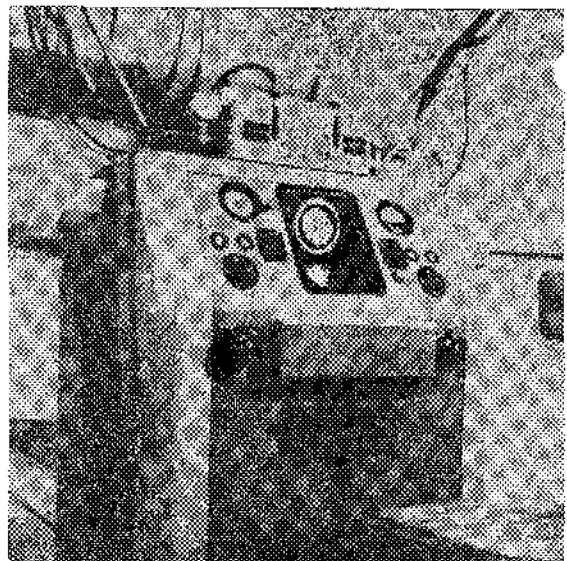


第5図 磁電管応用例
第6図

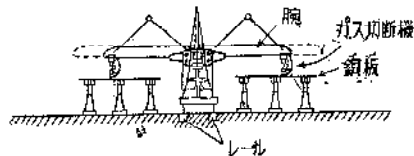
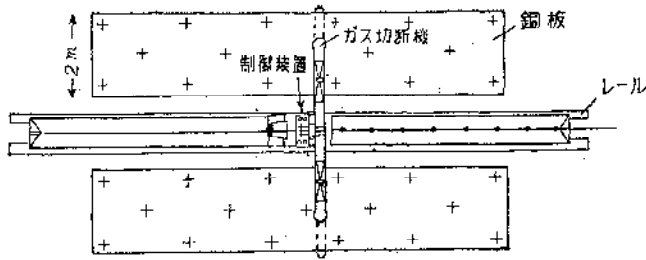
工作機械で金属を切削する場合には材料と刃物によつて最も適当な切削速度があるから、切削半径が変化に応じて回転速度を変えてこの切削速度を一定に維持することが必要である。第6図はこの一実施例(芝浦工作機株式会社)で主電動機の界磁電流を真空管装置によつて制御して行うようになってある。

4 自動鉄板熔断機

第7図(a b)は独逸の Schichan Monopol N.1001 のガス溜鉄板熔断機である。造船用の大形鉄板の裁断を行



第7図 a



第7図 b

ろのに小さい写真フィルムに納めた形図から光電管等の装置で検出し左右に出てゐるガス火口を動かしながらレールの上を進み一定の形に切断する機械である。

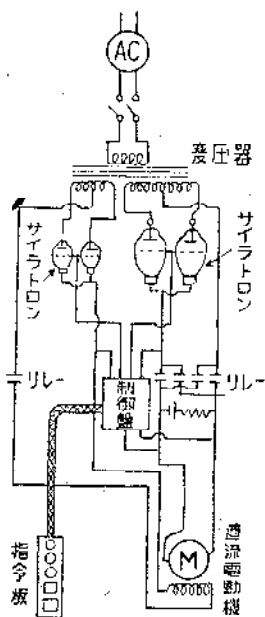
5 機械運轉用電動機の世界速度制御

圧延機でも工作機械でも動作中は一定の世界で運轉するのが普通であるが、始動、停止及回転方向の変化に際して急速さが要求され又随時回転数を変えて調整する必要がある。

広い範囲の世界速度制御が出来る方法としてはよくワードレオナード方式が多く用いられてゐる。これは直流他励磁電動機の世界磁を一定に励磁して置き、電機子に加わる電圧を変化する方法であるが、之れを水銀整流器を用いて行つ場合之を静止レオナードと呼ぶ。世界速度の変化範囲

を更に広くするために世界磁と電機子と共に独立に電圧を変化して加えることがある。そしてこのために励磁機としてアンブリダイン、ロトトロール、サイダイナモ、可飽和リアクトル等が用いられる。そしてその回転速度を小型発電機等で検出して真空管増幅器や磁気増幅器で増幅して自動世界速度制御を行うことがある。

W社では小型の電動機に対してサイラトロンを利用してMoto-Trodと呼んで世界速度制御器を製作して居る。第8図はその結線図で、大小2組のサイラトロンにより電機子側及



モトトロール装置
第8図

び世界磁側に夫々電力を供給するため交流電源から変圧器を通し両波整流するようになってゐる。世界速度ダイヤルに目盛つて置けば任意の世界速度に出来る。この装置を工作機械のベツトの中に仕組み世界速度を調整しながら使用する。

6 倣削装置

前に述べたエルタス型の誘導型電気ゲージの出力を真空管で増幅するようにし、この接触端をクラ式倣削装置のフィーラとして利用することが出来る。

又電子管のみを用いて倣削装置を作つた最初のものは電気試験所で研究され第2次大戦中安川電機で完成したプロベラの自動倣削装置である。最近米国でシルバースタットをフィーラとしたものが現われた。

第9図は電気試験所型の原理図で、第10図は米国型である。又第11図は宮本、宮沢等の考案した全磁気増幅器型の倣制御装置である。

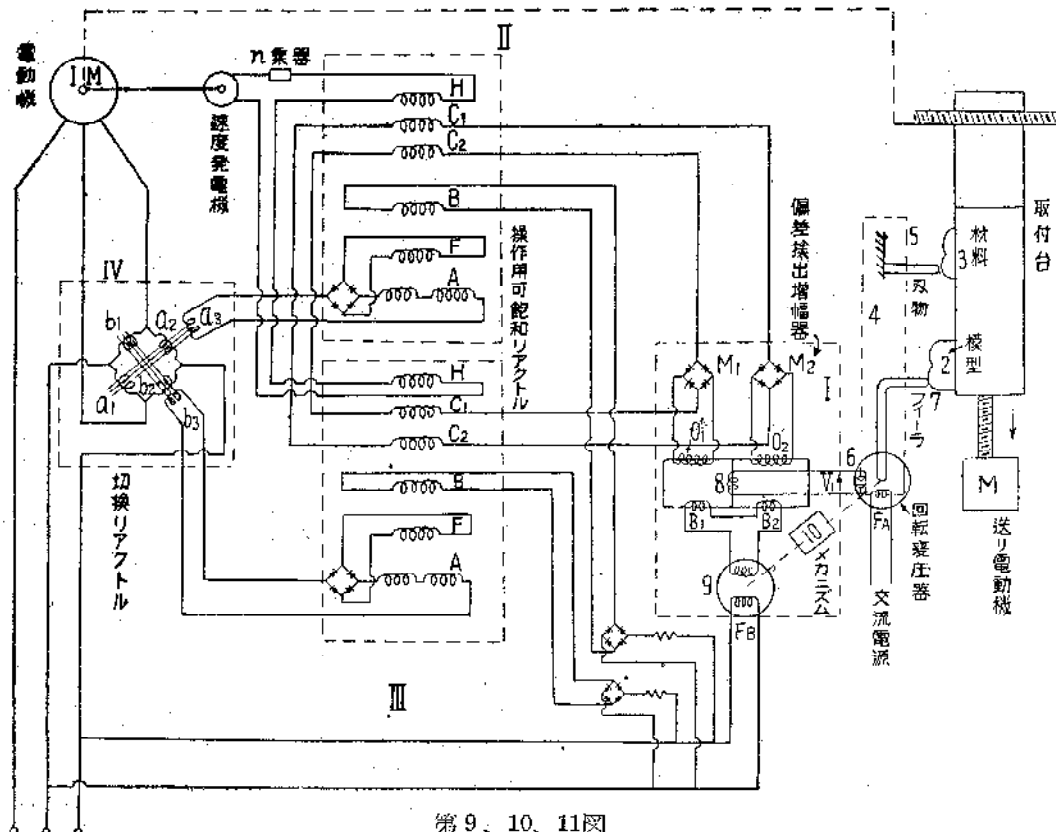
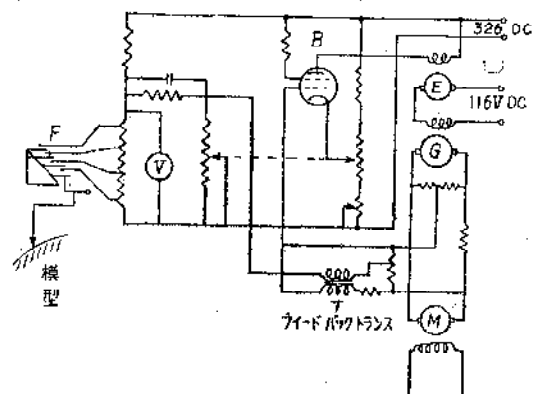
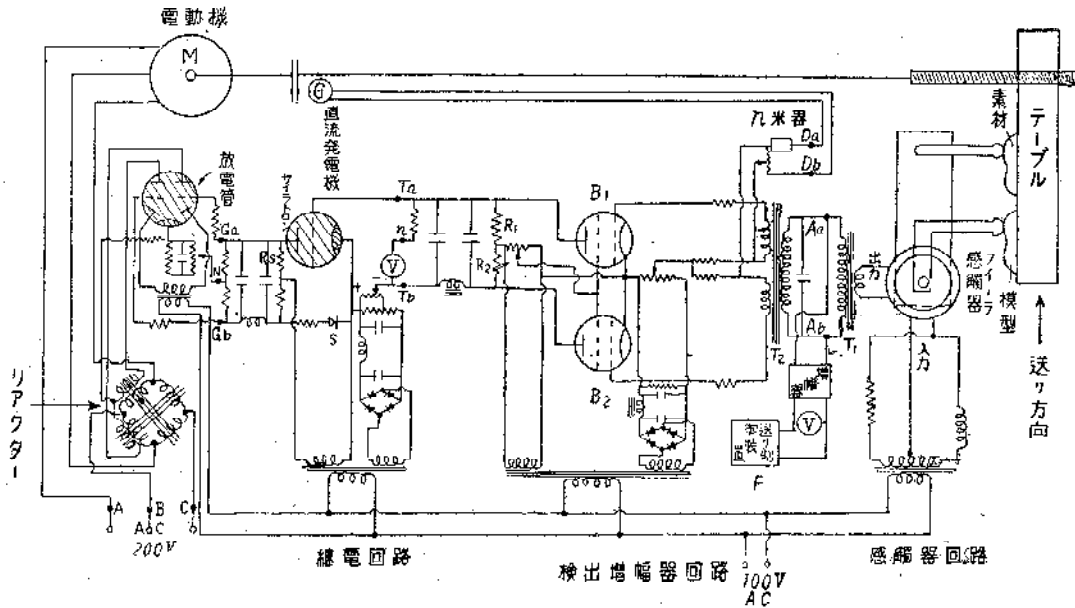
7 ゼネレータ

物を作るには先づ設計計算を行い、これを製図し機械加工をするのが常であるが、多数に同じものを作る場合には前述のように模型を作つて倣削りを行うのがよいが、この時製図を作る代りに計算書の数値を磁気録音用のテープとか電信用のテープ等に記録してもよい理である。

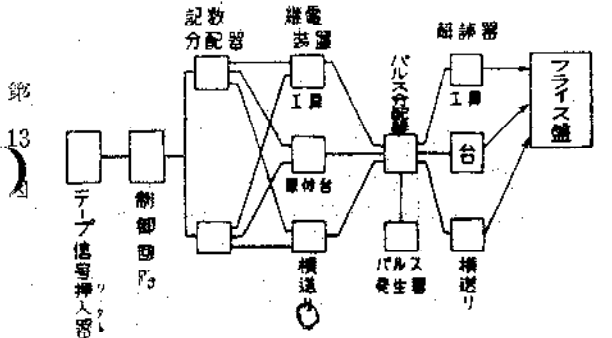
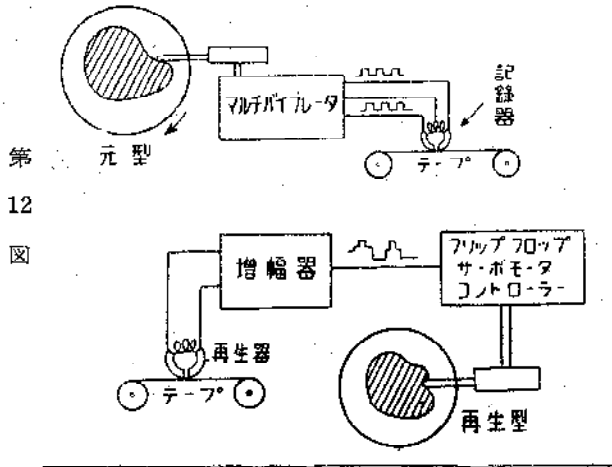
このテープによつて指令を發し機械を制御して希望通りの品物を作り出す方法をゼネレータと云うのである。ゼネレータは普通の工作用機械部分の外にその刃物を左右上下に動かし、被加工物を左右前後に動かし、之れに寸法関係を指令して自動的に必要な運動又は停止動作を行わせるための制御装置が設けられてゐる。現在未だ余り複雑な立体形の工作は行われていないがG.E.では旋盤等を作つて居る。

第12図は磁気記録テープで行つ場合で一定週期の角形パルスを必要量によつて比例変調して用ゐる方法である。この記録を解読器にかけ逆に機械を運轉するのである。

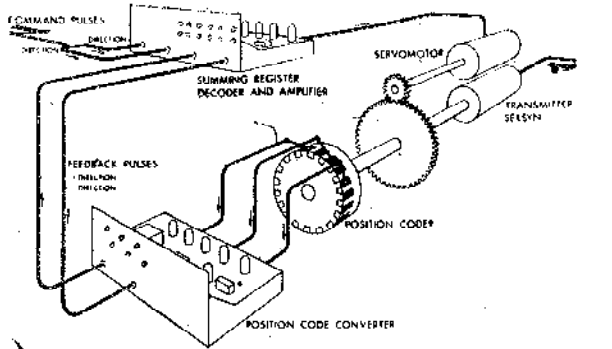
次に最近色々と研究されて居るのはパンチドテープ方式(Perforated-Tape System)でテープにパンチした電信テープのようなもので機械を運轉する方法である。30年程前に American Machinist 誌上に Pianoroll type of Control が掲載されたのが始めのように云われてゐる。現在は自動印刷電信機等非常に発達してゐて相当細かい多数の信号が充分發受出来るのである。今電信テープを考えて見ても、いろは48字の外数字等も送れるから全体



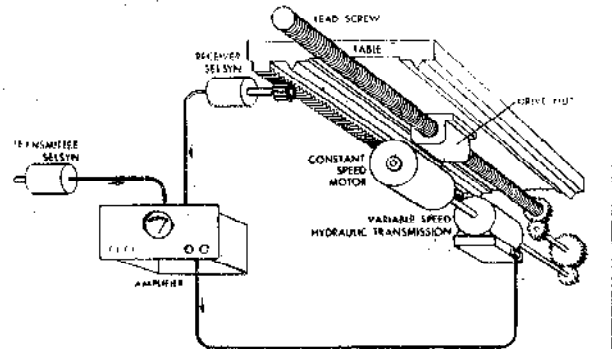
第9、10、11図



第 14 圖 e

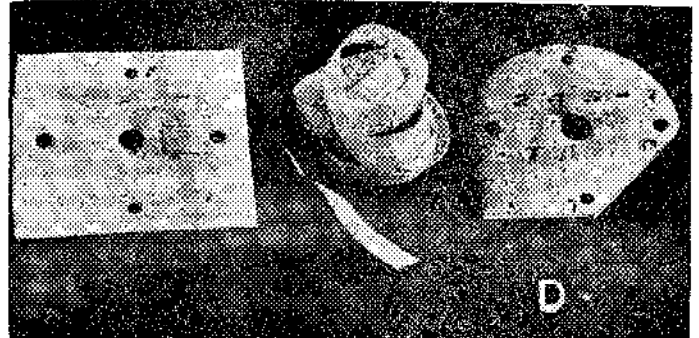
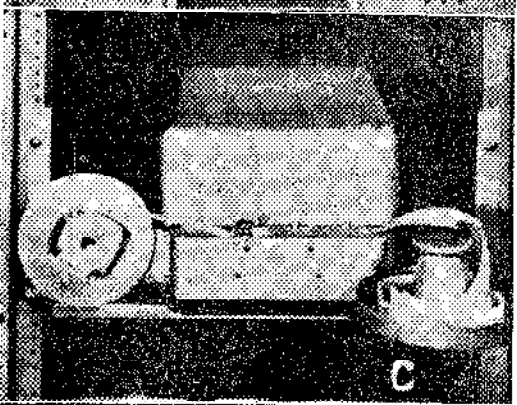
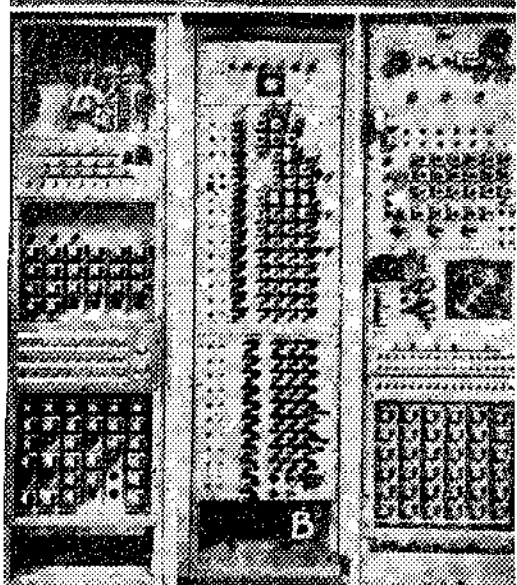
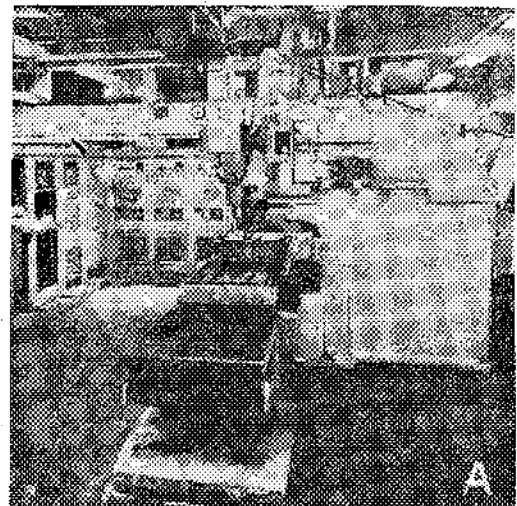


THIS SERVO MECHANISM ensures that control is correctly translated from pulse form into the analogue form of a varying shaft angle. Pulses from amplifier codes servomotor to rotate the transmitter shaft one degree per pulse. Rotation is caused by brushes on position coder, which feed back one pulse to amplifier for each degree of rotation. Transmitter shaft convert shaft motion into varying electrical signal.



MACHINE DRIVE SERVO MECHANISM ensures that control is the form of a varying shaft angle. This signal is compared with the transmitter signal and a corrected signal is sent to the table drive.

(以下29頁に続く)



第 14 圖

(文 献)

機で駆動される commutator で 10∞ の周期で切り換えられておる。接触子は carbon brush である。発信子の信号は増巾器 A_0 を、受信子の信号は増巾器 A_s に入り、夫等の出力は位相検出用真空管の 6AS6 のグリッドに接続されている。 A_0 は リミッターを持ち 矩形波を出す。流速 0 の時 $\tau = D/C - K$ を $f/4$ のほぼ奇数倍にする。と第14図に示すようなパルスが 6AS6 に流れ、其のパルスの巾は上流より下流に発信した時に $f/2 - \tau_D$ となり、逆の時は $f/2 - \tau_V$ となる。ここで $\tau_D = D/C + v - K$ 、 $\tau_V = D/C - v - K$ である。此の差を取れば (4.5) に示す $\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2$ が求められる。

パルボルはやはり同期に 10∞ で切り換えられており、パルボルにかかる電圧 E_M を第15図に示す。此の第15図の E^U_P と E^D_P の差をパルボルが指示しその値は

$$\Delta E = E^U_P - E^D_P = 2igf \cdot \frac{DU}{C^2} \cdot R \dots (4.6)$$

となる。 ΔE は U に比例する点があり有利である。今 $ig = 20m.Af = 100 K.C$ 、 $D = 10c.m.$ 、 $U = 10c.m./sec$ 、 $C = 1.5 \times 10^8 c.m./sec$ 、 $R = 20K.\Omega$ とすると、 $\Delta E = 0.356V$ で可成り大きいので普通のパルボルで測定出来る。実験結果によると $1c.m./sec$ の流速を正確に測定出来て $1c.m./sec$ より $100c.m./sec$ 迄非常によく理論に一致した実験結果が得られたと云う。此の方法の応答の時定数は 10∞ で切替えておる場合は 0.5 秒程度であるが、エレクトロニクススイッチを用い、 100∞ で行えば更に速められる。超音波の周波数は管径により適当に定める必要があり⁽¹⁴⁾、管径を細くすると周波数を高くする必要がある。

本方法は未だ特殊目的の実験用程度であるが興味のある方法であるので簡単に紹介した。

(5) 結 言

電子装置を用いた流量計に関し其の概要に就て拙文を弄したが、少くとも我が国の工業計測に於て、流量測定は他の分野に比し最も遅れたものの一つである。流量測定に於ける電子管式自動平衡型にしても計測自体の進歩とは云い兼ねる。然も今日、流量の自動制御には圧力平衡式の新しく且つ有効な手段が取られつつあり、近代の寵児「電子装置」も流量測定に関する限り白面の未成年に過ぎない。

未だ我が国の工場で使用されていない前記新二方式の出現と共に、流量測定技術の進歩の爲には更に大巾な電子装置の導入を期待するものである。諸賢の御批判と御指導を賜ることを得れば幸い之に過ぎるものはない。

- ①西口 謙：計測 vol 3. No. 4 (1953)
- ②磯部 孝：計測 vol 2. No. 3 (1952)
- ③A. Kolin：R. S. I. vol 16, 109 (1945)
- ④J. S. Arnold：R. S. I vol 22, 43 (1951)
- ⑤糸川英夫：エレクトロニシヤン vol 1, 30 (1952)
- ⑥L. M. Gressmann and E. A. Shay：Mechanical Eng. vol 17, 744 (1949)
- ⑦A. J. Morris and J. H. Chadwick：Am. Inst. Elect. Eng. Trans. conferece Paper T-1-58 (1951)
- ⑧L. M. Grossmann and A. F. Chadyick：R. S. I. vol 23, 741 (1952)
- ⑨研野和人：計測 vol 3. 152 (1953)
- ⑩齋等良平：日立評論 vol 35, 913 (1953)
- ⑪J. W. Clark and J. E. Randoll：R. S. I. vol 20, 951 (1949)
- ⑫W. G. Games：R. S. I. vol 22, 989 (1951)
- ⑬H. P. Kalmus：R. S. I. vol 25, 201 (1954)
- ⑭R. E. Beatty：J. Accoust. Am. 22, 850 (1950)

(37頁より続く)

を $1mm$ に細分すると概算しても $1/50mm$ は区別出来ることになる。これを更に適当に直すと任意に精密さを表現出来る。これで電動機の回転量を比例的に自動制御すればよいと云うことになるのである。ここに通信理論と自動制御工学とを一体に応用して機械を運転すれば非常に精密な運動が出来ることになる理である。

テープ式が行われる前には計算器のように $3 \sim 5$ 桁の数字を置いてその回転でパルスを出し電動機で寸動して行く方法もあつた。

第13図は前年 Electronics (Vol. 26. P135(1953)) 紙上に発表された Punched-Tape Guide Milling Machine Cectters の系統図である。第14図の写真 5 枚はこの機械の構造を示すものである。(a) はフライス盤とその制御装置全体 (b) は制御装置の外観 (c) はテープ信号のリーダー (d) 試験製品 (e) は解説用サーボ系、及フライスの運動機構である。

8 むすび

電子装置を用いて機械工作を行う方法は次第に複雑になって来ている。更に電波技術の応用が考えられているようであるが、実用としては微削り装置は簡単なゼネレートまでであろう。しかし今後の発達により変化することは勿論である。特に微分解析機等を連結して曲面をゼネレートするためには設計計算するより早くてよいと思われる。