

可変動作速度 H-P 型サーボリフターの性能

Characteristics of Variable Operating Speed Type H-P Servolifter

秋 山 勝 彦*

Katsuhiko Akiyama

内 容 梗 概

サーボリフター（電動油圧押し機）が多くの荷役機械や、巻上機の制動装置に用いられることは周知のところである。一般に制動特性はその機械の仕様に適合せねばならぬので最良条件で運転を行うために動作特性の変えられるサーボリフターが要望されるようになってきた。

H-P型サーボリフターは、動作特性を自由に変えられるように考慮したもので、油圧部内に作動桿調節用の装置を装入してあり、動作速度を従来品の $1/20$ 程度の緩速度まで調節できるため制動特性を自由に選択できるものである。ここに動作速度を変える因子を考察し、従来のサーボリフターとの動作特性の比較について述べる。

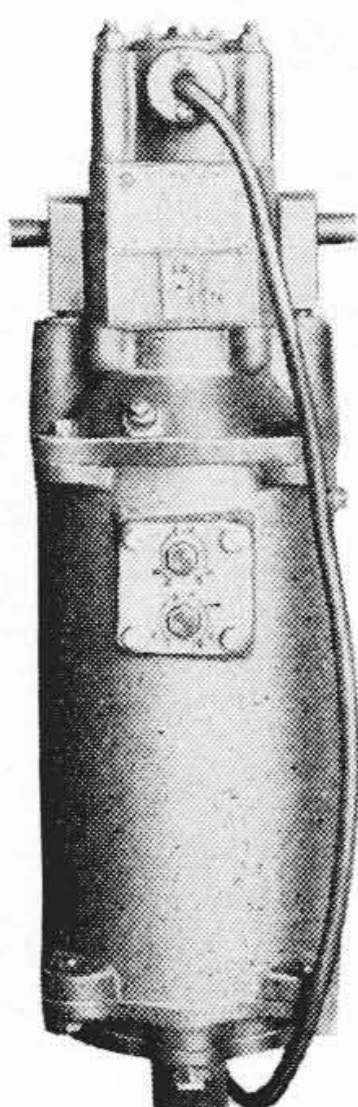
1. 緒 言

サーボリフターは、すでに述べたように⁽¹⁾、電動機と遠心力ポンプで負荷用ピストンに油圧を加え押し動作を行うものであるが、最適の動作時間は相手機械でそれぞれ異なるため、これらに適応するサーボリフターをそれぞれ製作することはいたずらに種類を増して好ましくない。

一般に動作特性は羽根車の形状、大きさおよび回転数などで変えられるが、回転数を変えるためには直流電動機とするか、周波数を変える必要があるため、その設備が必要でかつ、押し力も変化するため特別な場合以外は用いられていない。羽根車の形状、大きさを変える方法は確実ではあるが、動作特性を調整したいとき、羽根車を取り替えてやらなければならない不便がある。ここに述べる可変動作速度 H-P 型サーボリフターは、羽根車に流入する油量を調節して動作特性を変更できるもので、動作速度の範囲は従来品の $1/20$ 程度の緩速度に調節できるものである。以下本機の特長について述べる。

2. ピストンの動作速度 可変方法

ピストンおよびこれと一体になっている作動桿（以下ピストンという）の動作速度を変えるのには、電気的なものと機械的なものの二つが考えられる。電気的な方法として用いられているものの一つは、巻線型電動機の二次側にサーボリフターの電源を接続し、二次周波数を利用してサ

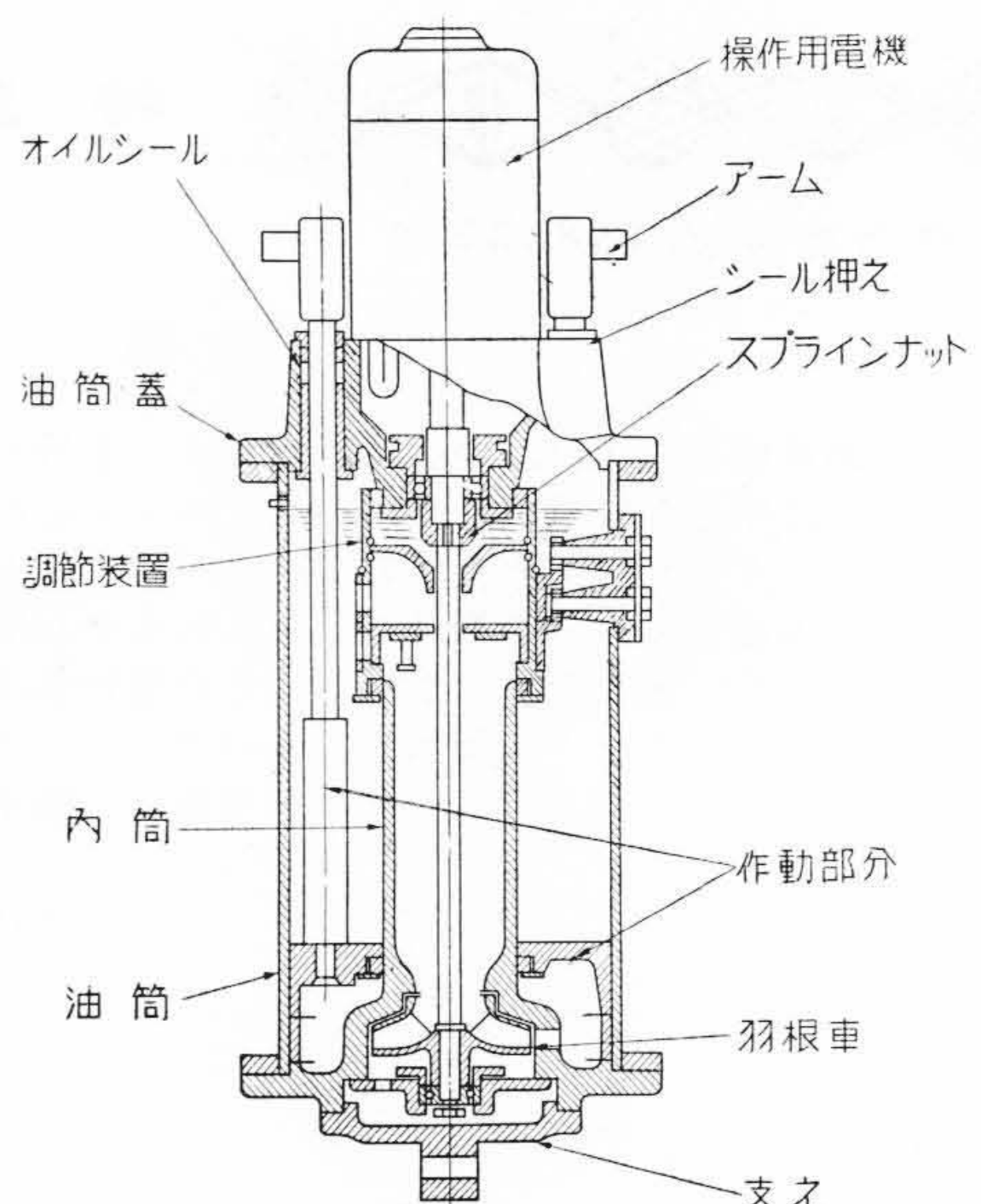


第1図 日立
H-P型サー
ボリフター

ーボリフターの電動機回転数を変えるものであり、CF制御⁽²⁾⁽³⁾はこれによっているが、一般の用途には採用困難である。機械的な方法としては、羽根車の形状、大きさおよび油路を変えることが考えられる。このうち、羽根車の形状および大きさを変更するものは、特性が限定される。しかるに油路の大きさを変更して羽根車に流入する油量を変えてピストンの動作速度を変更する方法は、羽根車の吐出圧力を一定に保持できるため、押し力を変えらぬのでこの方法を本仕様のサーボリフターに採用した。油量の調節方法には種々あるが、油の漏洩、操作などの点から羽根車の流入側で行うのが最も良い構造と考えられる。

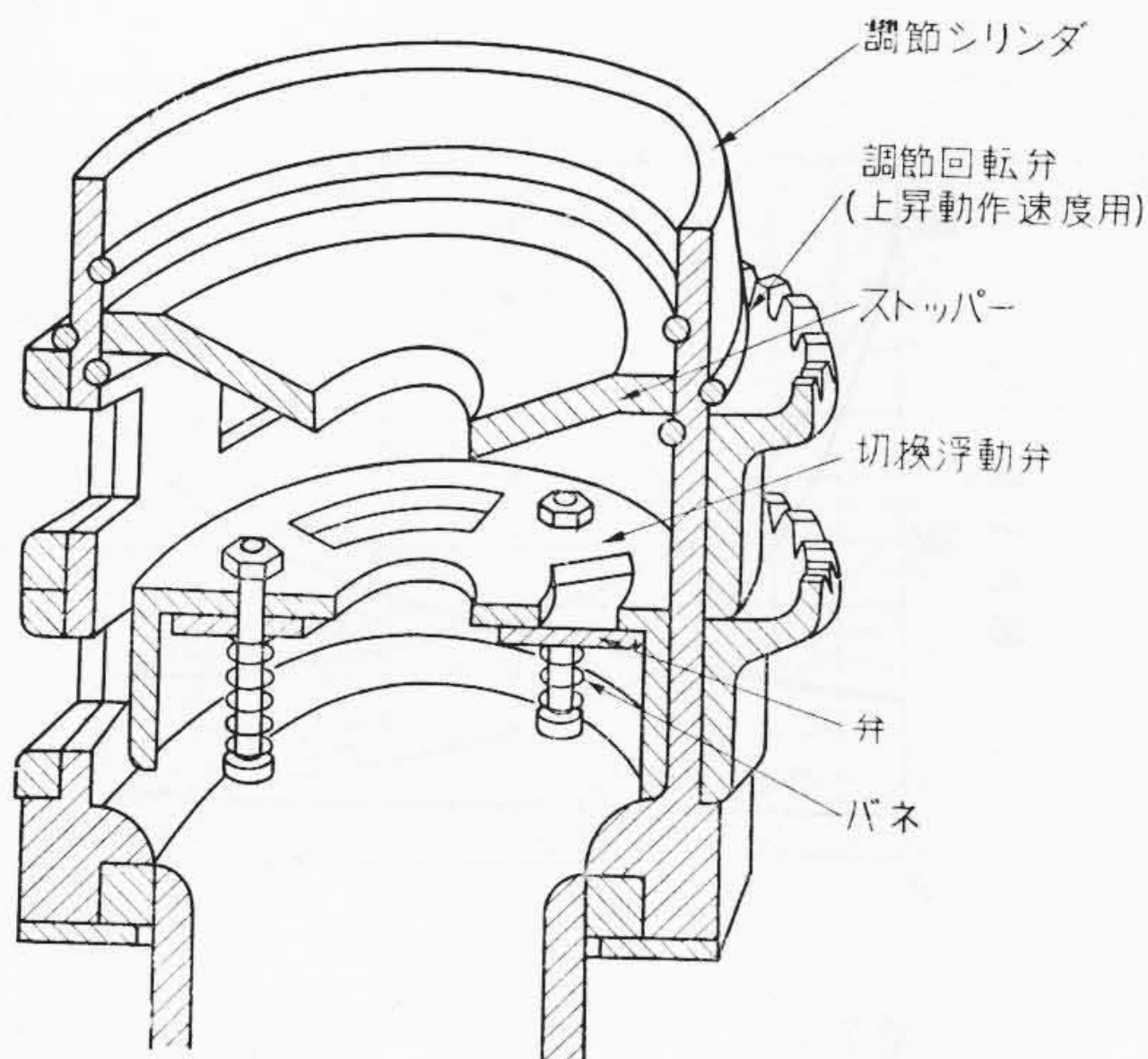
3. 構 造

サーボリフターの構造はすでに⁽¹⁾に詳しく述べてあるか



第2図 H-P型サーボリフター構造図

* 日立製作所亀戸工場



第3図 調節装置

ら、ここではH-P型サーボリフターの主要部分だけに
き述べる。

第1図は日立可変動作速度 H-P 型サーボリフターで、
第2図はその構造図である（特許申請中）。従来品と異
なる点は、ピストンの動作速度の調節装置（以下調節装
置という）を内筒と油筒蓋の間に装入したことである。
調節装置は第3図に示すように調節シリンダ、調節回転
弁、切換浮動弁、弁およびバネからできていて、調節シ
リンダと調節回転弁は円周上で仕切弁を構成している。
この仕切弁は調節ロッドで外部から操作することができ
る。2個の調節回転弁のうち上側にあるものはピストン
の上昇動作速度の調節用で、下側にあるものはピストン
の下降動作速度調節用である。切換浮動弁はシリンダに
設けた上昇用もしくは下降用仕切弁のいずれか一方をふ
さぐために装入してあり、これについている弁は、ピス
トンの上昇動作中だけ油を通すチェックバルブとなつて
いる。

4. 動作特性

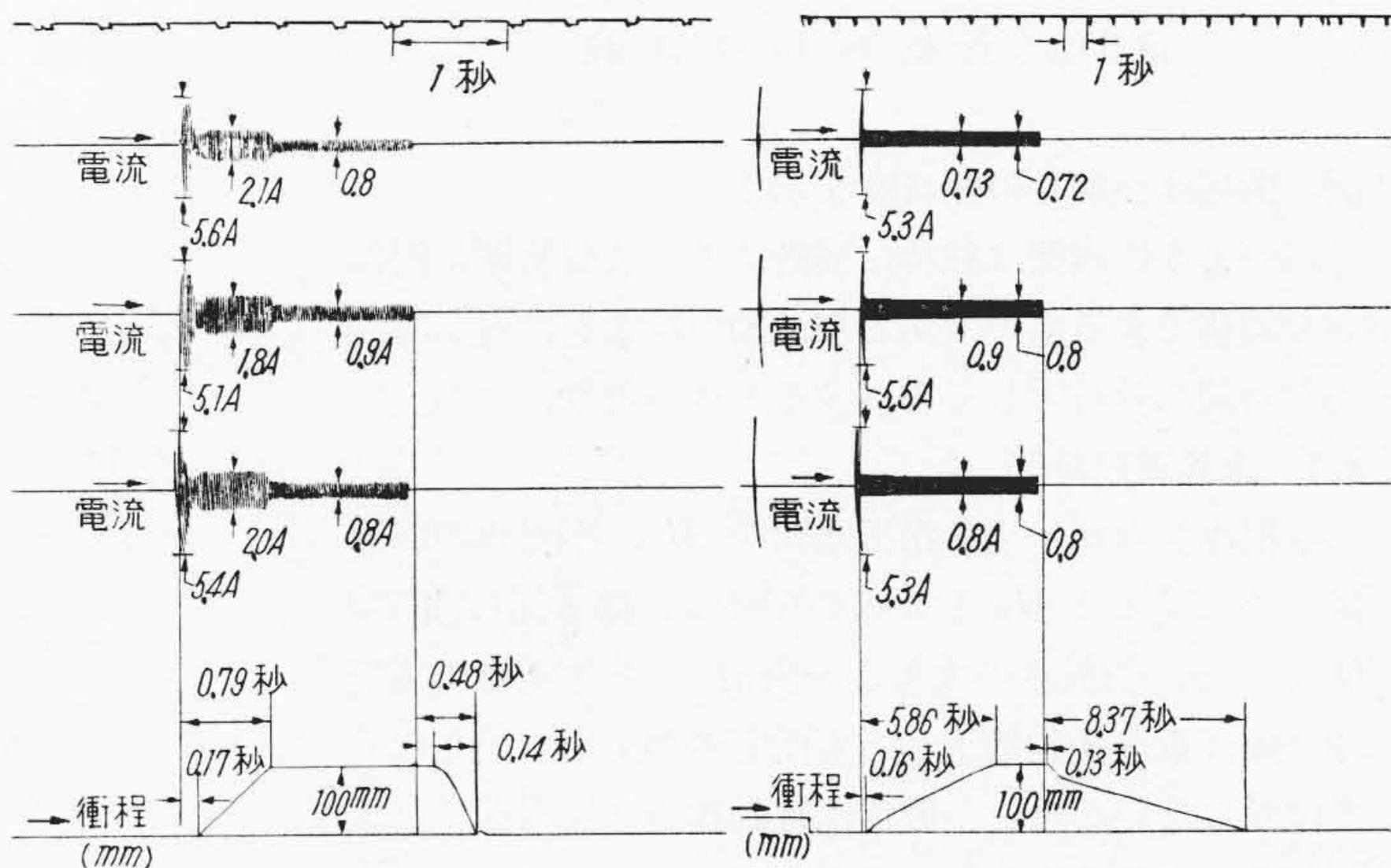
電動機を付勢すると、羽根車が回転し、内筒内の油を吸い込み、ピストン
下面に吐き出し、吐き出し圧力がピス
トンの負荷圧力（以下荷圧という）に相
当したときからピストンを押し上げる
ことは従来品とまったく同じであるが、H-P型サーボリフターは、すでに
述べたように、調節装置が内筒と油筒
蓋の間に装入してあり、ピストン上面
と、内筒内とが完全に分離できる構造
になつているので、上昇速度調節用の
仕切弁が全閉状態になつていると、羽

根車は、内筒内の油量を若干吐き出しピストンを押上げる
が、それ以後は、内筒中の圧力が下り油を吐出しない
ため押上げ不能になり、ピストンはその位置で停止の状
態に保持される。今、調節ロッドでわずかに仕切弁の開
きを増してやると、油はここより羽根車に流入し、流入油
量相当分の早さでピストンを押上げる。電源を切り離す
と、羽根車は減速して吐き出し圧力は荷圧より小さくな
りピストンが下降することは従来品と同じであるが、
H-P型サーボリフターでは前述の調節装置が装入してあ
るため、上昇時間と同様に下降時間を変えることができ
る。動作を概説すると、荷圧のためピストン下面の油は
羽根車を逆流し、まず切換浮動弁をストップまで押上げ
て下降速度調節用の仕切弁を開くが、調節回転弁の位置
によつて、仕切弁が全閉になつていると、油の逃げ場が
なくピストンは下降を停止する。そこでわずかに上昇時
と同様に仕切弁の開口度を増してやると、油はここより
ピストン上面に流出し、この油量相当分の速度でピスト
ンは下降する。以上は、上昇速度および下降速度とも調
節できる構造のものであるが、用途によつては上昇速度
だけ、あるいは下降速度だけ調節できるものが望まれる。
この際は、調節回転弁のいずれか一つを取り付けるだけ
でよい。

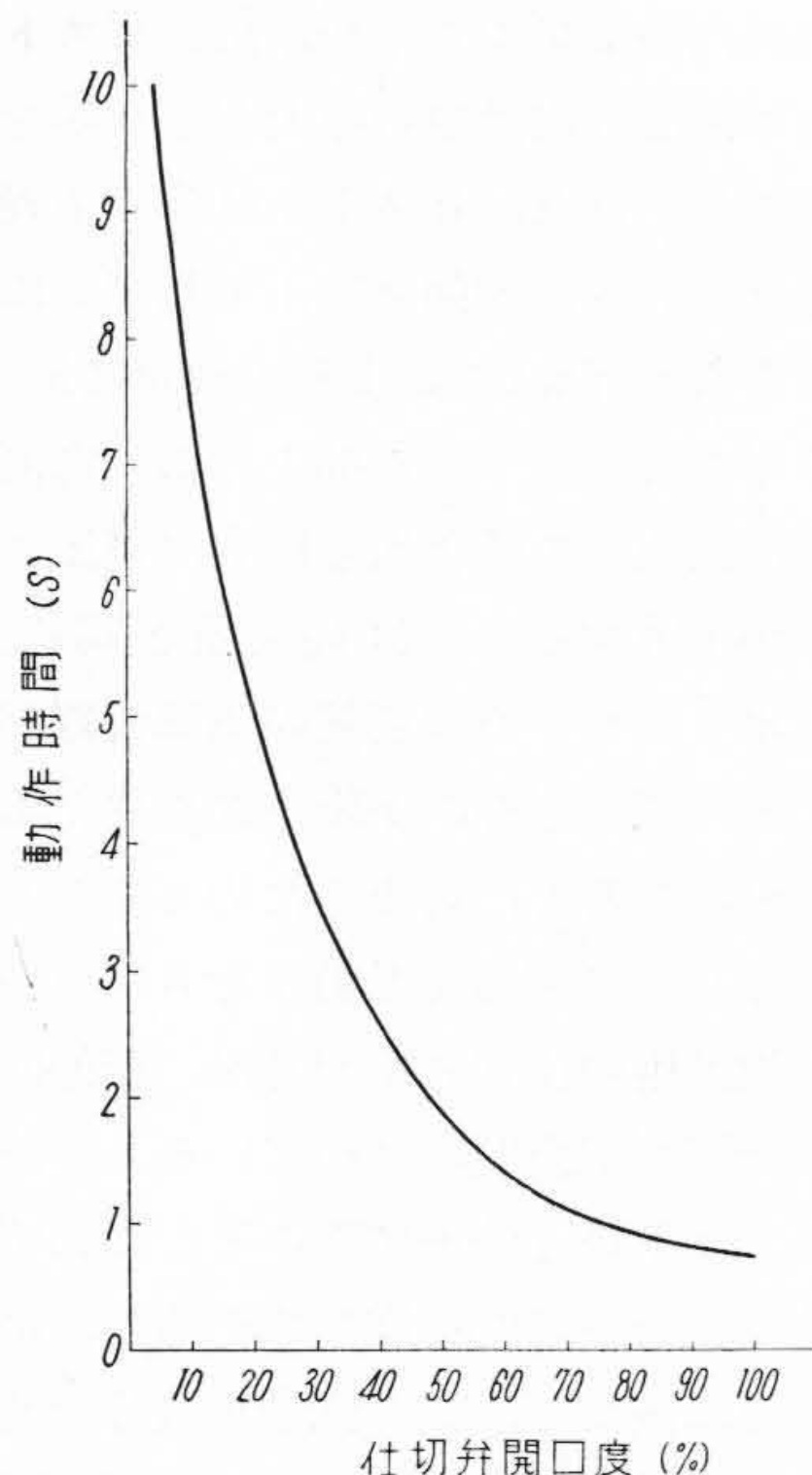
なお本機の構造は切換浮動弁で上昇用、下降用仕切弁
部を切換えているから、上昇速度の遅速にかかわらず下
降速度を一定にでき、また下降速度の遅速にかかわらず
上昇速度を一定にしうる。

第4図はオシログラムの一例で、電流と、ピストンの
動きを測定したものである。左側の図は調節装置の仕切
弁を上昇用、下降用とも全開にした際のもので、右側は
開口度数パーセントの際のものである。

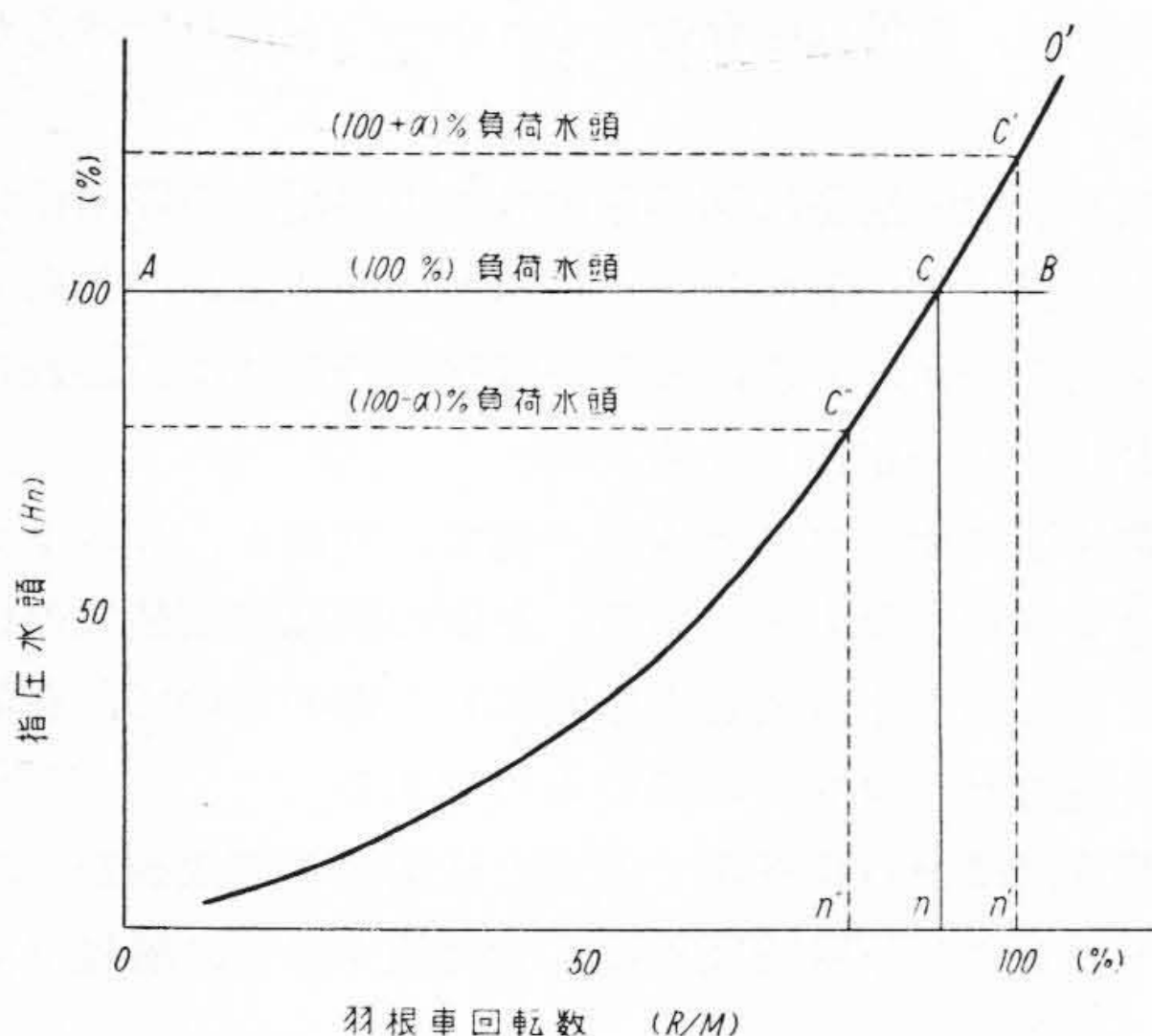
第5図は全負荷荷重で前述の仕切弁を逐次調節した際
の上昇および下降時間を測定した値を示し、縦軸は動作



第4図 H-P 75kg-100mm 動作特性オシロ



第 5 図 動作時間 (H-P 75kg-100mm サーボリフター)



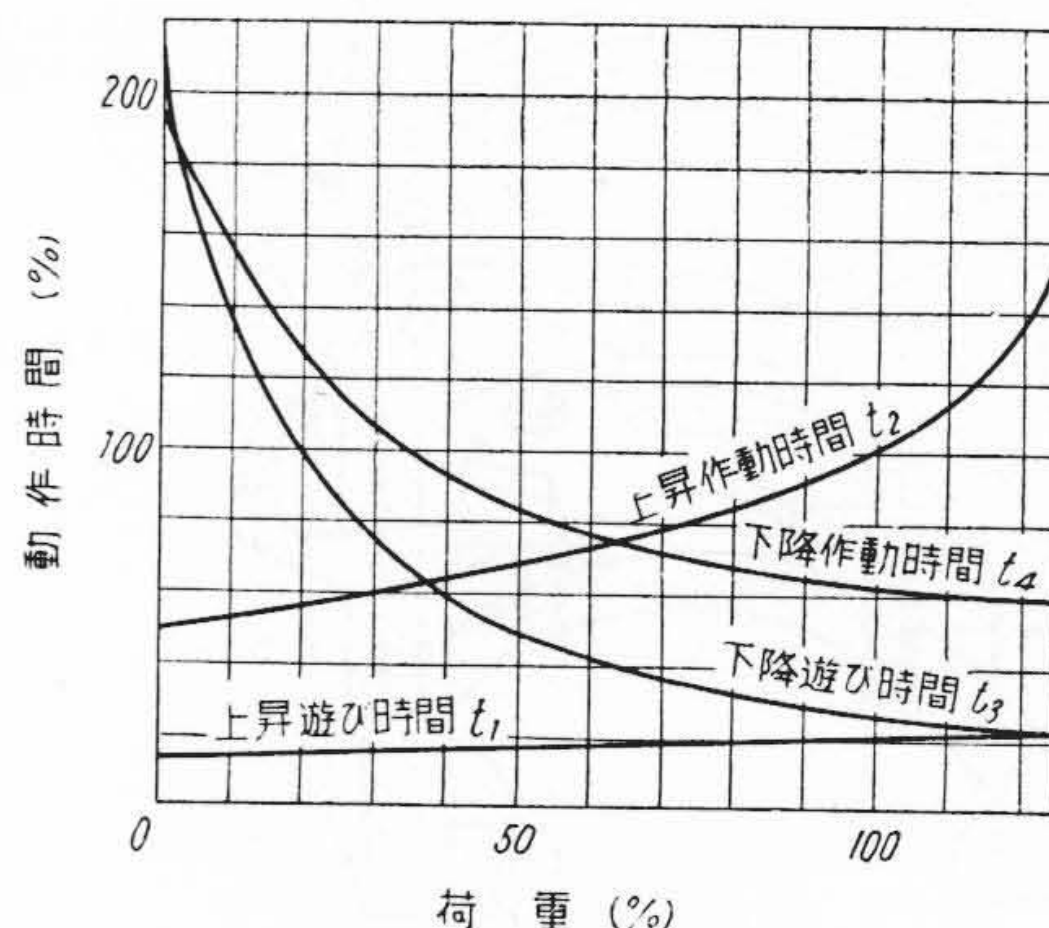
第 6 図 羽根車特性曲線

時間、横軸は仕切弁の開度を示す。

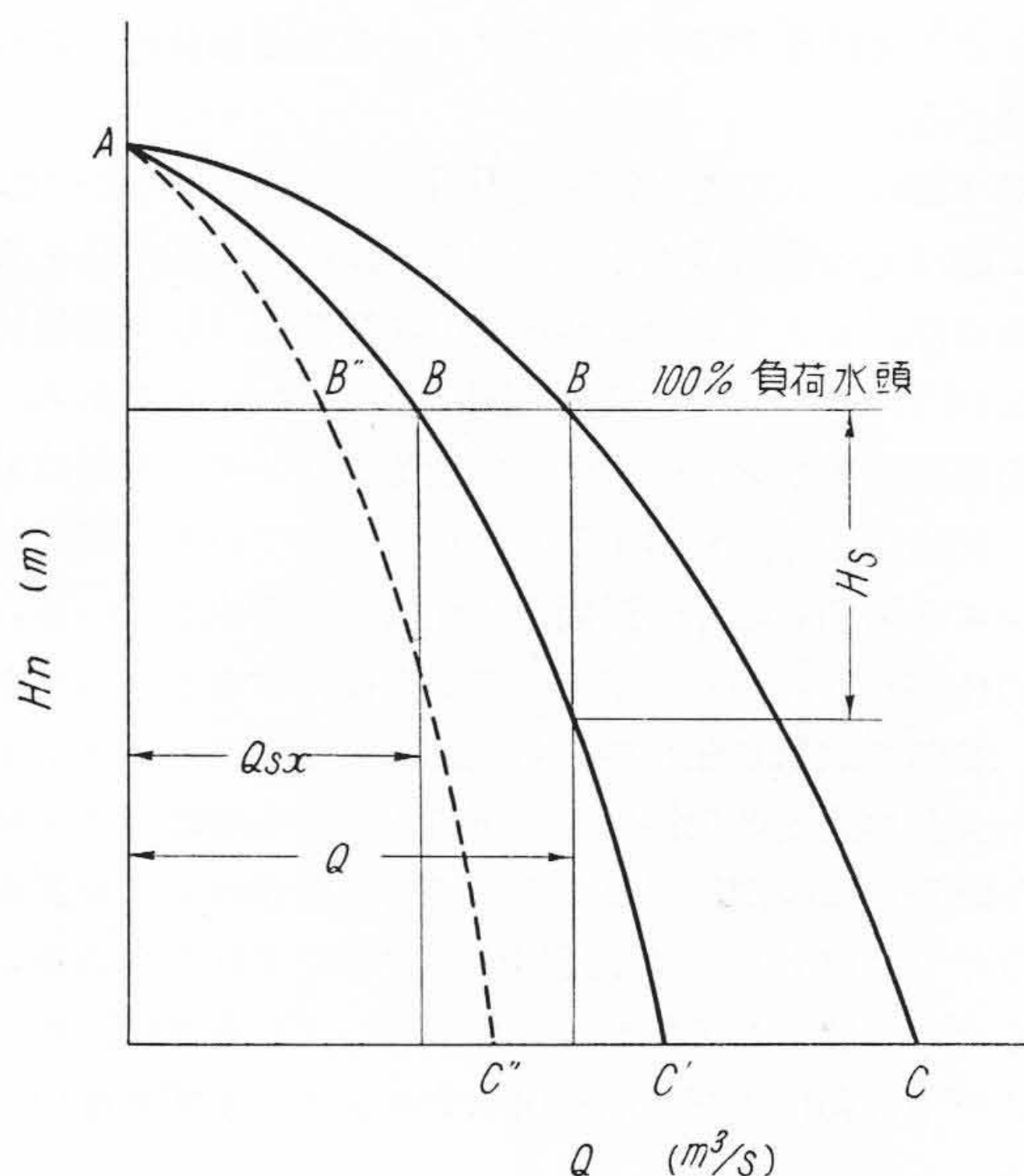
上述のように本機は独特な機構によつて広範囲に動作時間を調整できるものであるが、動作特性を、遊び時間と動作時間に分析⁽⁴⁾して考察すると次のようになる。

4.1 上昇遊び時間 t_1

羽根車から発生する指圧水頭を H_n 、羽根車の回転数を n とすると H_n と n の関係は、第 6 図の曲線 $O-O'$ となる。羽根車の大きさの決定は、普通電源の電圧や、周波数が変動低下しても所定の押上力を出さなくてはならないから、一般には電動機の全速回転より低回転側で作動するように決定している。ピストンにかかる 100% 荷圧水頭を直線 AB とし、指圧水頭との交



第 7 図 サーボリフター特性曲線



第 8 図 仕切弁の開度による $Q-H_n$ 曲線の変化

点を C とすると、 C 点で荷圧と指圧水頭がつり合い、ピストンは上昇を始めようとする。交点 C は、負荷の大小で変り、点線で示すように負荷が増加すると C' 点に、減少すると C'' 点となる。このときの回転数を n 、 n' 、 n'' $n\alpha$ とし、 $n\alpha$ 回転までに要した加速時間を $t\alpha$ とすると

$$t\alpha = \frac{GD^2 n\alpha}{375 T\alpha} \dots\dots\dots (1)$$

となる。 $t\alpha$ が上昇遊び時間 t_1 に相当し $t\alpha = t_1$ となる。ここに GD^2 は回転体のフライホイール効果で一定のものである。 $T\alpha$ は電動機の平均加速トルクで羽根車の反抗トルクに対しきわめて大きく、厳密には羽根車

の回転数で変化するものであるが、あまり変らないものと仮定すると、上昇遊び時間 t_1 は $n\alpha$ 、すなわち負荷の大小によつて変化する。第7図にこの特性を示したが図でわかるように荷重による差はきわめてわずかである。

4.2 上昇動作時間 t_2

前述のように、羽根車は $n\alpha$ 回転になつて油を吐き出しピストンを押上げるが羽根車で生ずる指圧水頭 H_n と、吐き出量 Q との関係は第8図の曲線 ABC のようになつてゐるため荷重が変わるにしたがつて流量 Q は変化し、ピストンの上昇動作時間は第7図の t_2 のように変化する。しかるに H-P 型サーボリフターは、羽根車の吸入側に仕切弁がありこれの開口度による流入の損失水頭 $H_s^{(5)}$ が作用するため第8図の $Q-H_n$ 特性曲線 ABC は、指圧水頭 (H_n) — 流入損失水頭 (H_s) により $AB'C'$ もしくは点線 $AB''C''$ のようになつてゐる。同一水頭に対する流量は変化する。損失水頭 H_s は、仕切弁全開時の流入速度を V_s (m/s)、この際の仕切弁係数を ζ_s とすると、 $H_s = \zeta_s V_s^2 / 2g$ で与えられて第8図の H_s はこれを示している。図中 Q は仕切弁開口度 100% の流量で Q_{sx} はある程度しぼつた際、 H_s によつて得られた流量である。仕切弁係数 $\zeta_s^{(5)}$ は開口度で変化するため短形仕切弁の開き長を d'_s (m) とすると、 $H_s = \varphi(d'_s)$ で表わされるため Q_{sx} は d'_s によつて自由に変更でき、したがつて上昇動作時間が変えられる。この時間を t_2 とすると

$$t_2 = \frac{V}{Q_{sx}} \dots\dots\dots (2)$$

で得ることができる。 V はピストンが上昇しきつた際のピストン下部の容積である。

次に本機を衝程により荷重が変化するようなもの（たとえばバネ荷重による場合）に用いる際は、前述のように上昇動作時間は荷重で変わるうえに仕切弁の開口度でさらに変えられるため上昇動作時間はさらに変化する。すなわちこのときの Q_{sx} は荷重によつて増減するためこれを Q'_{sx} とすると、

$$t'_2 = \frac{V}{Q'_{sx}} \dots\dots\dots (3)$$

で表わされる。

4.3 上昇時間 T_u

一般にいう上昇時間とは、上昇遊び時間と、上昇動作時間の和を呼んでいて T_u を上昇時間とすると、

$$T_u = \frac{GD^2 n \alpha}{375 T \alpha} + \frac{V}{Q_{sx}} \dots\dots\dots (4)$$

$$T_u = \frac{GD^2 n \alpha}{375 T \alpha} + \frac{V}{Q'_{sx}} \dots\dots\dots (4')$$

で (4) 式は荷重一定の場合の (4') 式は荷重が変る際の上昇時間である。

4.4 下降遊び時間 t_3

下降遊び時間は、電源を切り離してからピストンが下降し始めるまでの時間で、第6図の O' 点からピストンにかかる荷圧と羽根車から発生する吐出圧力とがつり合う回転数 n に減速するまでの時間に相当している。羽根車が油の中で回転してる際の反抗トルクを T_R 、電動機自体の機械損に相当する反抗トルクを T_m とし、制動側に働く制動トルクを T_B とすると、 $T_B = T_R + T_m$ で電動機が全速から減速して n になるまでの回転速度差を n_B とすれば減速時間 t_B は、

$$t_B = \frac{GD^2 n_B}{375 T_B} \dots\dots\dots (5)$$

となり、この t_B が下降遊び時間 t_3 に相当し $t_B = t_3$ になる。下降遊び時間は、上昇遊び時間と異なり T_B が小さいため n_B の大小すなわち荷重の大きさによつて変化する。

4.5 下降動作時間

下降動作時間は、前述のように羽根車の吐出圧力が荷圧より小さくなり、ピストン下部の油が羽根車の中を逆流し、ピストンが下降し始めてから全衝程を下降するまでの時間で、従来品では荷重によつて第7図の t_4 曲線になる。しかるに H-P 型サーボリフターは、羽根車の上部に流出油量を調節する仕切弁があり、今仕切弁による流出損失水頭を H_a 、仕切弁全開時の流出速度を V_a (m/s)、この際の仕切弁係数を ζ_a とすると、 $H_a = \zeta_a V_a^2 / 2g$ で求められる。今ピストンの荷圧による水頭を H_p とすると、この H_p と H_a の差すなわち $\Delta H = H_p - H_a$ で、 ΔH の大小によつて内筒内を逆流する油の流量が決められ、これを Q_{ax} とすると Q_{ax} は上昇の際と同様に d'_a によつて変化する。したがつて $\Delta H = \varphi(d'_a)$ で表わされるから (この d'_a は d'_s と同様に仕切弁の開き長である)。ピストンの下降動作時間が変えられ、この時間を t_4 とすると、

$$t_4 = \frac{V}{Q_{ax}} \dots\dots\dots (6)$$

でうることができる。

次に本機を衝程により荷重が変化するようなものに用いる際には上昇動作時間と同様に、さらに変更でき、この時間を t'_4 とすると、

$$t'_4 = \frac{V}{Q'_{ax}} \dots\dots\dots (7)$$

で表わされ、 Q'_{ax} は荷重によつて変化する流量である。

4.6 下降時間 T_D

一般にいう下降時間とは、下降遊び時間と、下降動作時間の和を呼んでいて T_D を下降時間とすると、次のようになる。

$$T_D = \frac{GD^2 n_B}{375 T_B} + \frac{V}{Q_{ax}} \dots\dots\dots (8)$$

$$T_D = \frac{GD^2 n_B}{375 T_B} + \frac{V}{Q'_{dx}} \dots \dots \dots (8')$$

(8) 式は荷重一定のさいの下降時間で (8') 式は荷重が変わる際の下降時間である。

以上 H-P 型サーボリフターの調整可能な理由を一般式で論じてきたが、サーボリフターの遊び時間は上昇、下降とも小さいものが望ましい。しかるに一般には上昇遊び時間を小さくすると第 6 図および (1) 式 (5) 式でわかるように下降遊び時間は大きくなる。この対策として上昇遊び時間を小さくするため (1) 式の $T\alpha$ を大きく、下降遊び時間を小さくするため GD^2 の小さい電動機にしている。また従来のサーボリフターでは動作時間は荷重によつて変り、これの調節が困難であつたが、H-P 型サーボリフターでは (4) 式および (8) 式の 2 項により自由に調節できるため、上昇および下降の時間を同じにすることや、荷重のいかにかわらず動作時間を一定に調節できるなどの特長をもっている。

5. 応 用

すでに述べたように、H-P 型サーボリフターは従来品で得られぬ特性をもっているから種々な用途に用いられて好評を博している。次にこの応用例を述べる。

5.1 制動装置として用いられる場合

制動装置としては特に衝撃をさけるようなものに多く用いられている。たとえばクレーンの横行用もしくは走行用制動装置とか、巻上機の非常制動装置などである。これらはクレーンの場合、荷を吊つた状態で無

理のない制動を与えると荷の振れなどの悪影響を与えないからであり、巻上機などではロープがシャクリなどをおこさないからである。

5.2 起動用として用いられる場合

トルクを伝動する際、負荷トルクがきわめて大きいものではトルクを徐々に伝達しなくてはならない。たとえば大型の超同期電動機の起動用とかクラッチなどに好適なものである。

5.3 そのほかの場合

数台のサーボリフターを同時に用いる際とか、扉の開閉および特に貴重な物を徐々に直線運動させるようなものなどに好適である。

6. 結 言

H-P 型サーボリフターは、ピストンの動作時間を従来のサーボリフターの 20 倍程度まで自由に調節できる特長を有しているため、衝撃をきらう制動装置をはじめ、緩速度を必要とする諸装置や、時間調整を要する機械に用いて好適である。

本機は今後ますます多方面に使用されるものと思われるが、より良いものへの努力をさらに続けてゆきたいと考えている。

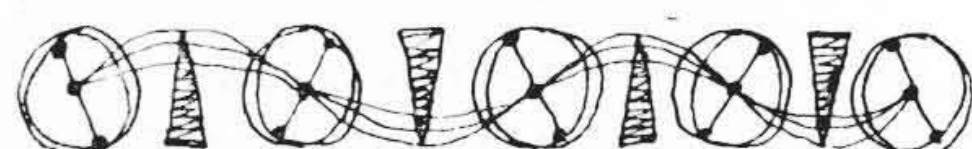
参 考 文 献

- (1) 上村：日立評論 21, 697 (昭 13-10)
- (2) 森泉：日立評論 25, 94 (昭 17-2)
- (3) 森泉：日立評論 26, 390 (昭 18-7)
- (4) 鈴木：日立評論 25, 766 (昭 17-12)
- (5) 機械工学便覧 8-36, 2・3・7 昭 26 年版



製 品

紹 介

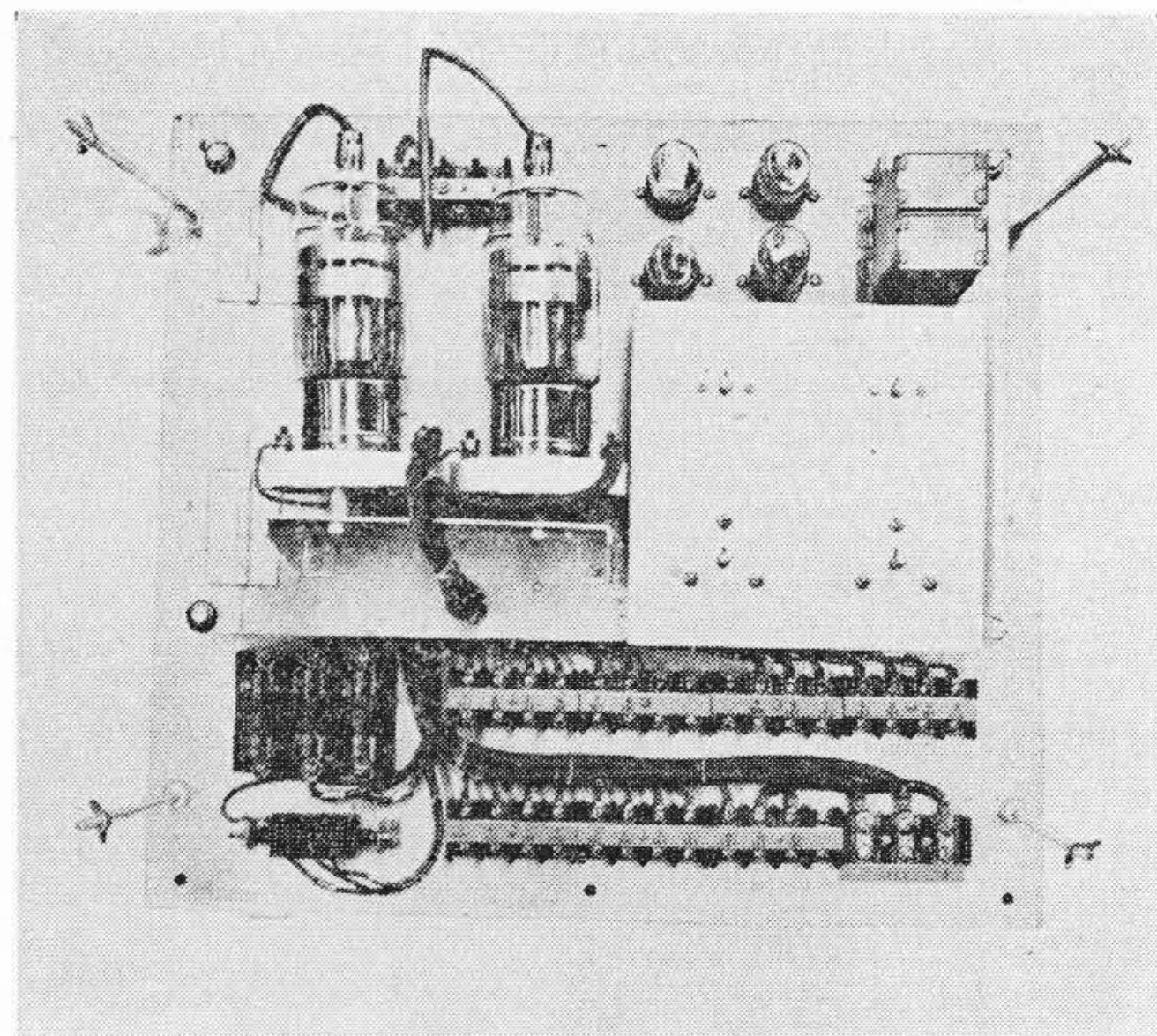


IC モーター制御装置

インダクションカップリングモートル (略称 IC モートル) の制御装置として写真のようなサイラトロンによる自動制御装置が広く使用されている。

本装置は速度を広範囲にわたり無段階にえられ、速度変動率の少ない特長を有している。

日立製作所ではすでに工作機械、撚線機、コンベヤ、フィダ、印刷機、各種試験装置などに使用し、好評を得ている。



第 1 図 IC モーター制御装置