

クレーン無線制御装置

Radio Control Equipment for Cranes

市川 博 昭*

Hiroaki Ichikawa

薮

博

昭*

Hiroaki Yabu

内 容 梗 概

全トランジスタFM無線送受信機を用い、無免許で利用できる微弱電波で溶接機の発生するアーク雑音下においても約130mの距離から誤動作することなくクレーンの操作ができた。操作にはユニバーサル・コントローラを採用し、同時に多操作を任意に行なえる独得の信号回路方式を開発してこれを使用した。本稿はこの信号回路方式および、周囲の環境と搬送周波数の関係などについて述べている。

1. 緒 言

労働力を合理的に使用しようということから、従来2人を要したクレーンの運搬作業を1人で行ないたいという要望、あるいは危険を伴う場所での運転作業の排除、高所からでは現物が見にくいために起こる作業能率の低下……などの問題から遠方制御の要求が種々あった。日立製作所は、昭和35年、業界にさきがけてクレーンの無線制御装置を発表した⁽¹⁾。その後、トランジスタおよびその応用技術の進歩、さらに圧電音さによる発信器、誘波器の発明⁽²⁾によりここに全トランジスタ化したクレーン無線制御装置を完成し、前記問題を解決することができた。

本装置は、操作者が扱いやすいように携帯用制御部分の小形軽量化をはかるとともに、従来の操作と同じような感覚をもたせるため、ユニバーサル・コントローラを用い、機器を任意に始動、停止、低速運転、高速運転できるようにした。

信号を送る電波には、無免許で使える微弱電波を採用しているが、独得な信号方式の採用により、たとえば電気溶接の作業場においても約130mの距離からでも自由に操作でき、さらに周囲雑音の大きな場所では全体の運転が停止するというように、誤動作の心配のない操作が可能である。

ここでは、作業環境による雑音分布状況、信号回路方式およびその結果について述べる。

2. 作業環境による雑音分布

無線制御装置の有効範囲、および誤動作の可能性は、周囲雑音によって大きく左右される。特にクレーンにおいては、電波使用が容易なように、また、操作者が電波取扱上の特殊資格がなくてもできるようにするために送信機から100m離れた点における電界強度が15 $\mu\text{V}/\text{m}$ 以下のものでないといけない。かかる微弱電波を使用するので特に周囲の雑音条件を知っておく必要がある。

幸いにしてA製鉄所および、B造船所における溶接作業現場の雑音を測定する機会にめぐまれたのでこの必要を満すことができた。

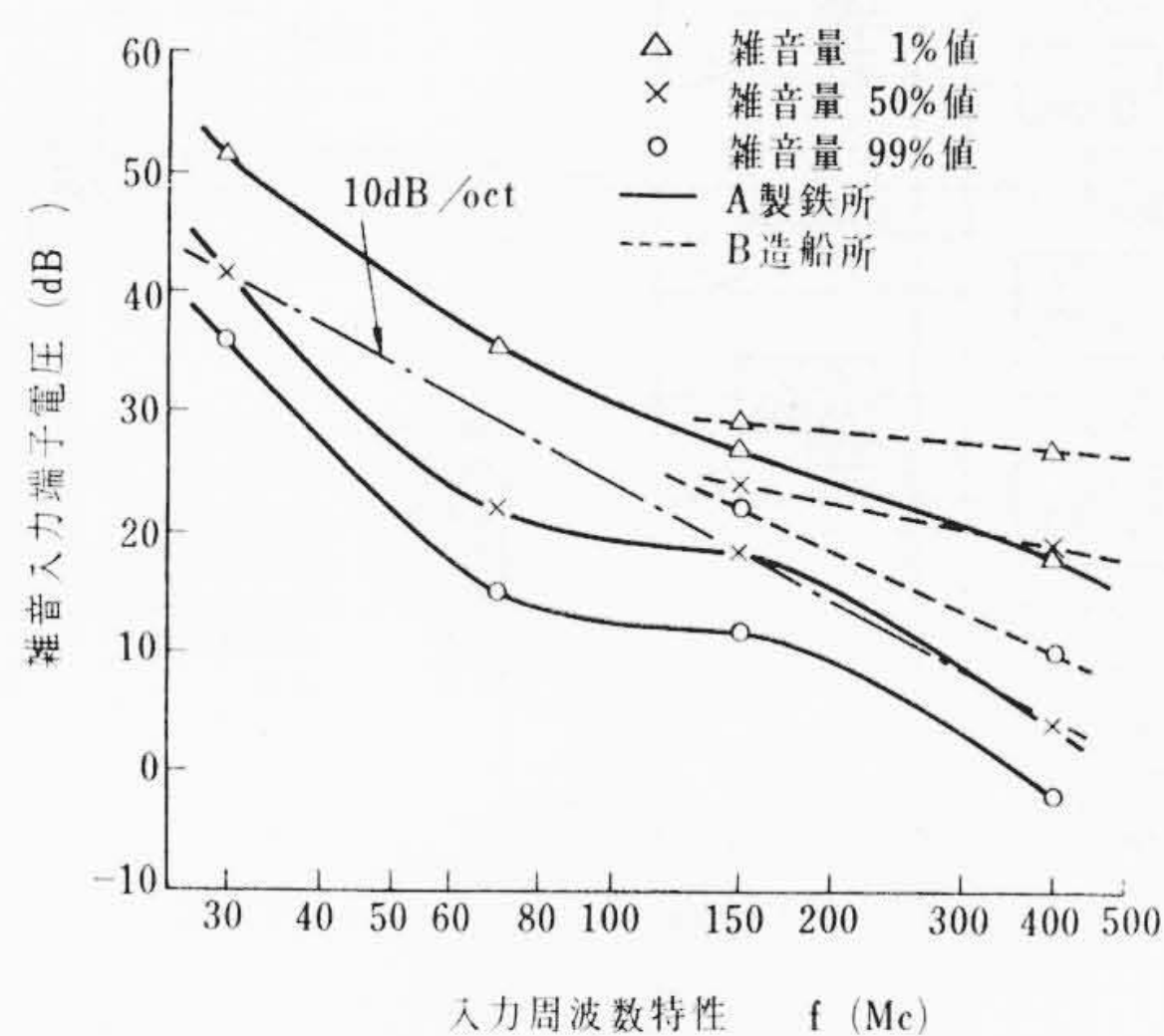
製鉄所および造船所の雑音発生源としては高周波設備（乾燥機、誘導炉、焼入機など）、溶接機などがあり、測定の結果雑音入力（周波数特性）は第1図のような値になった。

外来雑音は $f^{-2.4}$ (f =周波数) に比例するといわれているが⁽³⁾、実測によればA製鉄所で10 dB/oct (dB/octave)、B造船所では資料が少ないので断定はできないが、ほぼ $f^{-2.4}$ に比例していると考えられる ($f^{-2.4}$ の場合、7.2 dB/oct の周波数特性となる)。

いずれにしろ、雑音入力は周波数が高くなるほど小さくなる。すなわち、周波数が高いほど、雑音の影響は少なくなるわけである。

今、40 Mc 帯における雑音を1 (=0 dB) とした場合、80 Mc 帯、お

* 日立製作所日立工場



第1図 雑音入力周波数特性

第1表

周 波 数	B 造 船 所	A 製 鉄 所
40 MC 帯	0 dB	0 dB
80	-7.2	-10
150	-13.5	-19

よび150 Mc 帯では、それぞれ第1表の値だけ雑音入力は減少することになる。

市街地においてはビルディングの影響として電波伝播損失は $(40/f_{\text{Mc}})^2$ だけ増加するという実験式が提示されている⁽⁴⁾。クレーン無線についても工場構造物の影響としてこの損失を見込むと、受信点が構造物の陰になることによる遮へい損失のほかに

40 Mc 帯の伝播損失の増加	0 dB
80 Mc 帯の伝播損失の増加	6 dB
150 Mc 帯の伝播損失の増加	12 dB

となり伝播損失に関する限り、周波数は低いほうが有利となる。

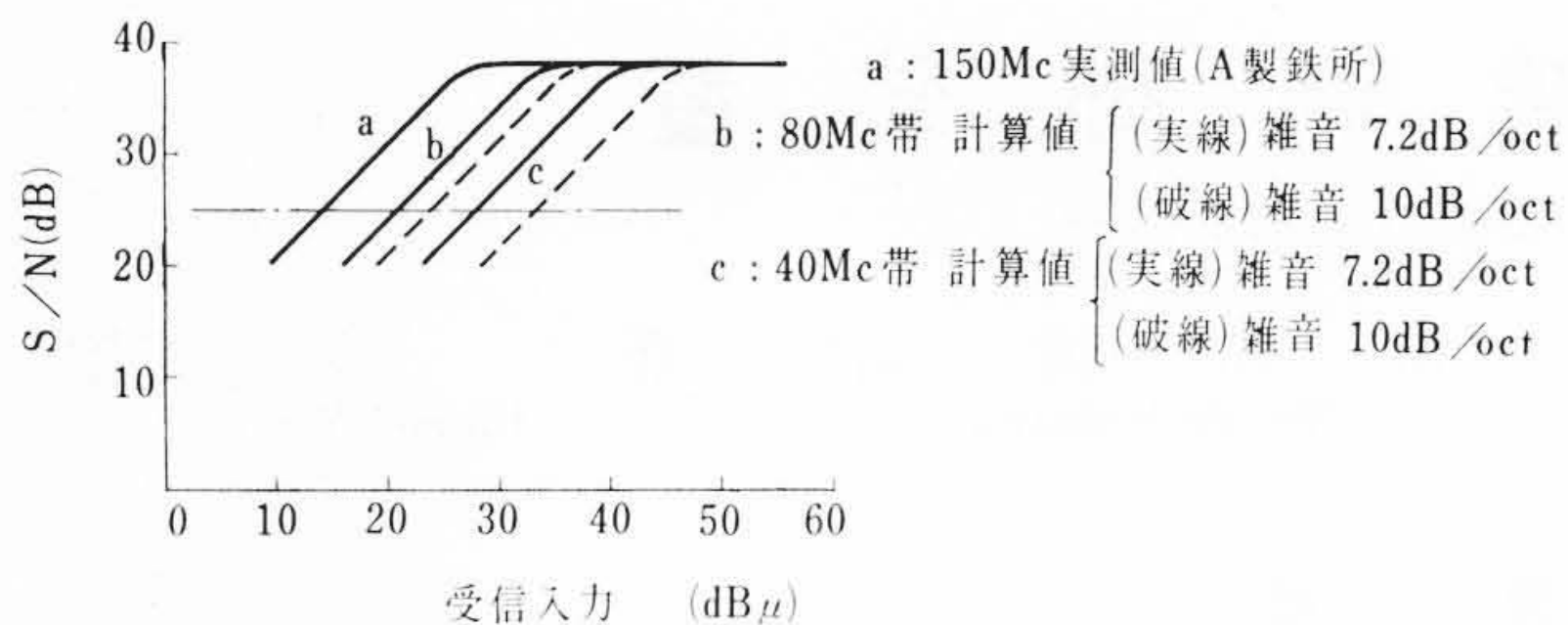
クレーン無線制御装置では、操作を確実にこなわせるため S/N (50%値) は少なくとも25 dB 以上が必要である。この S/N 比を得るに必要な受信入力は、第2図から求めると次のようになる。

40 Mc 帯所要受信入力	28~33 dB
80 Mc 帯所要受信入力	21~23 dB
150 Mc 帯所要受信入力	(約) 14 dB

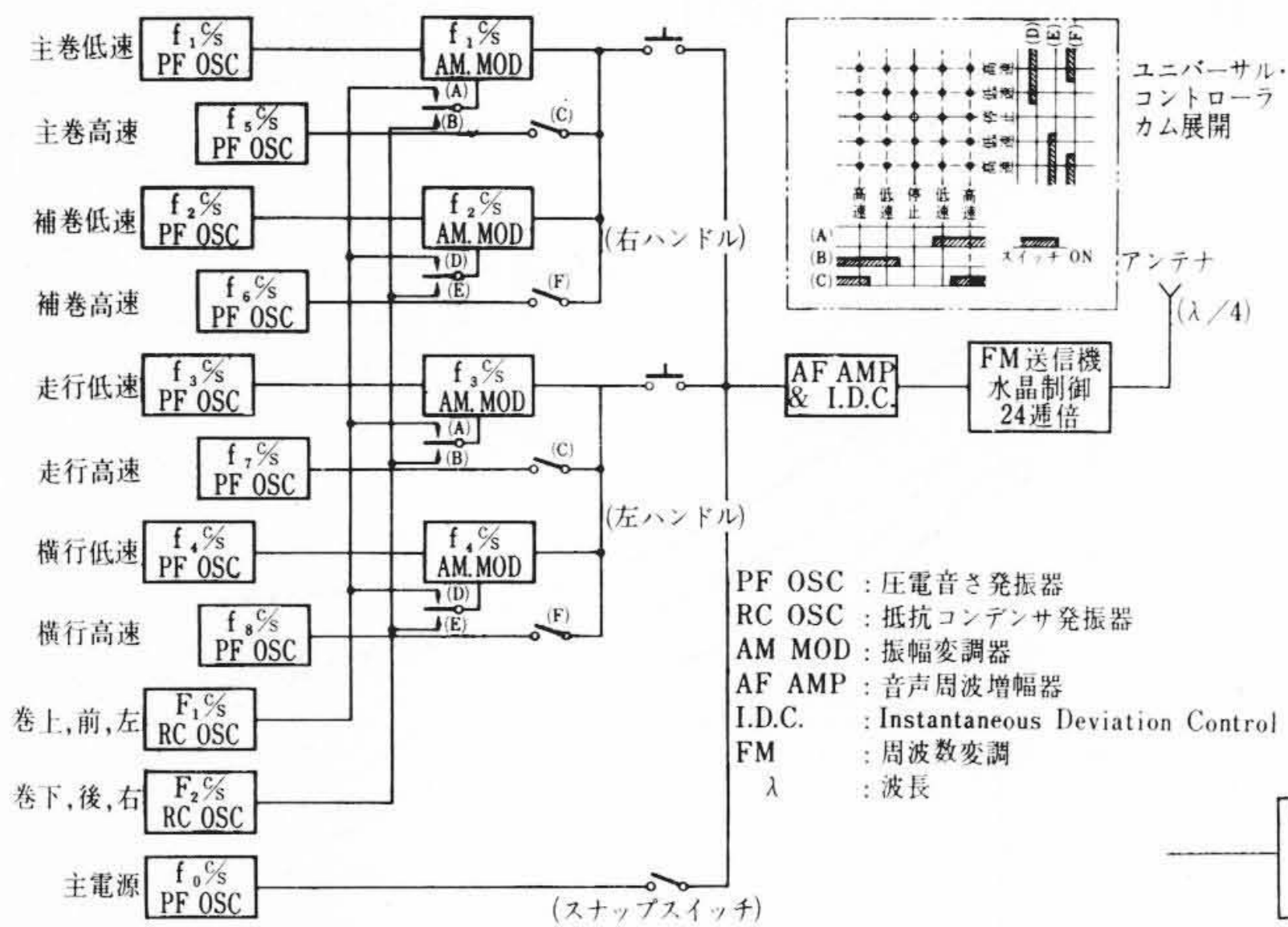
これらの状況から搬送周波数を選ぶには150 Mc 帯を用いたほうが、より有利であるといえる。

3. 制御信号方式

クレーンの操作においては、それぞれの操作における低速運転と高速運転とが任意に、独立して行なえなくてはならない。また低速



第2図 各周波数帯における入力対S/N比



第3図 送信制御器回路図

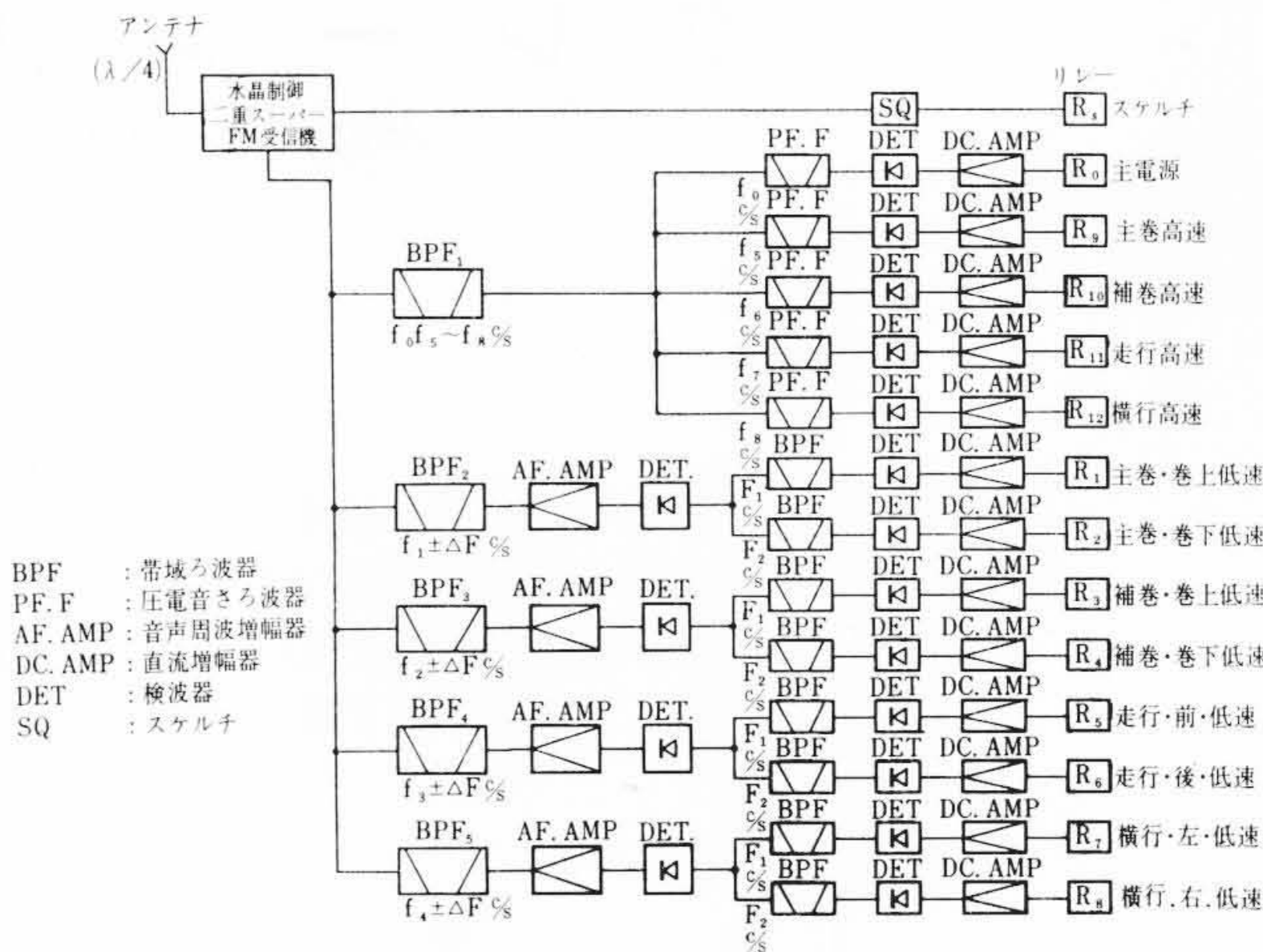
—高速の切り換わり,あるいは高速—低速への切り換わりにおいて、制御信号がいったん切れて、別の信号により再び動作を始める……といったような信号方式では、クレーン用制御装置に好ましいとはいえない。そこで、かかる速度の切り換え時においても従来のクレーン操作とまったく変わらない動作が行なわれるように独得な回路方式を考案した⁽⁵⁾。

第3図は、携帯用送信制御器部分における回路を示すもので、低速運転用の信号波 f_1, f_2, f_3, f_4 と高速運転用信号波 f_5, f_6, f_7, f_8 とが別になっており、低速信号を運転方向（正、逆転）を決める信号波 F_1, F_2 のいずれかでAM変調することにより方向性を取るようになっている。一方、クレーン運転の第一歩である主電源投入用の信号 f_0 は、これらとはまったく無関係に送られる。

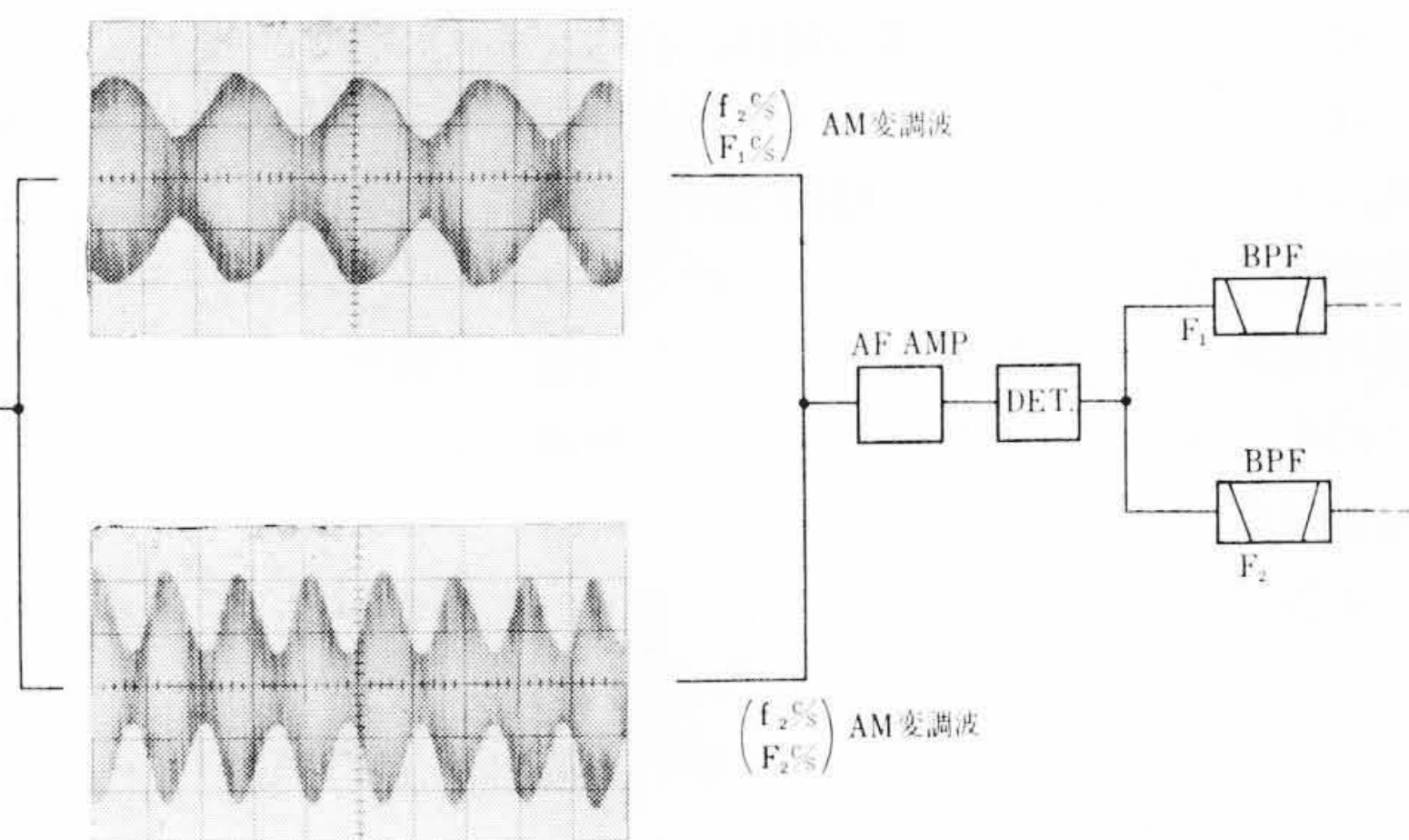
このようにすると、主巻運転で低速から高速に速度を変えようとするときには高速信号 f_5 が送られるだけであり、低速側接触器が開路といった電源を遮断するといった心配もない。また、主巻を高速で運転しているときに、走行を低速で運転したり、高速に切り換えたりすることが自由に行なえることになる。

それぞれの運転は、左右のユニバーサル・コントローラで行なうことにより、コントローラが何かによってまちがって進められてもクレーンが動きだすことのないようにコントローラにはその操作ハンドルの上部に押ボタンスイッチを設け、これを押していないと制御信号が発せられないようにしてある。なお、インチング操作をするときは、あらかじめコントローラを低速ノッチに進めておき、この押ボタンスイッチを開閉することによって行なうこともできる。

第4図は受信側における信号の分離を示すものであって、AM変調された低速信号は運転種類によって BPF_{2-5} （帯域濾波器）のいずれかを通過する。この信号を検波器にかけることにより F_1 、または F_2 の信号波となるので再び濾波器により分離し信号を増幅して出力リレーを動作させる。一方高速信号、主電源投入信号は BPF_1 を通過した後、圧電音さフィルタによってそれぞれの信号に分離される。したがって機械の動作としては、低速運転信号がある状態で高



第4図 受信装置回路図



第5図 低速運転信号波形

速信号を受けると、はじめて高速運転となるわけで、他からの妨害電波で突然高速運転が始まるといった心配はまったくない。

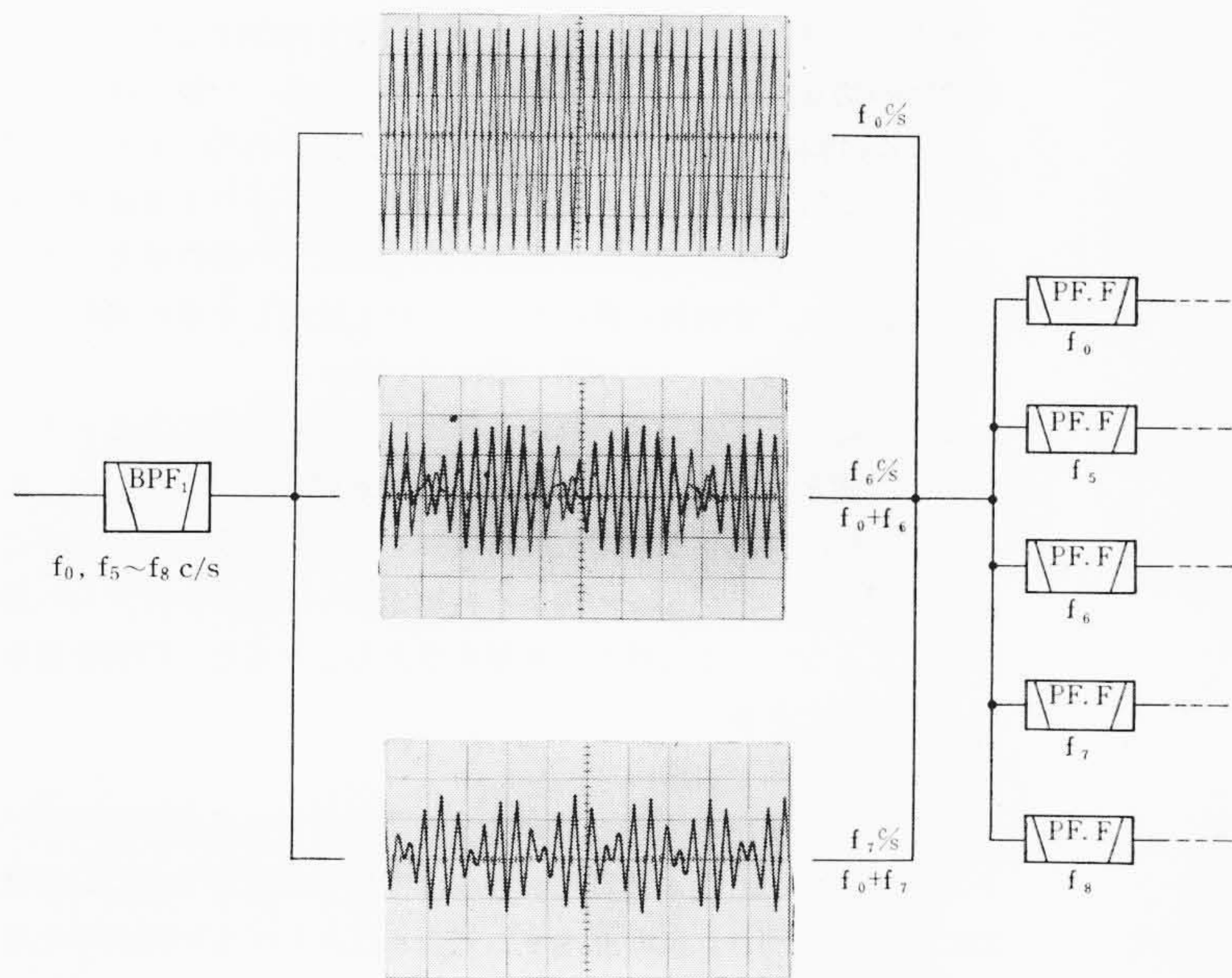
第5図は受信側 BPF_{2-5} の出力波形を示すものである。同時に F_1, F_2 のAM変調波が送信されることはない。たとえば電動機を正方向運転させようとするときは F_1 変調波が、逆方向運転させようとするときは F_2 変調波が送信される。これを受信増幅し、検波して濾波器に入れて F_1 または F_2 信号を取り出すことになる。一方第6図は BPF_1 における信号波であって、主電源投入の信号のみを送っているときは f_0 のみが出てくるので上段写真のようになる。高速信号が加わると、その周波数によってビートができるので中段、下段のような出力波形となるが、圧電音さの濾波器はこのうちから自己の周波数に合致した信号のみを取り出すことになる。

4. 仕様および性能

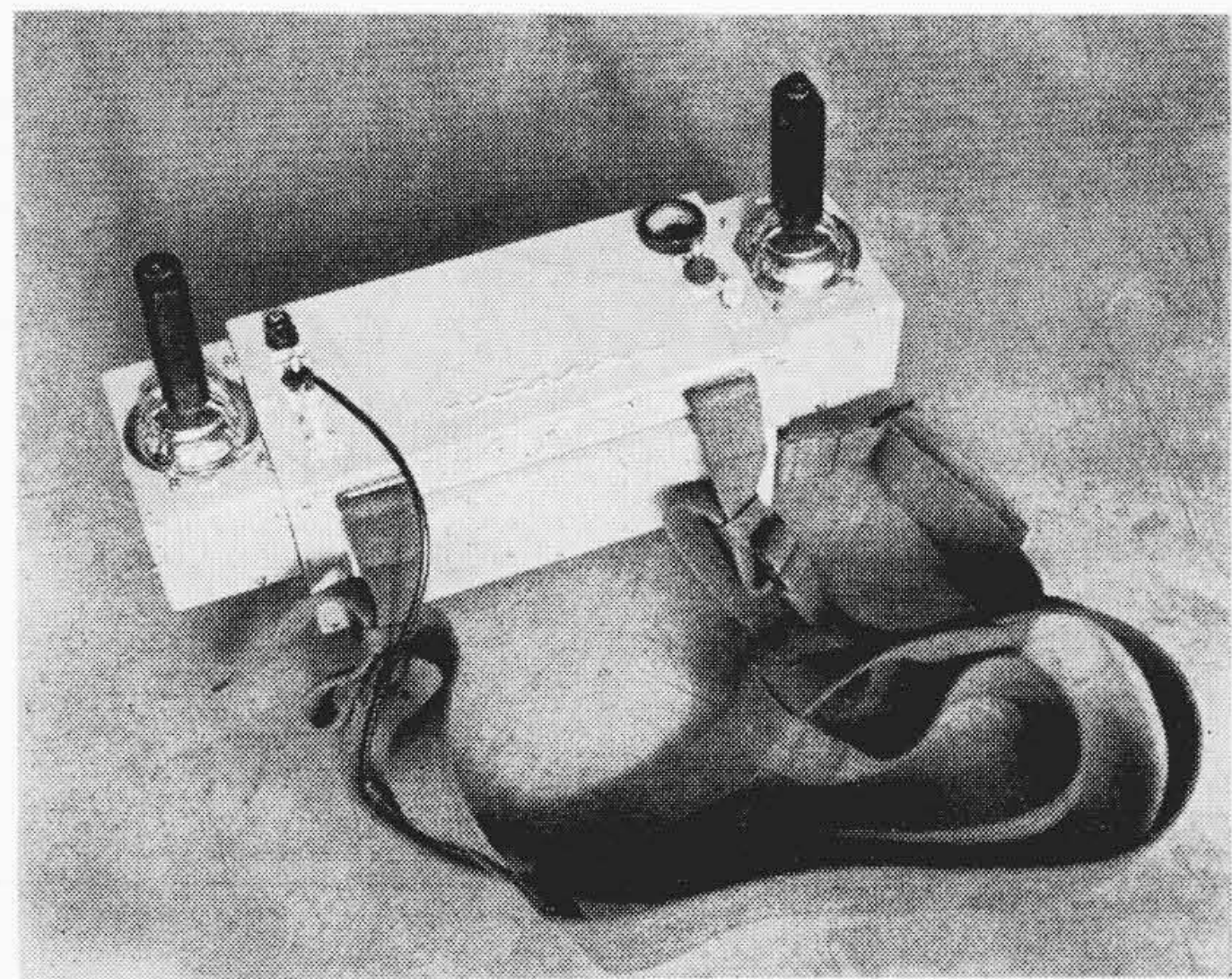
4.1 携帯制御装置

概略仕様は下記のとおりである。

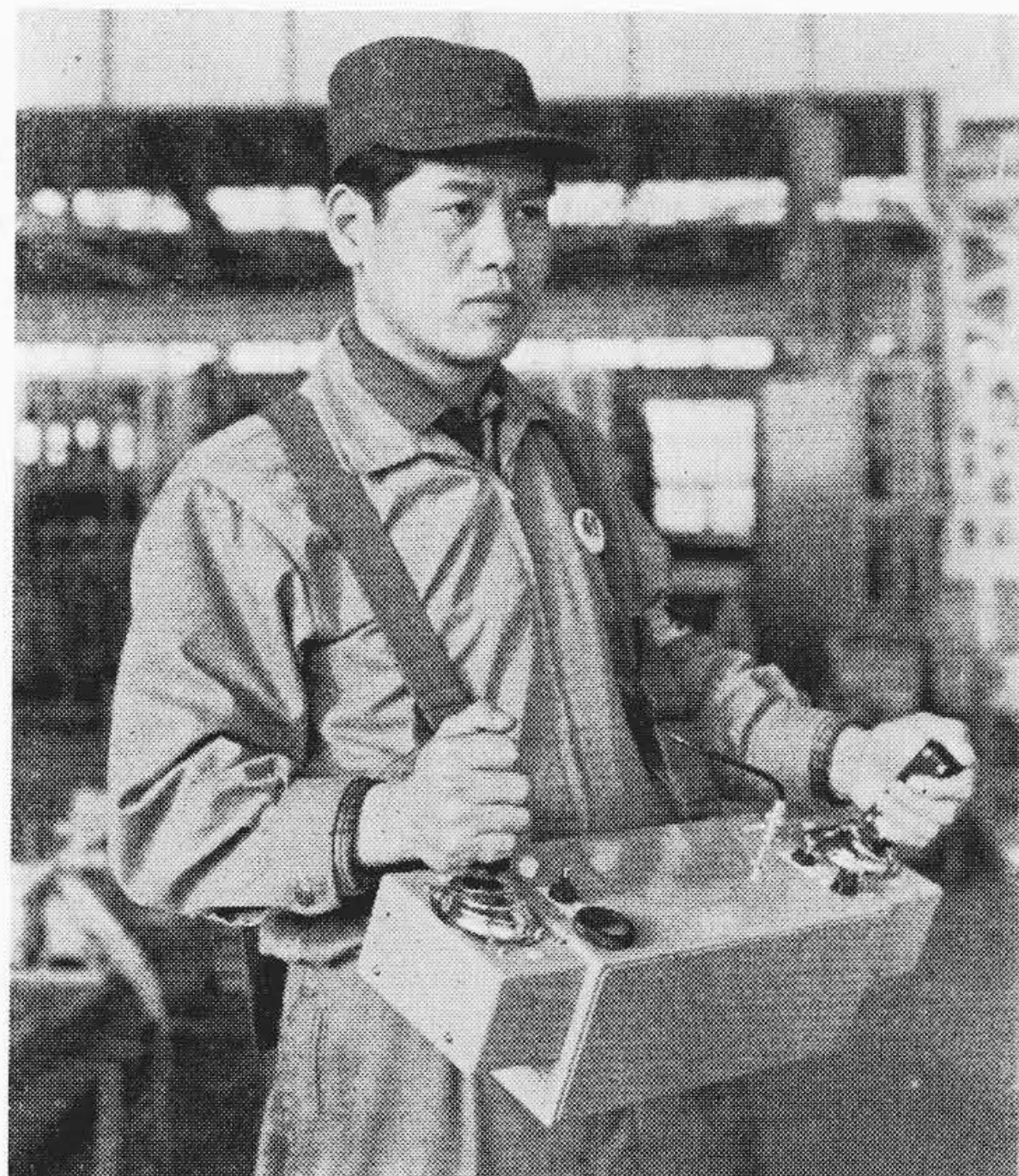
- (a) 肩掛式可搬形
- (b) 高さ、幅、奥行 130×470×155 mm
(高さには、ハンドルのにぎり部分を含まないが、幅にはハンドル機構部分を含む)
- (c) 空中線 肩掛バンド内に埋め込む
- (d) 重量 4.6 kg
- (e) 送信周波数 150 Mc 帯の一波
- (f) 出力 アンテナより 100m 離れた点における電界強度が 15 μ V/m 以下
- (g) 発振方式 水晶制御



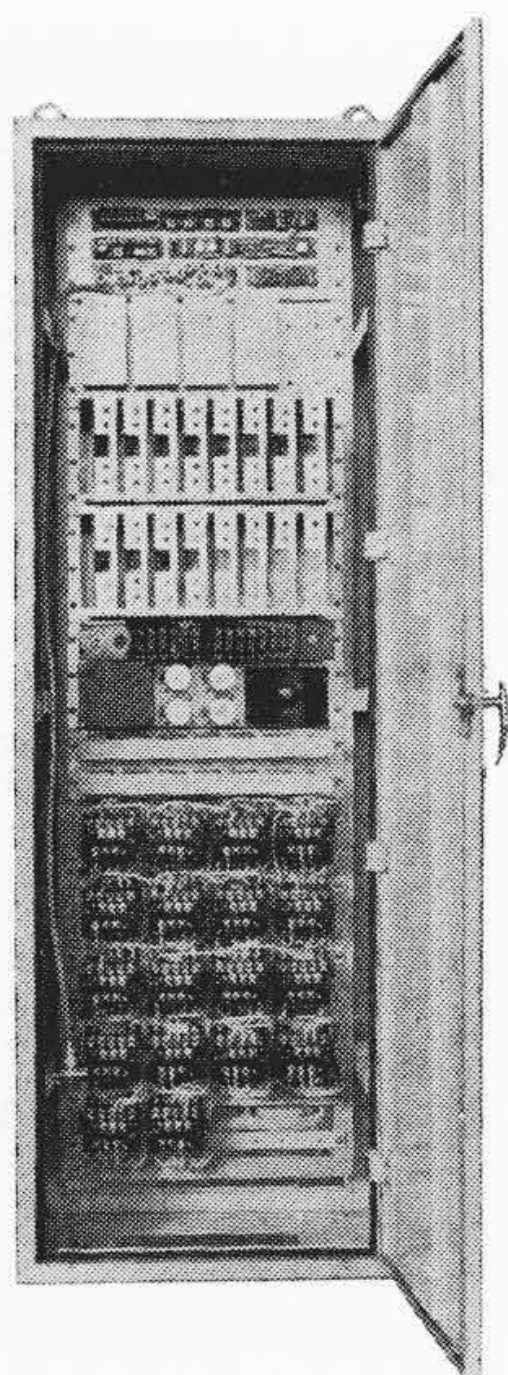
第6図 高速信号波形



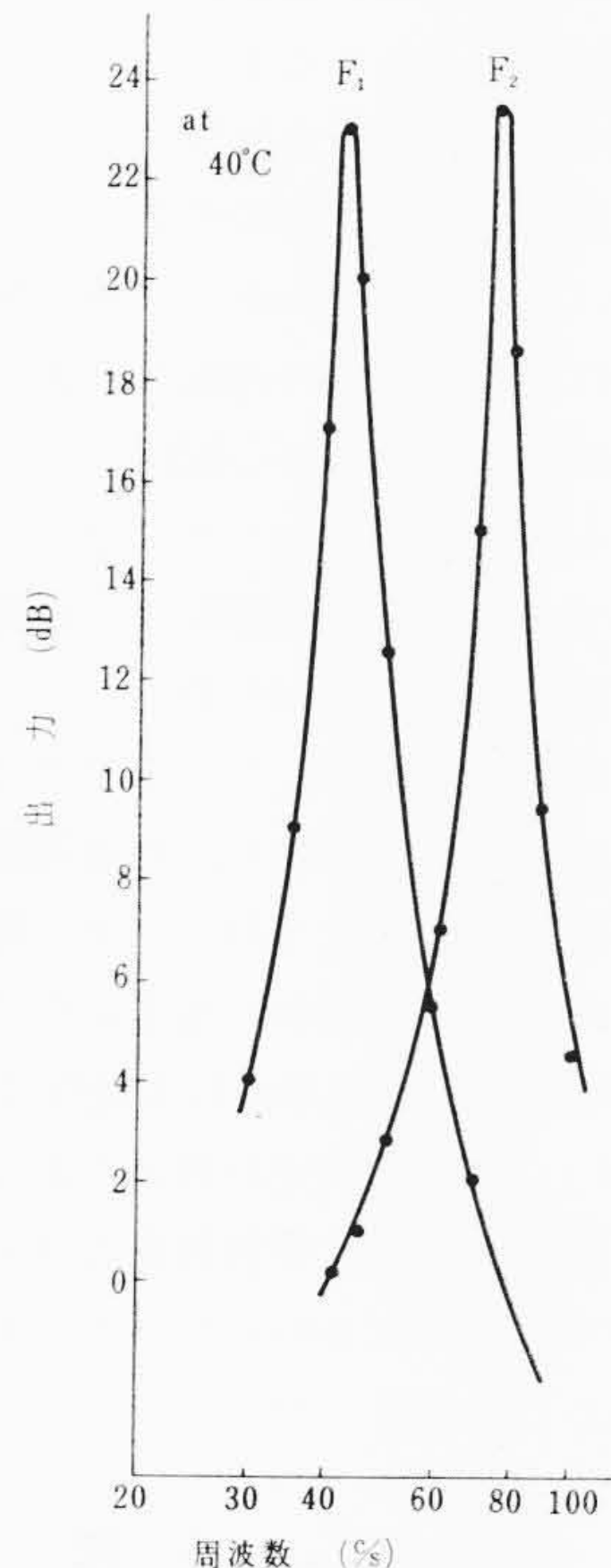
第7図 携帯用送信制御器



第8図 携帯局を装着した運転者



第9図 受信制御装置



第10図 RCろ波器特性

- (h) 周波数安定度 $\pm 0.005\%$ 以内
- (i) 変調方式 位相変調 (等価周波数変調)
- (j) 最大周波数偏移 ± 12 kc 以下
- (k) 全トランジスタ 圧電音さ発振器, RC発振器使用
- (l) 周囲温度 $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$

第7図に外観写真, 第8図に運転者に装置した状態を示す。

4.2 受信制御装置

概略仕様は下記のとおりである。

- (a) 自立全閉形キュービクル
- (b) 高さ, 幅, 奥行 $1,500 \times 500 \times 340$ mm
(このうちにはクレーン運転のための補助接触器を内蔵している。)
- (c) 受信方式 水晶制御2重スーパーヘテロダイン

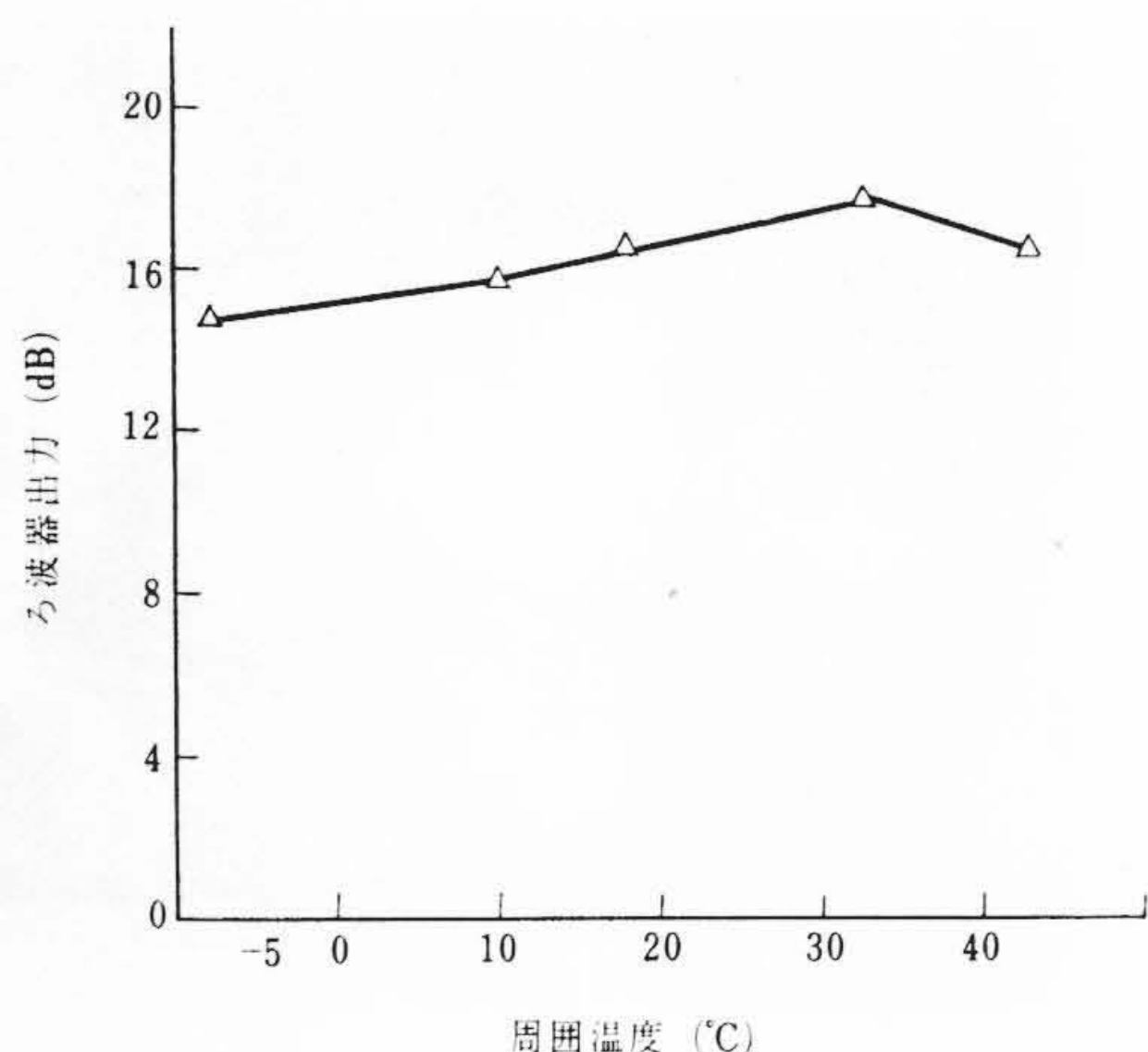
- (d) 受信感度 20 dB 雑音抑圧受信入力 $6 \text{ dB}\mu$ 以下
- (e) 周波数安定度 0.002% 以内
- (f) 受信帯域帯 6 dB 低下で ± 12 kc 以下
- (g) 選択度 ± 25 kc 離れて 80 dB 以上
- (h) 全トランジスタ方式, 圧電音さろ波器, RCろ波器使用
- (i) 周囲温度 $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$
- (j) 振動 1.0 g 3方向

第9図は受信制御装置の内部を示す写真である。

4.3 ろ波器特性と雑音の影響

圧電音さを使用する発信器, ろ波器については, その周波数安定度, 出力変動などについては文献(2)により明らかである。トランジスタによるRCろ波器の温度による変動がこの際問題となる。第10図は運転方向を区別する F_1 , F_2 信号のろ波特性を示すものであって約 22 dB の減衰があり, 十分に信号を分離するので誤動差の心配はない。また第11図はこのろ波器における温度変化による出力の変動を示すものである。すべて, トランジスタを使用して回路を構成しているので温度による変動が出てくるが, 温度補償回路を設けるなどした結果, $\pm 1.5 \sim 2.0$ dB 以内の出力変動である。出力用補助リレーを動作させる増幅器をスイッチング特性にし, 第11図による最低出力によっても十分に動作するようにセットしてあるので周囲温度の変化があっても確実に, 安全に動作する。

使用電波が無免許で使えるような弱い電波であるので, 制御可能距離と雑音による誤動作の確率が問題となる。雑音源としては, 他の高周波利用設備によるものと, 電動機, 電気溶接機などより発せ



第11図 温度によるろ波器出力特性

られるものとがある。前者は特定周波数の雑音であるのでクレーン無線制御装置の周波数を異なるものを選ぶことにより普通は問題ない。後者は周波数分布が広く、雑音による誤動作の原因の主たるものである。

かかる雑音に対して本装置は、第4図に示すように周波数をまったく異にする2個のろ波器で順に信号波を分離するので、雑音がこれを通り抜けることはない。周囲雑音が多い場所ではスケルチ・リレーが働いて他の補助リレーが動作しないように回路を構成しているので雑音が多くて誤動作するという心配はない。日立製作所、製缶工場において多数の電気溶接機の稼動しているもとで誤動差なく約130mの遠方からのクレーン運転を確認している。これ以上の距離になると電波も弱く、スケルチ・リレーにより全体の運転ができなくなる。

5. 特 長

(a) たれでも使用でき、同一建屋内に多数設置できる

使用する電波は、電波法で定める「無線局の無線設備から100mの距離においてその電界強度が $15 \mu\text{V/m}$ 以下のもの」であり無線取扱上の特別の資格を必要としない。たれでも運転することができる。また、微弱電波であるのでかなり自由にその電波を選ぶことができ、同一施設、同一建屋内の多数のクレーンに対し無線機の周波数（搬送周波数）を異にすることにより複数台のクレーンを妨害を受けることなく制御できる。使用電波は150 Mc帯である。

(b) 運転操作がやりやすい

携帯用制御器の送信アンテナは、つりバンド内に埋め込まれているので運転上、視野を狭められることがないし他のものに引っかかる心配もまったくない。

操作は左右のユニバーサル・コントローラによるので、クレーン機上操作と同様に行なえるので運転において手元を見る必要がない。特にある操作を低速で、他の操作を高速で運転するとか、また途中から低速を高速に切り換えるとか、あるいは一方を途中で停止させるとかいった運転を行なう場合にはこのハンドル操作がその特長を発揮する。

また、インチング操作を行なうにはあらかじめコントローラを低速ノッチに進めておき、ハンドル上部の押ボタンスイッチを開閉することにより容易に行なうことができる。普通の運転においても、この押ボタンスイッチを押していないと運転できないようになっているのでコントローラが何かに引っかかり、誤って進んだときでもクレーンがまちがって動き出すことはない。

(c) 同時多操作と速度切換えの円滑

独自の信号方式を採用しているので同時多操作はもちろん、その速度の切り換えも自由に行なうことができる。一般にはクレーンの操作は同時2操作が許されているが、他の目的、あるいは用途において信号を同時に多く送りたい場合にもそのまま使用できる。一方、同時操作可能数を制限されそれ以上の操作信号が送られた場合には、受信側回路においてそれを検出し全部の運転が停止するよう自己チェック回路を設けている。

速度を切り換えるとき、高速運転は低速運転信号のあるときに初めて可能となるようにしているので電動機駆動用の接触器、あるいはそれに付属する補助接触器などを速度切り換わりのたびごとに開閉することがなく、かかる接触器類の寿命をいたずらに縮めることもない。また機器に衝撃を与えることもなく円滑な速度切り換えができる。

(d) 速 応 性

圧電音さを使用しているものは一般には信号の応答時間が長いと考えられている。本装置においては受信側低速信号がRCろ波器によって選別されており、また送信側においても回路的に圧電音さ発振器の遅れを補償した結果、ユニバーサル・コントローラを操作した瞬間から受信側補助接触器動作までの時間遅れは約0.160sであり、無線制御によって機器を操作しても、感覚的にも、運転性能上からもまったく支障のないことが確認された。

(e) 雑音による妨害を受けない

微弱電波であるので雑音による誤動作が心配となるが、本装置では、信号電波が弱く、雑音量が多くなるとスケルチ・リレーが動作してすべての運転ができないようにしてあるので雑音の多い場所でも誤動作の心配はない。また、それぞれの操作信号はろ波器を2度通過しなくてはならないので一般の雑音は通過することができない。高速運転は、低速で運転されている状態に高速信号が来て初めて運転可能となるわけであり、発指器、ろ波器ともに圧電音さを使用しているので発振帯域幅、ろ波帯域幅が狭いために雑音に対して強く、低速運転以上に安全性が高い。

電気溶接機よりのアーク、電磁接触器開閉時のアークなどの近くに設置した場合でもまったく誤動作することがなく、直視距離100m以上の遠方からも操作することができる。

(f) 軽量で保守が容易である

携帯制御器は受信装置も含めてすべてトランジスタ化してあるので小形であるのみならず、真空管取り換えなどの保守上のわずらわしさがまったくない。

6. 結 言

電気溶接機の多数稼動している環境においても無免許で使える微弱電波で直視距離約130mの遠方から確実に運転できるクレーンの無線制御装置を開発した。最初心配された応答時間も約0.16秒程度であり、インチング操作においてもまったく支障がないという結果を得た。

本装置の信号方式は、同時に多くの運転を自由に行なえるもので、その速度の切り換えを任意に行なえることが一つの特長である。したがって、単にクレーンの遠隔制御のみならず、広く他の機器の遠隔制御にも応用することができる。現在、直接操作を行なっているクレーンは、まず間接操作のものに改造し、またすでに間接操作を行なっているクレーンは外部配線を切り換えるだけで無線制御が行なえるように補助接触器を持っている。周囲温度が $-8^{\circ}\text{C} \sim +43^{\circ}\text{C}$ の間において正常な動作をすることが確認されている。

本無線制御装置は、日立製作所亀有工場において使用されているのみならず、八幡製鉄株式会社堺製鉄所に納入され、好調に運転さ

れている。なお現在、日本冶金株式会社川崎工場天井クレーン用のものを製作中である。

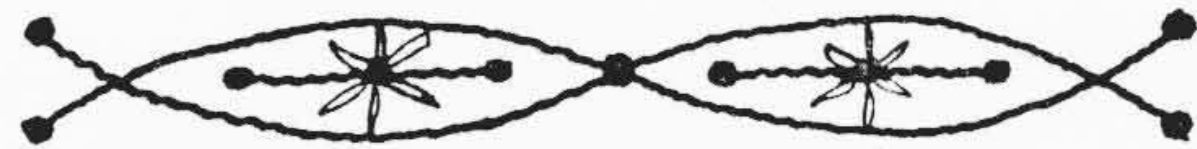
本装置は日立製作所戸塚工場汎用無線機設計課、亀有工場産業機械設計課、習志野工場制御器設計課の協力を得て日立工場に取りまとめたものであり、関係者に厚くお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 渡辺, 原, 佐々木: 日立評論 42, 1085 (昭 35-10)
- (2) 徳永, 景山, 川勝: 日立評論 45, 399 (昭 38-2)
- (3) 電波研究所季報: No. 4 (1955 年)
- (4) 通研月報: Vol. 9, No. 6 (1956 年)
- (5) 特許申請中



特 許 の 紹 介



特許第410897号(特公昭38-5909号)

田 川 遼三郎・沼 倉 俊 郎
森 竜 太 郎・西 村 正 治

平 衡 型 ト ル ク モ ー タ

この発明は入力磁場と直角方向に回転子が移動するよう形成されたトルクモータを2個組み合わせて、サーボ機構に使う二相サーボモータと同様の特性で、慣性比が少なく、入力容量の大きい平衡型トルクモータを提起したものである。

上記トルクモータ1個の構成原理は第1図に示すように扇形回転子極が2枚の扇形固定子磁極の間を回転するようになっていて、上記固定子磁極の固定子巻線に直流電流を供給すると、固定子の対向方向に磁束が発生し、これと直角方向に回転子が吸引され回転トルクが生じる。このようなトルクモータの同一特性のものを同一軸に取り付け、互いに反対方向にトルクを生じるよう入力を与え、各モータに一定のバイアス起磁力 u_0 , $-u_0$ をそれぞれ与えておくと、各モ

ータの特性は第2図の I, II で示すような曲線になる。そして、各モータに u_I, u_{II} なる起磁力をそれぞれ与えると、合成トルク T_0 は

$$T_0 = 2u_0(u_I + u_{II}) + (u_I^2 - u_{II}^2)$$

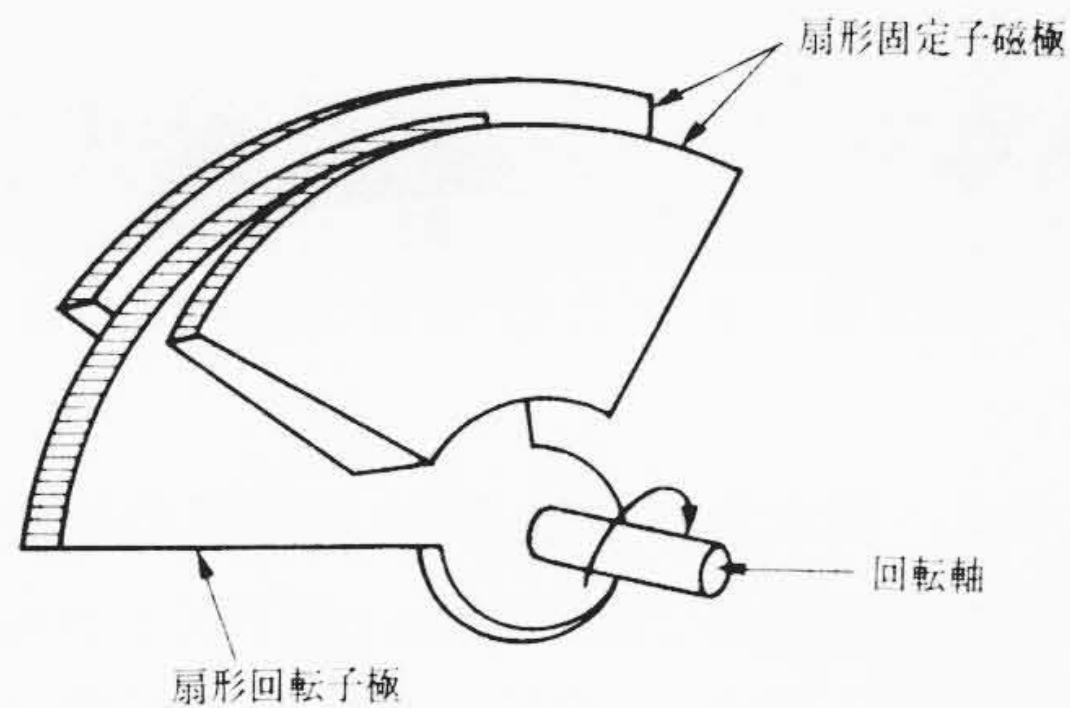
で、特に $u_I = u_{II}$ とすれば、

$$T_0 = 4u_0u_I$$

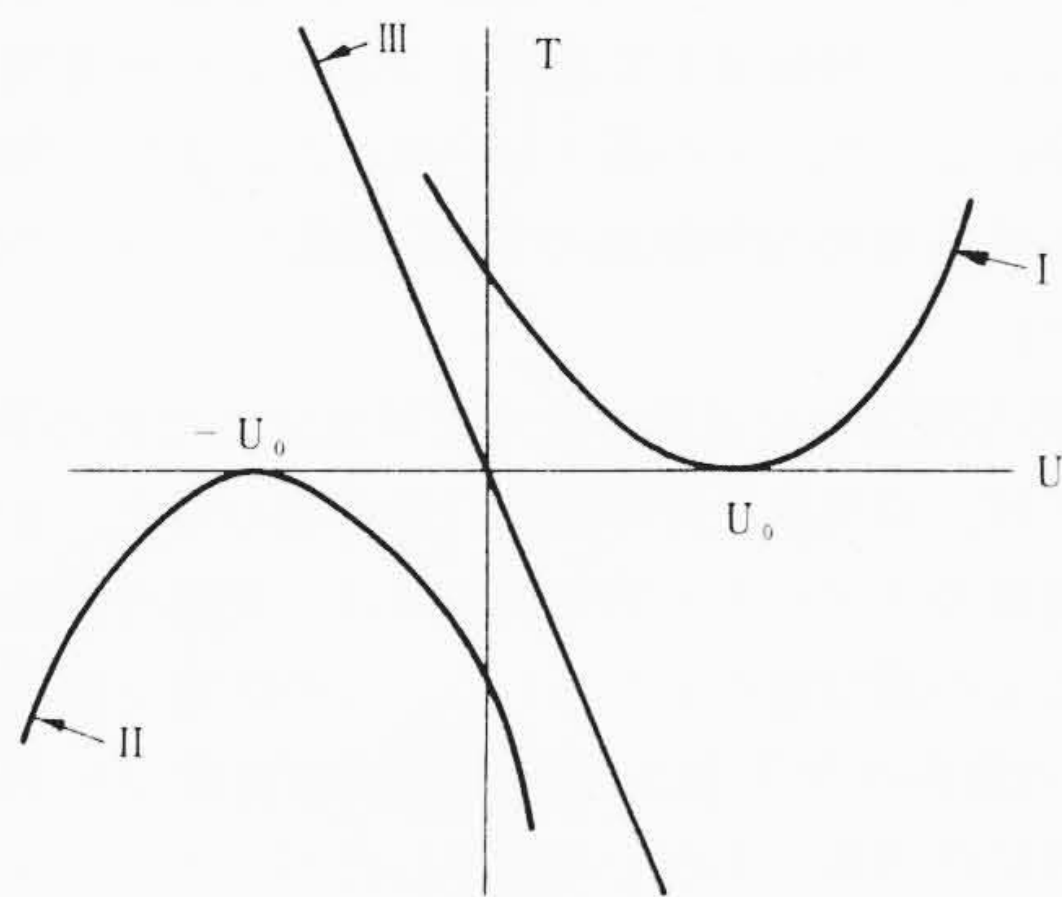
となり、この場合第2図の III に示すごとく、入力に比例して直線的に変化するトルクが発生し、普通のサーボモータと同じになる。また、 $u_0 = u_{II}$ とすれば、

$$T_0 = 4u_Iu_{II}$$

となって、各モータの入力の積に比例したトルクが得られ、掛算器としても使用できる。(高見)



第1図



第2図