

圧電音さを使用した選択呼出方式

Selective Calling System for the Radio-Telephony Using the Piezoelectric-Tuning-Fork

徳 永 迪 夫*
Michio Tokunaga

景 山 好 夫*
Yoshio Kageyama

川 勝 文 磨*
Fumimaro Kawakatsu

内 容 梗 概

音声周波数帯域における選択度特性の良い安定な機械的ろ波器として圧電音さが開発されたが、これは移動無線装置の選択呼出としても利用されるものである。選択呼出方式は移動無線装置で重要なものの一つであるが、ここにその概要を述べ、あわせてこれを選択信号受信用ろ波器として用いた選択信号器について述べる。

1. 緒 言

移動無線では通常一つの搬送波を多数の移動局が共用するため、その移動局の特定の一つを選択呼出する必要がある。移動局の選択方式としては種々の方式が考えられるが、現在一般に使用されている方式は伝送周波数帯域内に選択用の信号をおき、この選択信号によりある特定の子局を選択する方式である。

さきに公衆サービスが開始された日本国有鉄道東海道線の列車無線電話にもある特定の列車を選択するために選択信号系が設置されている。また近い将来に、その開設が計画されている自動車無線電話も搬送波を多数の加入者が共同使用する形式が考えられており、今後ますます移動無線が発達するにしたがい、これらの選択信号系の需要が増加するものと思われる。

選択信号系にはパルス方式と周波数組合せ方式の二つの方式があるが、電波伝播状態による誤動作の少ないことから通常周波数組合せ方式が用いられており、特にこの場合には、無線系の伝送周波数帯域の関係もあり一般には音声周波数帯域内に信号周波数が配列された形式が用いられている。

ここではまず選択呼出方式として用いられている種々の方式について述べ、次に最も重要な部品の一つである選択信号用ろ波器として、最近日立製作所で開発された圧電音さと呼ばれる機械的ろ波器について触れ、この圧電音さを使用した信号器の設計法および実際の回路についても述べる。

2. 選択呼出方式

移動無線個人呼出、自動車、列車無線電話、航空機無線電話などにおいては一つまたは複数の固定局に対して、移動側にはきわめて多数の子局が存在する。そして移動局と固定局間の情報の交換は固定局から移動局を選択呼出することによって行なわれる。この選択呼出は同一搬送周波数を多数局で共同使用するためのものであり、多数の移動体を識別しなければならない。

したがって、この方式は日本電信電話公社をはじめ、各国で盛んに研究されているが大別すると第1図に示すようにパルス方式と周波数組合せ方式の二つに分けることができる。これらの選択呼出方式について、以下今までに発表されている文献により簡単に説明する。

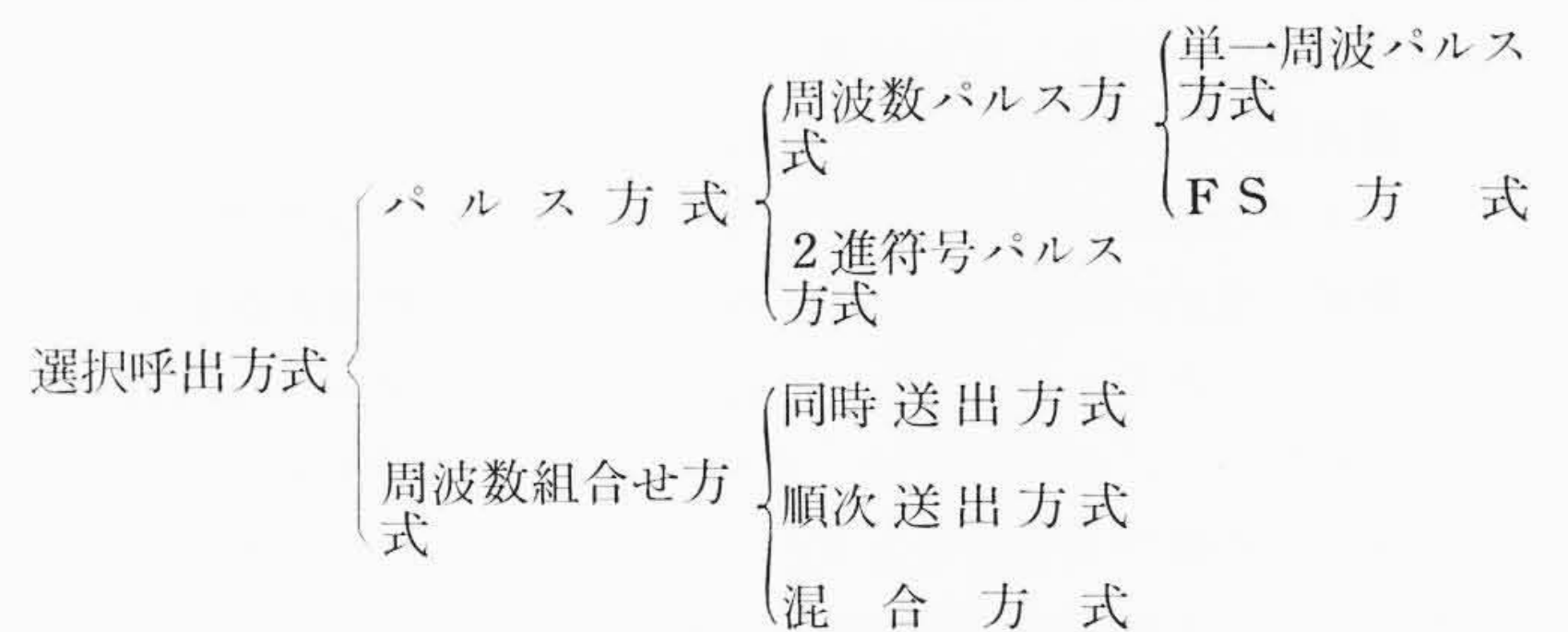
2.1 パルス方式

パルス方式の選択呼出について簡単に比較すると、第1表のようになる。

2.2 周波数組合せ方式

周波数組合せ方式のうちおもなものは信号周波の同時送出方式と、順次送出方式であるが、これらを簡単に比較すると第2表の

* 日立製作所戸塚工場



第1図 選択呼出方式の各種の方式

第1表 パルス方式の比較

方 式	単一周波パルス方式	FS 方 式	2進符号パルス方式
項 目			
方 式 の 概 要	単一周波をパルスのマークブレイクに応じて断続	パルスのマークブレイクに応じて異なる周波数を送出する	選択呼出番号の各数字を2進パルスの4ビットコードに対応させる
雑音および音声に対する誤動作	弱	い	きわめて弱い
送 出 時 間	長	い	短
加 入 者 数	少	な	多
固 定 局 装 置	簡	単	複
受 信 装 置	簡	単	複
実 用 例	イギリスおよび日本のハーバーサービス	アメリカのハーバーサービス自動車無線電話	(アメリカのメカゴード)

第2表 周波数組合せ方式の比較

方 式	同 時 送 出 方 式	順 次 送 出 方 式
項 目		
ひ ず み	2波の干渉、奇数次ひずみ	問 題 な し
組 合 せ の 数	$nCr = \frac{n!}{(n-r)!}$	$nPr = \frac{n!}{(n-r)!r!}$
変 調 度	一波当たりは浅くなる	いっぱいまで(T.Tレベル)かけられる
雑音および音声による誤動作	強	い
送 出 時 間	短	長
固 定 局 装 置	複雑(群別にすると簡単になる)	よ
受 信 装 置	簡	単

ようになる。

2.3 混 合 方 式

混合方式は同時送出方式と順次送出方式の両者の長所を持ったものとして、日本電信電話公社で考案されたものである。この方式は同時に2波以上の周波数の組み合わせを送出し、次々に他の周波数の組み合わせを送出していくもので、直並列トーン方式または同時順次送出混合方式といわれている。この場合の組み合わせの総数

は

$$N = {}_nC_m \cdot {}_{n-m}C_m \cdots {}_{n-rm+m}C_m = \frac{n!}{(m!)^r} \cdots (1)$$

となる。

2.4 周波数組み合わせの場合の選択信号

周波数組合せ方式を用いたときの信号周波数の配列は

- (1) 対数的に信号周波数を割当る方法
- (2) 等間隔に信号周波数を割当る方法

の二つの方法がある。(1)項は一定帯域内に取りうる信号周波数の数は少なくなり、受信器はQを一定としたろ波器が使用される。(2)項は信号周波数が一定周波数間隔で配列されるため、とりうる信号周波数の数が多くなり、また一つの信号源よりすべての信号周波を作りうるため信号周波数の安定度を向上できる長所がある。受信器は帯域幅を一定としたろ波器が使用される。

信号周波数に対する選択番号付与は信号周波数の配列から選択信号をランダムな組み合わせとして取り出した場合には選択番号と信号周波数が一意的に対応しないため、通常信号周波数の総数を10のn倍とし、これをn個のグループに分割して各グループを1位、10位、100位、.....に対応させ、グループ内のそれぞれの周波数に0から9までの数字を割当る方式が用いられている。この場合には選択番号が一意的に周波数に対応する長所がある。この方式によればm波送出されるときには10m波の信号周波数が必要であり、このとき選択できる組み合わせの総数は

$$N = 10^m \cdots (2)$$

となる。このような周波数の配列にしたがった番号の配置はさきに述べた同時送出方式、順次送出方式および混合方式のいずれの場合にも適用できる。第2図にこの場合の信号周波数の配列と付与番号の関係を示す。

2.5 周波数組合せ方式の信号受信回路

周波数組合せ方式の信号受信回路は選択信号波が同時送出の場合、順次送出の場合および混合方式の場合で異なる。

これらの受信回路を第3図に示す。

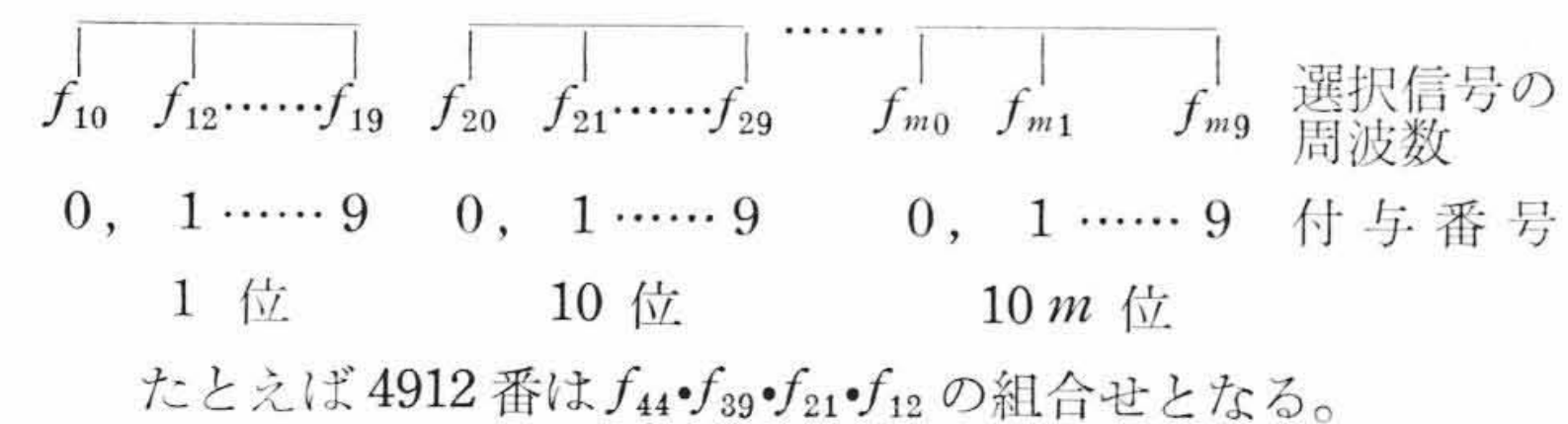
3. 圧電音さ

3.1 圧電音さの概要

周波数組合せ方式の選択呼出回路には伝送周波数帯（普通は音声周波数帯）における安定なる波器が必要である。これには通常機械的ろ波器が使用されるが、これはそれに用いる機械的振動子の電氣的駆動方法から電磁形と圧電形とに分類される。

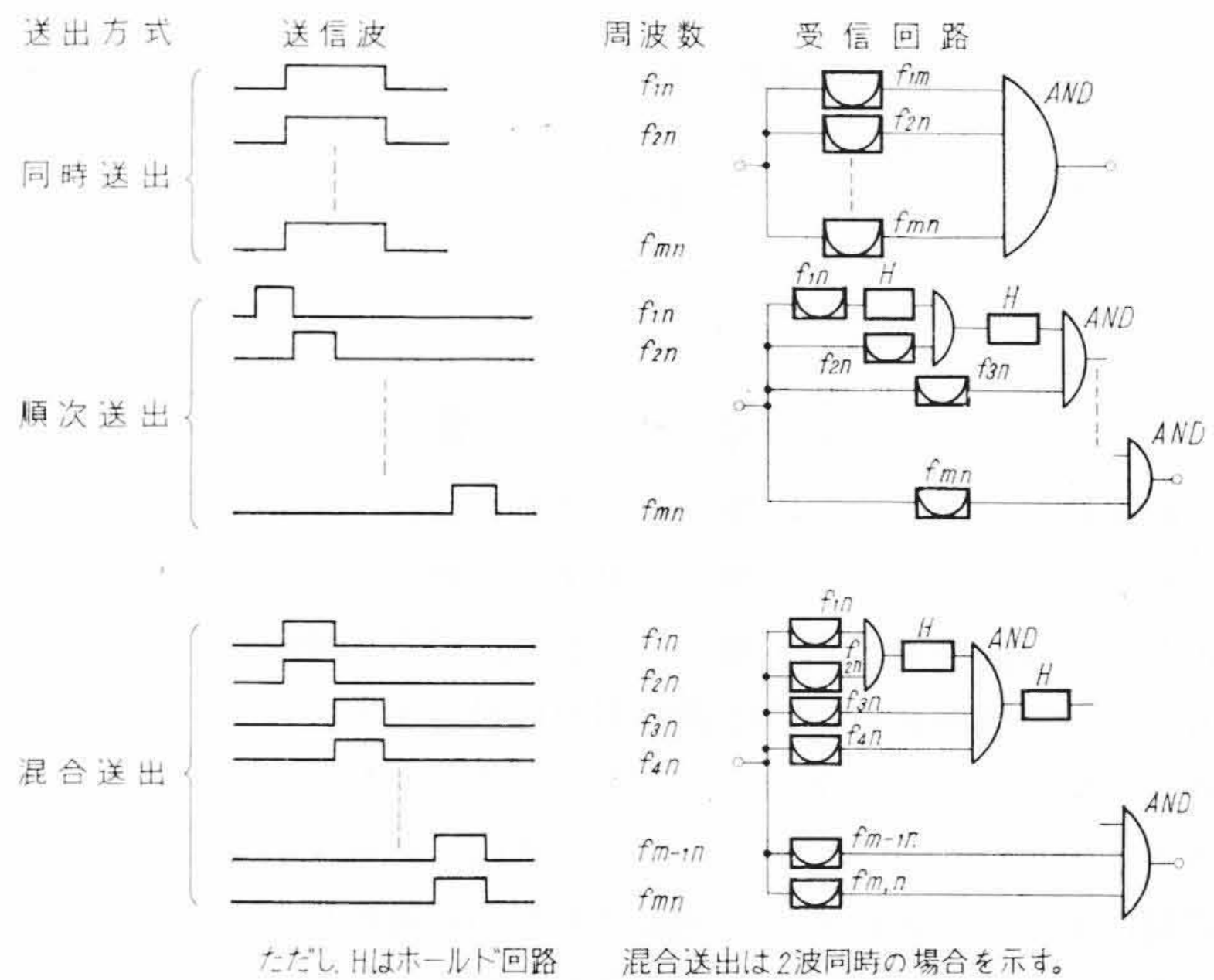
電磁形には広く用いられているバイブレーション・リード・セクタ (Vibration Reed Selector) がある。これは第4図にその概念的構造図を示すように、機械的振動子を電磁的に駆動し、振動子に取り付けられた接点が振動子の動作に応じて断続するもので、普通の4端子回路と同様には使用できない。したがって、これを信号器の選択呼出回路に使用するには第5図の使用回路例に示されるように、この接点と直列に積分回路を設けて直流出力を取り出す。

これに対して、圧電効果を利用して駆動する方式には一般に圧電音さと呼ばれるものが使用されている。これは第6図にその構造を概念的に示すように、2本の片持はりの振動片の各脚部に電気―

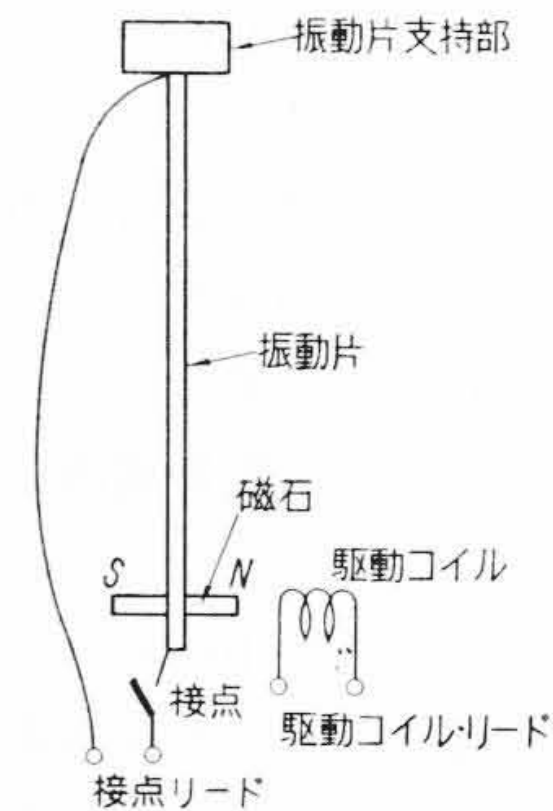


第2図 信号周波数と付与番号との関係

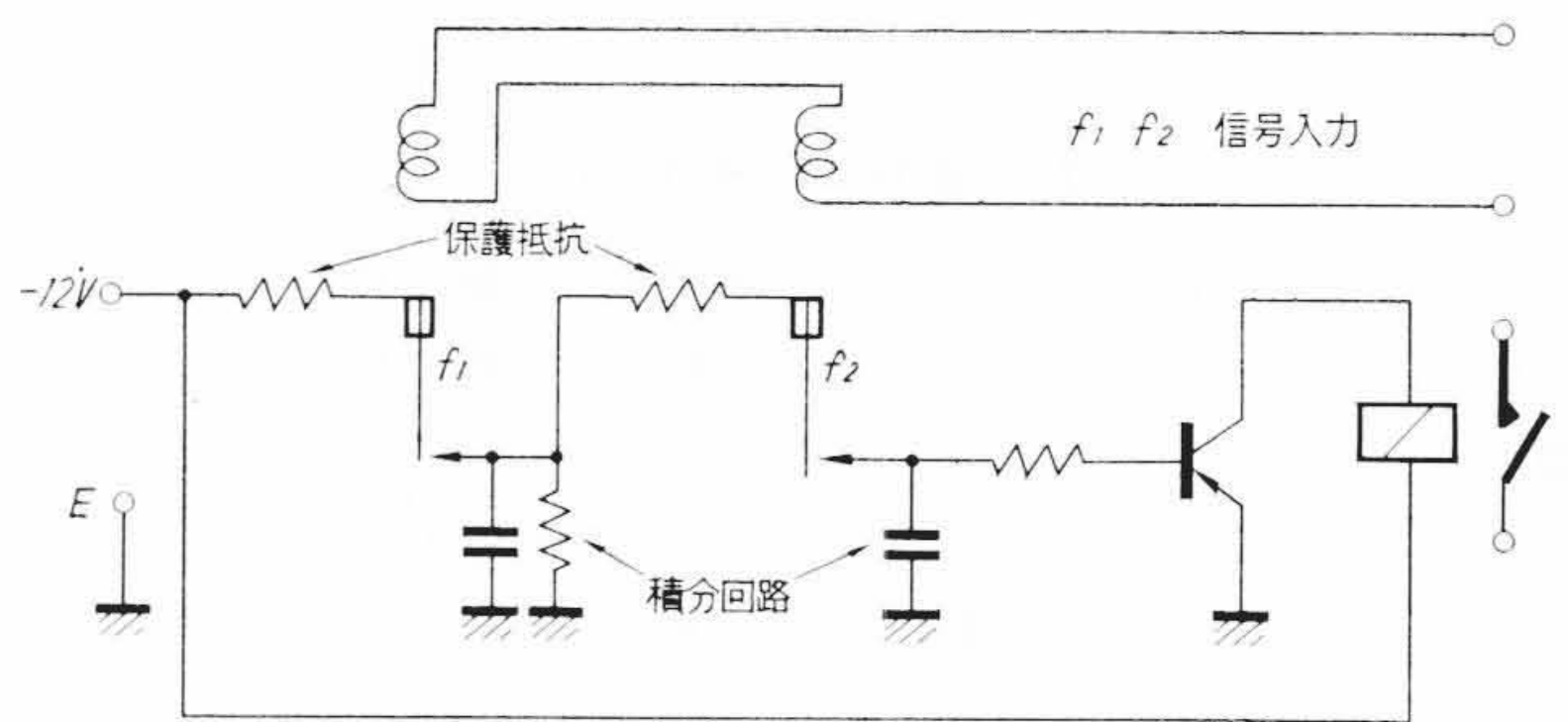
機械変換器として圧電効果を有するチタン酸バリウム磁器 (BaTiO₃), チタン酸ジルコン酸鉛磁器 (Pb(Ti-Zr)O₃) などの薄板をはり付けたものである。圧電音さの動作の概略は次のとおりである。いま一方の圧電素子に交流電圧が印加されると圧電素子の圧電効果によって圧電素子が機械的振動を起こし、これにより片持はりの振動片が振動する。一方の片持はりの振動は音さの間隔片を介して他方の振動片に振動を伝達し、この機械的振動が圧電素子の機械―電氣



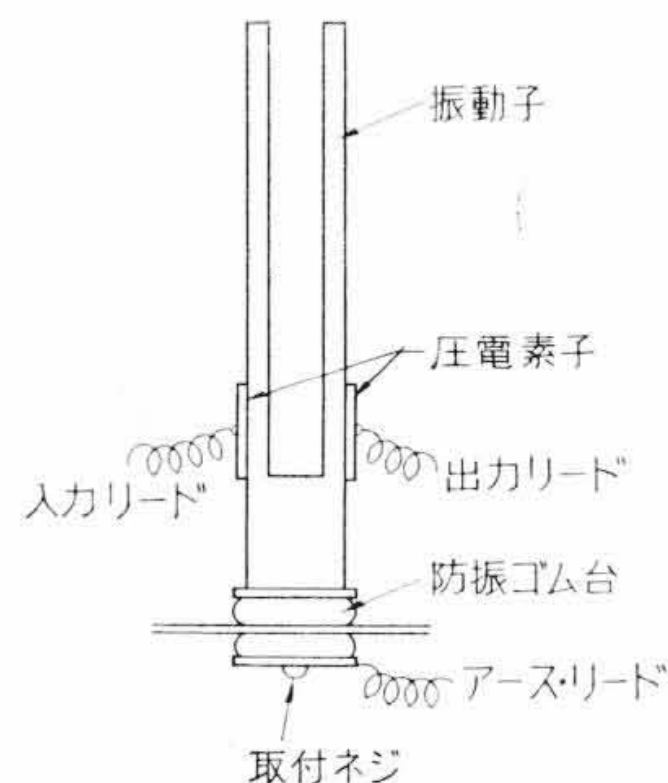
第3図 周波数組合せ方式の送信波と受信回路



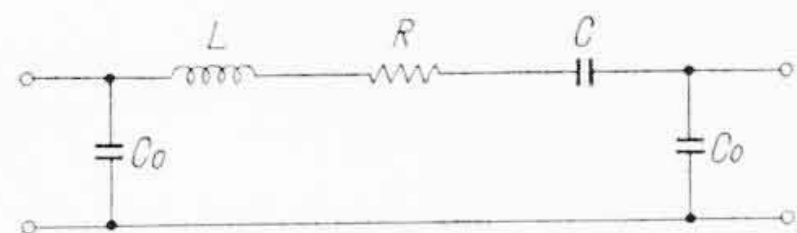
第4図 バイブレーション・リード・セクタ構造図



第5図 リードセクタ使用回路例



第6図 圧電音さの構造図



第7図 圧電音さの電氣的等価回路

変換作用により電気信号に変換されて出力リードから信号が取り出される。振動子は図に見られるように、防振のため、防振ゴム台の上に取り付けられている。

片持りの振動はその共振周波数において振動振幅が最大となり、特にその選択度特性が非常に鋭いことが特長である。圧電音さの出力はその振動振幅が最大となる点、すなわち振動片の共振点で最大となる。片持りの共振周波数 f_m はによって

$$f_m = \frac{1}{4\pi\sqrt{3}} \cdot \frac{\alpha_m^2 t}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

α_m : 共振モードにより定まる定数 $m=1$ では $\alpha_m=1.875$

l : 振動片の長さ (cm)

t : 振動片の厚さ (cm)

ρ : 振動片の材料の密度 (gr/cm³)

E : 振動片の材料のヤング率 (dyne/cm²)

定まる。

またその電氣的等価回路は第7図に示すように電氣的にはインダクタンスとキャパシタンスの直列回路で表わされ、単一共振特性とみなされる特性を有する。この振動子の機械系の電氣的等価定数は圧電音さを電氣的に測定し、その角共振周波数 ω_0 、共振時における損失 β_m 、および選択度 Q を求めることにより次式を用いて計算することができる。

$$\left. \begin{aligned} \omega_0^2 &= \frac{1}{L} \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_0} \right) \\ \beta_m &= \frac{1}{\omega C_0 R} \\ Q &= \frac{\omega L}{R} \div \frac{1}{\omega C R} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

このように、圧電音さは機械的共振子を純電氣的なる波器として使用するものであり、このためさきに述べたバイブレーション・リード・セレクトでは得られない下記の特長を有している。

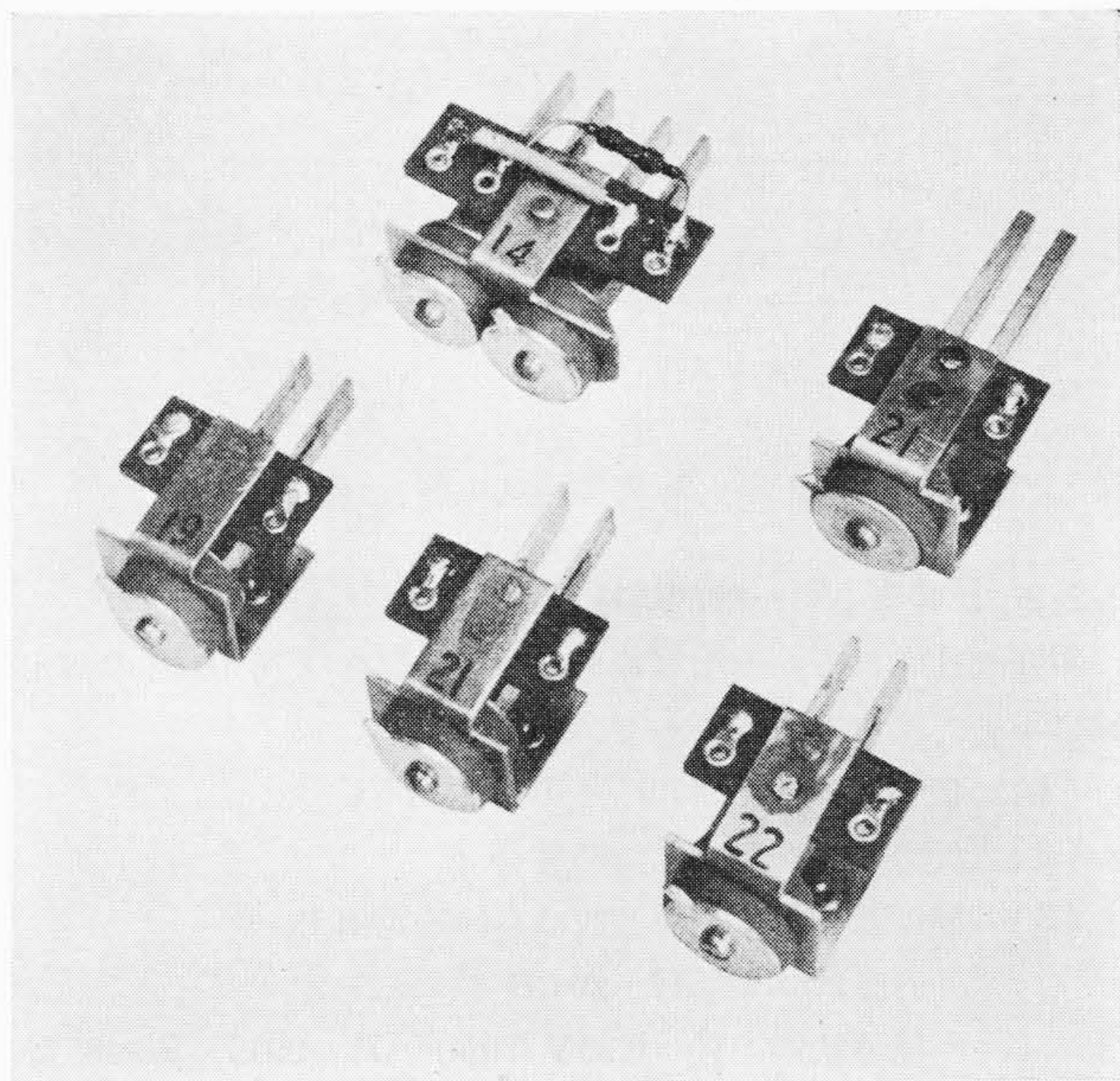
- (1) Q の値の異なる振動子の製作が可能のために、選択特性と立ち上がり時間を適当な配分に設計することができる。
- (2) 無接点形であるために長寿命であり、かつリバウンドといわれる選択特性、立ち上がり特性の悪化する現象が生じない。
- (3) 感度は外部回路により自由に制御できる。
- (4) スプリアスの防止が入力端子に高抵抗をそう入するだけで簡単にできる。
- (5) 磁気回路を必要としないため、2波以上の周波数が同時に印加された場合にもハングオンといわれるビートで振動するような現象が起きず、また周囲磁気の影響や過入力による性能劣化がない。
- (6) 特殊の小形音さ形状としたため機械的に安定である。

第8図は圧電音さの外観である。

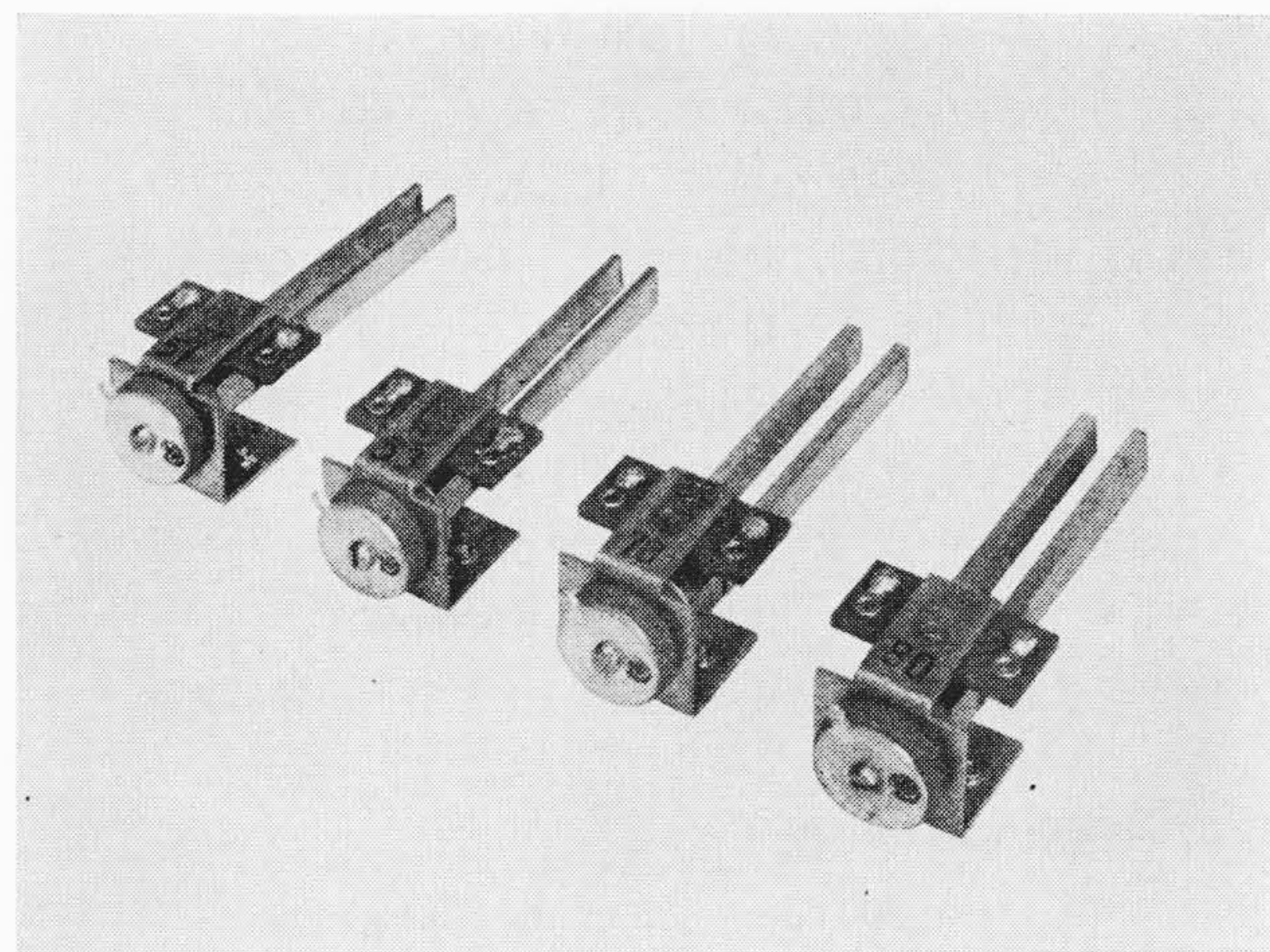
3.2 圧電音さの特性

3.2.1 圧電音さの選択度特性

圧電音さの電氣的等価回路はさきに述べたように単一共振回路と考えられる。現在のところ移動無線信号器として用いられる選択信号周波数は音声周波数帯域内の300 c/sから1,000 c/sの間で15 c/s 間隔で配列されているから、隣接周波数に対する減衰は ± 15 c/sについて考えればよい。この場合の選択度特性としては Q/f が一定となるように設計する。いいかえれば ± 15 c/sにおけ

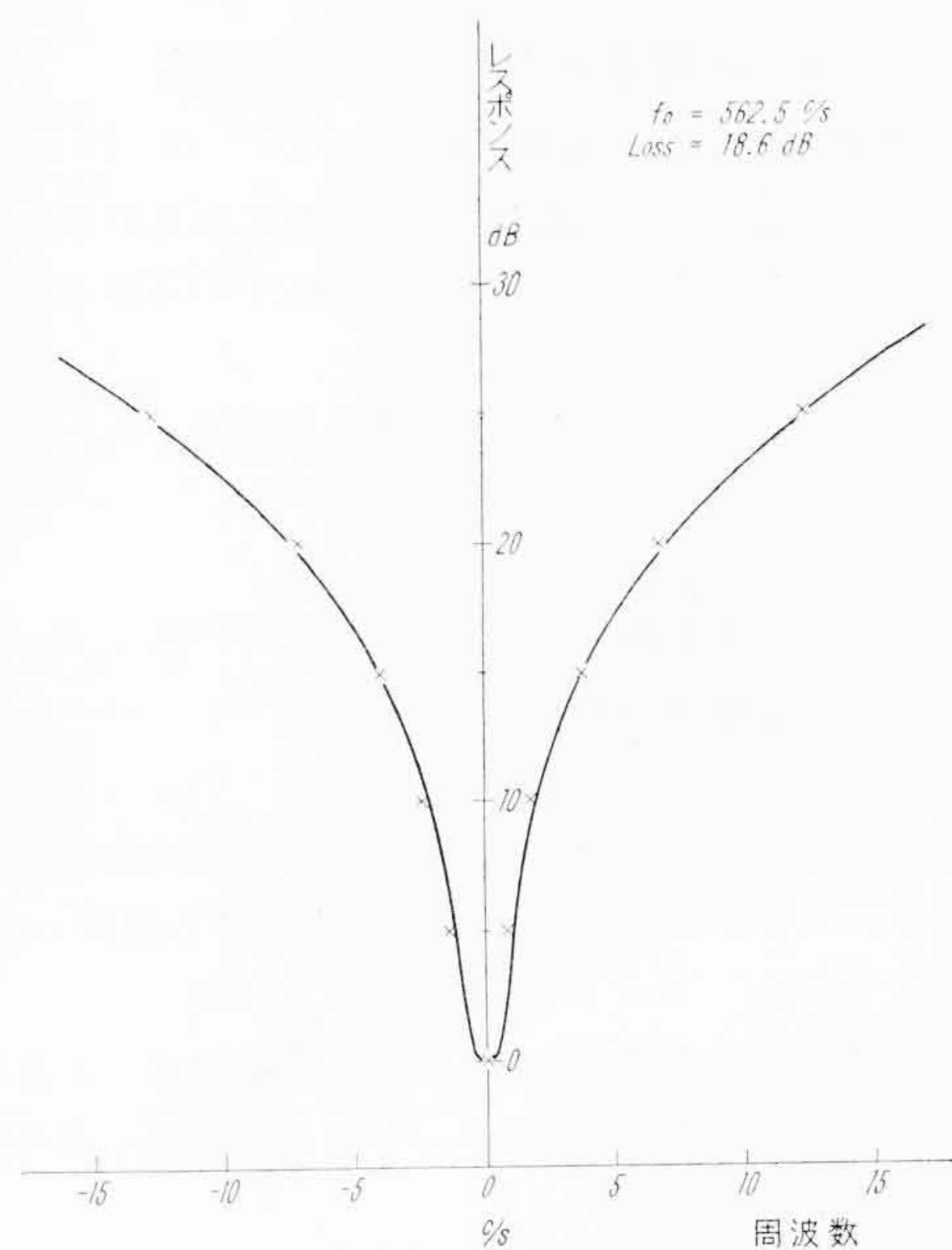


(a)



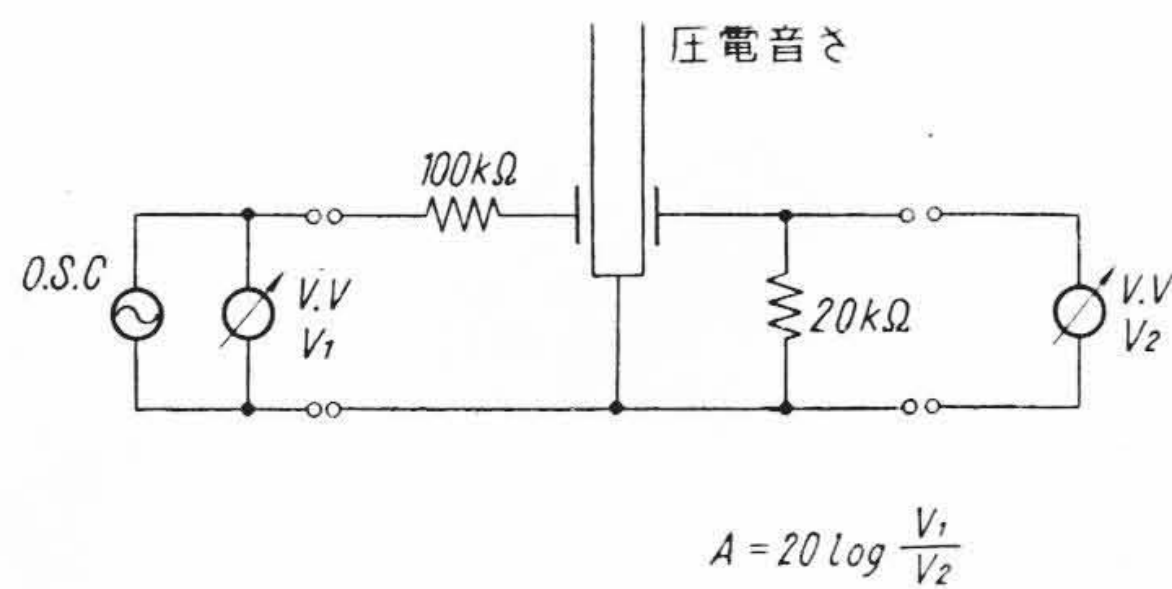
(b)

第8図 圧電音さ



第9図 圧電音さ周波数特性(選択信号受信用)

る減衰量が同じになればよい。第9図に圧電音さの周波数特性の一例を示す。



第 10 図 圧電音さの測定回路

3.2.2 圧電音さの一般的規格

現在製作されている圧電音さの一般的規格は第 10 図の測定回路において次のとおりである。

- (1) 使用温度範囲 $-10^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$
- (2) 使用湿度範囲 85% 以下
- (3) 標準状態, 中心周波数における定損失

$$A = A_0 = 17 \sim 20 \text{ dB}$$

$$\text{標準状態 } V_1 = 0.35 \text{ V (rms)} \quad T_a = 25^{\circ}\text{C} \quad R_h < 85\%$$

- (4) 全周囲条件における選択度特性

- (a) 選択信号用 (300~1,200 c/s)

$$f_0 \pm 0.2 \text{ c/s で } A \leq A_0 + 5 \text{ dB}$$

$$f_0 \pm 15 \text{ c/s で } A \geq A_0 + 25 \text{ dB}$$

- (b) 信号受信用, 発振用など (50~4,000 c/s)

用途により Q の変わったものも製作している。

Q/f で 0.4~10 程度 (周波数により異なる)

- (5) ダンピング容量 (圧電素子の容量)

- (a) 選択信号用 $1,500 \text{ pF} \pm 20\%$

- (b) その他 $600 \sim 2,500 \text{ pF}$

- (6) ダンピング容量絶縁抵抗 (圧電素子絶縁抵抗)

$500 \text{ M}\Omega$ 以上

- (7) 耐振特性

$0 \sim 500 \text{ rpm } \pm 3 \text{ m/m } (0.4 \text{ g})$

$500 \sim 1,500 \text{ rpm } \pm 1 \text{ m/m } (1.9 \text{ g})$

3 軸方向について各 30 分間振動 支障なし

4. 圧電音さを用いた信号回路

4.1 信号受信回路のレベルダイヤ

圧電音さは純電氣的なろ波器と同様に考えられるため, これを用いて信号受信回路を設計する場合には完全なレベルダイヤを考えて設計することが可能である。

信号受信回路を設計する場合に考慮する要因のうち, まず変動するものとして,

- (1) 回線のレベル変動 $\pm A$
- (2) 送信器の出力変動 $\pm B$
- (3) 受信器の変換点の変動 $\pm C$
- (4) 受信器ろ波器の損失変動 $\pm D$

があり, また信号器の立ち上がり時間がある時間内に確保するための立ち上がりマージン ($\pm E$) および調整上生じる誤差 ($\pm F$) がある。

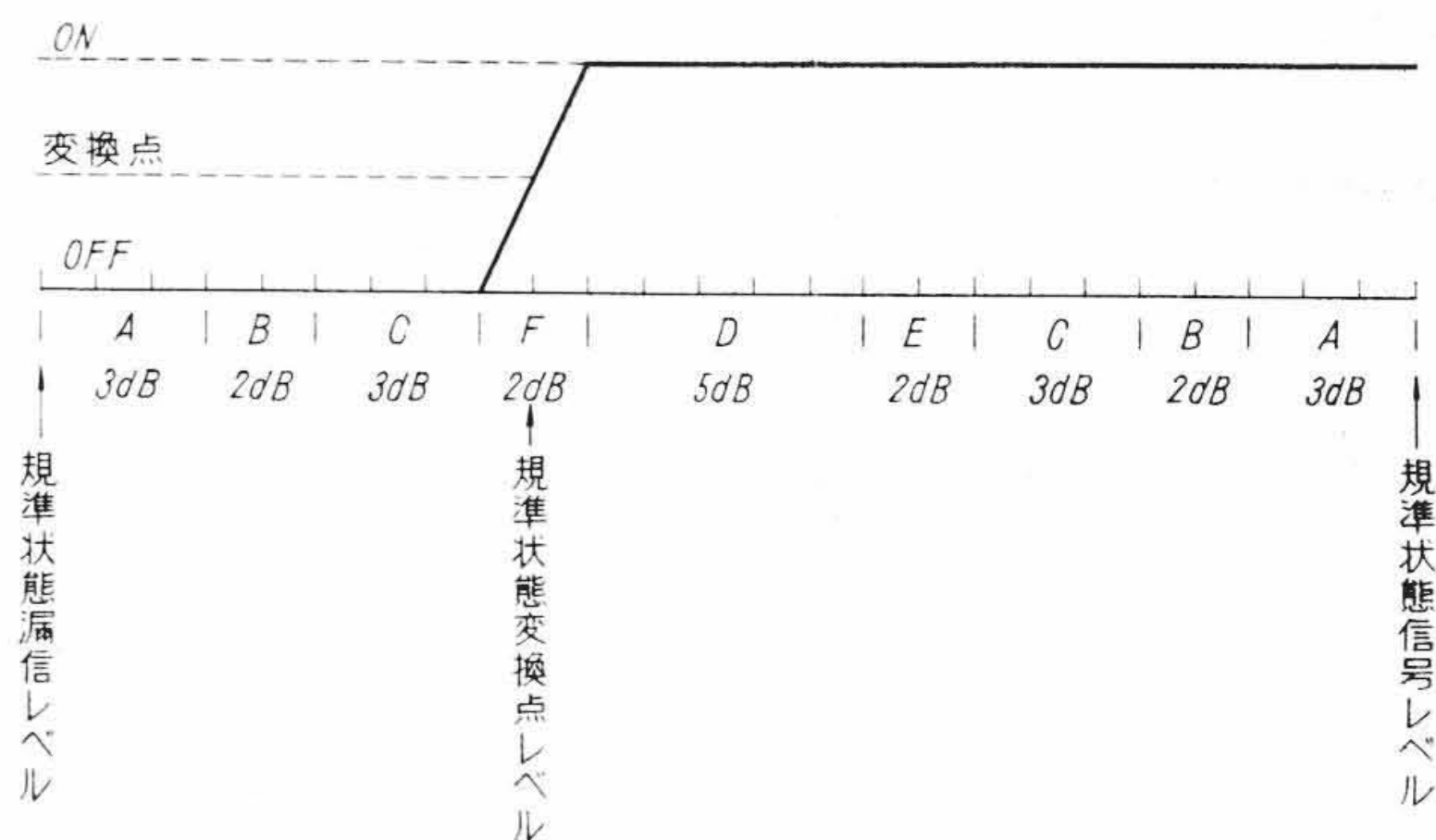
これらの要因は規準状態の信号レベルと変換点レベルをそれぞれ S , T とし, 受信器ろ波器の隣接チャンネル抑圧度を R で表わしたとき, すべて dB 値で考えて,

$$R \geq 2A + 2B + 2C + D + E + 2F \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$S - T \geq A + B + C + D + E + F \quad \dots\dots\dots (6)$$

でなければならない。

A と B については電波伝播状態および送信機, 受信機で定まる定数であり, 種々のデータにより通常 $A = 3 \text{ dB}$, $B = 2 \text{ dB}$ とし



第 11 図 信号器レベルダイヤの一例

ている。また E は主として受信器に用いる受信用ろ波器 (圧電音さ) の選択特性と検波回路の遅延時間から定まる定数であるが, これは圧電音さの特性が前に 3.2.2 項で述べた選択信号用であるとする, 最悪条件における立ち上がり時間が 600 ms 以内に確保されるためには 2 dB としなければならない。また F はできるだけ少ないことが望ましいが, 調整箇所との関係もあり 1 dB とすると, これらの数値を (5) 式に代入して

$$R - 14 \geq 2C + D \quad \dots\dots\dots (7)$$

となる。この関係が満足されるように, R , C および D を定めればよいが, 信号器については R はできるだけ大きく, D はできるだけ小さくすることが望ましいが, これは通常圧電音さでは単一共振回路と等価な特性であるから独立に変化させることはできない。すなわち D は主として圧電音さの損失の温度特性, 中心周波数の温度特性などから定まる量であり, D はその選択特性から定まるため, D を小さくするためには R も小さくなり両者の条件は相反する条件となる。いま圧電音さの雑音に対する応答も考慮し, $D = 5 \text{ dB}$, $C = 3 \text{ dB}$ としレベル配分を行なえば第 11 図に示すようなレベルダイヤが得られる。

4.2 妨害波に対する設計

選択信号は伝送帯域内にあるため, 特に移動無線電話では通常音声信号と同一チャンネルとなるので, 回線などの雑音および音声の誤動作についても考慮しなければならない。

音声はその性質がまだ明確にされていないが, 雑音について考察すると, いま, 信号器で受信される雑音レベルを N , 保証すべき S/N 比を K とすれば, 信号器の変換点レベルを T で表わして,

$$T - N \geq K \quad \dots\dots\dots (8)$$

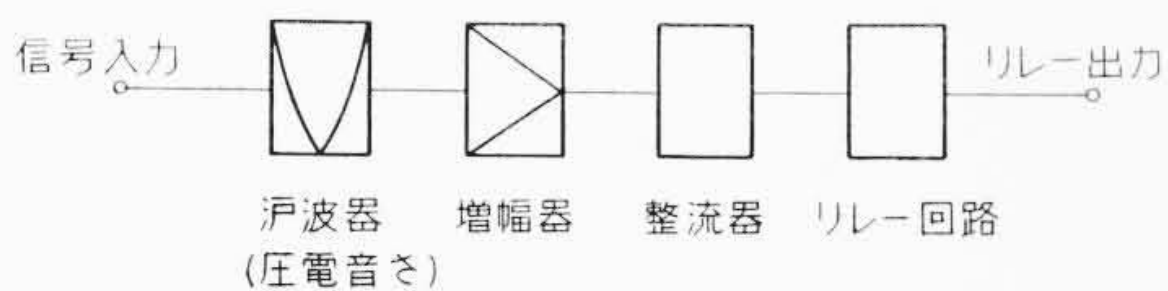
でなければならない。ここで K は定められた接続率から要求される誤動作率によって決定しなければならないが, 接続率と誤動作率との関係, 誤動作率と K との関係は一般には理論的に結びつけることは不可能に近い問題である。

このため, 一般には雑音波の受信用ろ波器の出力波の検波出力が信号器の変換点レベル (T) を越える確率を一つの目標として設計を行なう。

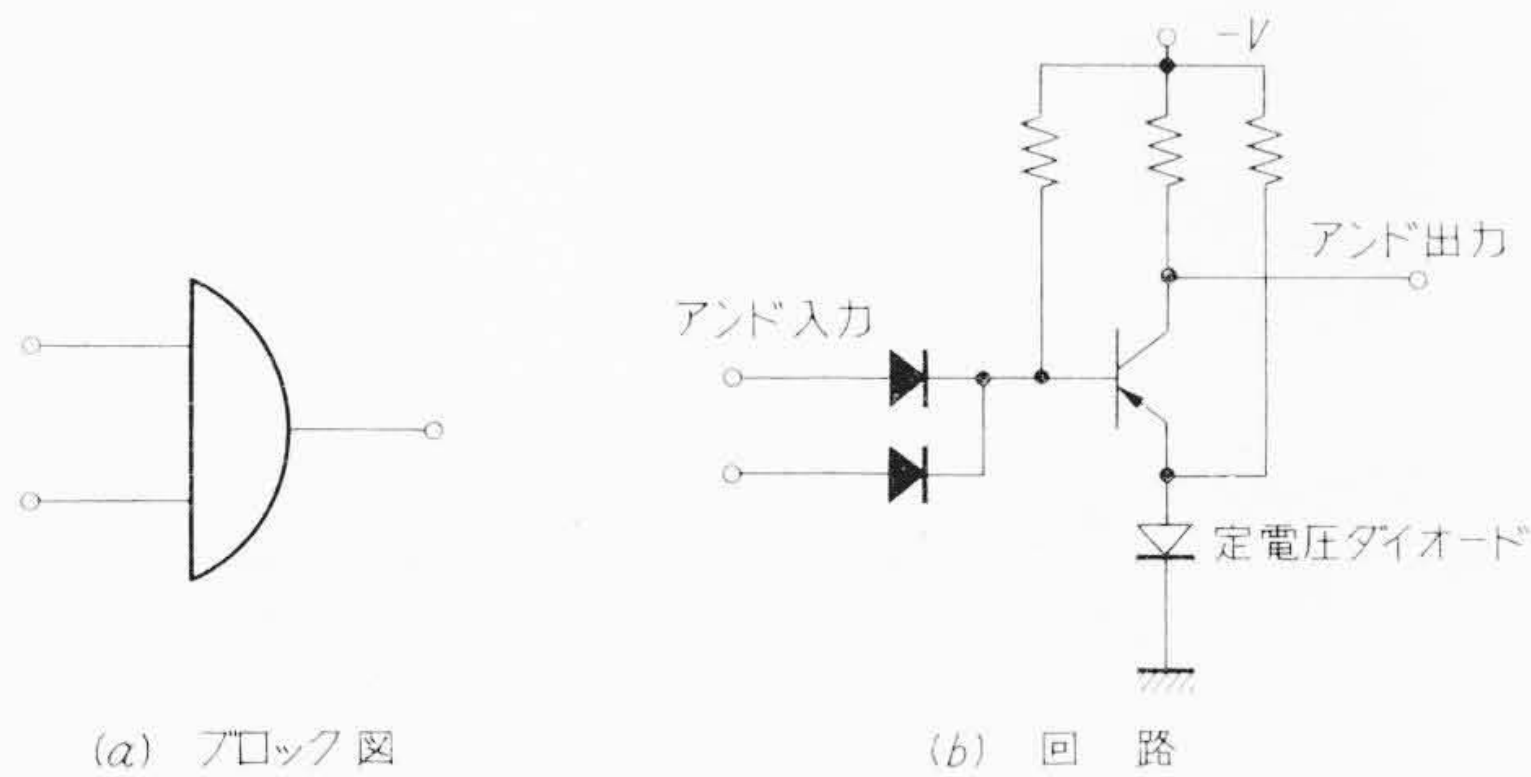
雑音波の検波出力波形は雑音源の型, 受信ろ波器の特性および検波回路の特性などで定まるが, 一般にガウス雑音が十分狭い帯域ろ波器を通過した後の雑音波のエンベロープはレーリー分布にしたがうといわれており, 一方検波出力波形もこのエンベロープに近い形となるから, ここで考える信号器の雑音検波出力波形はレーリー波で近似できると考えてよい。

このような考えに従って, 誤動作率を 1 万回に 1 回とすると 4.1 で決定した変換点レベルに対して (8) 式を満足する N の値は選択信号波に対して -31.4 dB となる。

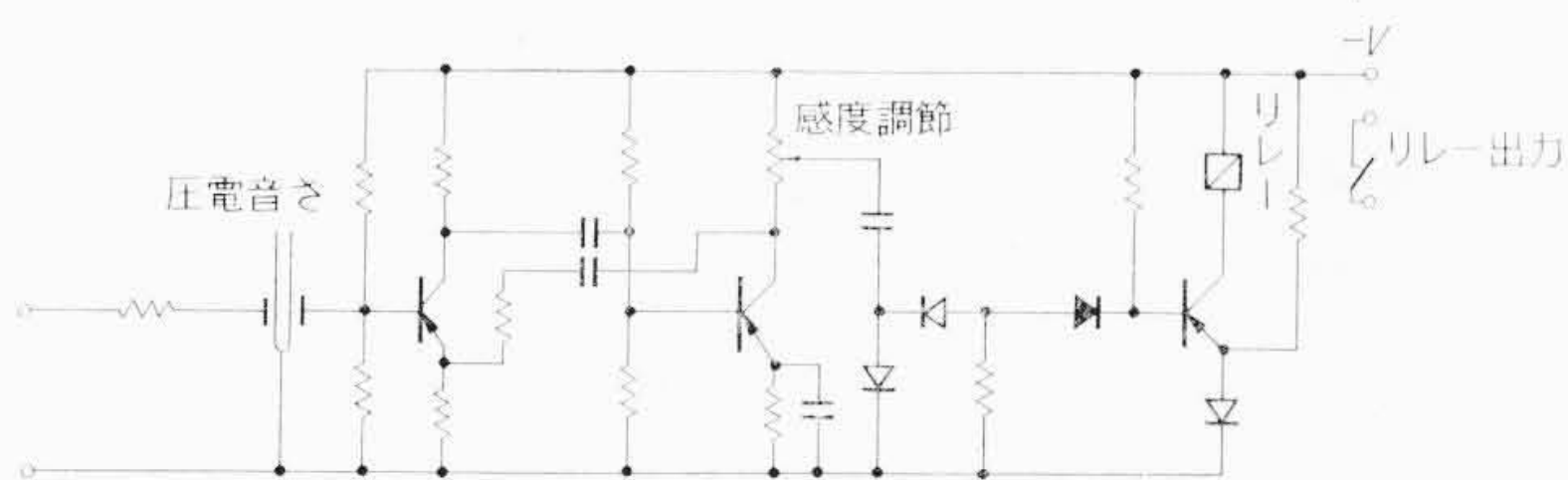
また, 圧電音さの雑音等価帯域幅は -5.4 dB 低下帯域幅となるか



第12図 信号受信回路のブロックダイヤ



第13図 アンド回路



第14図 信号器回路の一例

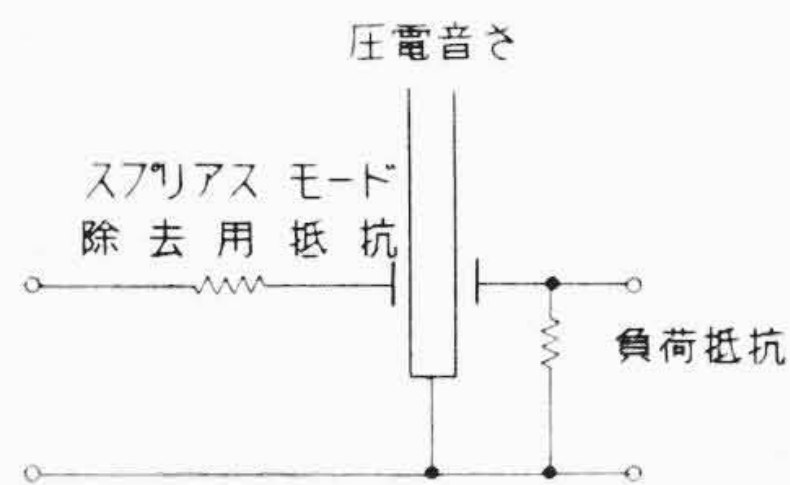
ら、前述の選択信号用の圧電音さでは -5.4 dB 低下帯域幅が約 3.5 c/s となり、選択信号1チャンネルに対してさきの K を保証する SN 比は 11.6 dB 以上となる。すなわち前節で述べたレベルダイヤの値、圧電音さの規格および K の値で SN 比 15 dB までは十分実用できることがわかる。これ以上の誤動作率の改善のためには抑圧チャンネルを設置して雑音波の大きいときには信号器を断にするような方法をとらなければならない。

4.3 信号受信回路

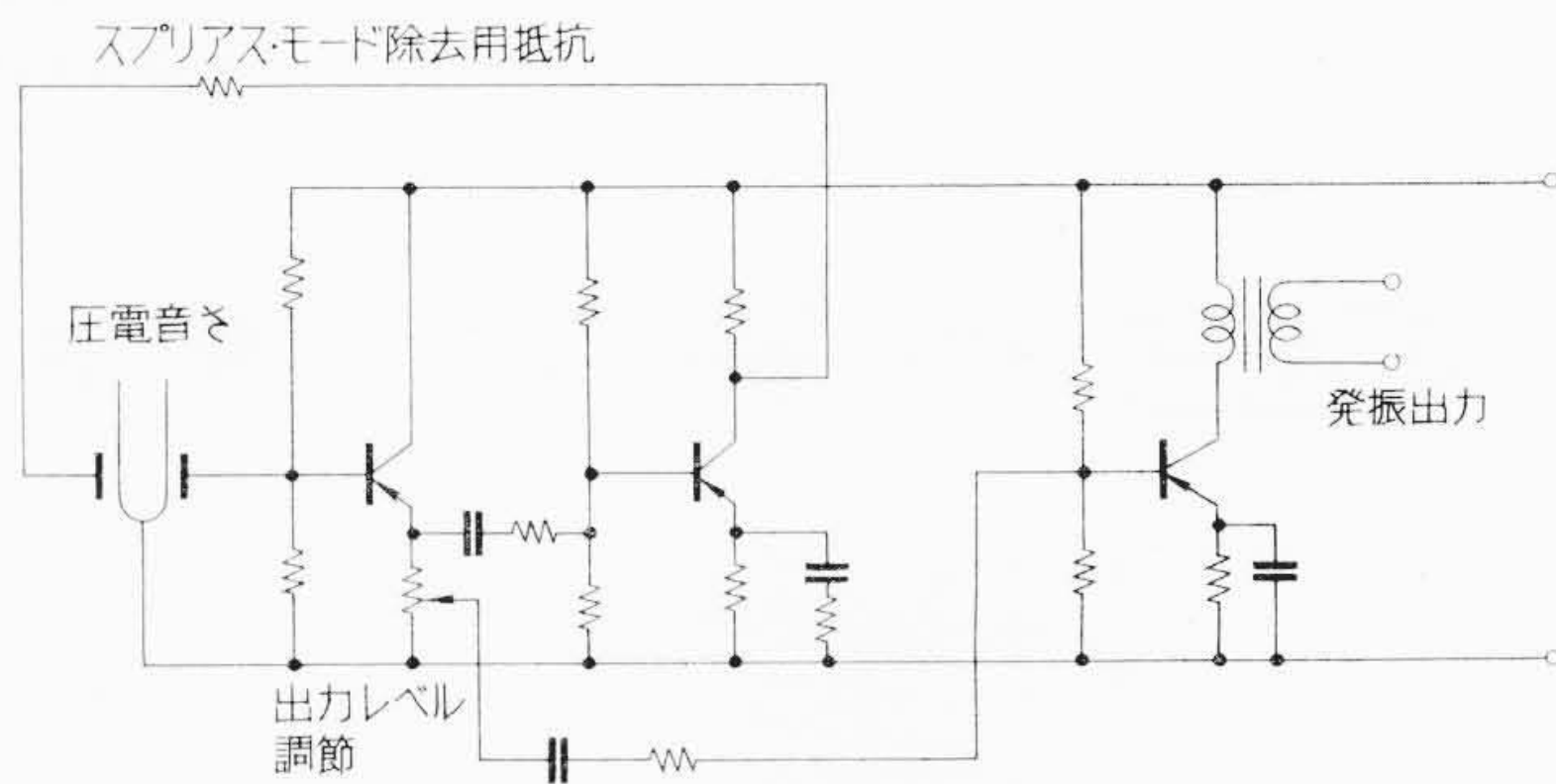
圧電音さを用いる信号受信回路の構成は第12図に示すように、圧電音さで選択された信号波は増幅器で増幅され、検波回路で検波され直流信号に変換される。この直流信号がスイッチ回路を動作させる。

一般に信号受信回路の変換点の変動はスイッチ回路のスライスレベルの変動、検波回路の検波能率の変動および増幅回路の増幅度の変動によって起こるがこの信号器では前述のように、変換点の変動はあまり大きくとることができない。したがって設計にあたっては次のような考慮を払った。スイッチ回路のスライスレベルの安定化は定電圧ダイオードで行なう。検波回路は入力レベルを高く、検波時定数を大きくとり、増幅器の安定化のほか検波回路の駆動点インピーダンスを低くするためにも負き増幅器を用いた。スイッチ回路はさきに述べた選択信号が同時送出的場合および順次送出的場合で異なるが、同時送出的場合には第13図のようにアンド・ゲート回路を用いてスイッチ回路を駆動する。また順次送出的場合には少し複雑となるが、積分回路または2安定マルチ、単安定マルチなどの回路を用いて時間的にホールドしてのち、アンド・ゲート回路を用いてスイッチ回路を駆動する。第14図に増幅器、検波器およびスイッチ回路の総合回路の一例を示す。

次にレベル関係について述べると、増幅器の入力端子、すなわち圧電音さの出力端子のレベルは圧電音さの機械的振動による起電力と圧電音さの入力レベルによる非直線性を考慮して定めなければならない。いまこれが自動車無線電話に用いられ、自動車に積載され



第15図 圧電音さスプリアス・モード除去回路



第16図 圧電音さ発振回路

第3表 圧電音さ形発振器の特性の一例

周波数確度	20℃において $\pm 0.2\text{ c/s}$ 以下
出力変動 (全変動値)	$\pm 2\text{ dB}$ 以内
周波数変動 (全変動値)	$\pm 0.5 \times 10^{-3}$ 以内
ひずみ率	-30 dB 以下
使用範囲	温度 $-10 \sim 55^\circ\text{C}$ 湿度 85% 以下

る場合には通常の走行状態での振動による圧電音さの起電力は最大 1 mV であり、また、圧電音さの入出力特性の非直線性は入力 3 V 以下ではまったく問題とならないため、これを考慮して増幅器入力端子における入力電圧を規準状態において 35 mV 程度に設計すれば十分である。

5. 圧電音さの発振器としての応用

圧電音さは前に述べたように電気的には単一共振回路と考えられるため、圧電音さと増幅器を組み合わせで発振器として動作させることができる。この場合の発振周波数は圧電音さおよび増幅器の周波数特性ならびに位相特性によって定まる。機械的振動子の共振周波数は基本波および基本波の6倍、17倍……と無限個の共振周波数が存在し、これは(3)式に示されるとおりであるが、振動子を電気-機械変換系を介して電気回路部品として使用するときには、その力係数(変換能率)は振動モードが高次になるほど高くなり、また増幅器の周波数特性との関係もあり通常の音声周波数帯にその基本モードの共振周波数を有するような圧電音さではスプリアスとなり三次または五次の高調波モードで最も発振しやすい。これをさけるためには第15図に示すように圧電音さの入力端に高抵抗を接続して、この抵抗と圧電素子のキャパシテイ(ダンピング容量)で低域ろ波器を形成させて高次のスプリアスモードでの増幅度を減少させ基本モードで発振させることができる。

圧電音さを使用した発振器の特性の一例を第3表に示す。特にこの場合には選択信号用の圧電音さを発振器として使用したものである。このように圧電音さ形の発振器は通常の L.C または R.C で製作される発振器と水晶を用いた発振器の中間の特性を持つものであり、選択信号の原発振器としても使用でき、今後ますますその需要が増すものと考えられる。

第16図に圧電音さを用いた発振器の一例を示す。

6. 結 言

以上移動無線装置の選択信号方式の概要とこれに最も適当な選択信号受信用ろ波器と考えられる圧電音さを使用した受信回路の設計法と実際の回路例について述べた。この移動無線装置は今後ますます発達することが予想され、装置、部品ともに日進月歩の状態にある。このため今後もさらにこれらの研究のためにいっそうの努力を続けたい所存である。

終わりに、日本電信電話公社通信研究所無線課岩井課長、同課高須、森永両補佐、ならびに日本国有鉄道東京電気工事局石原課長をは

じめ、日ごろご指導いただく関係各位に深く感謝の意をささげる。

参 考 文 献

- (1) 森永隆弘、大森英二：移動無線における選択呼出方式、1962年1月、電通学会
- (2) N, Sohrabji: Selective Calling System for Mobile Radio Telephony. B. I. R. E., Vol. 18, 1958, No. 5
- (3) H. Kihn and W. E. Barmette: The Megacoder, A High Speed Large Capacity, Microminiature Decoder for Selective Communication. R. C. A., Rev. No. 1, 1959
- (4) 宮脇：雑音解析、朝倉書店



特 許 の 紹 介



特 許 第 260479 号

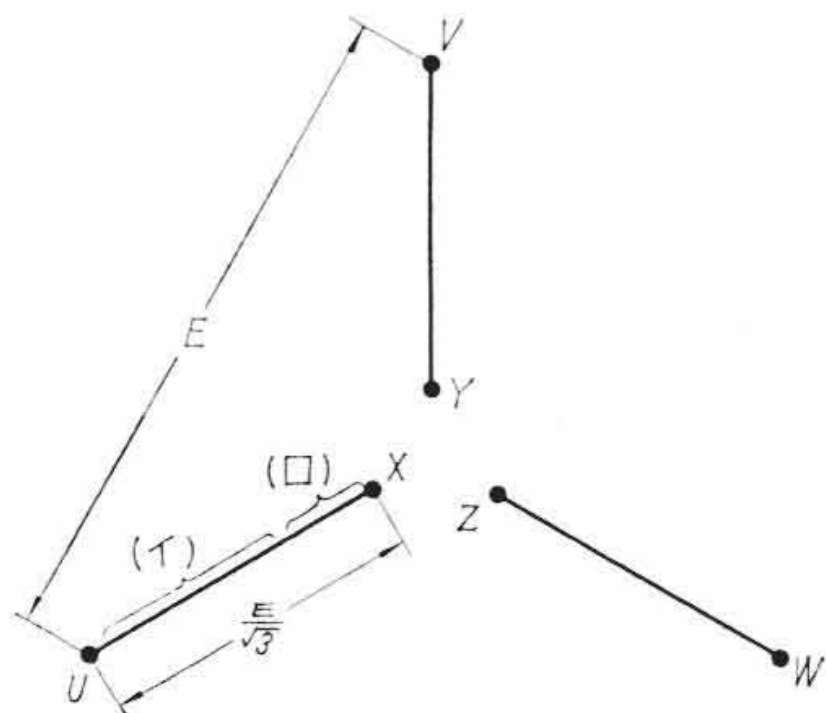
磯 部 昭 二・金 沢 朝 久

タ ー ビ ン 発 電 機 電 機 子 巻 線

タービン発電機の大容量化に伴い、その端子電圧も高くなってきたので、電機子巻線端部における異相コイル間の空けきに発生するコロナが問題視されるに至った。

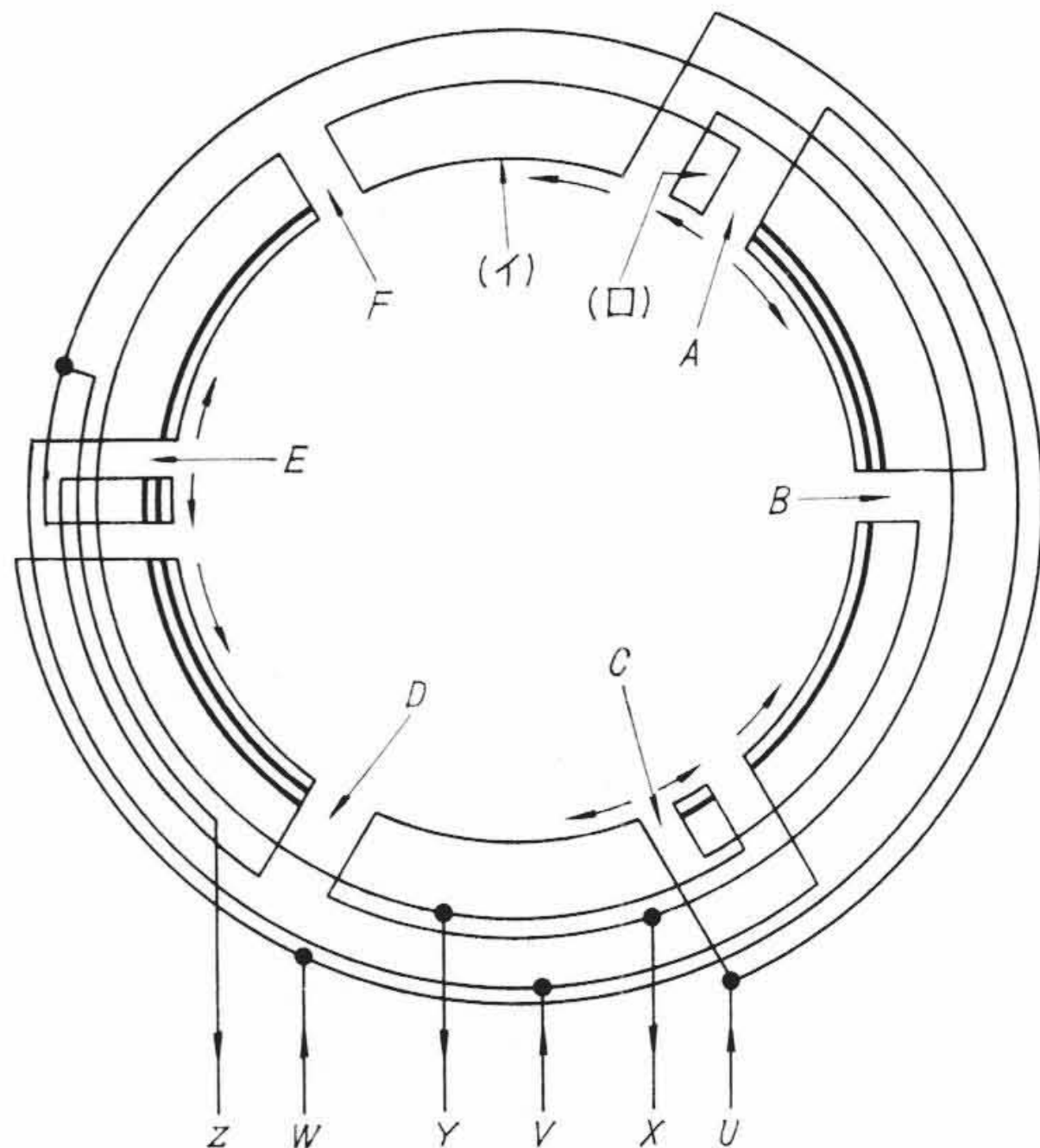
この発明は電機子コイルに特殊な巻線法を施すことにより巻線端部コイル間の空けきを増大することなしに異相間コロナ発生を簡単に防止しようとして提案されたもので、第2図に示すように各相巻線の空けきA, B, C, D, E, Fの中各相の線路端子u, wおよびU, VおよびV, Wの口出線が隣接する空けきA, C, Eにそれぞれ各相巻線の中点端子に近いコイル、すなわち第1図に示す星形巻線配置の(ロ)の部分に該当するコイルを介在させる特殊の巻線法を施したものである。

このようにすれば、異相コイルの端子口出線が隣接した空けきA,



第 1 図

C, Eにはそれぞれ大地間電圧 $\frac{E}{\sqrt{3}}$ に近い電圧がかかるのみであるから、空けきにコロナが発生することはない。(須 田)



第 2 図

特 許 第 293381 号

桜 木 義 祐・西 本 喜 好

負 荷 時 電 圧 調 整 装 置

最近大容量変圧器においても負荷時電圧調整を行なわれる傾向にあるが、大負荷電流の切換制御を行なうに際し、従来のような調整機構では構成上に制約を受け好ましくない。

この発明はこれを打開する目的で提案されたもので、負荷開閉装置にそれぞれ別機構より操作される主開閉器および補助開閉器を備えたもので、定常状態における負荷電流は主開閉器に主として流通させ、またタップ切換、すなわち電圧調整時における負荷電流は、補助開閉器のみに分担させ、これにより各開閉器の機能を電圧調整に適合するようにしたものである。

したがって補助開閉器を小形軽量化することができ、早切形の構成は簡単に行ないうるため小形でありながらも負荷電流の遮断容量を増加することができ、各開閉器に電圧調整に適合した機能を具備させることができ、大容量変圧器への電圧調整装置に最適である。

(須 田)

