

圧電音さ振動子

Piezo-electric Tuning Fork — Hitta Fork

徳 永 迪 夫* 川 勝 文 磨*
Michio Tokunaga Fumimaro Kawakatsu

森 山 寛 美* 伊 藤 三 吉*
Hiromi Moriyama Sankichi Itô

内 容 梗 概

音声周波数帯域における選択呼出に用いられる共振器および発振器に用いられる素子として圧電音さが開発された。圧電音さは音さ形の機械的振動子と圧電効果を有するチタン酸ジルコン酸鉛磁器の薄板を組み合わせた機械的な振動子を電気的な部品として使用するものであるために、その特性が良好であり、その安定度も高い。圧電音さは選択呼出用の共振器として、その中心周波数が約 300 c/s から 4,000 c/s まで 113 種類あり、また発振用としては約 300 c/s から 10,000 c/s の間の任意の周波数のものが製作可能である。圧電音さは従来のバイプレーティング・リード・セレクトにかわって用いられるものであり、その用途として、選択信号受信装置、選択信号発振装置および圧電音さと増幅器を共用し、発振と選択信号受信器の両者の機能を兼ねそなえた選択信号送受信装置などがある。

1. 緒 言

最近、個別選択呼出サービスをはじめ、遠隔制御方式、遠隔指令方式などにおいて、不特定多数のものから、特定の一つを選択する機能の要求される装置が多くなってきた。すなわち、タクシー無線電話装置、自動車無線電話装置、列車無線電話装置などでは不特定多数の車両の中から特定の一つを選択し、これを呼び出す機能が要求され、また、ある装置において、多数の機能の中から特定の機能を選択して動作せしめる遠隔指令などの機能を必要とする場合が多い。

これらの動作を行なわしめるためにはその情報伝送方式として、パルス列を用いるパルス方式と、周波数を組み合わせて情報を伝送する周波数組合せ方式に大別される。このうち、パルス方式はその情報の伝送速度が非常に早いという利点を有する反面、雑音に対して弱いという欠点を有している。これに対し、周波数組合せ方式はその情報伝送速度は遅いが、雑音に対して強いという長所を有しているため、特に無線周波を伝送路として用いる個別選択呼出しなどに用いられることが多い。

従来、周波数組合せ方式を用いた選択呼出方式では機械的振動片に電気的な接点を組み合わせて振動子の振動により接点を開閉するバイプレーティング・リード・セレクトが用いられた。しかし、バイプレーティング・リード・セレクトでは機械的振動片に接点を組み合わせた構造であるため、振動子は2重の振動系となり、振動片に付けられた可動接点が固定接点に接触すると、振動片の振動の様子が変化し、このため、振動片の動的な特性と静的な特性とは大きく変化する。このような現象はハング・オンといわれ、静的な周波数特性が電氣的に LCR の直列回路により示される単一同調回路とほぼ等しくなるのに対して、動的な周波数特性は静的な周波数特性に比較してその周波数帯域幅が大きく広がることとなる。また、接点のステイフネスを小さくしなければならないため、そのチャタリングが大きく現われ、接点が完全に接触しはじめるまでに相当時間がかかることとなる。また、2波以上の信号波が同時に印加されたときには、そのビートの山となる部分のみ接点が接触することとなる。この現象はリバウンドと呼ばれるが、これらの二つの現象がバイプレーティング・リード・セレクトの本質的な欠点である。

圧電音さはこれらの欠点を持たずにバイプレーティング・リード・

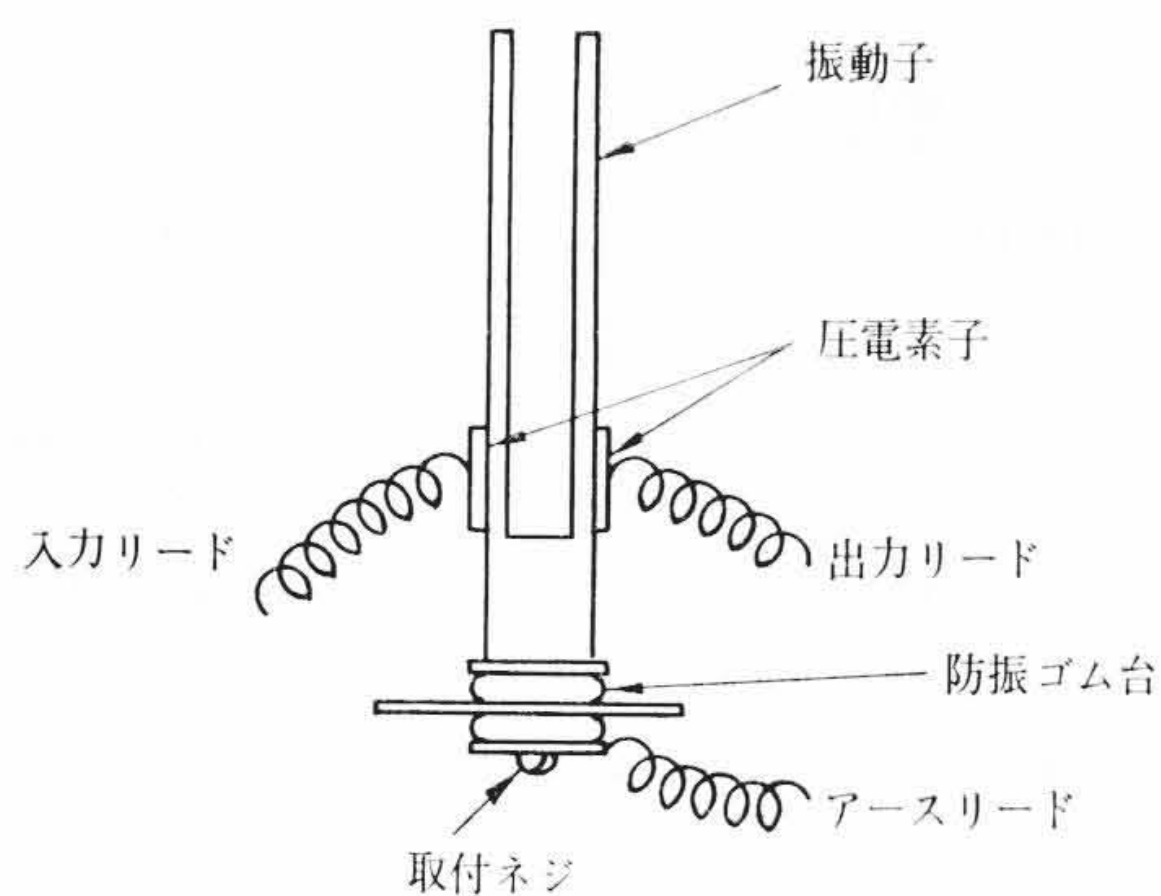
セレクトと同様な動作を行なわせることができ、さらに発振器にも使用できるものである。すなわち、圧電音さは機械的振動片を圧電効果によって駆動し、この振動片の振動を圧電効果によって再び電氣的信号に変換することによって、機械的振動片を純電氣的な共振器として使用するものである。バイプレーティング・リード・セレクトと比較すると次のような特長を持っている。

- (1) Q の値の異なる共振子の製作が可能であるため、選択特性と立上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、寿命が半永久的であり、またリバウンドを生じない。
- (3) 感度は外部回路により自由に制御できる。
- (4) 磁気回路がないため、ハングオンが起らず、周囲磁気の影響を受けず、過入力による性能劣化がない。
- (5) スプリアスは基本モード周波数の約 6 倍、約 17 倍……に発生するが、これは入力端子に直列に高抵抗をそう入することにより簡単に防止できる。
- (6) 特殊の小形音さ形状であるため、動作が安定である。
- (7) 増幅器と組み合わせることにより簡単に安定な発振器として動作させることができ、また、簡単な切換回路を付加して、増幅器と圧電音さを共用し、発振器、信号器の両方の機能を持つ回路が製作できる。
- (8) 振動、衝撃に対して強い。

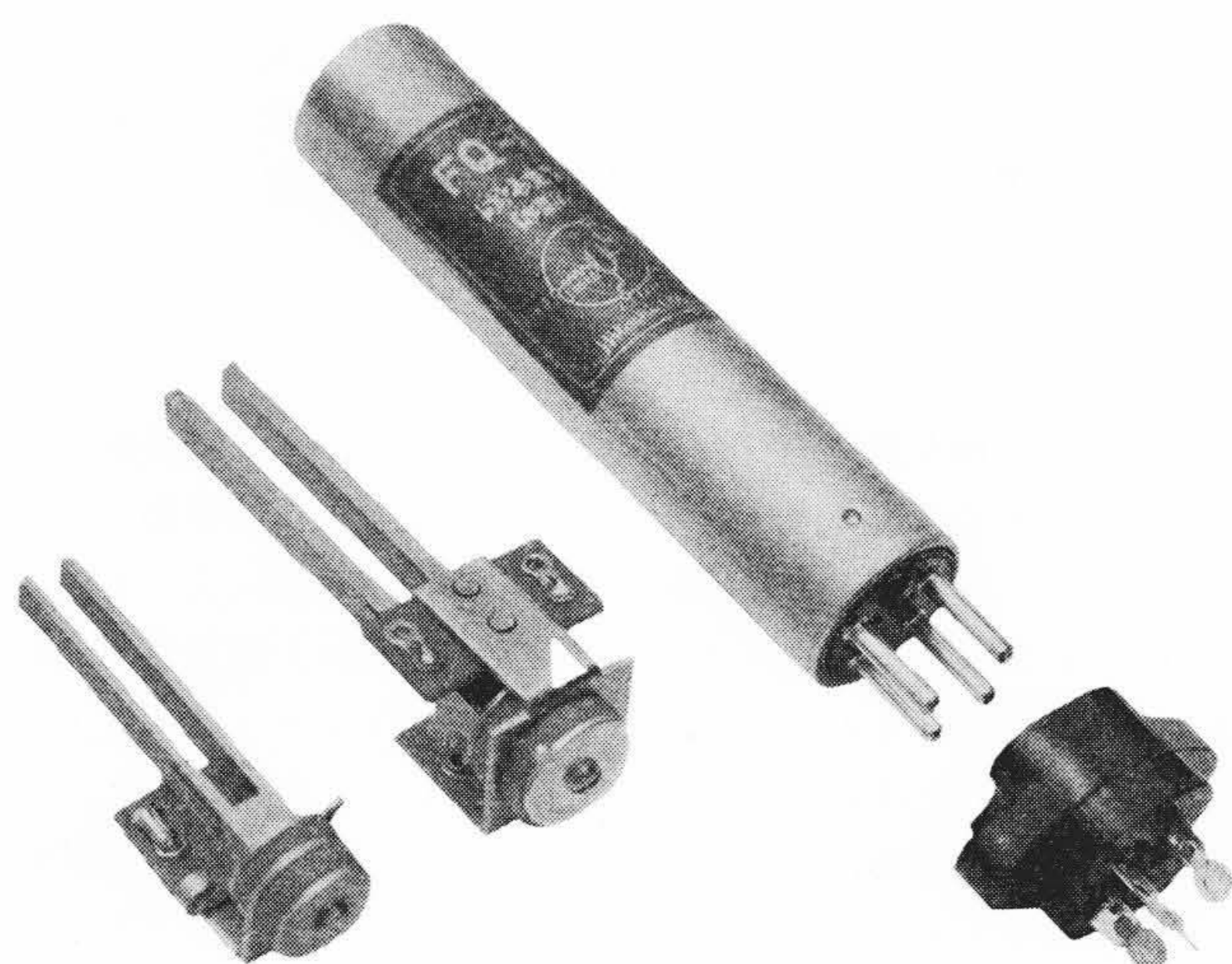
2. 圧電音さの構造

圧電音さは、あらかじめ定められた周波数に共振する音さ形状の機械的振動片とこれを駆動するためのチタン酸ジルコン酸鉛磁器 ($\text{Pb}(\text{Ti-Zr})\text{O}_3$, PZT と略称) の薄板および、全体の支持装置とから構成されている。その構造は第 1 図の概念的構造図に示されるように、音さ形状振動子の振動片の根元に PZT の薄板をはり付けた構造となっている。PZT の薄板は両面に銀電極が焼付けられており、振動片と PZT の薄板は電氣的に導通となるように接着されている。入力リードを通して入力端の PZT の上面電極と振動片の間に印加された電氣的な信号は、PZT の圧電的な電気-機械変換作用により変換されて音さ形状の機械的振動片を駆動し、さらに、その振動片の振動が音さの間隔片の部分を通じて他の一方の振動片に伝達し、出力端の PZT の圧電効果により電気信号に変換されて出力リードより取り出される。したがって、入力側に印加された電氣的信

* 日立製作所戸塚工場



第1図 圧電音さの概念的構造図



FQ-110形 円筒ケース・プラグ・イン形
 FQ-120形 大形・プリント板実装形
 FQ-230形 小形・プリント板実装形
 第2図 FQ形圧電音さ

号の周波数が機械的振動子の共振周波数と一致したときには、振動子は振動を開始し、このときのみ出力端から電気信号が取り出されることとなり、その周波数特性は帯域通過特性となる。

これらの振動子は防振ゴム台を用いた支持装置により支持されている。

音さ形状の機械的振動片が圧電音さの特性を左右するものであるが、これには特に圧電音さのために開発された特殊恒弾性金属が使用されている。第2図に圧電音さの写真を示す。

3. 圧電音さの特性

3.1 圧電音さの周波数特性

圧電音さは機械的振動子を電気的な回路部品として使用するものであるから、圧電音さの中心周波数はこれに用いられている音さ形状の機械的振動子の共振周波数に等しくなる。音さ形状の機械的振動子ではその共振周波数は振動片の厚さに比例し、長さの自乗に逆比例して定まり、その関係は(1)式のようになる。

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

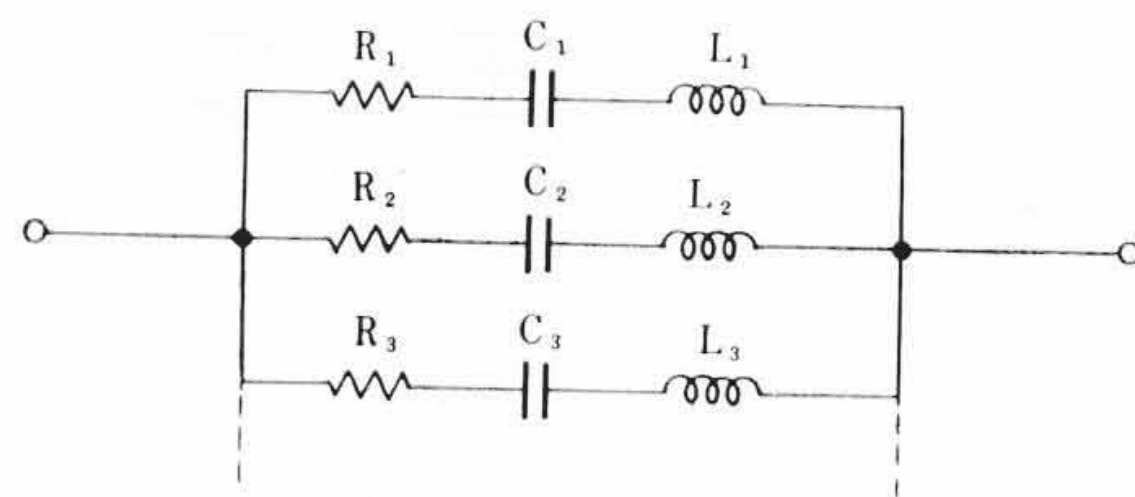
$$\equiv K_m \cdot \frac{t}{l^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $K_m = \frac{\alpha_m^2}{4\pi\sqrt{3}} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

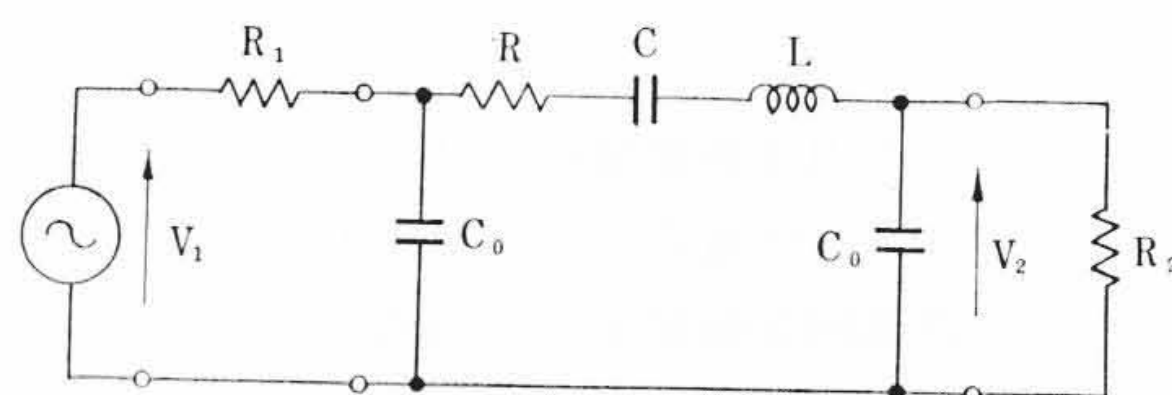
ここで、 α_m : 共振モードにより定まる定数

l : 振動片の長さ (cm)

t : 振動片の厚さ (cm)



(a)



(b)

第3図 圧電音さの電気的等価回路

ρ : 振動片の材料の密度 (g/cm³)

E : 振動片の材料のヤング率 (dyne/cm²)

また、機械的振動子として音さ形状の振動子を用いたときには、その電気的な等価回路はインダクタンスとキャパシタンスの直列回路の並列接続として2端子で示される。また、PZTは電気的にはキャパシタンスとして示されるから、圧電音さの電気的な等価回路は第3図(a)に示すように表わされる。いま、等価回路および(1)式より明らかなように、圧電音さの共振周波数は無数に存在し、圧電音さの基本モード周波数を用いるときには高次モードの共振周波数はすべてスプリアス・モードとなる。このスプリアス・モードのみに減衰を持たせ、基本モードを強調する効果と入力端のインピーダンスを上昇させて、多数個の圧電音さを並列接続して使用する。この二つの目的のために入力端に高抵抗を接続し、出力端に負荷抵抗を接続すると実際の使用時の等価回路は第3図(b)になる。いま、第3図(b)の回路において電圧伝達関数を求めると、

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1 + R + R_2 + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\left| \frac{V_2}{V_1} \right| = \frac{R_2}{R_1 + R + R_2} \left\{ 1 + Q^2 \left(\frac{2\Delta\omega}{\omega_0} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし、

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega = \omega_0 \pm \Delta\omega$$

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R_1 + R + R_2}$$

$$C_0 = 0$$

となる。

共振状態においては、(3)式において

$$\Delta\omega = 0$$

となるから、定損失は

$$\left| \frac{V_2}{V_1} \right|_{\omega_0} = \frac{R_2}{R_1 + R + R_2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり、共振周波数の近傍の周波数特性は

$$\left| \frac{V_2}{V_1} \right|_{\omega_0} = \left\{ 1 + Q^2 \left(\frac{2\Delta\omega}{\omega_0} \right)^2 \right\}^{-\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

として求められる。

また、機械系の結果より、インダクタンスは

$$L \propto M \quad \dots\dots\dots (6)$$

第1表 周波数標準系列

項番	Aバンド	Bバンド	Cバンド
1	307.5	1042.5	1972.5
2	322.5	1072.5	2032.5
3	337.5	1102.5	2092.5
4	352.5	1132.5	2152.5
5	367.5	1162.5	2212.5
6	382.5	1192.5	2272.5
7	397.5	1222.5	2332.5
8	412.5	1252.5	2392.5
9	427.5	1282.5	2452.5
10	442.5	1312.5	2512.5
11	457.5	1342.5	2572.5
12	472.5	1372.5	2632.5
13	487.5	1402.5	2692.5
14	502.5	1432.5	2752.5
15	517.5	1462.5	2812.5
16	532.5	1492.5	2872.5
17	547.5	1522.5	2932.5
18	562.5	1552.5	2992.5
19	577.5	1582.5	3052.5
20	592.5	1612.5	3112.5
21	607.5	1642.5	3172.5
22	622.5	1672.5	3232.5
23	637.5	1702.5	3292.5
24	652.5	1732.5	3352.5
25	667.5	1762.5	3412.5
26	682.5	1792.5	3472.5
27	697.5	1822.5	3532.5
28	712.5	1852.5	3592.5
29	727.5	1882.5	3652.5
30	742.5	1912.5	3712.5
31	757.5		3772.5
32	772.5		3832.5
33	787.5		3892.5
34	802.5		3952.5
35	817.5		4012.5
36	832.5		
37	847.5		
38	862.5		
39	877.5		
40	892.5		
41	907.5		
42	922.5		
43	937.5		
44	952.5		
45	967.5		
46	982.5		
47	997.5		
48	1012.5		

ただし、 M ：振動片の質量

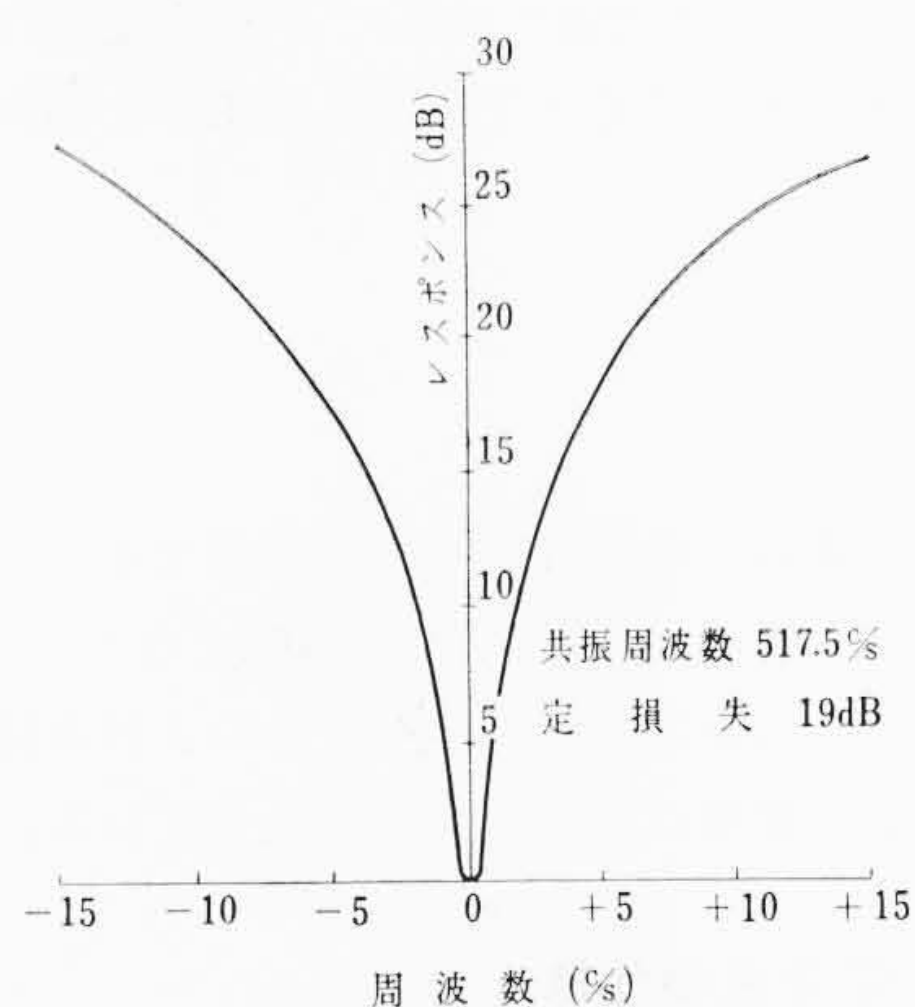
となり、電気的なインダクタンスは振動片の質量に比例するから結局、電気的な選択度すなわち Q は振動片の質量に比例することがわかる。

以上の結果より、圧電音さの定損失ならびにその周波数特性は標準測定回路を定めることによってはじめて定義できることがわかる。

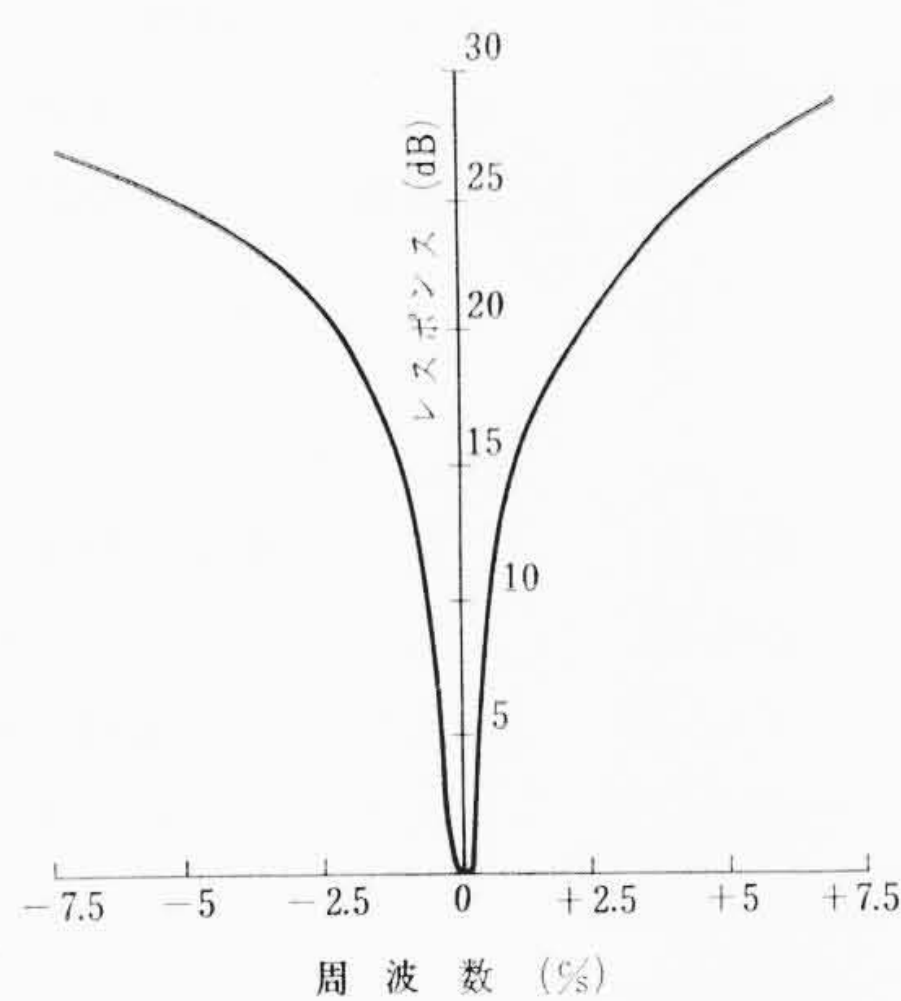
標準測定回路はさきに述べたスプリアス対策ならびに整合より入力抵抗を定め、圧電音さが接続される回路より負荷抵抗を定めると R_1, R_2 の適当な値として

$$R_1=100\text{ k}\Omega \quad R_2=20\text{ k}\Omega$$

となり、さらに、第3図(b)の回路より



第4図 圧電音さの周波数特性 (1)



第5図 圧電音さの周波数特性 (2)

定損失 A_0

$$A_0=20\log\frac{V_1}{V_2}\text{ dB}=20\log\frac{R_1+R+R_2}{R_2}\text{ dB}\dots\dots\dots(7)$$

選択度 Q

$$Q=\frac{f_0}{\Delta f_3}\dots\dots\dots(8)$$

ただし、 f_0 ：共振周波数 (c/s)

Δf_3 ：3dB低下の帯域幅 (c/s)

と定義すれば、圧電音さの電気的な通過帯域特性はほぼ単一共振回路と考えられるから、その損失と選択特性は(7)、(8)式により確実に定義できることとなる。

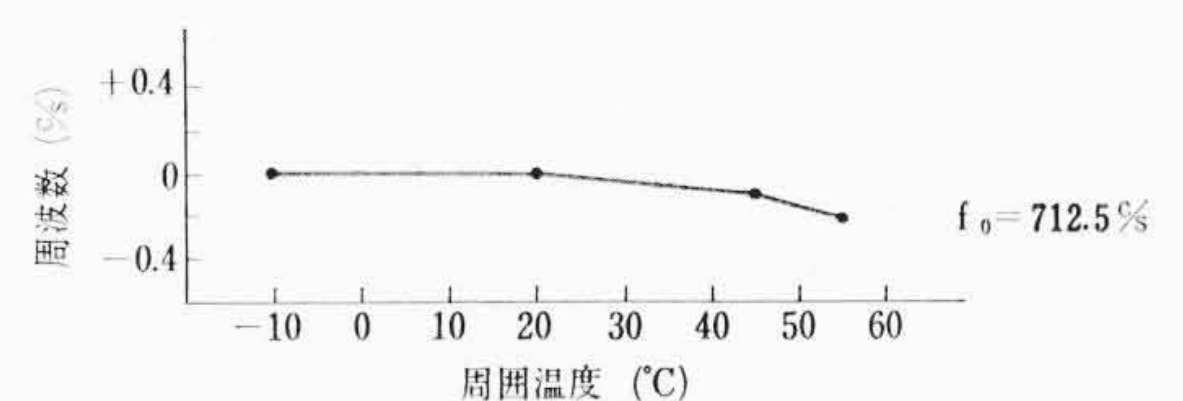
圧電音さはそのおもな使用目的が多周波信号選択器であり、これに用いられる信号周波数の系列は世界的に定まっており、7.5c/sの奇数高調波の系列が用いられている。すなわち、その信号周波数は等間隔に15c/sおきに配列されているため、圧電音さもこの系列にしたがい第1表に示された周波数のものを標準系列とした。

また、その周波数特性も共振周波数のいかにかわからず、隣接周波数に対して同じ減衰特性を持つように(6)式の関係を用いて設計されている。この結果、共振周波数のいかにかわからずその周波数特性は同じになっており、共振周波数と選択度(Q)との比が一定となっている。

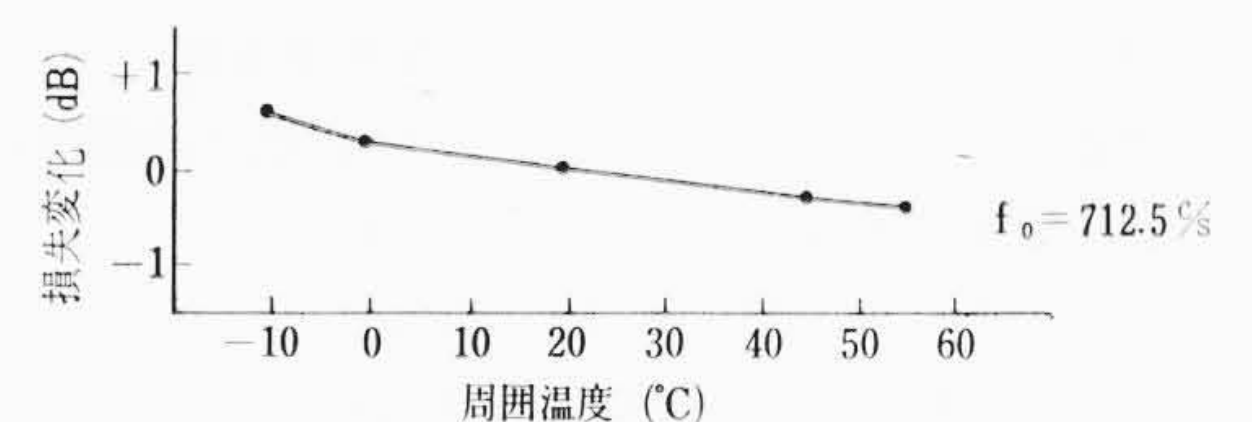
圧電音さの周波数特性の一例は第4図に示すように、すべて隣接周波数に対して25.5dB以上の減衰度を与えるようになっている。また、選択特性がさらに高く、発振用に適するものとして隣接周波数の半分の周波数での減衰度が20dB以上のものがある。この周波数特性の一例は第5図に示すとおりである。

3.2 温度特性

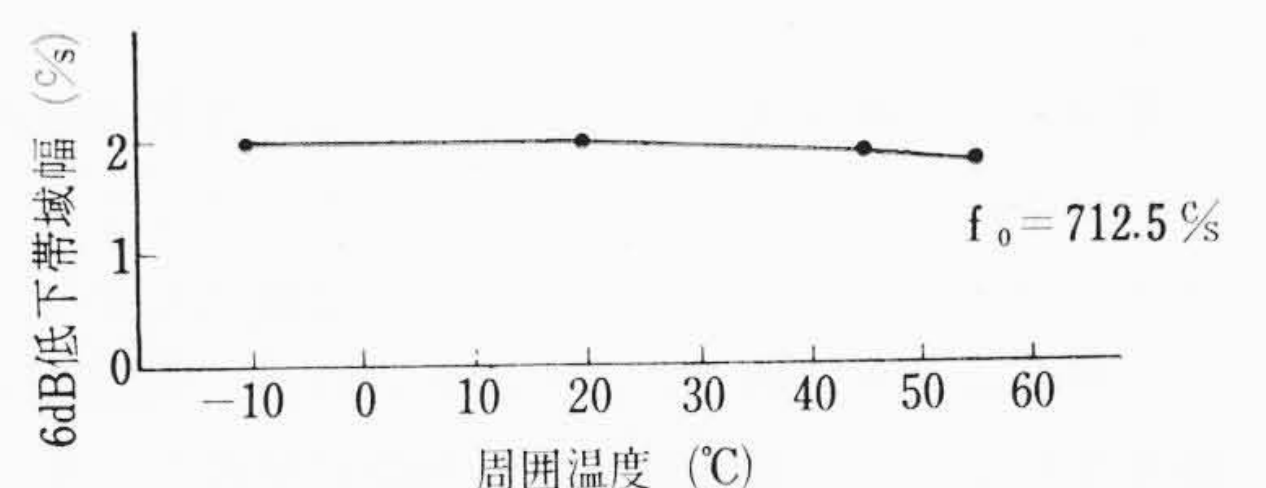
圧電音さの機械的振動片の部分に使用している金属は特に圧電音さ用に開発された鉄—ニッケル系の特殊恒弾性金属であり、PZTも温度特性の良好なるものを使用しているため、圧電音さの温度による周波数のずれ、および損失の変動は非常に少なく、また選択特性の変化もほとんどない。圧電音さの共振周波数特性からも明らかにように、隣接周波数に対する抑圧度が同じになるよう、すなわち、共振周波数と選択度(Q)との比が同じになっているため、共振周波数のいかにかわからず、共振周波数、定損失ともに温度に対する変化量が同じになるように設計製作されている。



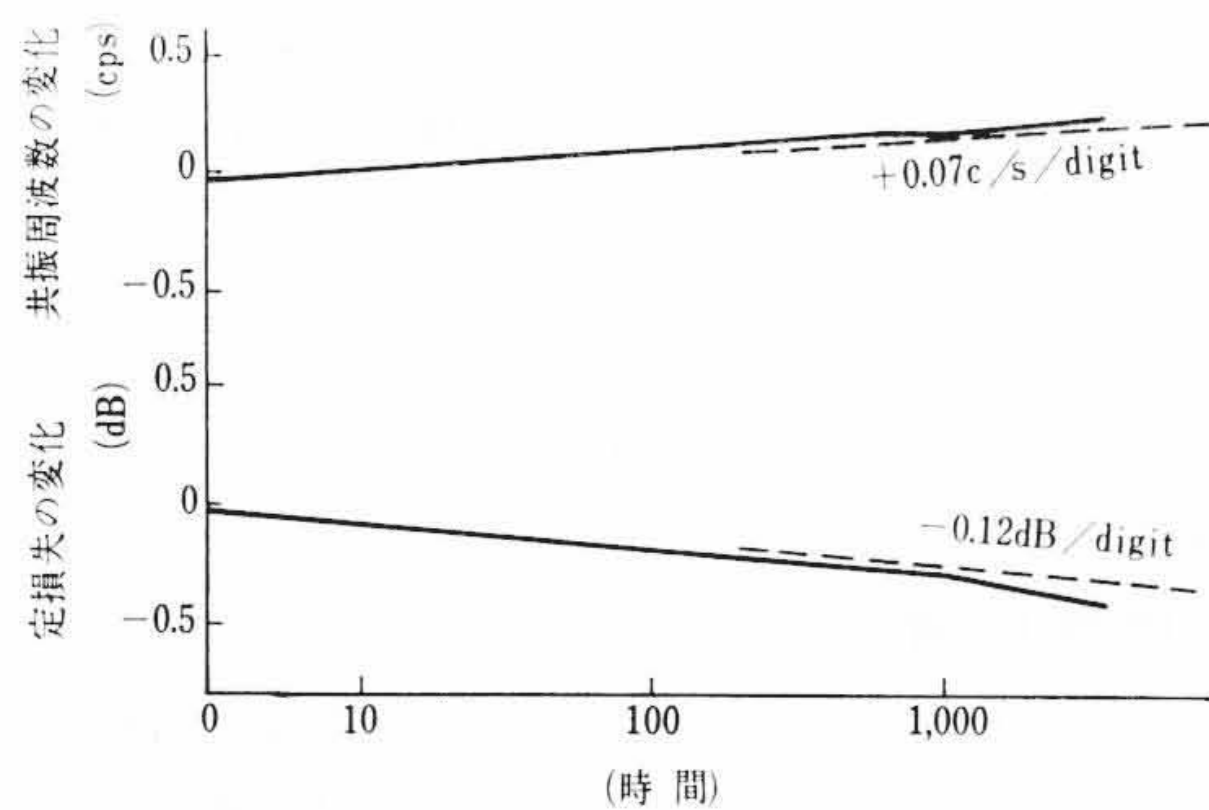
第6図 共振周波数の温度特性



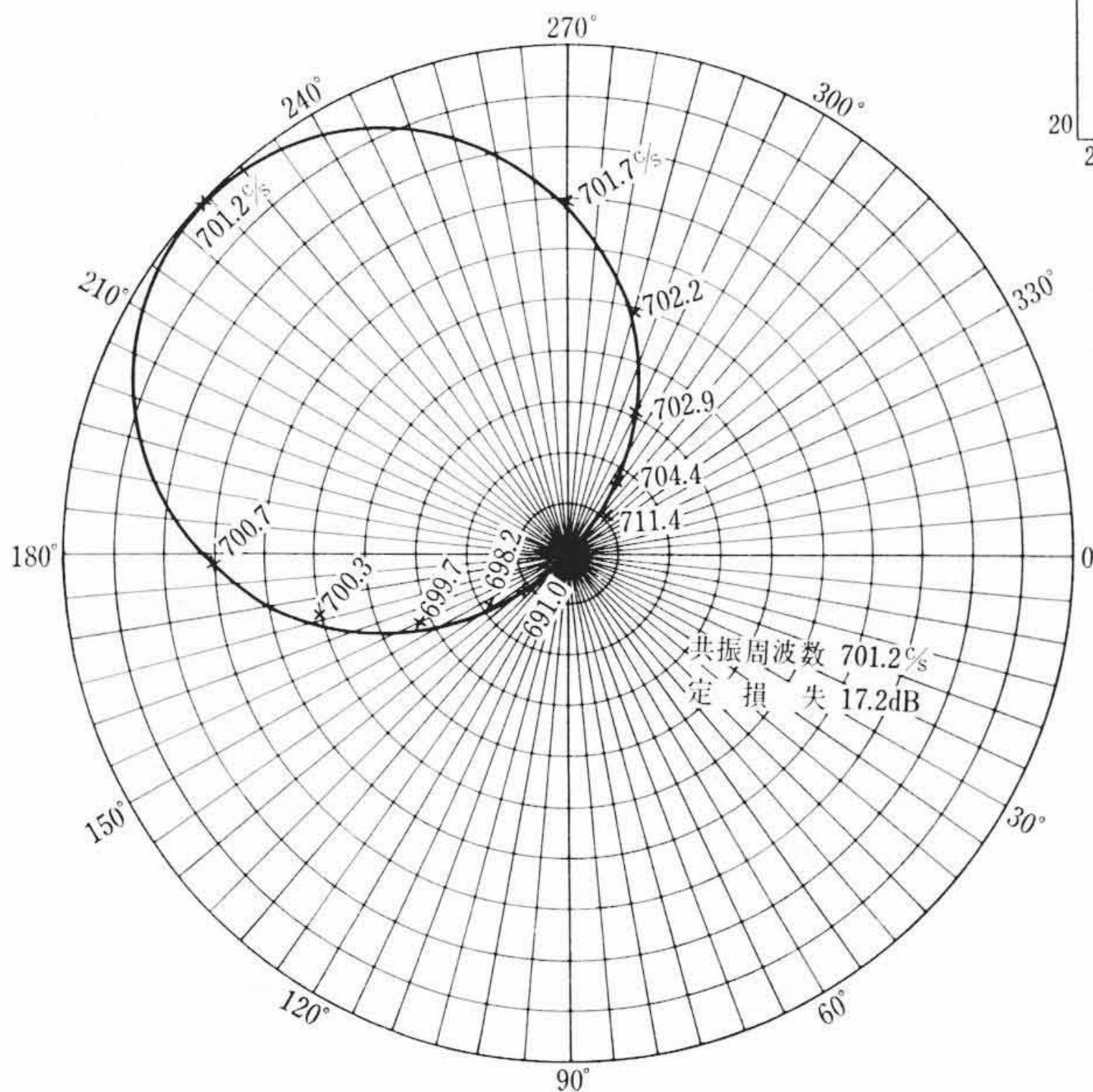
第7図 定損失の温度特性



第8図 選択度の温度特性



第 9 図 共振周波数および定損失の経時変化



第 13 図 圧電音さの伝達インピーダンス・サークル

圧電音さの共振周波数の温度特性、損失の温度特性および選択度の温度特性の一例を第 6 図、第 7 図ならびに第 8 図に示す。

3.3 経時特性

振動片に用いられている金属材料ならびに PZT は十分エージングされているため、圧電音さの経時変化は非常に少ない。しかし、金属材料などの時効硬化が徐々に進行し、このため、その損失と共振周波数は時間の経過とともに少しずつ変化することとなる。

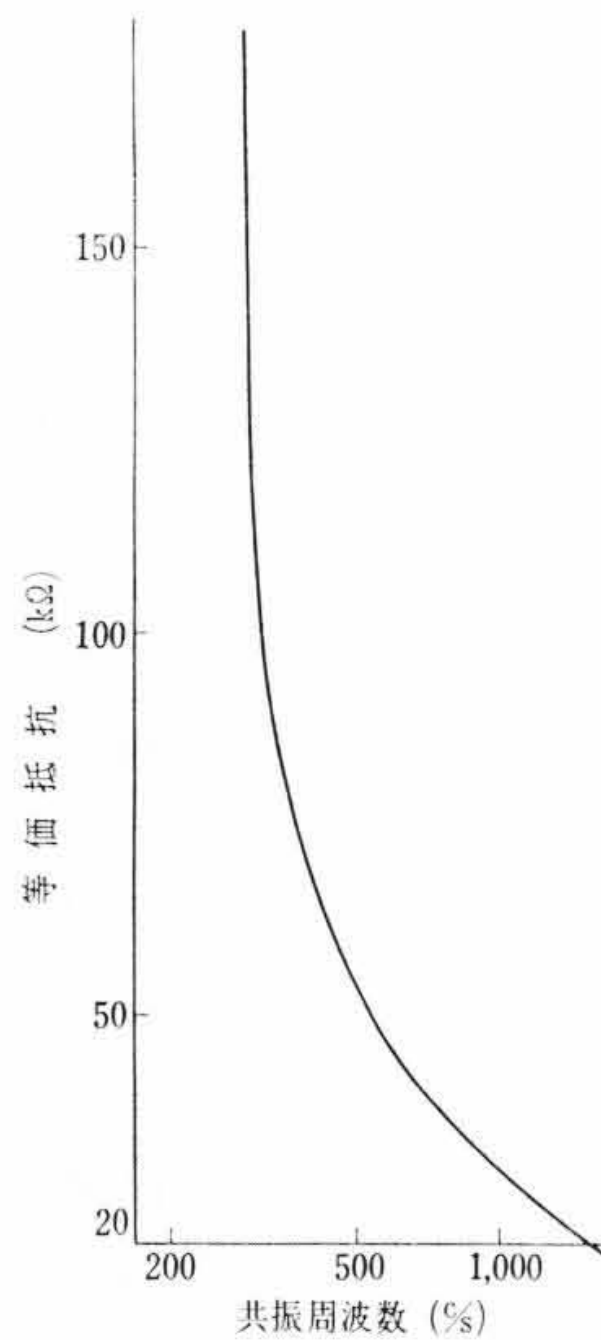
その経時変化は第 9 図に見られるように、製作後の経過時間を対数的にとると、共振周波数ならびに定損失の経時変化は圧電音さの共振周波数と無関係にほぼ直線的に変化する。共振周波数の変化は時間の経過とともに上昇していく傾向を示し、定損失の変化は時間の経過とともに減少していく傾向を持っている。いま、この変化量を 10 倍の経過時間にしたがって変化する値で示すこととし、これを digit hour として示すこととすると、共振周波数の変化 Δf_0 ならびに定損失の変化 ΔA_0 はそれぞれ

$$\Delta f_0 = +0.07 \text{ c/s/digit hour}$$

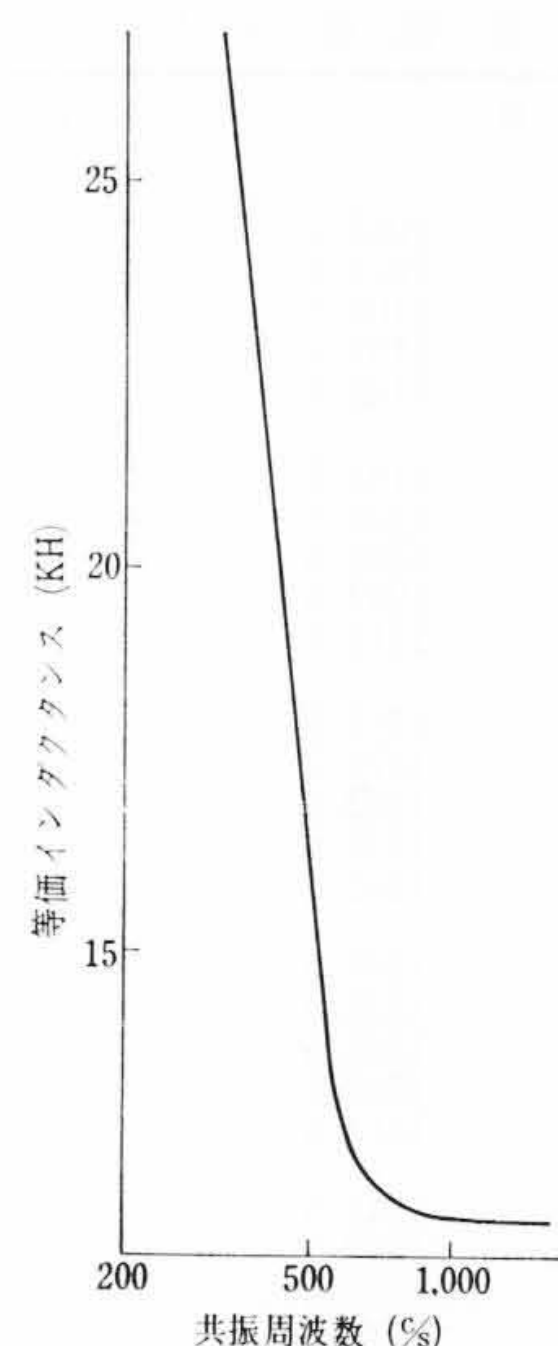
$$\Delta A_0 = -0.12 \text{ dB/digit hour}$$

として示される。

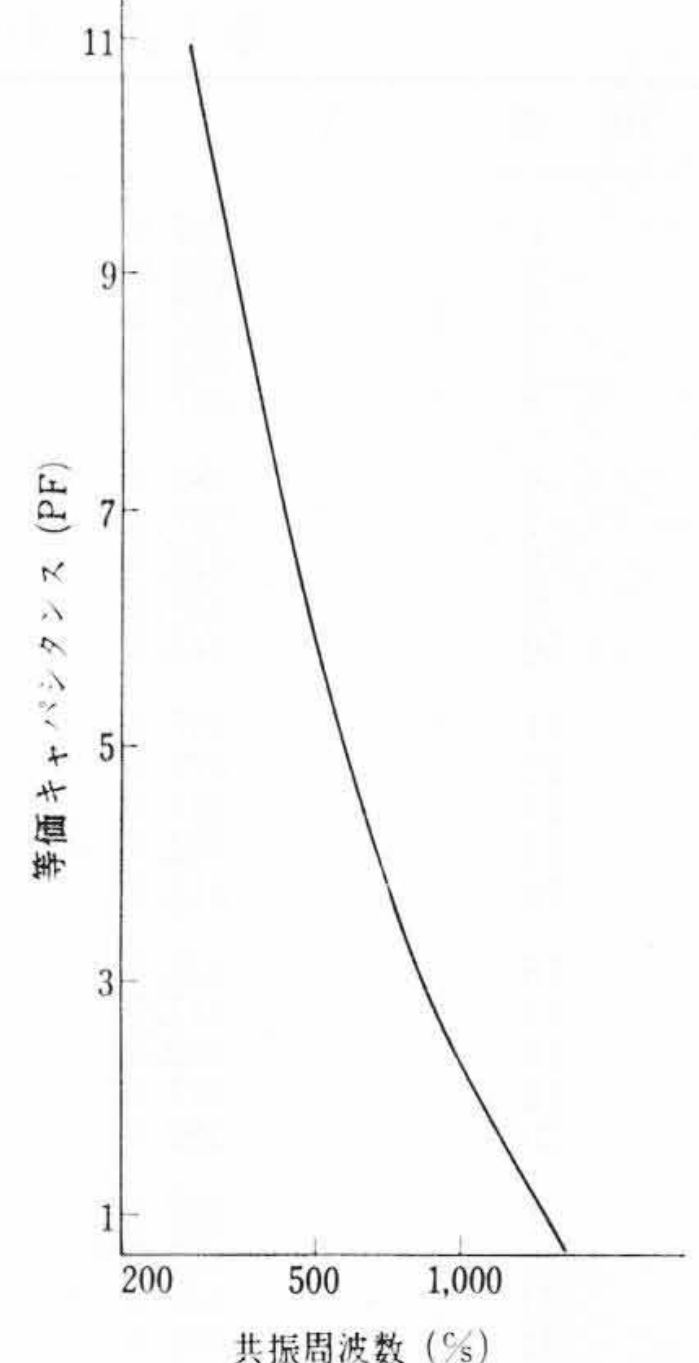
また、圧電音さの寿命については、さきに述べたように圧電音さが電気的には第 3 図に示されるような、受動回路網で示されるものであるから、これが破壊するようなことはなく、また、バイブレーション・リード・セレクトのような接点も有していないために、その寿命は半永久的であると考えられる。実際にはさきに述べた経時変化によって、共振周波数ならびに定損失が変化し、この変化により圧電音さがある定められた仕様からはずれた場合に使用できな



第 10 図 圧電音さの等価抵抗 (R)



第 11 図 圧電音さの等価インダクタンス (L)



第 12 図 圧電音さの等価キャパシタンス (C)

くなくとも、その寿命は使用開始後約 15 年以上になる。

3.4 電気的等価定数

圧電音さは電気的には第 3 図のような等価回路で表わされるから、そのインピーダンス特性は等価定数から簡単に求められる。

これらの等価定数は簡単に測定されるから、この等価定数を求めることにより、電気的な種々の特性を知ることができる。

圧電音さは PZT の圧電効果により電気信号を機械信号に変換しているが、この変換効率は力係数として示される。この力係数は周波数の関数となるから、等価定数は圧電音さの共振周波数が変われば変化することとなる。いま、圧電音さの等価定数の一例を示すと、等価抵抗 (R)、等価インダクタンス (L) および等価キャパシタンス (C) はそれぞれ周波数の関数として第 10 図、第 11 図および第 12 図のようになる。また、圧電音さの入出力特性は (3) 式により示されるが、これは周波数をパラメータとして損失を放射状にとり、位相を回転角として示した円グラフ上に円として示される。この特性の一例を示すと第 13 図のようになる。

3.5 その他

圧電音さはそのおもな用途が選択信号受信器ならびに発振器であるが、これに使用した場合の立上り時間、また、雑音に対する応答特性が考えられるが、これらについては圧電音さが使用される回路条件ならびに装置の設計により変化するものであり、使用回路条件ならびに装置が定まったのち、圧電音さをさきに述べた第 3 図の電気的等価回路で示してその応答の様子を求めればよい。

いま、選択信号受信器について、電気回路で構成されるスイッチング回路とともに考えると、その立上り時間はスイッチング回路のスイッチ特性より定まる圧電音さの実効帯域幅により規定される。いま、この実効帯域幅を $B \text{ c/s}$ とすると圧電音さを用いた選択信号器の立上り時間 Δt はほぼ

$$\Delta t = \frac{1}{B} \text{ (s)}$$

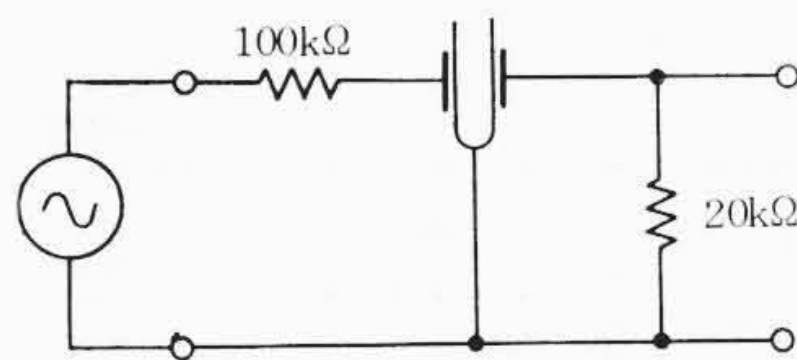
として表わされる。

また、雑音に対する応答は圧電音さの雑音の等価帯域幅で示されるものであるが、これは圧電音さの 5.4 dB 低下の帯域幅となる。

また、外部振動、衝撃については圧電音さが防振ゴムにより支持されているため、十分外部振動、衝撃に耐えるようになっている。

4. 圧電音さの仕様

圧電音さは前述のように第 3 図の等価回路により示され、そのお



第14図 圧電音さの標準使用回路例

もな用途が発振器と選択信号受信器であり、その仕様はさきに述べ

たように、標準使用回路を定めてその特性で示すようにする。また、使用温度範囲、使用湿度範囲を定めたときの特性の変化については基準状態からの特性のずれを選択信号受信器用についてはすべてレベルに換算して示し、発振器用については共振周波数の変化の範囲で示すことが好ましい。いま標準使用回路を第14図のように定めた場合には圧電音さの仕様は第2表のように示されることとなる。

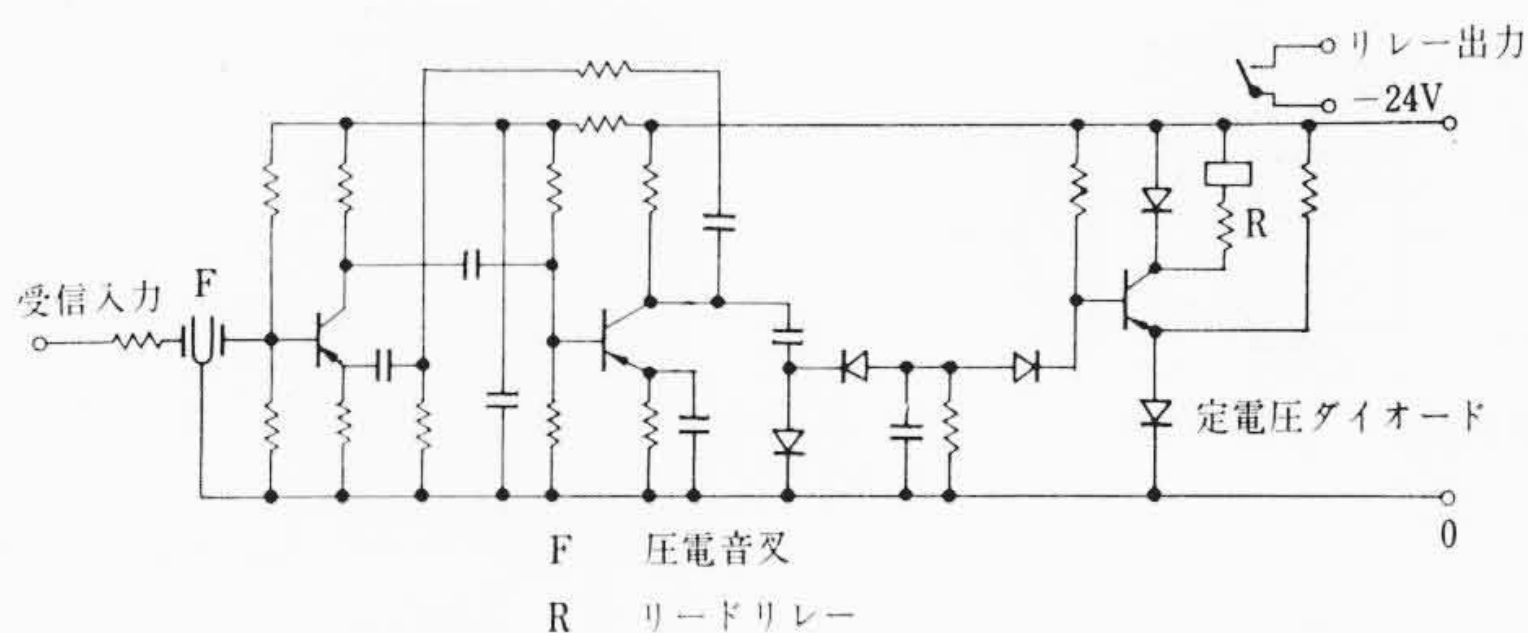
耐振動特性については500~2,000rpmの振動条件で全振幅2mmの振動に対して保証されている。

5. 圧電音さの使用回路例

圧電音さのおもな使用例について説明する。

5.1 選択信号受信回路

圧電音さを用いた選択信号受信回路の一例は第15図に示されるように圧電音さを通過した信号波をトランジスタ回路を用いた増幅器で増幅し、それを検波して直流電圧としたのち、トランジスタを用いたスイッチング回路を動作させ、このトランジスタ回路のコレクタ回路にそう入されたリレーを動作させるようになっている。こ



第15図 選択信号受信回路の一例

ここで、スイッチング回路の動作規定点を明確に定めるようにしなければならないが、このため、トランジスタのエミッタ回路に定電圧ダイオードをそう入して、これによりトランジスタのスイッチング動作の規定点が安定に定まるようになっている。

選択信号が同時に送出される場

合の選択信号受信回路は前記の回路において、圧電音さならびに増幅器を受信すべき選択信号の個数に相当した数だけ用意して、整流回路とスイッチング回路を接続するダイオードがアンド回路となるように接続することにより、スイッチング回路を共通にした同時送出の選択信号受信回路が構成される。この構成のブロック図を第16図に示す。また選択信号が順次送出される場合の選択信号受信回路は第17図のブロック図で示すように、保持回路とアンド回路を用いて構成することができる。

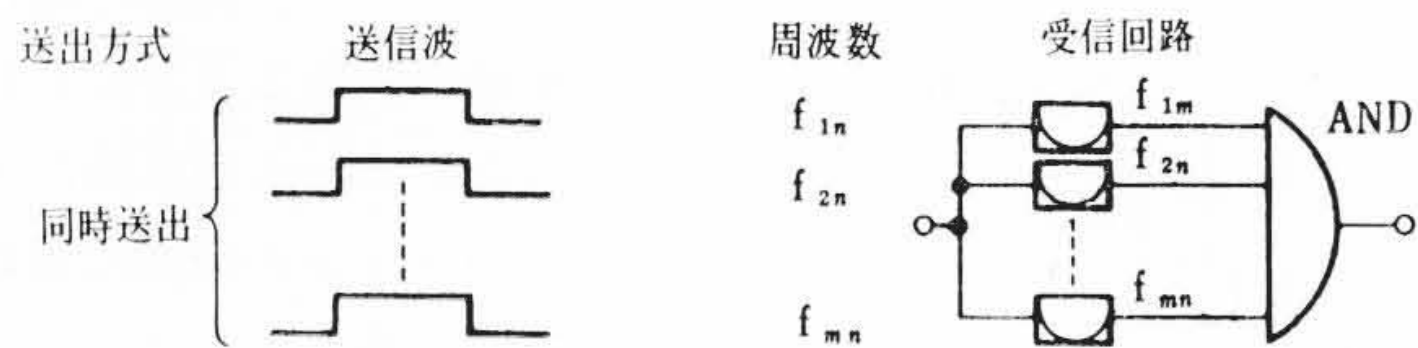
5.2 発振回路

圧電音さを発振回路に用いる場合には圧電音さと増幅器を組み合わせ正帰還回路を付加することにより簡単に発振回路を構成させることができる。第18図に発振回路の一例を示す。この回路は増幅器と圧電音さを組み合わせ、正帰還回路にダイオード対を用いたリミッタをそう入したものであるが、選択信号送信用の発振器としての仕様を十分に満足する特性を有するものである。ただし、ここに使用する圧電音さはその入出力の位相特性が同位相のものでなければならない。

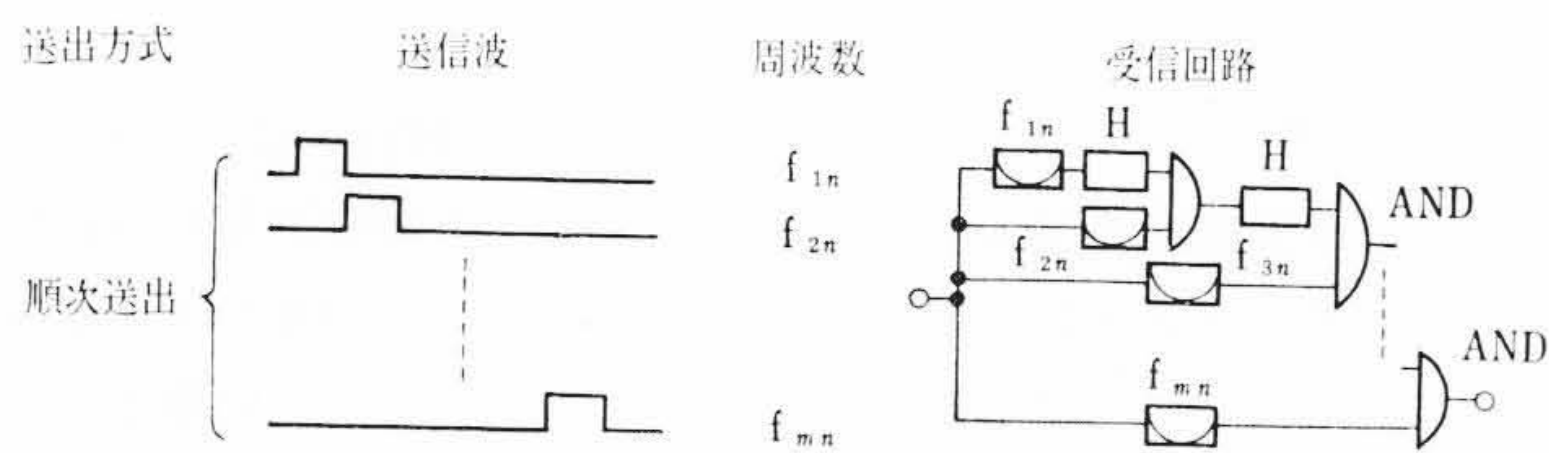
第2表 圧電音さの仕様

名 称		周 波 数 範 囲 (c/s)	隣 接 周 波 数 間 隔 (c/s)	特 性			条 件
形 式	品 名			定 損 失 (dB)	選 択 度 特 性		
					(I)	(II)	
F Q — 110	11 A	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=18\pm2$	$*f_0\pm0.2$ c/s } $A_0+4.0$ ±0.4 ±0.8 } dB	$*f_0\pm15$ c/s } ±30 ±60 } dB 以上	① 定損失は $20^\circ\pm3^\circ\text{C}$ RH 85% 以下 入力 0 dB m
	11 B	1042.5 ~ 1912.5	30				
	11 C	1972.5 ~ 4012.5	60				
	11 E	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=28$ 以下	±0.2 c/s } ±0.4 ±0.8 } 中心周波 数の変動	±7.5 c/s } ±15 ±30 } dB 以上	
	11 F	1042.5 ~ 1912.5	30				
	11 G	1972.5 ~ 4012.5	60				
F Q — 120	12 A	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=18\pm2$	±0.2 c/s } $A_0+4.0$ ±0.4 ±0.8 } dB	±15 c/s } ±30 ±60 } dB 以上	② 選択度特性 (I) は $-10\sim+55^\circ\text{C}$ RH 85% 以下 入力 0 dB
	12 B	1042.5 ~ 1912.5	30				
	12 C	1972.5 ~ 4012.5	60				
	12 E	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=28$ 以下	±0.2 c/s } ±0.4 ±0.8 } 中心周波 数の変動	±7.5 c/s } ±15 ±30 } dB 以上	
	12 F	1042.5 ~ 1912.5	30				
	12 G	1972.5 ~ 4012.5	60				
F Q — 130	13 A	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=18\pm2$	±0.2 c/s } $A_0+4.0$ ±0.4 ±0.8 } dB	±15 c/s } ±30 ±60 } dB 以上	③ 選択度特性 (II) は $-10\sim+55^\circ\text{C}$ RH 85% 以下 入力 0~20 dBm
	13 B	1042.5 ~ 1912.5	30				
	13 C	1972.5 ~ 4012.5	60				
	13 E	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=28$ 以下	±0.2 c/s } ±0.4 ±0.8 } 中心周波 数の変動	±7.5 c/s } ±15 ±30 } dB 以上	
	13 F	1042.5 ~ 1912.5	30				
	13 G	1972.5 ~ 4012.5	60				
F Q — 230	23 A	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=20\pm2$	$*f_0\pm0.2$ c/s } A_0+5 -1 } dB	$*f_0\pm15$ c/s } A_0+25 } dB 以上	① 定損失は $20^\circ(\pm)3^\circ\text{C}$ RH 85% 以下 入力 0 dBm
	23 E	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=28$ 以下	±0.2 c/s } 中心周波 数の変動	±7.5 c/s } A_0+20 } dB 以上	
F Q — 240	24 A	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=20\pm2$	±0.2 c/s } A_0+5 -1 } dB	±15 c/s } A_0+25 } dB 以上	③ 選択度特性 (II) は $-10\sim+55^\circ\text{C}$ RH 85% 以下 入力 0~20 dBm
	24 E	307.5 ~ 1012.5	15	$A_0=28$ 以下	±0.2 c/s } 中心周波 数の変動	±7.5 c/s } A_0+20 } dB 以上	

* f_0 は定格周波数を示す。 FQ—110, FQ—120, FQ—130 は振動子の形状が大形のものを示し、
FQ—230, FQ—240 は振動子の形状が小形のものを示す。 品名中 A, B, C は選択信号受信用を示し、E, F, G は発振用を示す。



第16図 同時送出方式受信回路ブロック図



第17図 順次送出方式受信回路ブロック図

5.3 発振—受信兼用回路

圧電音さを用いた選択信号受信器と発振器はさきに述べたように、第15図と第18図に示され、図からも明らかなようにその回路構成の共通部分が非常に多い。このことから圧電音さと増幅器を共通にし簡単な切換回路を付加することにより発振—受信兼用回路が構成できることがわかる。日本電信電話公社電気通信研究所のご指導により、第19図に示すような発振—受信兼用回路を開発した。

この発振—受信兼用回路は信号伝送などに用いられるが、特に選択信号装置に用いた場合には自由に各局間の相互呼出しが可能になるなどその利点も多く出てくるものと考えられる。

5.4 使用上の問題点

圧電音さを用いて回路設計を行なう場合、使用上問題となる点は少ないが、次に述べる点については注意する必要がある。

5.4.1 印加電圧

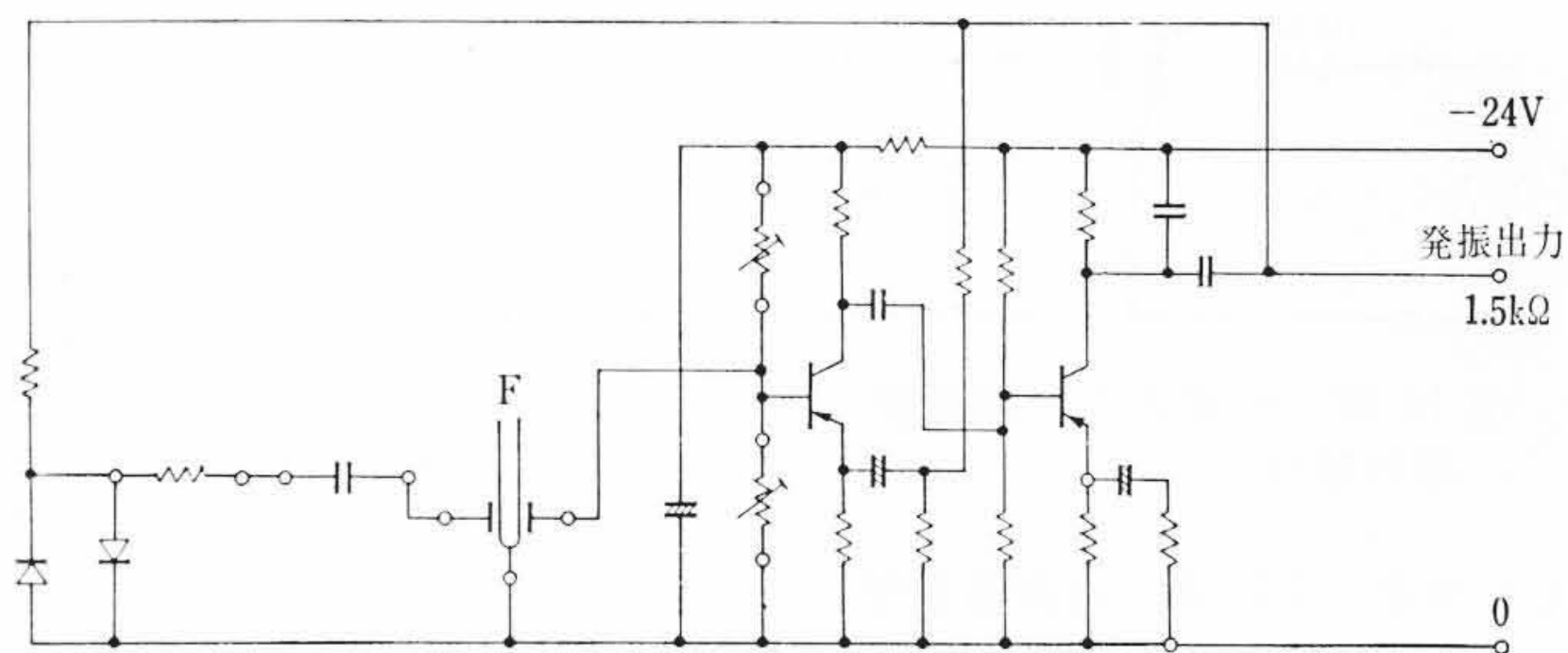
圧電音さはPZTを電気—機械エネルギー変換に用いているが、PZTの圧電効果は自発残留分極によっているため、高電圧が長時間印加されると圧電効果が減少していく。しかし、印加電圧の0-peak電圧が50V以下の場合にはまったく問題とならず、また劣化が生じる心配もない。

圧電音さは機械的振動子を用いているため、これの本質的な欠点として、電気的な信号入力が増加にともなって、共振周波数が下降し、定損失が増加する非線形特性を示す。この非線形効果が現われるのは第14図における入力電圧が約3V(実効値)よりも大きくなった場合であるが、これは選択特性の帯域幅が大となる方向であり、また、隣接周波数に対する抑圧度は変化しないので実際の使用上問題とならない。また、非線形効果が現われる以上の入力電圧が印加された場合にも、入力電圧が変動しなければ共振周波数、定損失ともに変化することがなく、さきに述べた範囲の入力電圧までの範囲で使用可能である。

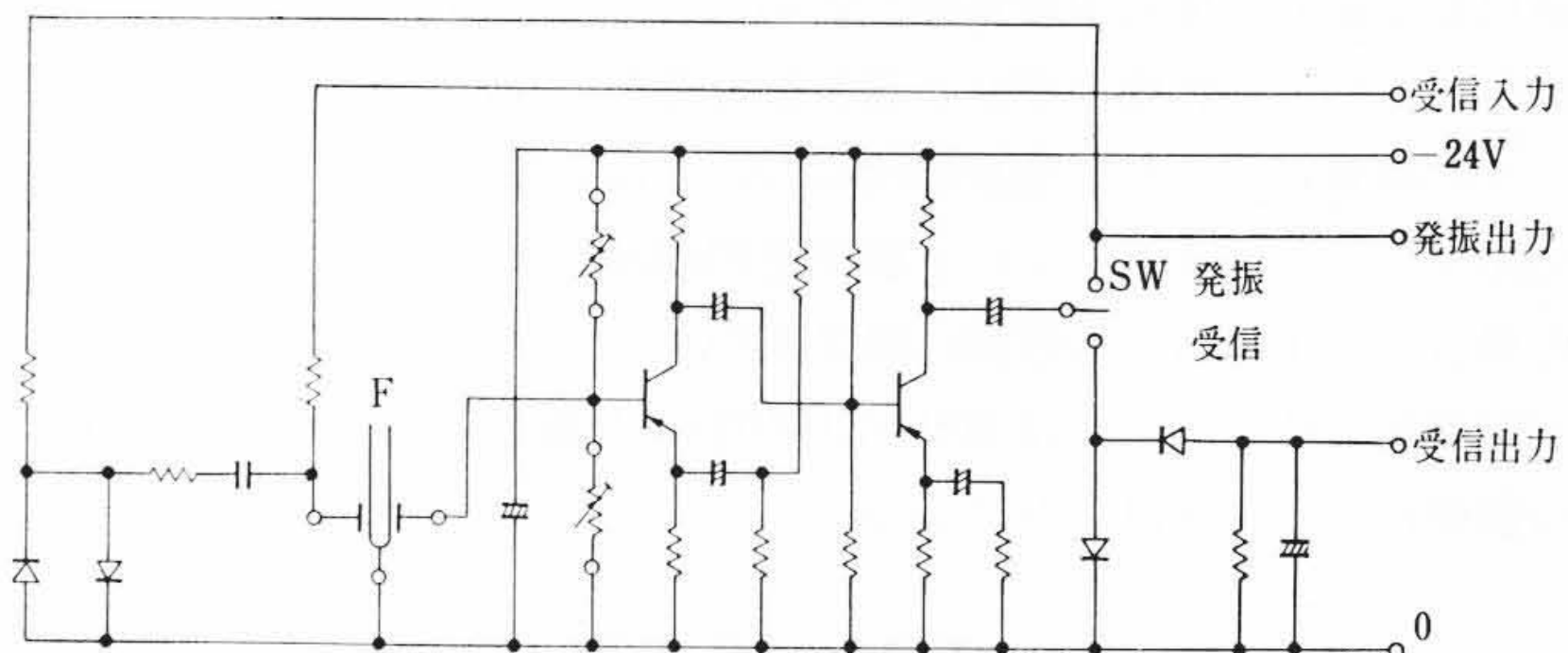
5.4.2 取付方法

圧電音さは相当大きな外部振動、衝撃に耐えるが、振動片の部分が他に接触するとその特性が変化するため、その取り付けに注意すると同時に、外部振動が加えられた場合にも振動片の部分が他の部品に接触したり、衝突したりすることがないように注意する必要がある。

また、実際の使用状態において、外部振動が印加されるとこの振動のうち防振ゴム台により吸収されない一部の振動が音さの振動片に伝達し、これを振動させるためにPZTの圧電効果により出力端子より電気的な出力として現われることとなる。しかしこの出力電圧はさきに述べた振動条件の範囲ではpeak-peak電圧



第18図 発振回路の一例



第19図 発振—受信兼用回路の一例

として10mV以下であり、実用上問題となることはない。しかし、圧電音さに印加される電圧はこの点も考慮して定める必要がある。

6. 結 言

以上、圧電音さについて、その概要と使用法について述べた。圧電音さは従来多周波信号選択装置に用いられていたバイブレーティング・リード・セクタと同様な目的に使用できるものであり、その特性ならびに寿命についても大幅に向上したものと考えられる。さらに発振器としての用途、選択信号発振—受信兼用回路と従来のバイブレーティング・リード・セクタでは実現できなかった動作も行なうことができるなどの長所を持っている。

圧電音さは容易に多数の選択呼出しができるので、自動車、列車、船舶などの個別呼出、種々の遠隔制御、遠隔指令などに用いて十分その効果を上げるとともに、高精度の音声周波発振器として今後ますますその用途が拡大されるものと考えられる。

圧電音さは電気的にも等価回路の形で明確に表現され、その特性も安定であることから、これを用いた装置のシステム設計を統一した方法で行なうことができる。

これらの利点より、圧電音さは日本国有鉄道の東海道新幹線の列車無線電話に使用されることになったが、モデル線区間の試験でも良好に動作し、装置設置後約1年半を経過した現在まで一度の故障も生じていない。

なお、圧電音さを選択信号器に用いる場合のシステム設計法については今後稿をあらためて述べることにしたい。

終わりに、本圧電音さの研究ならびに実用化にあたり、種々ご指導、ご検討いただいた日本電信電話公社電気通信研究所荒木室長補佐ならびに日本国有鉄道東海道新幹線局中村主任技師をはじめ日ごろご指導いただいた関係各位に深く感謝の意をささげる。

参 考 文 献

- (1) 徳永ほか：圧電音さを使用した選択呼出方式 日立評論 Vol. 45 No. 2
- (2) 景山ほか：圧電音さの雑音応答について(そのI) (昭39) 電気4学会連合大会