

氏名(本籍)	倉田 是(長野県)
学位の種類	工学博士
学位記番号	工第47号
学位授与年月日	昭和43年4月10日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和28年3月 東北大学工学部電気工学科卒業
学位論文題目	高感度パラメトロンの研究

(主査)
論文審査委員 教授 喜安 善市 教授 大泉 充郎
教授 佐藤 利三郎 教授 穴山 武

論文内容要旨

本研究はパラメトロンの感度を高め、信頼度の高いパラメトロンを設計することを目的としている。

図・1に本研究で扱ったフェライト磁心を用いたパラメトロン2種類を示した。また図・2にはパラメトロンに加える3拍手励振の励振電流の関係図を概念的に示した。図・3にはパラメトロンに入力信号を加えて発振位相を制御する様子を概念的に示した。

パラメトロンの感度は発振位相を制御できる最小の入力信号振幅とそのパラメトロンの定常発振振幅との比をdBで示したものである。この入力信号の最小値は一般にパラメトロンの発振回路に流れている雑音電流により決まる。

またパラメトロンはインダクタンス・キャパシタンス・抵抗によって共振回路が構成されて

いるから、入力信号は回路素子の定数の変動によって、振幅ばかりでなく大幅に位相が変化することが考えられる。パラメトロンは入力信号の位相により発振の位相を制御するのであるから、位相変動はパラメトロンの信頼度に大きく影響すると考えられる。

したがって、本研究ではまず入力信号の振幅・位相によって発振位相を制御する機構を解析して本研究の基礎とした。今までこの機構の解析は不十分であって、パラメトロン装置の位相に関する安定性を説明するものではなかった。従来この解析の基礎となっていた微分方程式はいわゆるパラメータ励振の方程式である。しかし図・2で示したようにⅠ、Ⅱ、Ⅲ 群に分けたパラメトロンに順次励振が加わり、相互に少しづつ時間的に重なっている。つまり前段のパラメトロンから加えられる入力信号は、後段のパラメトロンに励振が加わってからも若干の間継続していることとなる。本研究はこの点に着目して、パラメータ励振の方程式に入力信号に相当する強制振動の項を加えた。

この方程式の発振位相制御する時期に限って近似式を求めると、非斉次の連立線形微分方程式となり、簡単に解が求められる。この解は実際の現象をよく説明するものであった。

パラメトロンの動作条件によりパラメトロンの定数に変化があるが、入力信号の位相変化を含めて位相安定度を調べてみると、従来の解析による結果では不安定であったが、本研究の結果では安定で、実際の装置の結果とも一致した。

また入力信号はこの重なり期間中一定振幅で継続してパラメトロンに加わっているが、パラメトロンに発生する雑音はこの間に断続的に加わるものが多い。この解析の結果は、継続して加わる入力信号の方が、断続的に加わる入力信号よりも発振位相の制御作用が強いことを明らかにした。それぞれを振幅値で δ 、 N とすると、パラメトロンでは動作条件によっては $\delta/N < 1$ でも安定に動作することがあり、実験的にも確かめられた。

これらの優れた効果をもたらす励振の重なり期間は励振のサイクル数で8サイクル以上である。一般にパラメトロンは狭帯域の単一共振回路であるから、熱雑音など発振回路に発生している雑音源のエネルギーのうち、この通過域内のエネルギー成分のみが回路に流れることとなり、通過域の帯域の広い他の論理演算素子と比較して雑音源が同じならば、感度の低下は少ない。

パラメトロンに発生する雑音は妨害を含めて次のように分類できる。

- (1) 抵抗体による熱雑音、磁心のバルクハウゼン雑音、磁心の残留磁束による雑音
- (2) 磁心の磁気ひずみ振動による雑音、励振電流の漏れ雑音
- (3) 論理結合回路による妨害

このうち(1)の分類は雑音の大きさが他に比し無視できる(第1、第2)また特別な励振方法でなければ防止できないもの(第3)であって、これがパラメトロンの感度を決定する要素である。

(2)の分類は雑音の大きさは大きいですが、容易に防止できるものであって、本研究で詳しく検討した。
(3)の分類は、総合的なパラメトロン設計に関係するので、雑音とは別に扱い本研究の最後に述べた。

磁気ひずみ振動による雑音は次のようにして発生する。パラメトロン磁心の発振コイルを流れる発振電流が磁心に磁気ひずみを与え、磁心の機械的共振周波数に発振周波数が一致すると、はげしく磁心が振動する。磁心の振動は逆に発振回路に電気振動を発生させ、一般に機械的共振の Q が高いので、パラメトロンの励振が断たれた後でも振動が残留するのである。本研究では、機械的共振スペクトル分布を磁心の形状・寸法との関係において検討したが、防止策としてはパラフィンなど粘性をもった材料を磁心に塗布することがもっとも容易であり、現在パラメトロンに使用されているめがね形磁心ではこの方法以外無いことを確認した。

励振電流の漏れによる雑音の主要なものは次の原因により起る。パラメトロン磁心のそれぞれ2組の励振コイルと発振コイルの特性の相異があると励振電流が発振回路に漏れる。励振電流は励振周波数を搬送波とした振幅変調波であり、励振の立ち上がり部分には高い周波数成分を含んでいる。これが発振回路に漏れると妨害となる。励振波とクロック波とを同期させ、励振波とクロック波の相対位相を変化させ、この妨害を最小とすることができる。このときの位相角はパラメトロンの定数の変動で大幅に変化するから、多数のパラメトロンを用いた装置ではこの方法を用いて妨害を避けることは得策でない。しかし励振の立ち上がりをゆるやかにすることと、励振の漏れ電流の仕様をすることにより防止できることが確認できた。なおこの程度励振立ち上がりをゆるやかにするのは、パラメトロン動作に支障がない。

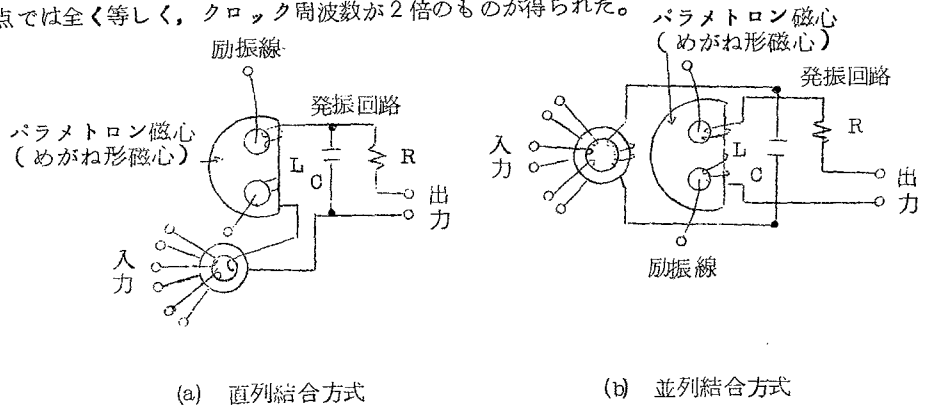
このように分類(2)の雑音を防止した結果パラメトロンの感度として70～80 dB が得られた。

次に本研究では、入力信号源の前段パラメトロンから後段パラメトロンへの結合量、および後段のパラメトロンから前段のパラメトロンへの逆方向の結合量とをパラメトロンの定数を与えて計算し、各定数の結合量への影響を検討した。また図・1に示した(a), (b)2種類についても比較検討したが、結合量の変動が少ないなど(b)の方が優れていることを明らかにした。

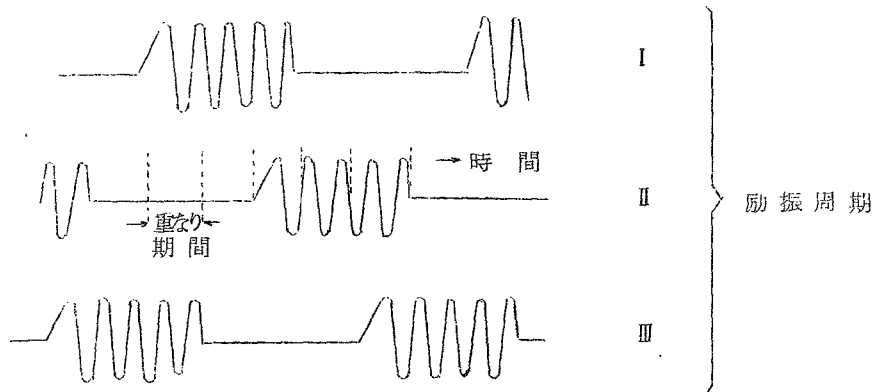
パラメトロンの総合設計は図・4に示したパラメトロンの結合を考慮して行なった。図の自己パラメトロンへの親パラメトロンからの入力信号の変動、子パラメトロン、孫パラメトロンからの妨害信号の変動をすべて加え、前に求めたパラメトロンの感度によって入力信号のしきい値を定め、それに対し総計の入力信号が余裕あるように設計の方法を定めた。変動は正規分布として扱い、総計の変動はすべての変動の和であるとした。最後に設計の評価を(総計の入力信号の平均値) - (入力信号のしきい値)と総計の変動との比で行なった。

最後にこの方法で設計の例題を行なったが現在実用に供されているパラメトロンと比較して、

他の点では全く等しく、クロック周波数が2倍のものが得られた。

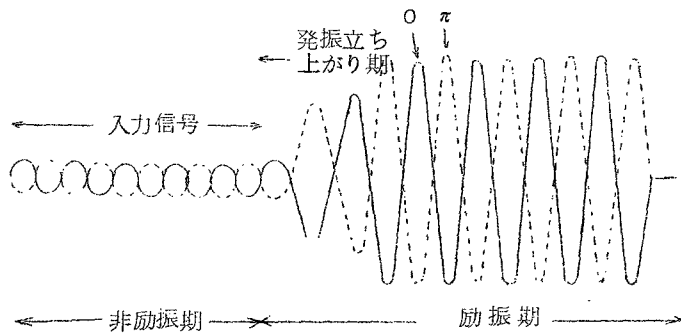


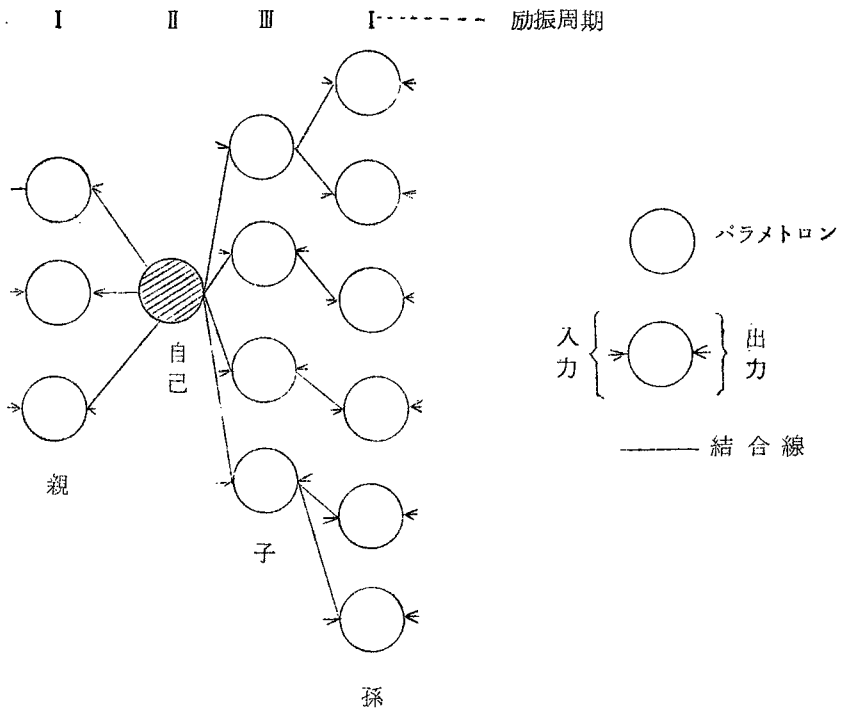
図・1 パラメトロン回路構成図



図・2 パラメトロンの励振波形

図・3 発振波形





図・4 パラメトロン相互結合関係

審査結果の要旨

パラメトロンは半導体素子と比べて論理演算素子として極めて安定で長寿命であるという長所に恵まれているが、反面演算速度が遅く、消費交流電力が大きいという短所もある。パラメトロンの初期には余り大規模の情報処置装置が計画されなかったため、これ等の欠点は無視されたが、パラメトロンを利用した電話料金自動計算方式(CAMA方式)が検討されるに及んで重要視されるに至った。これ等欠点の改良には、非直線リアクトルの材料および形状の両面からの改善とパラメトロン素子の回路論的最適化とが必要である。この後者の見地から著者は演算速度の向上と消費電力の減少とを考慮した最適設計のパラメトロン素子を高感度パラメトロンと名づけ、これを追求して多大の成果を上げている。この論文は、これ等の研究をまとめたもので、6章からなる。

第1章は緒論である。

第2章は、パラメトロンの動作の基礎をなす位相引き込み現象を解析したものである。従来、この種の解析は非線型 Mathieu 方程式の解によっていたが、著者は演算速度の高いパラメトロンでは非線型 Mathieu 方程式の強制項が支配的要因となることを洞察し、この条件の下に実験データを参考にして方程式をとぎ、実験的諸結果の精密な説明に成功した功績は特に大なるものといえよう。

第3章では、パラメトロンの感度を妨害信号と動作信号との比として定義し、これを理論的ならびに実験的に論じている。

第4章では、パラメトロンを多数結合した論理回路網において、前2章で明らかにした種々の妨害を合理的に排除するような結合法を論じている。

第6章では、第2、3、4、5章の結果を総合して高感度パラメトロンの設計法およびCAMA用に設計した異体例についてのべ研究結果の妥当なことを実証している。

第7章は結論である。

以上要するに、本論文はパラメトロンの位相引き込み現象について精密な研究を行ない、その欠点である演算速度の遅いことを回路論的に最大限に改善する方法を明らかにしたものであり、電気及通信工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。