#### U.D.C. 621.318.42

# パラメトロン素子 (その1)

---- パラメトロンユニット -----

Parametron

# 二 見 二 郎\* 塩 沢 良 司\* Jirō Futami Ryoji Shiozawa

# 内 容 梗 概

パラメトロンの実用化,改良の着眼として,(1)低電力化のためコアの材質,市販品形状の比較を した。また等電力,等 $\Gamma_c$ 線図と,全消費電力はコア消費電力,発振電圧に関係することを述べた。 (2)パラメトロン動作の安定性を確保するため発振位相とタネの位相差の制御可能限界,余裕度を測 定し $I_{DC}$ の変動許容範囲を示した。(3)高速度化はCu-Zn系よりNi-Zn系がすぐれていることを 4Mcまで測定した。

終りに現在までのコア特性の変遷の概要を述べてある。

# 1. 緒 言

電子交換機,電子計算機の論理素子としてすでに製品 化されているパラメトロンは,安定,廉価,長寿命とい う長所をそなえている有望な論理素子である。しかし欠 点として,次のような点が考えられる。

(1) 励振用高周波電源が必要である。

(2) 真空管、トランジスタなどの演算速度に比べて



演算速度がおそい。

 (3) パラメトロン信号が高周波であり、演算が0相 かπ相の位相差によって行われるので入出力に 変換装置が必要である。

これらの点を克復するために種々の検討がなされてい る。特に電源の変動,温度の変化に安定な機器として特 長を発揮させるため,安定度を増大する努力がまず大切 で,次に演算速度を向上する検討をする必要がある。

電々公社通信研究所で開発されためがね形コアを中心 として,実用化研究を行った結果の概要を述べる。

# 2. パラメトロンの低電力化

パラメトロンの欠点の一つは,励振用高周波電源を必要とする点である。特に数多くのパラメトロンを励振する際は,パラメトロン1個当りの消費電力が大きいと励振装置が膨大となり,装置の建設費が高くなるだけでなくその保守にも手数がかかる。

パラメトロン低電力化の目標は10mW/個としている が,現在では消費電力13mW/個と目標に近い特性のも のが得られた。

2.1 各種形状コアの比較

現在最も普通に使われているパラメトロンコアは、め がね形パラメトロンコアと呼ばれるもので第1図(a)に 示す形状をしている。パラメトロンが開発された当初は 外径 4  $\phi$ 、内径2  $\phi$ 、厚さ1mmの通称4  $\phi$  コアが用い

\* 日立製作所戸塚工場

第2図 各種パラメトロンコアの比較

られ<sup>(1)</sup>,そのほか主としてメモリコアとして使われる2¢ コア,結合トランスを兼ねた多孔パラメトロン(PT形) などがある<sup>(2)(3)</sup>。

第1図(b)(c)(d)にこれらコアの寸法を示し, 第2 図は比較写真である。

ここでおのおのコアの最適な励振条件における  $\Gamma_c$  と コアロス  $P_o$  との関係を求めたものが 第3図 である。

— 88 —



パラメトロン素子(その1) ーパラメトロンユニットー

第2表 Cu Zn 系, Ni Zn 系パラメトロンの特性比較

第五衣 Cu	LII 示,	INI ZII AR	~ / × 1	トノの市	工工工業
CE HULLS 1810 TT	標 進	励 振	消費「	電力	P
種別(めかね形) -	$I_{DC}$	$I_{2f}$	$P_o$	全電力	1.6
Cu Zn 系 フェライト	0.6A	0.35A	7mW	28mW	0.31
Ni Zn 系	0.55	0.30	5	13	0.35

フェライト



第4図(b) めがね形パラメトロン, コアロスの周波数特性

同一の $\Gamma_c$ をうるためには4 $\phi$ コア,めがね形, PT形, 2 $\phi$ コアの順で電力は少しですむ。この点からすれば, 2 $\phi$ コアを用いるのが最も良いが,巻線作業の難易さを 考えると,めがね形, PT形がすぐれていて4 $\phi$ コア特 に2 $\phi$ コアで困難となる。このような理由から一般論理 演算用としては,ほとんどめがね形もしくはPT形が使 用されている。

第1表に4種類のコアの標準励振条件における $\Gamma_{e}$ ,コ アロス $P_{o}$ ,パラメトロン全消費電力Pの値を示す。なお これまでに述べた特性値はCuZn系フエライトによるパ ラメトロンコアによるものである。

2.2 パラメトロンの材質による差

2.1 項では CuZn 系フエライトのパラメトロンコアに ついてコア形状による違いを検討したが、ここで材料の 異なるめがね形パラメトロンについて検討する。

第4図(a)に Cu Zn 系, Ni Zn 系フエライトパラメト ロンコアの $\Gamma_c$ , コアロス  $P_o$  特性の比較をする。またコ アロスの周波数特性は第4図(b)に示すようになる。電 気的特性においては Ni Zn 系パラメトロンコアがすぐれ ているが,機械的特性(加工性)はやや劣る。また Ni Zn 系フエライトのパラメトロンは,磁わい振動により,あ とに述べるように臨界結合減衰量が下ることがあるの で使用に際しては注意を要する。

第2表はCuZn系,NiZn系コアの標準励振条件における特性値の比較である。

2.3 動作点の選定方法

2.3.1 励振条件の決定

パラメトロンの消費電力を最小にする励振条件は, 第5図(a)(b)に示すような等電力—等 $\Gamma_c$ 特性を求め て,最小のコアロスで所要の $\Gamma_c$ が得られる励振条件 とする。第5図の(a)(b)は、Cu Zn 系、Ni Zn 系フ エライトのめがね形パラメトロンコアの特性である。  $\Gamma_c$ は 0.3~0.35 とすれば良いから、図中の斜線部が適 当な励振条件となる。

この等電力-等 $\Gamma_c$ 特性は,

コアの形状

コアの材質

製造ロット

などによって異なるので,使用するコアに適した励振 条件を選定する。





昭和35年2月 電子機器特集号 日立評論 別冊第34号

#### 2.3.2 発振電圧の選定

パラメトロンの励振電流  $I_{DC}$ ,  $I_{2f}$ , 2f 周波数, 巻 回数nを定め組合わせるコンデンサCを可変とすると 第6図に示す発振領域特性が求まる。パラメトロンに 組合わせるコンデンサCの値を発振領域のどの点に定 めるかは、消費電力だけでなく動作の安定度にも関係 するので重要である。

パラメトロンの全消費電力をPとすれば

となる。

ここに  $P_0$ : 2f励振によるコアロス

R: 負荷抵抗

- V: パラメトロン発振電圧
- k: コアにより異なる常数

すなわち, 全消費電力は

(1) コアロス (第3~5図に示した値はコアロスだ けである。)

(2) 負荷抵抗Rに消費される電力

(3) 発振電流 *I<sub>f</sub>* によるロス分

となり、(2)(3)から発振電圧を低い点で使用するの が有利となる。

第7図は発振電圧とパラメトロン消費電力の関係を 実測したものである。第7図の実測値より(3.1)式の kを求めると

Cu Zn 系フエライトのパラメトロンでは

$$k_a = \frac{1}{360(\Omega)}$$

NiZn 系フエライトのパラメトロンでは





パラメトロン素子(その1) ーパラメトロンユニットー

$$k_b = \frac{1}{580(\Omega)}$$

を得た。

ゆえに (3.1) 式はおのおの次のようになる。

A: CuZn 系パラメトロンコア

$$P_a = P_{oa} + rac{V^2}{190}$$

B: NiZn 系パラメトロンコア

$$P_b = P_{ob} + \frac{V^2}{237}$$

tetel  $R = 400 \Omega$ 

以上のように、パラメトロン発振電圧は低いほうが 消費電力が少なく有利である。しかしあとで述べるよ うに、動作の安定性から考えて発振領域の下部(電圧 の小さな部分)での使用は望ましくない。それゆえパ ラメトロン発振領域特性は、第6図のNiZn系パラメ トロンのように発振電圧の低いものが良い。

第8回にCuZn系コアを用いたパラメトロンユニットとして日立製作所中央研究所製パラメトロン計算機 HIPAC-101のユニット(a)と、NiZn系コアを用いた例としてEL-22パラメトロンユニット(b)の写真を示す。

#### 3. パラメトロン回路,動作の安定性

パラメトロンの発振位相は,前段のパラメトロンから 結合されるタネにより制御され0相がπ相の位相で発振 第10図 パラメトロン位相引込範囲測定方法

する。この位相制御は種々の変動,励振電流(特に*Ibo*), 電源の位相回転, 2f 周波数,気温など雰囲気の変化, 長年月における使用部品の特性変動などに対して安定に 行われねばならない。

#### 3.1 パラメトロン位相引込の限界

パラメトロン発振位相と、制御するタネの位相差の制 御可能な限界を求めると第9図となる。この測定は第 10図に示した方法で行ったものである。すなわちパラ メトロン発振位相に対しタネの位相が進み位相の場合 は、引込が容易で+110~120度程度まで位相制御が可能 である。一方タネがおくれ位相の時には-50~60度まで 引込む。ゆえにパラメトロン発振位相と、制御するタネ の位相差は20~30度の進み位相とするのが良い。

#### 3.2 結合減衰量と臨界結合減衰量

パラメトロン発振領域と結合減衰量,臨界結合減衰量 の関係を EL-22 パラメトロンユニットについて求める と,第11 図となる。この場合発振領域特性は周波数 2f を変えて求める。臨界結合減衰量と結合減衰量との差が 結合余裕度であり,結合余裕度の大きな所へ動作点を選 定する。適当な動作点は,図中に示したように発振領域 (2値)の中心より少し3値側に寄った点が良い。結合減 衰量の値は,回路の分岐数をいくらにするかによって必 要とする値が異なる。

---- 91 -----



(3) 発振領域の動作点を変える。 などの方法がある。

第12図はパラメトロンコアにめがね形コアを使い, 電流結合方式としたときの結合トランスLと結合減衰量 の関係である。

3.3 動作点とタネの位相回転

第13図(a)(b)は、発振領域とタネの位相回転を EL-22 パラメトロンユニットについて求めたものであ る。前にタネの位相は発振位相に対して20~30度進ませ るのが良いと述べたが、これは発振領域中心より 10~ 15%3値側に寄った点となる。動作点をそこに選定すれ ば、±80度程度の位相差のタネでも引込みが可能とな る。第13図(b)は励振 Inc を変化させた場合の発振領 域とタネの位相回転を求めたもので, (a)の励振周波数



2fを変化させた場合と同様な特性となる。

3.4 IDC の変動許容範囲

パラメトロン回路の動作範囲を求めるのに,励振電流 IDC の変動許容範囲をもってするのが便利である。

いままで述べてきた EL-22 パラメトロンユニットを 使って組立てたパラメトロン回路の動作範囲を求める と、第14図となる。 IDO 変動に対しても位相引込の最 も良い点が安全である。

第3表に4 $\phi$ コア, 2 $\phi$ コア, PT形などのパラメト ロンのIDC 変動許容限界の一例を示す。パラメトロン論 理回路の動作については、コア種による大差はない。

パラメトロン素子(その1) ーパラメトロンユニットー

	- t-t- Wat	標準励振		IDC 変動限界			
д	7 植 類	IDC	$I_{2f}$	上限	下限	範囲	
Cu Zn	系めがね形コア	0.6 A	0.35 <sup>A</sup>	0.68 <sup>A</sup>	0.44 <sup>A</sup>	40%	
Ni Zn	系めがね形コア	0.55	0.3	0.62	0.44	38	
Cu Zn	系 PT 形コア	0.6	0.4	0.78	0.57	35	
Cu Zn	系 4 Ø 形コア	1.3	0.8	1.6	0.94	51	
Cu Zn	系 2 Ø 形コア	0.6	0.45	0.71	0.43	46	

第3表 各種コアの IDC 変動限界比較

# 4. パラメトロンの高速度化

パラメトロンの欠点とされる一つに動作速度がおそいということがある。

4.1 2 Mc 励振パラメトロンの動作速度

第15図はEL-22パラメトロンユニットの動作限界を 求めたものである。このユニットは現在10kcもしくは



5kcのキーイング速度で用いられているが,動作限界は 40~50kcである。 第16図にキーイング周波数が変っ た場合の臨界結合減衰量を求めたものである。動作速度 が速くなると動作が困難になる。

**第4表**は種類の異なるパラメトロンユニットの動作限 界速度である。

パラメトロン励振方式を3相励振とした場合,各相間 のオーバーラップする時間は

ただし D: キーイングの duty $f_m: キーイング周波数$ 

いま dutyを50%とすれば(4.1)式は

$$t = \frac{1}{6f_m}$$

となる。

第15図に示したデーターから動作限界におけるオーバーラップタイムを求める。キーイングの duty は使用した電源が45%であるから, *fm*の上限を 50 kc として第
17図より *t*=2.5 µs をうる。すなわち,パラメトロンのタネによる位相制御は最初の 2~3~のうちに行われる。ここでパラメトロン動作の高速化をはかるには次の方



第17図 3相励振方法の場合のオーバラップタイム

節ち主	<b>新作</b> 油 <b>F</b>	消費害力のド窓
坊し公	到什还反,	旧貝电力の比牛

B4表 合種コアの イング周波数(2N)	動作限系モ・ Ac 励振)
コ ア 種 類	fm 上 限
Cu Zn 系めがね形	50 kc
Ni Zn 系めがね形	50 kc
CuZn 系 PT 形	35 kc
Cu Zn 4 $\phi$	50 kc
CuZn 2 $\phi$	41 kc

A FI 14 TH FT

17 11.

holes 1

	- 15			1 Mc 励 振		2 Mc )	励振	4 Mc 励 振		
Э	7	植 翔	Į	速度	電力	速度	電力	速度	電力	
C 7	ズい 1*1- エノー・		値	$20{\sim}25\mathrm{kc}$	9mW	45 kc	25mW	90 kc	70mW	
Cu Zn	ネめかれ	糸めかね形コア		1	1	2.25	2.8	4.5	7.8	
		値	20~25	6	45	13	110	35		
Ni Zn	糸めがね形コア	比	1	1	2.25	2.1	5.5	6.0		



昭和35年2月

電子機器特集号

日立評論 別冊第34号



第6表 めがね形コア Lo, Lr の変遷

					•	16 <b>17 17 1</b> 9		
納入	順 序	1	(2)	(3)	4	5)*	6	7*
データー	年月日	32.8	32.11	33.1	33.6	33.5	33.6	34.3
T	X <sup>nH</sup>	68.3	92.3	65.2	82.2	111.2	78.5	127
Lo	$\sigma/X\%$	19	6.4	10.6	5.2	8.5	4.5	12.1
τ.,	$\mathbf{X}^{\mathbf{n}\mathbf{H}}$	41.7	43.0	40.4	42.9	41.5	44.3	47.5
Lr	$\sigma/X\%$	10.6	3.7	6.8	4.0	5.7	3.4	4.4
	with the second		<u></u>					

注: \* 印は Ni Zn 系フェライトのパラメトロンコア その他は Cu Zn 系フェライトのパラメトロンコア

第7表 パラメトロンユニット特性の変遷

1	順月	齐	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)*	6	(7)*
製	作	時	32.8	32.11	33.1	33.6	33.5	33.6	34.3
製	作	数	54ユニット	46	345	40	17	250	40
消	費電	力	約35mW	約35mW	26	29	17	30	13
	$\Gamma_{\rm c}$		0.26	0.30	0.27	0.31	0.36	0.31	0.35
Э	ア歩	留	50~60%	約80%	60~70%	80%	70~80%	78%	90%

注: \* 印は Ni Zn 系フェライトめがね形パラメトロンコアを使用 その他は Cu Zn 系フェライトめがね形パラメトロンコアを使用

· 第 8 表	パラメ	トロンユニ	- ット発振電圧の変遷
---------	-----	-------	-------------

-	-				and the second second	and the state of the state of the	The Transferrer	
順	序	1	2	(3)	(4)	5	6	(7)
電	Х	$2.25\mathrm{V}$	$2.20\mathrm{V}$	$1.65\mathrm{V}$	2.08V	1.45V	2.00V	
Æ	$\sigma/{\rm X}$	6.5%	4.4%	6.0%	4.35%	5.3%	4.85%	



法が考えられる。

- (1) キーイング duty を上げる。ただし、3 相励振
   法の場合はD=66%以上にはできない。
- (2) 励振周波数を上げて同じt (オーバーラップタイム)の中に含まれる周波数を上げる。
- 4.2 励振周波数と動作速度, 消費電力

励振周波数2f を変えた場合の動作速度を検討するた め、1 Mc、4 Mc 用パラメトロンユニットを試作して実 験を行った。第18 図(a)に励振周波数と動作速度、 (b)に消費電力の特性を示す。第4 図(b)にも示したよ うにパラメトロンコアの周波数特性(特に 2 Mc 以上の 場合)は、Cu Zn 系フエライトに比べて Ni Zn 系がすぐ れている。また動作速度は周波数に比例して増加する が、消費電力の増加率はより大きい。

動作速度と消費電力の比率を第5表に示す。高周波 における低電力のパラメトロンコアの開発が期待され る。

5. パラメトロンユニット特性の変遷

5.1 めがね形パラメトロンコアの特性 めがね形コアが開発されてから2年になる。この間の



第19図 パラメトロンユニット性能の変遷

コアの特性の変遷を見ると**第6表**となる。コアのばらつ きを示すデーターとして、Lo、Lr とその分散を見ると 順次小さくなってきている。また材質的にはCu Zn 系フ エライトのパラメトロンのほうが、Ni Zn 系フエライト のパラメトロンに比べ均一なものが得られる。

5.2 ユニットの特性

現在までに製作したユニットの特性の変遷を第7表, 第19図に示す。

消費電力ははじめ 40 mW/個といわれていたが,現在 では 15 mW/個程度に低下でき目標の 10 mW/個にいま 一歩である。一方,納入されたコアの最終的な歩留りは 当初の 50% 程度から 90% と向上した。

--- 94 ----

パラメトロン素子(その1) ーパラメトロンユニットー

第8表に現在までに製作したユニットの発振電圧の分 散を示す。

ユニットの性能の均一性は、パラメトロン回路の動作 の安定性に大きな影響を及ぼす。なぜならばパラメトロ ン回路の動作限界は、その中に含まれているパラメトロ ンの最悪ケースで定まるのであり、使用されるパラメト ロン全数が同じ特性を示さなければならない。またおの おののパラメトロンについて考えると、十分な発振領域 特性、位相引込特性を持っていても(第11,13図)、お のおのの動作点が食い違っていると総合的な動作範囲は せばまる。

現在のところパラメトロンコアの特性は,各製造ロット間にもばらつきがあるため同一機器に使用するユニットは全数1ロットのコアで製作するのが望ましい。

# 6. 結 言

パラメトロン消費電力の低減は 10 mW/個を目標にして行ったが,現在は 13 mW/個と目標に近いものが得られた。演算速度が 20 kc 以下ならば,励振を1 Mc として消費電力 8 mW/個 となり非常な低電力パラメトロンが得られる。

パラメトロン動作の安定性については動作点の選定が

動限界から考えても、2値中心より10~15%3値寄に動 作点を選定するのが良い。

パラメトロン回路の動作範囲は, IDC の変動について 考えると40%程度まで得られる。これはコア種類によっ てはほとんど変らない。

パラメトロンには、一般論理演算用パラメトロンのほ かに複合パラメトロンなどの非定常パラメトロン、入出 力変換装置用パラメトロンなどがある。これらもいまま で述べてきた演算用パラメトロンと同等の安定度をもた ないと、パラメトロン装置全体の安定な動作は望めない。 これらの問題については引続きの検討を要する。

終りに実用化につき終始貴重な資料とご指導を賜わっ た電々公社電気通信研究所喜安次長,電子応用,交換研 究室のかたがたに深く感謝する。また機器の製作にご指 導,ご鞭撻を賜わった日立製作所渡辺技師長,中央研究 所高田部長,戸塚工場関係者各位に厚く謝意を表す。

#### 参考文献

- (1) 後藤: 非直線リアクタを利用した新回路素子パラメトロンの電子計算機への応用 通信学会電子計算機研究専門委資料 (1954-07)
- (2) 喜安: パラメトロン 通信学会誌 41,4(1958-4)
- (3) 福井, 新藤, 倉田, 葉原: めがね形パラメトロン

Q O O O O D D

紹

品

# 1 OTOLOIOIO

# 最近のシリコン整流素子

国産シリコン整流素子は昭和34年5月に日立で製作 された575kW 1,350V 交直両用電車用シリコン整流器 に初めて使用されたが、きわめて好成績を示し国産素子 製造技術の優秀さが評価された。

その後も素子製造技術は急速に進歩し欧米にまさると も劣らぬ域に達した。すなわち単位素子の定格電流300A 最大許容尖頭逆電圧 1,000V のものも製造できるように なった。日立製作所製整流素子の標準は次のようになっ ている。

第1表 日立標準整流素子

形	最大許容尖頭逆電圧 (PIV)						定格電流
SNS	300,	400,	500V		2,00	21	50A
SM	300,	400,	500,	600V			150A
DJ	1.000			600,	800,	1,000V	200A
DH				600,	800,	1,000V	300A

代表的な整流素子の特性は次のとおりである。

#### 第 2 表

形			110.00	式	D H
定		格	電	流	300A
最	大	許 容	尖頭逆	電 圧	1,000V
サ		ジ	破壞	電 圧	2,000V 以上
ジ	ヤン	クシ	ョン最高	哥温 度	150°C
順	方	向	電圧	降 下	$0.95{\sim}1.2\mathrm{V}$
1	-17-	イク	ル 過	電 流	5,500A
振		動	試	験	$10{\sim}3{ m g}$
衝		擊	試	験	1,000g以上

