

UHF パルス発生器の試作と その妨害波測定器への応用

吉 田 昭 二

Tentatively manufactured UHF Impulse Generator and its application for Radio Interference and Field Intensity Measuring Equipment

Syoji YOSHIDA

As the comparison generator in Radio Interference and Field Intensity Measuring Equipment, a continuous wave oscillator or a vacuum tube diode noise generator had been used. At present, we do not use the diode noise generator for the comparison generator in the RI-FI Measuring Equipment in market because of the diode noise generator is low level, etc.

On the other hand, the comparison generator with c-w oscillator seems to have some inconvenience; i.e. frequency tuning and level setting are complicate for practical use.

The auther developed a UHF impulse generator, utilizing a mercury-wetted contact relay, and reached very satisfied results for the comparison generator in the RI-FI Measuring Equipment.

This paper is concerned with the principle and the experimental results of the Impulse Generator.

概 要

妨害波測定器の比較発振器としては、CW発振器或いは二極管雑音発生器が用いられる。現在、市販の妨害波測定器の比較発振器は、二極管雑音発生器では出力レベルが低いという理由でCW発振器が用いられている。

然しながら、このCW発生器による比較発振器は実用上周波数同調、レベル設定が繁雑であるという不便があると思われる。

筆者は水銀接点リレーを用いたパルス発生器を開発し、妨害波測定器の比較発振器として満足すべき結果を得た。

本論文はこのパルス発生器の原理と実験結果に関するものである。

1. ま え が き

従来妨害波測定器¹⁾²⁾(雑音電界強度測定器)の比較発振部は高周波発振器または二極管雑音発生器が用いられてきた。妨害波測定器の比較校正器としては後者の方が適当であるが、発生レベルが低いことと原理的には純タングステンフィラメントを使用しなければならないことから、放射効率が低く大きな電流容量を必要とする理由、更には電波技術審議会の答申などの関係から現在では専ら前者、すなわち高周波発振器による方法がとられている。

一方米国 STODDART社³⁾では妨害波測定器の比較校正器として特殊なパルス発生器⁴⁾を使用している。このような方法は、二極管雑音発生器に比して高い出力レベルが得られ大きな電流容量の必要もなく、また高周波発振器のように周波数および出力レベルの微細調整の必要もなく、原理的にも使用上も有効な方法と言える。ま

たパルス発生器を使用してパルス繰り返し周波数を可変とすれば妨害波測定器のパルス応動特性のチェックも可能である。

わが国においてはこのようなパルス発生に使用できる特殊スイッチが市販されていなかったが、最近リードリレーの開発に伴ってこの種のパルス発生に使用可能な水銀接点リレーの開発も進み、また輸入も比較的容易になってきた。今回国産の水銀接点リレー⁴⁾(水銀カプセルは輸入品と思われる)を使用してほぼ1000MHZ程度まで使用できるパルス発生器を試作したので、その原理、動作、実験結果を報告し妨害波測定器への利用について述べる。

*) このパルス発生器に使用しているリレーは水銀接点リレーではなくスピーカーのボイスコイルのような運動によるもので繰り返し周波数も水銀接点リレーより高く2,500HZ程度まで動作するものである。

2. パルス周波数スペクトラム

任意の繰り返しパルスは正弦波成分の級数によって表わされ、そのすべての周波数は高調波的に関係がある。したがってパルス波形は直流分、基本周波数および無限の高調波成分よりなる。これらの関係はフーリエ級数によって求められその結果は周知のように次式で示される。

$$e(t) = V \tau f_r \left(1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n \pi \tau f_r}{n \pi \tau f_r} \cos 2 \pi n f_r t \right) \dots (1)$$

ここで V ; パルスの振幅, τ ; パルス幅, f_r ; パルス繰り返し周波数, n ; 整数である。パルス幅を一定とし繰り返し周波数を変化した場合の一例について計算すると図1のようになり、繰り返し周波数が低い方が出力レベルは低くなるがスペクトラムの数が多くなる。また繰

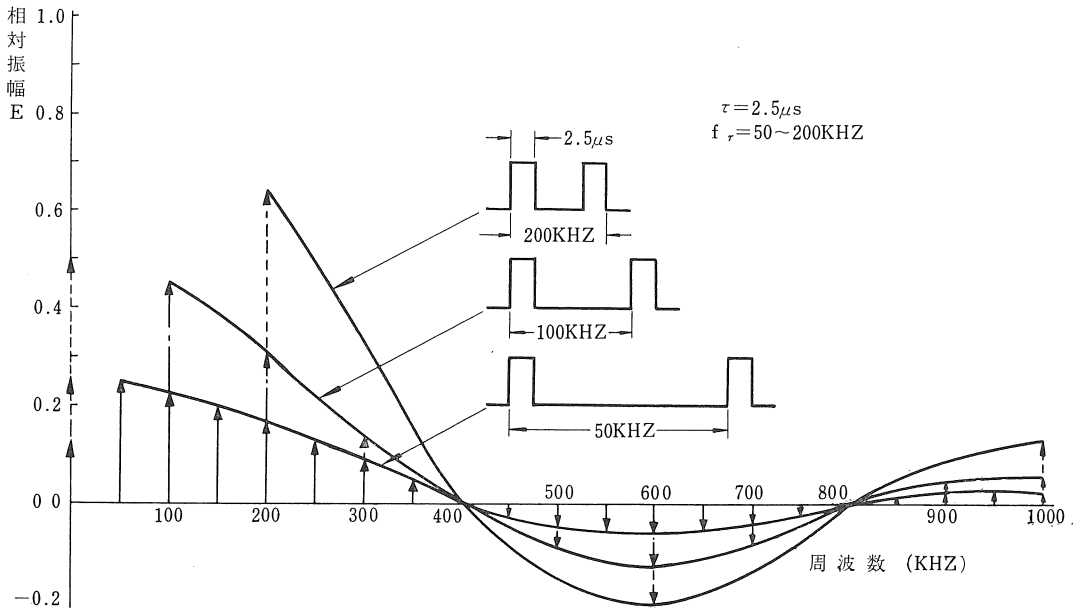
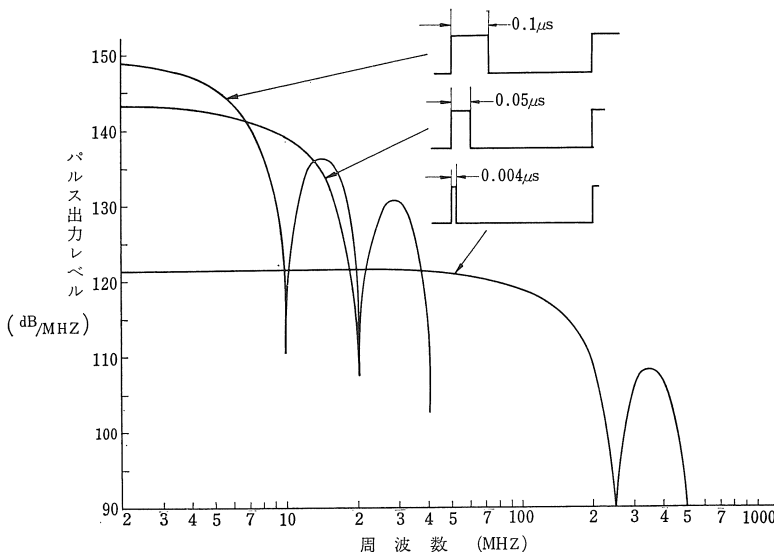
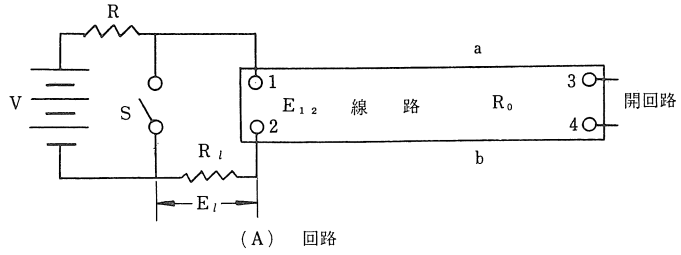


図1 繰り返し周波数を変化したときのパルススペクトラム

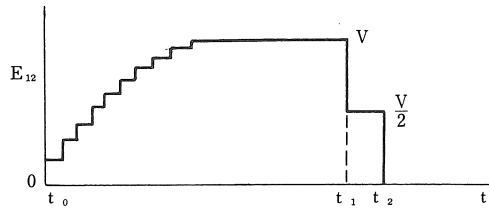


パルス幅 $0.004 \mu s$ のときのパルス出力レベル
 $E = 2V \tau f_r N K$
 $= 2 \times 300 \times 0.004 \times 10^{-6} \times 100 \times 10000 \times \frac{1}{2}$
 $= 1.2 (V/MHZ)$
 $= 121.5 (dB/MHZ)$
 V ; 直流印加電圧 = 300V
 τ ; パルス幅 = $0.004 \mu s$
 f_r ; 繰り返し周波数 100HZ
 N ; 1MHZ におけるスペクトラムの数 10000
 K ; 結合損失 $\frac{1}{2} = -6dB$

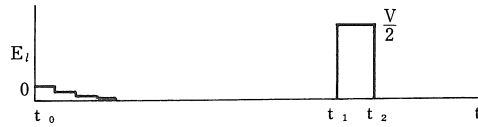
図2 パルス幅を変化したときのパルススペクトラム (E.M.I. PG)



- V ; 直流電源
- R ; 高抵抗 $R \gg R_0$
- S ; t_1 で閉じられるスイッチ
- R_l ; 負荷抵抗 $R_l = R_0$
- R_0 ; 線路の特性インピーダンス
- t_1 ; スイッチ S を閉じる時刻
- t_2 ; 入力端子1-2に反射波が達する時刻
- $\tau = t_2 - t_1$; 通過波が線路を往復する時間
- E_l ; R_l 端子間の電圧

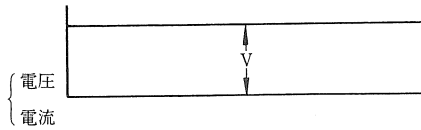


(B) 線路入力端子間の電圧 E_{12}

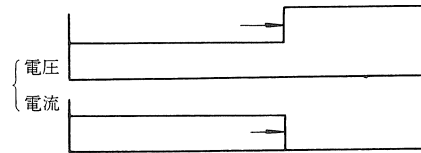


(C) $R_l = R_0$ の場合における R_l 端子間の電圧

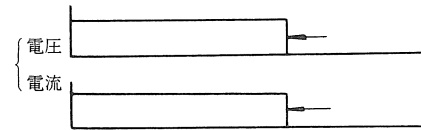
t_1 における初期状態



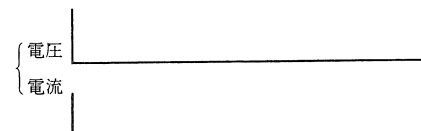
a-b に達した入射波



a-b に達した反射波



1-2 に達した反射波
(t_2 における状態)



(D) 電圧および電流の分布

図 3 伝送線路の充放電を利用したパルスの発生

り返し周波数を一定としパルス幅を変化した場合の一例として英国 E.M.I. ELECTRONICS 社のパルス発生器⁵⁾について、そのスペクトラムの計算すると図2のようになる。この結果からパルス幅が狭い程出力レベルは低いが広い周波数帯にわたりスペクトラムは平坦となる。この E.M.I. パルス発生器でパルス幅を $4\mu\text{s}$ とすれば計算ではほぼ 100MHZ まで出力は $\pm 2\text{dB}$ 以内であると見做し得る。

3. 伝送線路によるパルスの発生⁶⁾

一般にパルスを発生させるにはブロッキングオツシレータ、マルチバイブレータ等が用いられ、必要に応じてその出力を増幅、整形して所要のパルス波形を得ている。しかしここで必要とするような周波数帯域の広い、言いかえればパルス幅の狭いナノセカンド(ミリマイクロセカンド)級のパルスを発生させるには、上記のマルチバイブレータ、ブロッキング発振器等の方法では回路の残留定数のため実現が困難である。したがってナノセカンドパルス発生器としてはパルス形成回路として伝送線路が、スイッチング素子としては機械的リレー、半導体素子が使用される。

伝送回路としては終端開放または短絡、回路方式としては並列方式あるいは直列方式等があるが、今回試作した方式および動作について図3にこれを示す。図3(A)においてスイッチSが開かれている間は、比較的高い値の直列抵抗Rを通じて終端開放伝送線路は直流電源電圧Vに充電されている。この充電はパルスとパルスの間の期間に行なわれるので、発生されるパルスの幅によってあらわされる時間に比して比較的ゆっくり行なわれる。線路を充電する間の過渡現象は同図(B)において t_0 から t_1 の間の波形で示される。このように線路が充電された後、並列に入っているスイッチSが閉じられると負荷抵抗 $R_L = R_0$ は線路の入力端子に接続される。充電されて線路に貯えられた静電エネルギーは同図(C)に示すように、パルスを形成して抵抗 R_L 中に放電されパルス電圧を生じる。このパルス幅は過渡波が線路の長さを2度進行(往復)するに要する時間に等しく、振幅は印加電圧の半分 ($V/2$) となりその動作過程は以下述べるようになる。

まずスイッチSを閉じると充電された伝送線路から負荷抵抗 R_L に流れ込む電流により、線路の入力端子1—2から開放端 3—4 に向かって進行する波が発生する。この波は線路を最初に充電した電圧Vの半分の値で、極性は線路を充電した電圧の極性と逆になる。このような波が端子 3—4 に向かって進行し同図(D)に示すように進行に伴って線路電圧を半分に減らしてゆき線路上を電流 $V/2R_0$ が流れこの電流は抵抗 R_L に流れ込む電流でもある。波が端子 3—4 に達すると反射が起り、この場合

反射波の電圧の極性は入射波のその極性に等しい。入射波の電圧と反射波の電圧を加えたものは、充電電圧Vと大きさ等しく極性が逆のため線路上の電圧は零となる。またこの現象が線路上に起ると反射波の電流は入射波の電流を打消して、その結果電流も零となり動作が完了する。すなわち入射波と反射波の存在する線路上では線路は完全に放電され静止状態となる。かくて反射波が入力端子 1—2 に達すると、最初線路に貯えられていたすべての静電エネルギーは抵抗 R_L に供給されてしまう。この動作の状況を図3(D)に示す。このように線路が完全に放電した後スイッチSが開かれると線路は再び電圧Vに充電され、スイッチが閉じられるとそれに続いて次のパルスが作られる。

したがって伝送線路の過渡波の伝搬速度を $v(\text{cm/sec})$ とすると、発生するパルス幅 $\tau(\text{sec})$ と伝送線路の長さ $l(\text{cm})$ との間には、過渡波が往復することから次の関係が成立する。

$$\tau = 2\left(\frac{l}{v}\right)(\text{sec}), \quad l = \frac{\tau v}{2}(\text{cm}) \quad \dots\dots(2)$$

このとき、もし負荷抵抗 R_L が線路の特性インピーダンス R_0 に等しくない、いわゆる不整合の場合には入力端子 1—2 へもどってきた反射波が少くとも一部は再び反射されて端子 3—4 に向かって進行し端子 3—4 でまた反射され端子 1—2 にもどされる。このようなことが幾度も繰り返され多重反射となって、発生するパルス波形は図4のようになる。したがって単一の正確なパルスを作るためには、負荷抵抗 R_L は線路の特性インピーダンスに等しくなければならない。

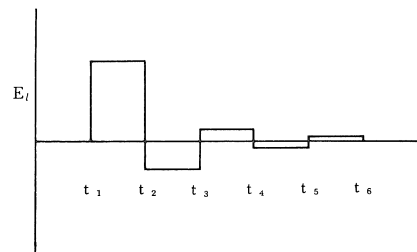


図4 不整合 ($R_L \neq R_0$) の場合の波形

4. 水銀接点リレー⁷⁾

パルス形成回路網としては上述のように伝送線路を利用することにより目的は達せられるので、次に問題となるのはスイッチング素子である。スイッチング素子として要求される条件は、まず立上り時間の速いことでありそれには半導体素子と機械的素子が考えられる半導体素子は高速性において優れているが一般に出力電圧が小さい。例えばその出力電圧はトンネル効果を利用したエサキダイオードで数百 mV 、電荷蓄積効果を利用したステップリカバリダイオードで数V前後である。一方機械的

素子としてのリレーでは数十ないし数百 V が得られるか、機械的スイッチングであるため断続速度およびチャタリングが問題となる。水銀接点リレーを利用すればチャタリングがなくなり、繰り返し周波数こそ半導体に劣るが立上り時間は半導体に匹敵し、出力電圧は半導体をしのぐものが得られる。

水銀接点リレーの外観は写真 1、構造は図 5（現寸）のようなもので、管底の水銀がアーマチュアにほった細い溝を毛細管現象によって上って行って接点をおおい接触を確実にする。また管内は放熱を良くし水銀の蒸発を防ぎ、かつ耐電圧を高めるため数気圧以上の水素が封入されている。パルス発生器として使用するには、このカプセルを適当な金属パイプに入れて同軸線路を形成し、外部に駆動用のコイルを巻いて動作させるわけである。カプセルの種類⁴⁾⁷⁾としては大型、小型の 2 種があり前者は駆動電力約 100AT で動作し、外部磁界がないときはアーマチュアは機械的テンションによって片方のポールに引っ張られている。後者は高感度形と言われ約 30AT 程度で動作し、外部磁界がないときはいずれのポールに

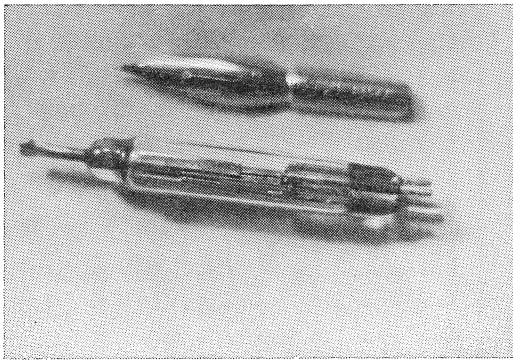
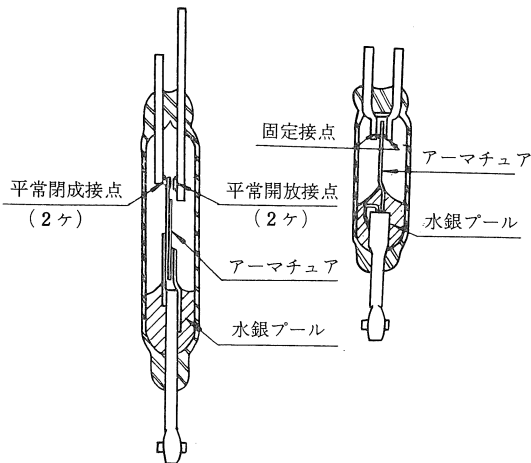


写真 1



大形 小形

図 5 水銀接点リレー（カプセル）の構造

も接触しない状態にある。

この水銀接点リレーの特徴⁴⁾⁸⁾を列挙すると次のとおりである。

1) 接点のチャタリングがない；接点部分を水銀がおおっているためアーマチュアにはね返りがあっても回路が切れなく、また水銀によるダンピング作用がある。

（立上り約 $0.2\mu\text{sec}$ ）

2) 寿命が長く接点保守の必要がない；管底の水銀プールから絶えず水銀が補充されるので接点の摩耗がない。（約100億回）

3) 接触抵抗が低く一定である；水銀を伸介とするので接触面は一定となる。（約 $2m\Omega$ 以下）

4) 接点容量が大きいが；機械的である上に高圧水素、水銀の効果により高電圧、大電流の断続ができる。（約250VA）

5) 繰り返し周波数が低い；機械的スイッチングのため早い断続ができない。（100~200HZ以下）

6) 動作位置が指定される；水銀の毛管現象を利用しているため動作中はほぼ垂直に保つ必要がある。（垂直より 30° 以内）

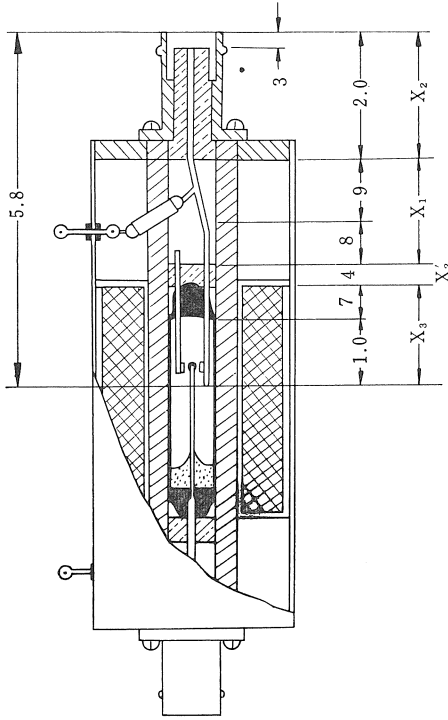
なお上述のように高圧水素が封入してあるので、取りはずし等の取り扱いには充分注意を必要とする。

5. 試作パルス発生器とその動作

今回試作パルス発生器に使用した駆動コイルを含む水銀接点リレーの構造⁴⁾は、図 6 に示すようなもので同軸部の特性インピーダンスは 50Ω であり、3D2V の同軸ケーブルが付加できるようになっている。駆動コイルの規格は 6.3V、70mA であるので、この程度の信号を加えれば動作する訳であるが、妨害波測定器の校正以外に受信機の帯域幅、相互変調等の試験、テレビ受像器等の雑音特性試験など広い範囲の用途を考慮して、図 7 に示すような駆動部を設計した。

まず図 7 において連動スイッチ S_2 を Recurrent にすると、前半分の真空管 12AU7 が導通し後半分が遮断されて真空管 12AT7 に影響しないようになり、12AT7 はマルチバイブレータとして動作する。その出力は真空管 6AQ5 により増幅され、インピーダンス変換の後ダイオード 1S315 により整流されて水銀接点リレーの駆動コイルを動かせる。駆動コイルの動作状態は出力トランスの

*) 元来電話の交換機用として1947年頃開発されたものでトランジスタより1年早い、研究されたところはトランジスタと同じB.T.L.で特許はW.E.が保有していると言われる。製造販売しているメーカーはAdams & Westlake、C.P. clare社といわれているが、最近ではHamlin社等でもリードリレーに水銀を封入したもつと小形のものを作っているようである。一般にその他のメーカーでは前社等からカプセルのみを購入して、駆動コイルなどの付属品をつけて売り出しているようである。



パルス幅

$$\tau = \frac{2}{30} (x_1 + x_2 \sqrt{\epsilon_2} + x_3 \sqrt{\epsilon_3})$$

$$= \frac{2}{30} (1.7 + 2.4 \times 1.5 + 1.7 \times 2)$$

$$\approx 0.58(\text{ns})$$

- x_1 ; 空気の部分の長さ(cm)
- x_2 ; テフロンの部分の長さ(cm)
- x_3 ; ガラスの部分の長さ(cm)
- ϵ_2 ; テフロンの比誘電率 ≈ 2.25
- ϵ_3 ; ガラスの比誘電率 ≈ 4

図 6 試作パルス発生器に使用した水銀接点リレー

一次側に挿入したネオンランプを観察しながら、6AQ5の格子入力電圧加減用のボリュームにより調整する。これはまた馴ればかすかに発生する水銀接点リレーの音によっても識別できる。

水銀接点リレーの同軸部分に供給する直流電圧は、定電圧放電管 150MT から極性切換スイッチ S_0 を経て抵抗により所要電圧（本器の場合は 32V）に分圧し、直流減衰器 S_3 , S_4 および直列高抵抗 10M Ω を通して供給している。この分圧抵抗および直列高抵抗は減衰器に影響しないような値に設計しており、更に直列高抵抗は同軸部分の特性インピーダンスの1000倍位でよいがこの方式では同軸開放端の絶縁抵抗を考慮して高い値とした。

またこのときマルチバイブレータの発振周波数、すなわちパルスの繰り返し周波数の加減は連動スイッチ S_1

により 20, 40, 60, 80, 100HZ に切り換えることができ、Manual の位置にすれば 500K Ω のボリュームにより連続的にも変化することができる。

次にスイッチ S_2 を Ext. Trig. にすると真空管 12AU7, 12AT7 はフリップフロップとなり、外部より Trig. In 端子に信号に加えることにより外部信号により駆動させることができる。またスイッチ S_2 を Ext. Trig. の位置から Single pulse の位置にすると、真空管 12AU7, 12AT7 のフリップが反転して 1 個の独立パルスが得られる。出力端子には適当な固定減衰器を挿入して VSWR を改善する。

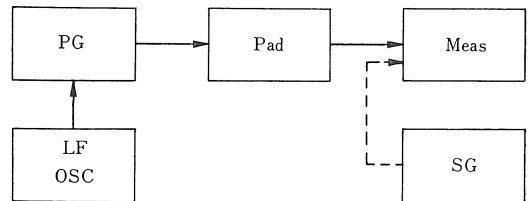
減衰器を出力端子に用いるとその減衰器には良好な周波数特性（例えばこのパルス発生器の周波数特性は 1000 MHZ までであるので 1000MHZ までの）が要求されるが、この回路方式では直流印加電圧を減衰させているので、直流抵抗値が正確であればよいということもこの方式の合理的な点の一つである。また極性切換スイッチ S_0 によって直流印加電圧の極性をかえることができ正負パルスの波形が全く同じになることも、このようにリレーを使うパルス発生器の特長と言えると思う。

6. 試作パルス発生器の出力特性

パルス出力の計算値を求めるには (1) 式に示したように、印加直流電圧 V 、パルス幅 τ 、繰り返し周波数 f_r を知らねばならない。(1)式において直流分を除いて交流分のみ考えると次式のようなになる。

$$e_{AC}(t) = 2V \tau f_r \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n \pi f_r \tau}{n \pi f_r \tau} \cos 2 \pi f_r t \quad \dots (3)$$

ここで直流印加電圧および繰り返し周波数は容易にはかることができ、本器では $V = 32V$, $f_r = 20 \sim 100\text{HZ}$ である。なお以下の測定に使用した測定系統図を図 8 に示す。



PG; パルス発生器

[パルス出力レベル E(dB/MHZ)]

LFOSC; 低周波発振器 [繰返し周波数 f_r (HZ)]

Pad; 固定減衰器 [減衰量 P(dB)]

Meas; 妨害波測定器 [帯域幅 B(KHZ)]

SG; 標準信号発生器 [出力レベル E(db)]

図 8 測定系統図

6.1 パルス幅

パルス幅を測定する最も基本的な方法は波形観測によ

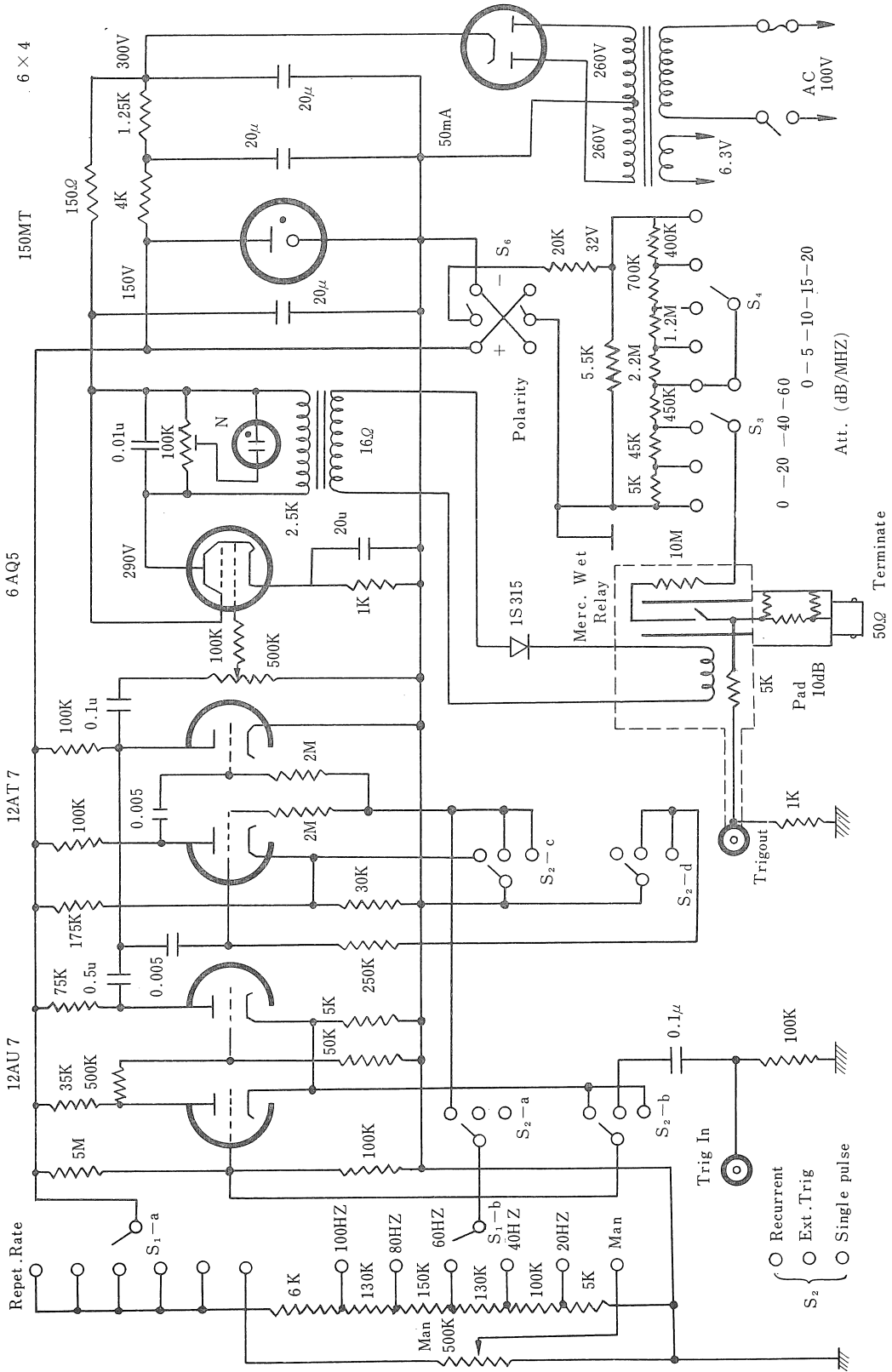


図 7 試作パルス発生器回路図

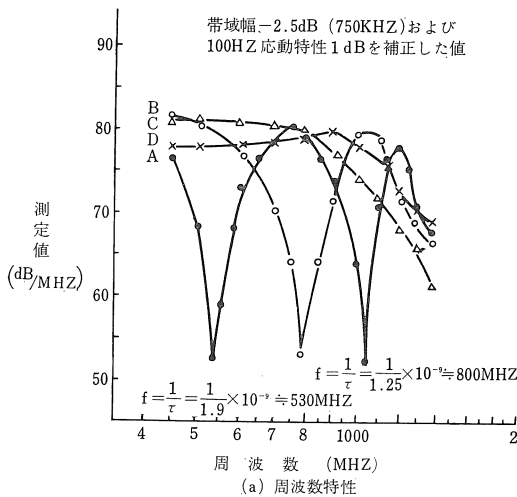
る方法であるが、この程度のパルスになるとサンプリングオシロスコープによらなければ測定することができない。それ以外の測定方法としては上述のように、本器のパルス発生原理は伝送線路を利用しているのでその長さ(2)式から知ることができ、また(3)式において $e_{AC}(l)=0$ となる周波数を知ることにより求めることもできる。

まず伝送線路の長さによってパルス幅を求めるには(2)式から求めればよいが、図6に示したように本器の水銀接点リレーの同軸部分の誘電体は空気、テフロンおよびガラスの部分からなっているので(2)式は次のようになる。

$$\tau = 2 \left(\frac{x_1}{v_1} + \frac{x_2}{v_2} + \frac{x_3}{v_3} \right) = 2 \left(\frac{x_1}{c} + \frac{x_2}{c/\sqrt{\epsilon_2}} + \frac{x_3}{c/\sqrt{\epsilon_3}} \right) = \frac{2}{30} (x_1 + x_2\sqrt{\epsilon_2} + x_3\sqrt{\epsilon_3}) (ns) \quad \dots\dots(4)$$

ただし、 x_1, x_2, x_3 および v_1, v_2, v_3 は図6に示したように空気、テフロン、ガラスの部分の長さ (cm) および伝搬速度 (cm/sec), また $v_1=c$ は空気中の伝播速度, ϵ_2, ϵ_3 はテフロンおよびガラスの比誘電率である。この計算結果は図6に示したようにパルス幅 $\tau \approx 0.58$ ナノセカンドとなった。

A,B,C; 同軸ケーブル (3D-2V) を接続して全長をそれぞれ 19,12.5,7.3cm としたとき, D; リレーのみ UHF 帯測定器 (準尖頭値) により測定



次にこの同軸形の水銀接点リレーの外部に同軸ケーブル (3D-2V) を接続し、その長を変えてパルス出力電圧を尖頭値指示計を備えた短波帯の測定器によって測定したものが図9(b)である。これはパルス出力電圧の周波数特性が平坦と見做し得る周波数 1MHZ で測定したものであり、同軸ケーブル内の伝搬速度 $v \approx 2/3 \cdot c = 2/3 \times 3 \times 10^{10} (cm/sec)$ とすると(2)式は次のようになる

$$\tau = \frac{l}{10} (ns), \quad l = 10\tau (cm) \quad \dots\dots(5)$$

図9(b)のD点からこの同軸リレーの場合 $D\tau \approx 0.58$ ナノセカンドとなり(4)式の計算結果と一致する。すなわちこれは(3)式および(5)式からパルス出力電圧は同軸の長さに比例することから、内挿法によってその等価的長さを求めたものである。

また同軸ケーブルの長を変化した場合の周波数特性を、極短波帯の測定器で測定したものが図9(a)で出力が零または最小となる周波数 $f = 1/\tau$ となり、各ケーブル長さではこの関係がよく対応している。1200MHZ以上で周波数特性が理論的傾向から離れているのは、リレーの同軸部分のインピーダンス特性が良好でないためと推定される。

M.HF 帯測定器 (尖頭値) により測定

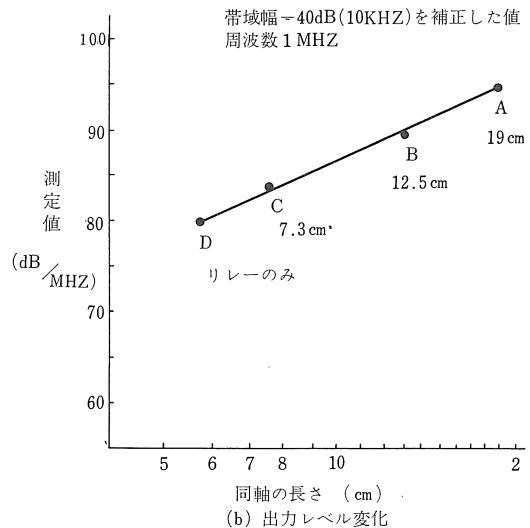


図9 同軸の長を変化したときの出力周波数特性

5. 2 試作パルス発生器のレベル測定

パルス出力レベルが一定とみなし得る周波数範囲 500 KHZ~30MHZ について、中・短波帯測定器によって測定した結果は図10であり、英国 E.M.I. 社のパルス発生器の測定結果も併記した。また測定器自身の誤差も校正する必要があるので中・短波帯標準信号発生器の出力の

測定結果も測定した。したがってこの標準信号発生器の測定値によって補正すれば、計算値と $\pm 1dB$ 程度でよく一致していると言える。なお周波数 25~30MHZ 付近では測定器指示が計算値より大きくあらわれたので、準尖頭値により測定したところ指示が動揺したが、その原因は信号発生器では動揺していないところから、測定器

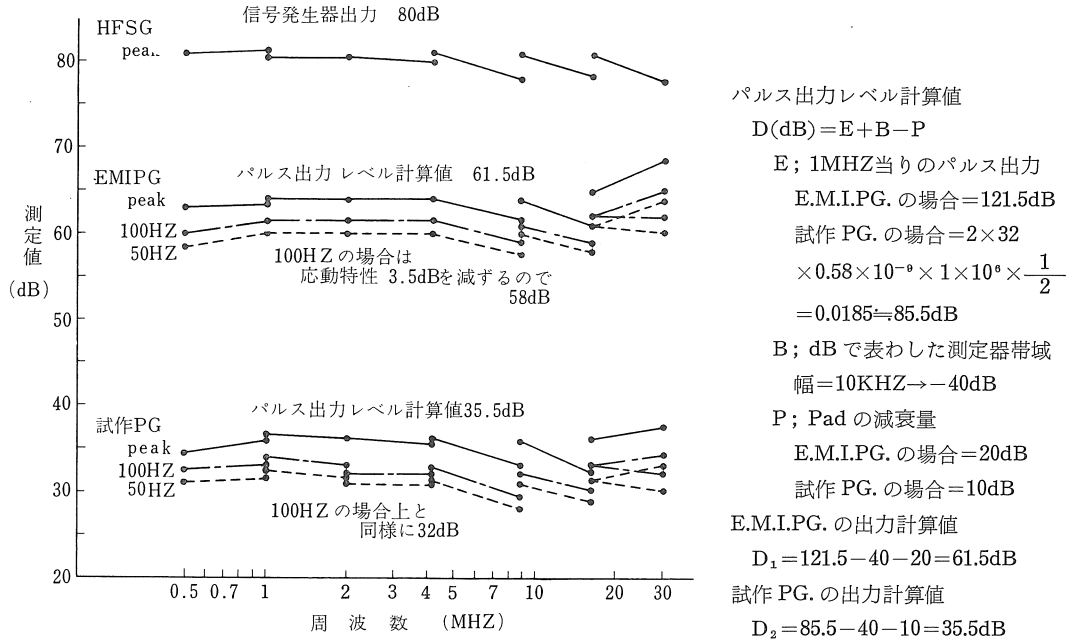


図10 信号発生器およびパルス発生器のレベル測定

がパルス入力に対して不安定になるためと推定される。

次に図 11 は 試作 パルス 発生器の 出力レベルを米国 STODDART 社の妨害波測定器により測定したもので、この測定器の周波数範囲 20~400MHZ では計算値と+

2dB 以内でよく一致し、しかも周波数特性が平坦であることが確認された。準尖頭値についてはこの測定器のパルス応動特性の値が不明であったので、計算値は求めることができなかった。

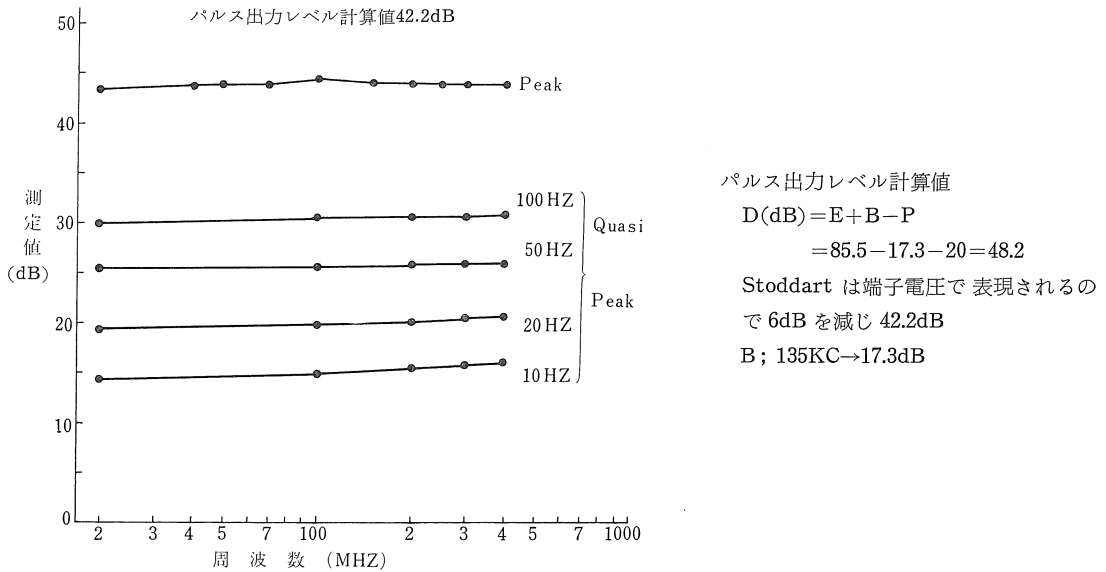


図11 STODDART による試作パルス発生器の出力レベル測定

5. 3 試作パルス発生器の出力周波数特性

中・短波帯，超短波帯，極超短波帯の3台の国産測定器により、周波数 500KHZ~1400MHZ の範囲について

パルス出力レベルを測定した結果が図12であり、超短波帯，極超短波帯測定器は尖頭値計を備えていないので準尖頭値により測定し、指定されたパルス応動特性によっ

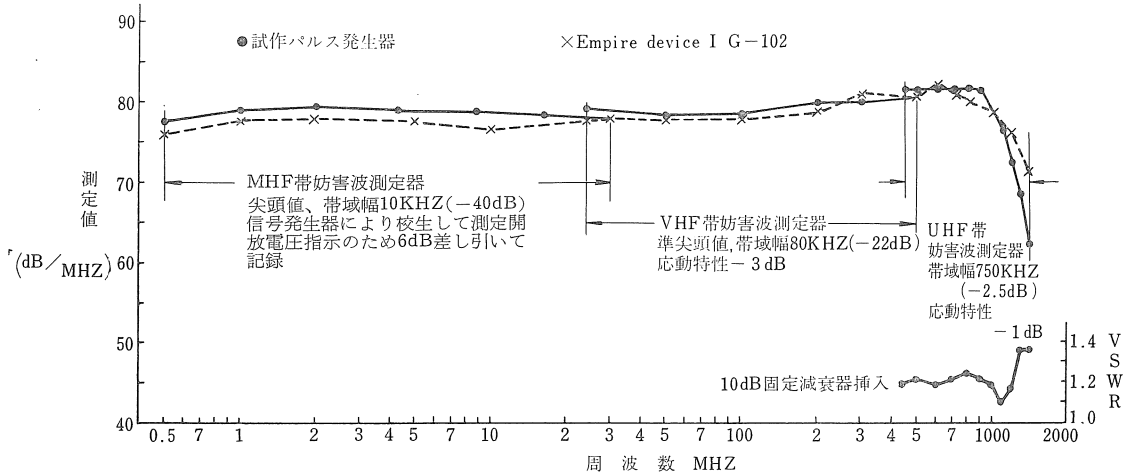


図12 パルス発生器の出力周波数特性

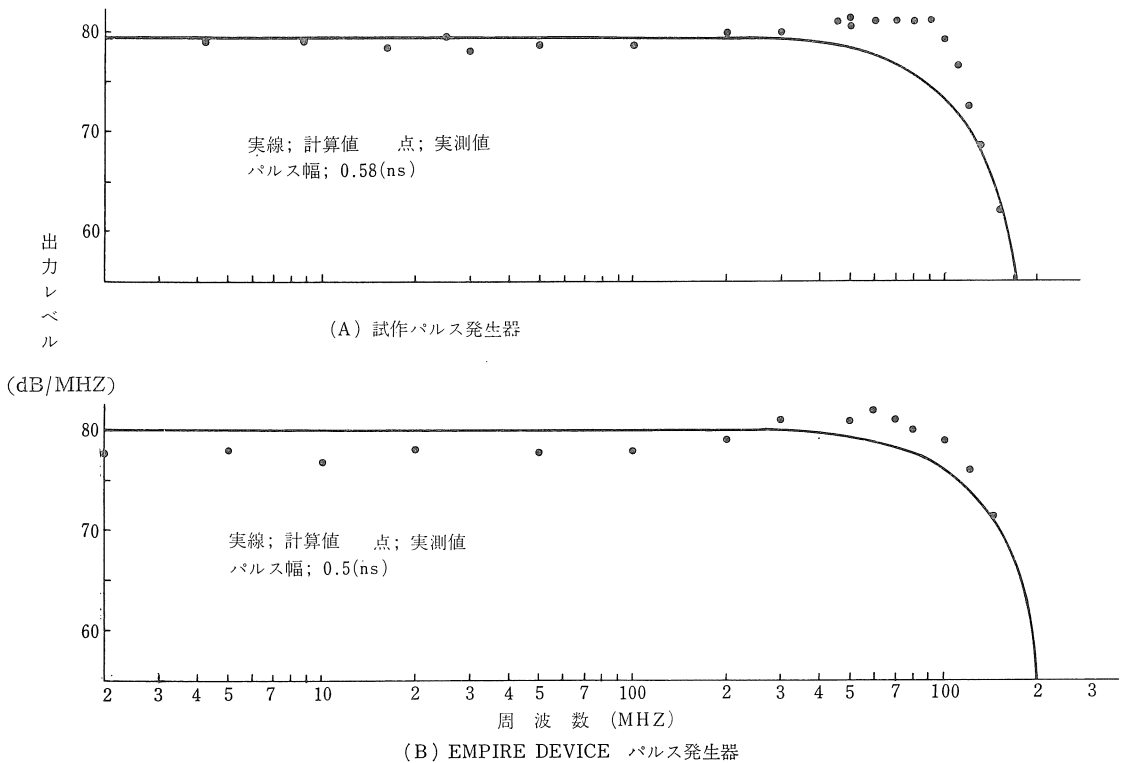


図13 パルス出力特性の計算値と実測値

て補正した。また測定器帯域幅はいずれも1MHZに換算し出力レベルは dB/MHZ で表示した。

出力端子に 10dB の固定減衰器を挿入した状態で測定した VSWR については、図12示し 1200MHZ 以上では悪くなっているので、同軸部分の VSWR は相当悪いこ

とが予想される。しかし以上の結果からは周波数 1000 MHZ 以下では出力、インピーダンス共充分使用可能である。なお図12には米国 EMPIRE DEVICE 社 IG-102 形 UHF パルス発生器⁹⁾の測定結果も併記した。図13に上記2つのパルス発生器の周波数特性の計算値と実測値

を示した。

6. む す び

以上 UHF パルスの発生について水銀接点リレーを使用して試作器を完成し、また EMI および EMPIRE DEVICE 社のパルス発生器についてもその性能を調査した。その結果試作器は周波数 1000MHZ まで振幅偏差 $\pm 1\sim 2$ dB で、性能としては EMPIRE DEVICE と同程度以上であることが判明した。今回の試作ではこの種のパルス発生方式についての詳細なデータを得るために、パルス発生器としての機能、たとえば繰り返し周波数、出力電圧、極性等を変化可能としたが、これを妨害波測定器の比較校正器として内蔵させるには上述の可変部分の必要がなく、リレーのほかに簡単な駆動発振器と直流電源があればよいことになる。したがって現用の高周波発振器を内蔵した場合のような出力指示計、出力調整器、周波数調整ダイヤル等の一切の調整部分がなくなり、測定操作が簡易化され個人誤差も少くなるものと考えられる。電波技術審議会規格（昭和30年度制定）の妨害波測定器では比較発振器にパルス発生器を使用することを指定していないが、実用上は充分使用可能であると言える。これはまた妨害波測定器のみならず電界強度測定器、スプリアス電力測定器をはじめこの種のすべての測定器に応用でき、調整を全然必要とせずに簡単な1個の装置で周波数数 KHZ から千数百 MHZ までの信号源となるので、応用面も広いと考えられる。

次に以上の試作および調査の各段階において気付いた点および将来に対する問題点をあげる。

(1)パルス発生用リレーの駆動は正弦波でよいこと；リレーの動作をを確実にすることと一般にこの種のパルス発生器は方形波によって動作させていることから試作器も方形波駆動回路を使用したため駆動電流波形は相当なまってしまう。それでも充分動作していることから正弦波駆動で充分であるし、勿論トランジスタ化すれば小形軽量化できる。

(2)駆動コイルの構造を検討すること；今回使用した駆動コイルは、図6に示したようにその軸方向とリレー舌片の振動方向が直角であるが、これを平行方向とした方が磁気回路的に効率がよくなると考えられ、同軸回路との関係も含めてなお検討する余地がある。

(3)周波数の上限をのばし繰り返し周波数を上げるため更に小形のリレーを使用すること；今回使用したリレーは構造的にも寸法的にもこれ以上の周波数まで使用することは不可能であり、繰り返し周波数も 100HZ 程度までである。図5の小形リレーを使用することにより1500MHZ 程度まで可能であり、繰り返し周波数も両接点を使用すれば200HZ の2倍の400HZ まで使用できる。更

に超小形の米国 HAMLIN 社のミニチュアリレーを検討中であるが、これは繰り返し周波数も 1000HZ 程度まで可能と推定され出力周波数特性も更に高い周波数領域まで期待できる。

(4)パルス出力特性について更に検討すること；試作および EMPIRE DEVICE パルス発生器についての出力周波数特性の計算値と実測値との比較は、図13に示したようにいずれも計算値より実測値の方がかなり高い周波数まで平坦となっている。これは計算上考慮しなければならない要因があるのか、パルス発生器自体（例えば VSWR など）に問題があるのか、また測定器、測定法に問題があるのか不明である。しかし EMPIRE DEVICE の仕様¹⁰⁾をみると Pulse width; 0.0005 μ s, Frequency spectrum; 100KHZ to 1000MHZ flat within ± 0.5 dB とあり、実際にこのようになるのかも知れないと考えられる。

(5)妨害波測定器はパルス測定に充分なように製造上注意する必要があること；図10の周波数 25~30MHZ において現われたように信号発生器では安定に動作するが、パルス発生器では不安定になるという現象は現在のように比較発振器に CW を使用してはわからないことであり、パルス発生器を使用することによりこの不安定動作を見逃すことがなくなると考えられる。

謝 辞

本研究は筆者が郵政省電波研究所在勤中に着目し、株式会社協立電機研究所において実験したので上記関係各位に深謝すると共に、本研究のとりまとめにあたっては、日頃御援助を戴いている本学竹松英夫教授始め電子工学教室の各位に感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 昭和30年度電波技術審議会答申第3編、妨害波測定器規格
- 2) Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (C.I.O.) No.325, 1965
- 3) Instruction Manual, VHF RI-FI Meter. Stoddart. Inc.
- 4) 水銀接点リレー, NEC 電子部品
- 5) Instruction Manual, Pulse Generator Type1. E.M.I. Electronics Ltd.
- 6) Terman & Pettit, Electronic Measurements. McGraw-Hill Books Co. Ltd.
- 7) パルス発生器の動向, 岩崎技報. 5, 1965
- 8) Mercusy-wetted Contact Switch General Specification. Adams & Westlake Co. Ltd.
- 9) Instruction Manual for UHF Impulse

Generator Model IG-102. Empire Device
Inc.

- 10) Microwave Impulse Generator Engineering
Data. Empire device Inc.