

## 空電波形測定機に使用する遅延回路素子

中 村 正 夫 鎌 田 哲 夫

## 1. ま え が き

本稿は空電波形測定装置に関する研究の一部で、中村氏の卒業論文を鎌田が要約し、資料として報告するものである。

現在使用している空電波形測定機において、記録の重複防止並びに記録フィルムの節約の点から、入力空電によりトリガーする起動回路でブラウン管を制御している関係上、起動回路による遅延のため、波形の立上り部分が切断されるため、この立上り部分を明瞭に記録するため遅延回路を挿入する必要性が生じて来る。

この場合、合理的にどの程度の遅延時間を与えるかが問題になるが現在迄の多くの研究結果から、雷放電は 10 kc/sec 附近に輻射の主エネルギーを有していることが判明しているので、今起動回路による遅延を十数  $\mu\text{sec}$  としても、60  $\mu\text{sec}$  の程度の遅延を与えれば略満足すべき記録が得られるものと考えて回路を構成した。

回路方式を選定するに当っては、集中定数回路による方法と分布定数回路による方法とが考えられるが、集中定数回路によるときは、多素子を従続接続する場合のインピーダンス整合が難しいこと、特性インピーダンスの相違による接合部での多重反射と各部構成素子(特に  $L$ )の自由振動の問題、帯域が広くとれず且切断周波数が存在する等の諸欠点及び製作面、経済面の問題等も考慮に入れて、分布定数回路による方が良いと考え、後者の方式を採用することにした。

製作した遅延回路は、未だ試作の範囲を出ないので、色々検討すべき点が多いのであるが、一応所期の目的を満足する回路素子を得たので報告する。

## 2. 遅延回路素子

## 2.1 遅延回路の具備すべき必要条件

今、空電波形測定機として必要な角速度を  $\omega_1$  から  $\omega_2$  に到る範囲とし、それ以外は省略するものとするれば、入力空電波形は一般に

$$f(t) = \int_{\omega_1}^{\omega_2} F(\omega) \cos[\omega t + \theta(\omega)] d\omega \quad (1)$$

で表わされる。ここで  $\omega_1$  と  $\omega_2$  との間において四端子回路網の相互インピーダンス  $|\dot{Z}(\omega)| = R$  (一定)で且位相定数  $B(\omega) = \tau\omega \pm n\pi$  ( $n$  は零又は正負の整数)なる関係が満足された場合は、出力における電流  $I(t)$  は(1)式より

$$I(t) = \pm \frac{1}{R} \int_{\omega_1}^{\omega_2} F(\omega) \cos[\omega(t - \tau) + \theta(\omega)] d\omega = \pm \frac{1}{R} f(t - \tau) \quad (2)$$

となる。この式より判るように、出力波形は上記の条件下では、振幅が入力波形の  $\frac{1}{R}$  で、形は相似の波形が  $\tau$  秒後に出力端に再現されることを示している。

ここに  $|\dot{Z}(\omega)| = R$ ,  $B(\omega) = \tau\omega \pm n\pi$ , なるためには、

- (1) 回路の減衰定数( $\alpha$ )が、必要な周波数範囲内で周波数に無関係に一定であること。
- (2) 回路の位相定数( $\beta$ )は周波数に比例して増大すること。
- (3) 周波数零において位相角は零なるか又は  $\pm n\pi$  なること。(但し  $n=0, 1, 2, \dots$ )

の三つの条件が必要となる。

分布定数回路においては、単位長当りのインダクタンス  $L$ , 抵抗  $R$ , 容量  $C$ , 漏洩コンダクタンス  $G$  の間に、 $R/L = G/C$  なる関係が成立する如く調整することにより実用上差支えない程度に上記の3条件を満足するように出来る。

吾々は、補償回路を必要最小限にするため、遅延回路の構成素子自体を出来るだけ特性のよいものを見出すため数種の試作品をつくり、この中より上記諸条件を最も満足していると思われるものを選定した。

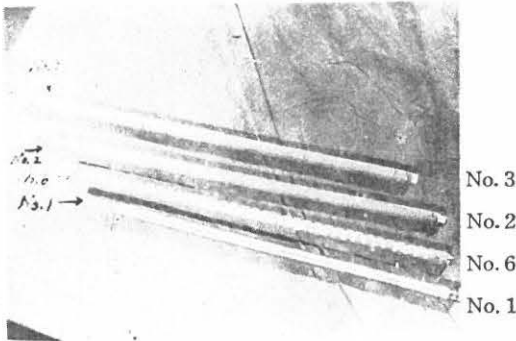
## 2.2 試作素子

試作素子の規格を第1表、その模様を第1図及び第2図の写真に示した。

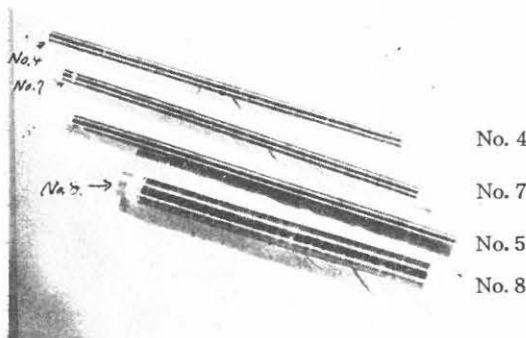
第1表 試作素子一覧表

	bobin diameter	wire diameter	length of coil	note
1	bakelite 12 cm	enameled w. 1 mm	35 cm	両側錫箔
2	bakelite 12 cm	S. C. W. 内 0.4 外 0.5	39 cm	内側のみ錫箔
3	bakelite 12 cm	S. C. W. 内 0.4 外 0.5	39.2 cm	No. of patches 20
4	bakelite 12 cm	enameled w. 0.26 mm	37.7 cm	No. of patches 23
5	bakelite 12 cm	enameled w. 0.26 mm	39.3 cm	parallel wound
6	bakelite 12 cm	S. C. W. 内 0.4 外 0.5		
7	bakelite 12 cm	enameled w. 0.26 mm	37.5 cm	small C.
8	bakelite 26 cm	enameled w. 0.26 mm	28.2 cm	太い bobin
9	bakelite	enameled w. 0.12 mm		極く細い線を使用

第1図



第2図



2.3 測定結果

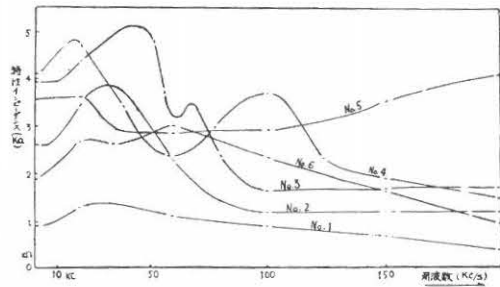
a) 特性インピーダンス

第2表に1000 $\sim$ における各試作品の短絡インピーダンス  $Z_f$  及び開放インピーダンス  $Z_0$  及び特性インピーダンス  $Z_s$  を示し、第3図に特性インピーダンスの周波数特性を示した。

第2表 試作素子特性インピーダンス

No.	$Z_f$	$Z_s$	$Z_0$
1	23780 $\Omega$ L-86.7 $^\circ$	34.93 $\Omega$ L+86.2 $^\circ$	912 $\Omega$
2	3300 " L-89.5 $^\circ$	2000 " L+83.5 $^\circ$	2560 "
2 <sup>鉄心ナシ</sup>	3300 " L-89.5 $^\circ$	2300 " L+60.0 $^\circ$	542 " L-14.7 $^\circ$
3	6300 " L-89.0 $^\circ$	2300 " L+89.0 $^\circ$	3800 "
4	5000 " L-89.5 $^\circ$	3400 " L+89.0 $^\circ$	4100 "
5	2900 " L-89.5 $^\circ$	4010 " L+89.5 $^\circ$	3400 "
6	3950 " L-89.0 $^\circ$	900 " L+88.25 $^\circ$	1900 "
7	38000 " L-88.0 $^\circ$	3700 " L+89.0 $^\circ$	11700 "
8	15000 " L-87.5 $^\circ$	26.5 " L+27.0 $^\circ$	624 " L-30.0 $^\circ$
9	14000 " L-86.0 $^\circ$	180 " L+ 6.0 $^\circ$	1600 " L-40.0 $^\circ$

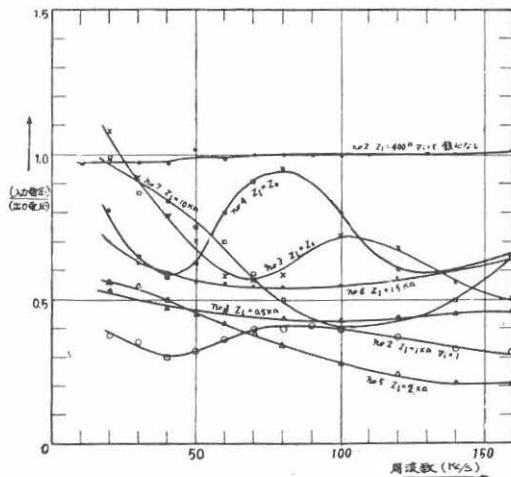
第3図 特性インピーダンス周波数特性



b) 減衰定数

第4図に各試作素子の減衰定数の周波数特性を示した。

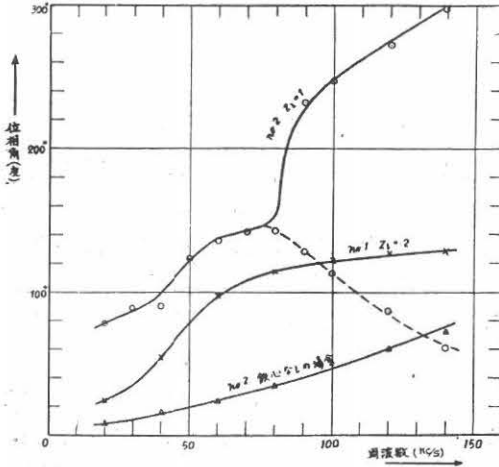
第4図 減衰定数周波数特性



c) 位相定数

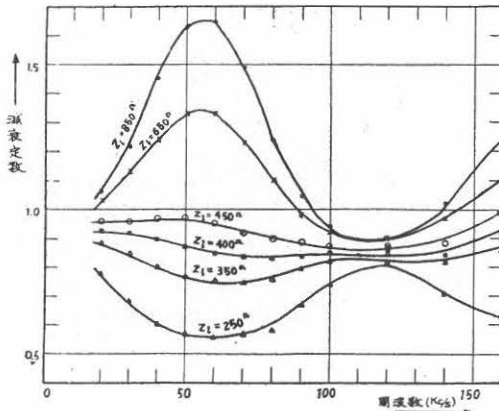
減衰特性の悪い素子に対しては、位相定数を測定しても意味がないので、2, 3の代表的なものについてのみ位相定数の周波数特性を測定し、第5図に示した。

第5図 位相-周波数特性

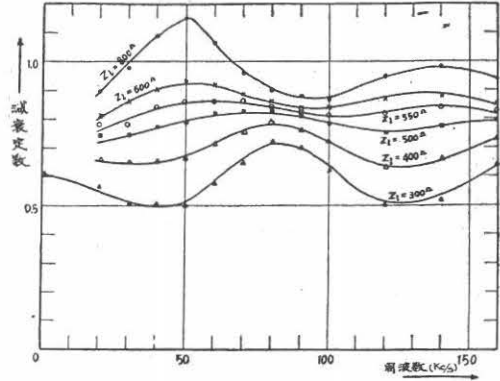


以上の測定結果よりわかるように、各種試作品の中で特性の良いのは、No. 2の素子の鉄芯を使用しない場合である。この特性ならば実用上一応無歪回路と見做して差支えない程度と思われるが、遅延時間が小さすぎるので、歪に対する特性の良さを失わないでも遅延時間のより大きいものを得んとして、使用線径を更に細かくしたもの(No. 9)と、使用ポピン径を大きくしたもの(No. 8)をつくった。これに対する各種特性を第6図a, b及び第7図に示した。

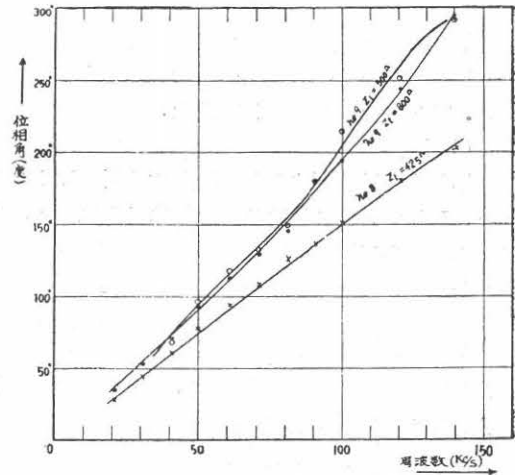
第6図(a) No. 8素子の減衰定数特性



第6図(b) No. 9素子の減衰定数特性

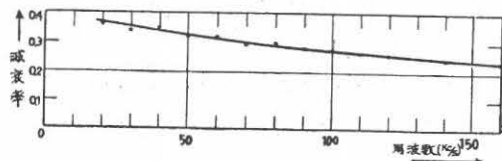


第7図 No. 8及びNo. 9素子の位相特性

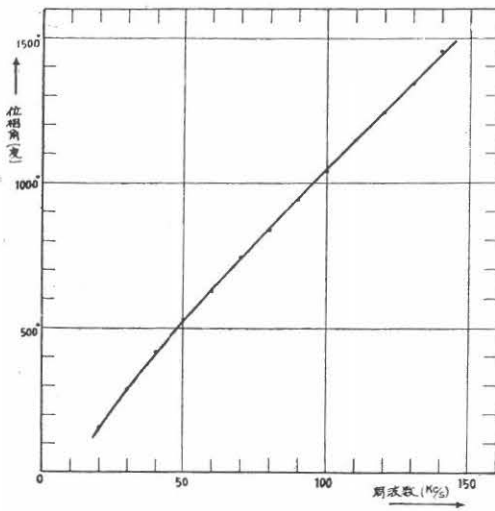


この結果、熟れの対策も、特性をそこなうことなく遅延時間を大きく出来ることが判ったが、一素子丈では所要の遅延時間をうることは困難であるから、約6μsecの遅延時間を持ったNo. 9の素子を5本縦続に接続して総合特性をとったのが第8図及び第9図である。

第8図 No. 9素子5本縦続接続したものの減衰定数特性



第9図 No.9 素子5本縦続接続をしたものの位相特性



る。又その外観を第13図に示した。

(d) 遅延時間

第9図の位相特性より遅延時間( $\tau$ )を計算して見ると、100 kc/sec における位相角は  $1035^\circ = 2 \times 2.88 \pi$  radian であるから

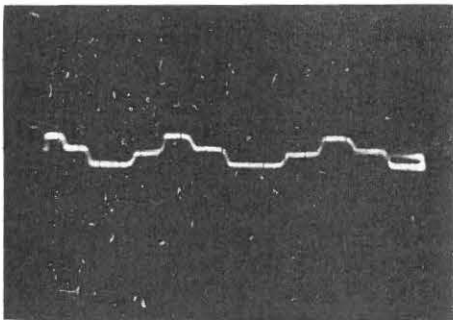
$$\tau = \frac{\beta}{\omega} = \frac{2 \times 2.88 \pi}{2\pi \times 10^5} = 28.8 \times 10^{-6}$$

即ち遅延時間は  $28.8 \mu\text{sec}$  となる。位相角は直線的に上昇しているから、各周波数において遅延時間は略、

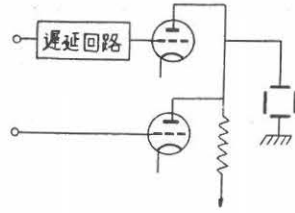
第11図(1) 入力波形



出力波形オッシュロググラフ



第10図 遅延時間測定に使用した回路

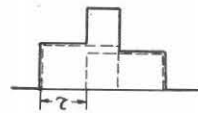


$28.8 \mu\text{sec}$  となる。

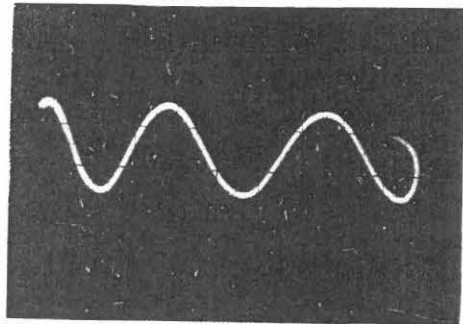
更にブラウン管オッシュロググラフにより矩形波を用いて第10図の回路で測定した。出力波形は第11図の写真の如くえられ、これより遅延時間を算出すると  $28 \mu\text{sec}$  となり位相角より計算した値と殆ど完全に一致している。第11図の下の正弦波形は掃引時間較正用のもので周波数は  $8070 \approx$  である。

この実験で No.9 の素子を10本使用することにより大体  $60 \mu\text{sec}$  の遅延時間を得られることを知った。歪に対しては、第12図の写真にその入力及び出力波形を示したように多少の歪は認められるが、この程度なら簡単に補償回路で補償可能と思われる。従って試作 No.9 の素子を適当に組合わせることにより吾々が希望する遅延回路を構成しうる目安がえられた。

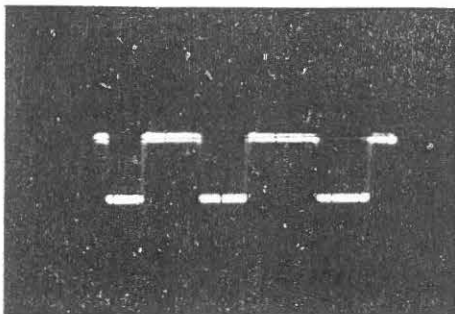
第11図(2) 出力波形



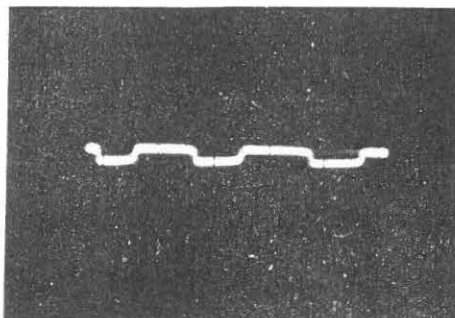
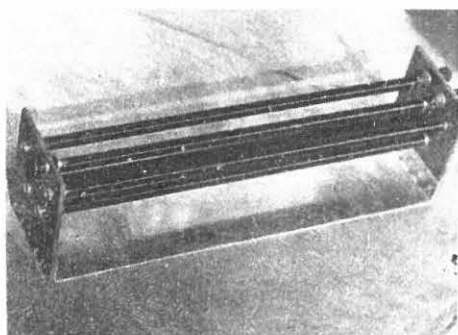
較正用正弦波 (8070  $\approx$ )



第12図(1) 入力波形



第12図(2) 出力波形

第13図 試作遅延素子  
(遅延時間約  $30 \mu \text{sec}$ )

### 3. 測定結果の検討

本研究は一応実用になる程度の遅延回路を作ること  
に主眼をおいたため、歪の原因—例えば鉄芯の影響や  
誘電体損の影響等—を追及出来るように系統的に素子  
を作るという方法をとらなかったため、材質と歪との  
関係について明確な結論を得ることは出来なかった。

次に実験結果から判明した 2, 3 の点を挙げて見ると、

- 1) 遅延回路の特性は、分布定数回路方式では、線径に支配され、且同材質の線においては無歪条件

を満足する線径は、唯一つに限られるらしいこと。

- 2) 使用周波数範囲(0~300 kc/s)内では、patch方式は、特性の改善にたしてあまり効果を上げ得ないようである。

- 3) 減衰特性は、負荷インピーダンスにより大幅の変動をうけるが、位相特性にはそれほど大きな影響を及ぼさない。

- 4) 鉄芯を使用することは、使用範囲が広帯域にわたる場合は相当困難である。

等である。

### 4. あとがき

以上で空電波形測定機に使用する遅延回路の素子について行った研究結果の概要をのべたが、いささかなりとも今後の研究のお役に立てば幸甚だと思う。又要約するにあたって、不手際な点が多いことと思うが、この点に関しては中村氏にお詫びをする。最後に本研究に種々御指導をいただいた佐尾・岩井助教授を始め空研の諸兄の御協力に感謝する次第です。

### 参考文献

- (1) 永井, 神谷共著: 伝送回路網学.
- (2) M. I. T. Radiation Laboratory, Vol. 17 及び 19.