U.D.C. 621.315.2: 621.3.028.4

遅延ケーブルの諸特性

Characteristics of Delay Line Cable

出 彦* 本 邦 Kunihiko Okamoto

内 容 梗 概

最近特殊高周波ケーブルの一種として,遅延ケーブルおよび高インピーダンスケーブルの需要が増大 している。日立電線においては遅延時間の大きなケーブルをうるため,たわみ性磁性コアの押出しを行 い,これを用いた各種遅延ケーブルを試作検討した。

本論文においてはこれら磁性コア入り遅延ケーブルの諸特性とこれに関連した二,三の問題点を述べることとする。

1. 緒 言

遅延ケーブルは各種の通信信号をこのケーブルによっ てある一定時間遅延させることを目的とするもので、こ の種のものとしては、従来ポリエチレンひもをコアに用 いた RG-65 U のような製品が用いられてきた。最近天 然色テレビセットそのほか各方面で、遅延時間のさらに 長く取れるケーブルの需要が増大してきているが、この ためには磁性コアを用いた遅延ケーブルが必要となって くる。

$$L_0 = \mu \ \mu_0 \ a^2 \ \pi \ N^2 = 4\pi^2 \ \mu \ a^2 \ N^2 \times 10^{-7} \left(\frac{H}{m}\right) \dots (1)$$

$$C_0 = \frac{24.1 \varepsilon}{\log_{10} \frac{b}{a}} \times 10^{-12} \left(\frac{F}{m}\right) \dots (2)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \quad (\Omega) \dots (3)$$

 $T_0 = \sqrt{L_0 C_0} \left(\frac{s}{m}\right) \dots (4)$

また次の関係が成立する。

磁性コアを用いた場合,磁性材料の透磁率および損失 の周波数特性によって,ケーブルの特性は複雑となって くる。ここではこのケーブルの品質を表わす諸係数と設 計条件および各種試作ケーブルの特性の測定結果につい て述べる。

2. 遅延ケーブルの設計と品質係数

遅延ケーブルの構造は第1図に示すとおりで、半径 a のコアの上に、ごく細いエナメル線を密に横巻きして、 インダクタンスの大きな内部導体コアを作る。その上に 普通の同軸ケーブルと同様に、ポリエチレンのテープを 巻くか、または押出しを行って、その上に外部導体とし て、編組または縦ぞえをして、シースをかぶせている。 この線路のもつインダクタンスL₀、静電容量C₀、特性イ ンピーダンス Z₀、および遅延時間 T₀ は良く知られてい るように次式で表わされる。



ここに

a: コア半径 (m)

b: 外部導体の内半径 (m)

ε: 絶縁層の実効誘電率

d: 内部導体線径(m)

N: 内部導体巻数 $\left(\frac{\text{turn}}{\text{m}}\right)$

μ: コア実効透磁率

D: 内部導体線間距離(m)

η: 内部導体巻き占積率

遅延ケーブルの設計における実際問題として、コアの 種類とその半径、および内部導体の線径を決めることが

> 必要となる。このために次の諸点を このケーブルの品質を表わす係数と して考えて置く。

2.1 単位長さまたは単位体積 当りの遅延時間

このケーブルの目的から考えて, 単位長さ当りの遅延時間をなるべく 長くしたいという要求がでるのは当

然である。このためにコイルのインダクタンスをできる

* 日立電線株式会社電線工場

- 115 -----



コアの実効透磁率µは、損失およびケーブルのたわみ性の面から制限を受け、後述のコア押出の場合6~7程度

 α : 位相常数 $\left(\frac{\text{Rad}}{\text{m}}\right)$

が限界となる。内部導体巻数Nを増大させることは線を 細くすることとなるので、工程面から制限され N=8,000 <u>turn</u>程度が限界となる。コア径を増大させた場合、ケー ブルの仕上外径はやや増大するが、単位体積当りの遅延 時間は改善されるので、コア径を大きくすることは有利 と考えられる。第2図にコアの実効透磁率を6とし、特 性インピーダンスを 2,300 2 とした場合の、コア径と内 部導体巻数に対する、ケーブルの仕上外径と単位長さ当 りの遅延時間の関係を示す。コア径に対する実際上の制 限は、次の遅延ひずみの面から出てくる。

2.2 遅延ひずみ

遅延ケーブルの遅延時間が周波数により変化する原因 として、一般に次の三つの要因があげられる。すなわち 低周波におけるインダクタンス L_0 、静電容量を C_0 とす ると、(4)式により基準の遅延時間は、 $T_0 = \sqrt{L_0C_0} \frac{s}{m}$ であるが、低周波帯域ではまず抵抗の項が無視できない ので、

$$T = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{1}{\sqrt{2}\omega}$$

$$\sqrt{(R_0^2 + \omega^2 L_0^2) (G_0^2 + \omega^2 C_0^2) - (R_0 G_0 - \omega^2 L_0 C_0)}$$

$$\Rightarrow \sqrt{L_0 C_0} \left(1 + \frac{R_0^2}{4\omega^2 L_0^2}\right) \left(\frac{s}{m}\right) \dots (8)$$

となり、T₀よりも大きな値となる。 次に高周波となると、遅延ケーブルの隣接コイルの位 さらに高周波となるとコイル間の分布容量がきいてき て,静電容量が実効的に増加し,インダクタンスの減少 による遅延時間の低下が補償される傾向をもつ。この分 布容量は次式で表わされる⁽²⁾。

$$C' = 4\pi\alpha a \varepsilon_0 \left[\varepsilon_e \frac{K_1(\alpha a)}{K_0(\alpha a)} + \varepsilon_i \frac{I_1(\alpha a)}{I_0(\alpha a)} \right], \dots (10)$$

ここに C': 分布容量 $\left(\frac{F}{m} \right)$
 $\varepsilon_0: \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \left(\frac{F}{m} \right)$ 真空の誘電率
 $\varepsilon_e: = 1 \ell \mu$ 例絶縁物の比誘電率
 $\varepsilon_i: = 1 \ell \mu$ 内側磁性=7の比誘電率

実用上主として問題となるのは、(9)式で示されたコ イルのインダクタンスの減少に基く遅延時間の低下で、 これは αa=ωTa だけに関係する。すなわち周波数が一 定の場合、単位長さ当りの遅延時間が大きいほど、また コア径が大きいほどこの遅延時間の低下すなわち遅延 ひずみが増大し、パルスなどを伝送する際の位相ひずみ が発生する原因になる。遅延ひずみを小さくする面か ら考えると、なるたけ細い磁性コアを用い、単位長さ当り の遅延時間をあまり大きく取らないほうが有利となる。 第3図はコア径が遅延時間の周波数特性にどのように影 響するかを示している。遅延ひずみがあまり大きくなら ない範囲として、一般にはコア径は3~5mm程度が使 用される。

2.3 損失係数すなわち単位遅延時間当りの損失

遅延ケーブルは遅延時間を目的とするケーブルである ので,通常のケーブルのように長さ当りの損失を考える よりも,遅延時間当りの損失を考えるのが適当の場合が 多い。この単位として,位相常数に対する減衰常数の比 を考え,次のように表わす。



 $Q_D = 2 Q_M$(12) この Q_M は次にコイルの導体損失と磁性材料の損失に分



 $\begin{pmatrix} \mu = 6 & T_0 = 3.0 \frac{\mu s}{m} \\ Z_0 = 2,300 \Omega \end{pmatrix}$ 第4図 損失係数とコア径および透磁率の関係

 e_1 および e_2 : 磁性コアの材質に基く常数 それゆえ Q_m は, 導体損失 Q_{cu} と反対に周波数が増大す るほど, また透磁率が増大するほど急速に悪化する。ま たコア径には無関係となっている。

けられ、次のように表わされる。

ここに Qcu: コイルの導体損失によるQ

Qm: コアの磁性材料の損失によるQ

遅延ケーブルの導体損失の増加は,表皮効果および近 接効果に基くものだけでなく,コイルに発生する横方向 磁界および周波数が高くなると縦方向磁界も導体中に渦 流損失を増大させ,非常に複雑となる。文献⁽²⁾によると これは,

 R_0 : 直流抵抗(Ω) R: 交流抵抗(Ω)

g: 常数 h: αa に関係する常数

すなわち交流抵抗は最初周波数の平方根に比例して増 大するが、さらに高周波となり縦方向磁界がコイル導体 中に渦流損失を生ずる範囲においては、周波数の3 乗で 急速に損失が増大する。周波数の平方根に比例する範囲 を考えて見ると、

 $Q_{cu} \propto \mu a \sqrt{f} \eta$ (15)

すなわち導体損失に基づくコイルのQは,線径に無関 係でコアの透磁率の大きいほど,およびコア径の大きい ほど良好となる。一方磁性損失に基く Qm は これらの関係を第4図に示す。導体損失に基く Q_{eu} の 周波数特性は,損失が周波数の平方根に比例する範囲で 増大し, $\frac{3}{2}$ 乗に比例する範囲で停滞している。磁性損失 に基く Q_m は、周波数とともに低下しているため、ある 周波数以上になると、磁性コアの Q_m によって遅延ケー ブルの損失係数が決定され低下してくる。透磁率を大き くすると、導体損失 Q_{eu} は改善されるので、遅延ケーブ ルの損失係数は低周波部において良くなるが、磁性損失 Q_m は低下するので、高周波部の損失係数は悪くなる。 それゆえ損失係数に着目し、これを最良とする設計を考 える場合には、使用最高周波数および使用するコアの磁 性特性を考え、コアの実効透磁率と内部導体線径の最適 条件を決定しなければならない。

2.4 損失最低条件すなわち高インピーダンスケー

ブルの設計

遅延時間当りの損失でなく,長さ当りの損失を最低と する設計が良く用いられる。従来のポリエチレン心のR G-65 U もこの設計に基いて製造されており,この場合を 特に高インピーダンスケーブルと名付けている。これは 高周波装置の間を反射なしに結ぶためのケーブルで,遅 延ひずみを小さくするため単位長さ当りの遅延時間は小 さいほうが良い。RG-65 U は特性インピーダンス 1,000 Ω のものであるが, 2,000 Ω 以上となると磁性コアを用 いることが必要となってくる。この場合には前述のこと







(µ=6)の導体損失

からも, 透磁率はあまり大きくできず, 磁性損失のなる たけ小さいコア材質が必要となることが予想される。

遅延ケーブルの単位長さ当りの損失は抵抗に比例し, これは前節と同様,導体損失と磁性材料の損失に分け次 のように表わされる。

$$R_{\text{total}} = R_{cu} + R_m = \frac{2\varepsilon Z_0^2}{\log \frac{b}{a}}$$
$$\left\{\frac{\sqrt{f}}{\mu a}A + f^2(\mu - 1)B\right\} \quad (\Omega) \dots \dots \dots (17)$$

すなわち損失は絶縁物の誘電率の大きいほど、また特 性インピーダンスの大きいほど増大する。第1項の損失 最低条件は,良く知られているように内外導体位置の比 <u>
=
2.72</u>
の場合である。しかし磁性損失に基く第2項 が入った場合には、コア径の小さいほど損失は少なく なる。ある特定の周波数のもとで $\frac{\alpha R_{\text{total}}}{\alpha R_{\text{total}}}=0$, すなわち 損失最低となる透磁率を求めることができる。一例とし て特性インピーダンス $Z_0 = 2,300\Omega$ の高インピーダンス ケーブルをポリエチレン心を用いて設計した場合と,低 損失の磁性材料(透磁率6)を用いて設計した場合につい て, 導体損失および磁性損失がどのように増加するかを 第5~7図に示した。導体損失は—=2.72の場合に最低 となっており,磁性コアを用いることにより激減するが, 磁性損失が周波数の二乗で増大するため、低損失の磁性 材料を用いた場合でも、20 Mc 辺で全体の損失として等 しくなり, それ以上の周波数では磁性コアを用いたほう が損失が大きくなる結果となる。一般に高インピーダン スケーブルの設計の場合には,損失係数 QD の高いケー ブルの設計の場合よりも,コアの透磁率は小さな値にし なければならず,またコア径は製造上支障のない限り, 小さくすることが適当と考えられる。

3. 遅延ケーブルの特性に対する

外部導体の影響

第8図に示すとおり遅延ケーブルの外部導体は中のコ



— 118 —



第8図 遅延ケーブルのコア内部およびその周辺 における磁束の状況



てしゃへい体を適当な位置に置くことにより遅延の均等化を行うことができる。

3.2 $\mu_1 > \mu_2$ の場合

磁性コアを用いる場合にはコアの透磁 率のほうが当然大きくなるので,完全な しゃへい体を置くとインダクタンスは激 減してしまう。すなわち絶縁体の透磁率 は一般に µ2=1で,この場合のインダク タンスの減少は低周波において,



それゆえ第10回に示すとおり,しゃへい体を離してケー ブルの仕上り外径を大きくしないと、インダクタンス従 って遅延時間の減少が大きく使用不可能となる。それゆ え磁性コアを用いる場合には、外部導体としては裸編組 は不適当で,エナメル線を用いることが望ましい。第11 図に外部導体として裸編組,エナメル線編組,エナメル線 縦ぞえを用いた場合の遅延時間と減衰量の実測値を比較 して示した。裸線編組の場合は遅延時間は半減し、損失 は激増している。エナメル線編組を用いる場合には片側 だけの接地としないと、編組と磁束が鎖交して渦流が流 れ、遅延時間に振動が生ずるため注意を要する。

としゃへい位置
$$\left(\frac{o}{a}\right)$$
との関係

イルに対するしゃへいの意味を兼ねており,これにより コイルのインダクタンスは一般に低下するので,適当な 構造のものを用いないと特性上障害がおこる。また逆に 考えて,特殊な構造の外部導体を用いて,遅延ひずみの 均等化を行うことができる。

3.1 $\mu_1 = \mu_2$ の場合

ポリエチレン心を用いた場合のように,コアと絶縁物 の透磁率が等しい場合には,しゃへいをたとえば銅テー プで完全に行うと,しゃへいによるインダクタンスの低 下は次式⁽²⁾で表わされる。

ここに

L: しゃへいの無い場合のインダクタンス

L': しゃへいを完全とした場合のインダクタンス 一方(9)式により, $\frac{L}{L_0} = 2K_1(\alpha a) I_1(\alpha a)$ の関係にある ので, しゃへいの位置($\frac{b}{a}$)を変えた場合に対するコイ ルのインダクタンスの周波数特性は**第**9図のように求め られる。すなわちしゃへいの無い場合は $\frac{b}{a} = \infty$, ゆえに $\frac{L'}{L_0}$ は(9)式に従い $\alpha a = \omega Ta$ の関数として急速に低下し 遅延ひずみは大きいが, しゃへい体を近接させ $\frac{b}{a}$ を1に 近づけるに従い遅延ひずみは減少している。これを用い

4. 磁性コア入り遅延ケーブルの試作

日立電線株式会社においては最近数回にわたり,たわ み性磁性コアの押出しを行い,これを用いて第13図に 示すような各種遅延ケーブルを試作した。以下これにつ いて報告する。

4.1 磁性コア

遅延ケーブルのコアとしては,なるたけ透磁率が高く 低損失で,かつケーブルとしてのたわみ性があり長尺の 押出しが可能なことが必要である。この目的のために磁 性鉄粉の微粒子を含む磁性コアの押出しを行い,第12図 に示す各種のものを製造した。実効透磁率は6~7まで, 長尺の押出外観の良好なものが得られている。

4.2 試作遅延ケーブル

4.2.1 試作品(a) (RG-65U)

これは従来のポリエチレン心の遅延ケーブルで、内 外導体の位置は、 $\frac{b}{a}$ =2.72の損失最低条件で設計され ている。内外導体の絶縁にはポリエチレンの押出しを 用い、外部導体は裸線編組で完全にしゃへいされてい る。コア径は細く遅延時間も小さいので、遅延ひずみ は少ないが、損失係数は十分大きな値が取れず、遅延 ひずみの少ないことが要求される場合および 1,000Ω



(低周波における値 µ2=1) 第10図 磁性コア入り遅延ケーブルのしゃ へいによるインダクタンスの低下





(コア径 3~7 mm) 第12図 試 作 磁 性 コ ア



の高インピーダンスケーブルとして用いるのに適している。

仕上外径: 10.5 mm

特性インピーダンス: $Z_0 = 950\Omega$

遅延時間: $T_0 = 0.12 - \frac{\mu s}{m}$

4.2.2 試 作 品 (b)

4.1 に示した磁性コアを用い特性インピーダンス約 2,100Ωのものを試作した。遅延ケーブルの製造上の 障害は内部導体の細いエナメル線横巻きの作業である が,この点に改良を加え,内部導体の線径としては,先 のRG-65Uよりも細いものを用いている。これによ り,RG-65Uに比較して,特性インピーダンスは約2



倍遅延時間が約7倍,損失係数が約1.5倍のものをうることができた。内外導体間の絶縁には,ポリエチレン押出しを用い,外部導体にはエナメル線編組を行っている。

仕上外径: 9.1 mm 特性インピーダンス: Z₀=2,100Ω

遅延時間: $T_0 = 0.8 \frac{\mu s}{m}$

4.2.3 試作品(c)

同じく磁性コアを用い,特性インピーダンスが RG-



(S.W.G: スイーブジェネレータ 0~10 Mc
 S.G: マーカー用シグナルジネェレータ
 Att: 可変減衰器
 第14図 遅延ケーブルの特性直視装置



いポリエチレンテープ1枚を巻 き、外部導体にはエナメル線を縦 ぞえしている。 仕上外径: 7.2 mm 特性インピーダンス: $Z_0=1,900\Omega$ 遅延時間: $T_0=2.3\frac{\mu s}{m}$ 4.2.5 試 作 品 (e) 試作品(d)と同じく、単位長さ 当りの遅延時間を最大とする設計 で、特性インピーダンス 2,500Ωの ものを試作した。内外導体間絶縁

テープの厚みは薄くなっている。

仕上外径: 7.3 mm

特性インピーダンス: $Z_0=2,500\Omega$ 遅延時間: $T_0=2.2 \frac{\mu s}{m}$

5. 遅延ケーブルの特性測定

5.1 測 定 法

遅延ケーブルの遅延時間,特性インピーダンスおよび 減衰量は,高周波ケーブルの測定に通常用いられている

第15図 ブラウン管上の共振曲線

65Uと同じ950Ω のものを製作した。遅延ひずみを少 なくしかつ損失係数の少ないことを目標として, コア 透磁率をおさえたので,遅延時間は 0.5 ^{μS}/m にとまっ ている。内外導体間絶縁にはポリエチレンテープを重 ね巻きし,外部導体には同じくエナメル線編組を行っ ている。従来の RG-65Uに比較して,特性インピーダ ンスは等しく,遅延時間は約4倍,損失係数は約2倍 で,遅延ひずみはごく少量である。

仕上外径: 8.4 mm

特性インピーダンス: $Z_0 = 950\Omega$

遅延時間: $T_0 = 0.5$

4.2.4 試作品(d)

天然色テレビセットその他の要求により、単位長さ 当りの遅延時間をなるたけ大きくすることが要求され ているが、前述のとおりコア径、コア透磁率および工 程面から線径に限界が出てくる。この目的のために単 位長さ当りの遅延時間を最大とする設計で試作を行っ た。この高遅延ケーブルは遅延時間が $2.3 \frac{\mu s}{m}$, 特性 インピーダンスが 1,900Ω で、内外導体間絶縁には薄 電圧電流計法,ないし抵抗置換法によって次のように求 められる。すなわち偶数同調点において,

$$\beta l = \tanh^{-1} \frac{R}{Z_0} (\text{Neper}) \dots (22)$$

ここに

2n: 偶数同調次数

R: 置換抵抗 (Ω)

 C_0 : 低周波における静電容量 $\left(\frac{r}{m}\right)$

しかし遅延ケーブルの場合は一般に特性インピーダンス が高く、その上損失が大きいので、正確な置換抵抗が得 られず、特に高い周波数帯域において減衰量の測定に誤 差が混入してくる。ほかの方法として、高周波ブリッジ を用い、開放および短絡インピーダンスから計算する方 法もあるが、測定を簡略化し使用周波数帯域全般にわた る遅延ケーブルの特性を直視する方法を考えた。

すなわち遅延ケーブルが高インピーダンスであり,損 失が比較的大きいことを逆に利用して,ケーブルの入力 端の電圧 V₀を一定とし,これにスイープジェネレータ からの可変周波数の電圧を 第14 図 のように加える。ケ ーブルの出力端のインピーダンスを無限大とすると,出 力電圧Vは次のとおりになる。





$$\begin{pmatrix} T_0 = 2.2 \frac{\mu s}{m} \\ l = 0.5 m \\ 第7同調点 1.61 Mc \end{pmatrix}$$
第16図 高遅延ケーブル(e)の共振曲線

この cosh rl は入力の周波数の関数として変動し,ケ ーブルの奇数同調点において出力電圧 V は最大値を取 る。すなわち 第14 図 のブラウン管上には,この奇数同 調周波数を中心とした 第15 図 のような共振曲線が得ら れ,スイープの幅を広くすると 第16 図 のように奇数同







40, ハイーンの幅を広くすると 第10 図 のように奇奴向 調点における各共振曲線が, ケーブルの減衰量に従って 次第に縮少しながら得られる。すなわち (2n+1)次の共 振周波数においては,

それゆえ遅延時間,特性インピーダンスおよび減衰量は,

共振周波数の測定は、マーカー回路から2現象オシログ ラムにマーカーを入れるか、または輝度変調をかけるこ とによって行い、減衰量の測定には減衰器を用い次の共 振点との電圧を比較している。ケーブル入力端の定電圧 化のためには、低抵抗を並列に入れ、またスイープジェ ネレータの出力端には負き還を行っている。

減衰量の測定を行うもう一つの方法としては,共振曲線のQの測定を行えば良い。すなわち共振曲線上で $\frac{V}{\sqrt{2}}$ の点を減衰器で求め,輝度変調点を右から左え移動させ,その周波数偏位 Δf を測定すると,

$$\begin{pmatrix} T_{0}=0.8 \frac{\mu s}{m} \\ l=1 m 第7 同調点 1.49 Mc \\ x \neq x \end{pmatrix}$$
第 18 図 試作ケーブル(b)の共振曲線

すなわち
$$\frac{V}{\sqrt{2}}$$
の点においては、
 $\Delta \alpha \Rightarrow \beta$(29)
ここに、
 $\Delta f: \frac{V}{\sqrt{2}}$ の点から最大電圧 V まで輝点が移動した
場合、これに相応した周波数変位

J₀: 最大電圧V すなわち奇数同調点の周波数

QD: 遅延ケーブルの損失係数

すなわち共振曲線の鋭さは、そのままこの遅延ケーブルの損失係数の優劣を表わしている。位相常数 α は遅延時間Tから求めることができるので、減衰量 β はこの損失係数 Q_D から求められ、ケーブルの諸常数の測定は共振周波数 f_0 とその変位 Δf の測定に還元できることとなる。

第16~18図に前述の各種試作ケーブルの共振曲線を示す。第16図と第17図を比較すると、磁性コアを含む





(×印:試作高遅延ケーブル(e)
 (○印:アメリカコロンビア社製 HH-2,500)
 第19図 高遅延ケーブル(e)の特性



の周波数特性を第19図に示す。測定に は前節に述べた装置を用いた。従来の電 圧電流計法では、4Mc 程度までしか減 衰量の測定は行うことができなかった。 第19図の特性を見ると、遅延時間は 2.2 / から次第に低下し, 遅延ひずみ は理論値よりもやや大きくなっている。 この原因としては,磁性コアの損失の増 加による 実効透磁率の低下が 考えられ る。特性インピーダンスは約2,500Ω, 減衰量は 5 Mc で約3~4 dB/m で, この 辺で磁性損失がきいてきて, 急速に増大 している。 これを 高遅延 ケーブル とし て 外国 の代 表的製品 であるアメリカ製 HH-2,500と比較した。第19図において ○印がこの HH-2,500, ×印が日立電線

1531

株式会社の試作品の特性である。遅延時間および減衰量 とも,この米国品に比較して見劣りのないものが得られ ている。

5.3 遅延時間の温度特性

遅延ケーブルは各種の機器中に組込んで使用すること が多いので、セット中の温度上昇によって遅延時間が変 化しないことが必要である。第20図は試作ケーブル (b)の遅延時間の温度特性を示したものである。60℃ま では遅延時間にほとんど変化が見られず、80℃において 初めて多少の変化を示している。

高遅延ケーブルの共振曲線は、ポリエチレン心の RG-65Uのものに比較して鋭く、 QD が高いことがわかる。 しかし一方磁性コアを含む高遅延ケーブルのほうが損失 の増大が激しく、共振曲線の最大値は急速に低下してい る。 第18 図 は従来の電圧電流計法では明確に把握でき なかった外部導体エナメル線編組の影響を示したもので ある。すなわち 第11 図 に示したように、エナメル線編 組の両端を接地すると、エナメル線内に渦流が流れ、偶 数同調点の間で損失が増大するが、これは 第18 図 にお いて、第一次および第三次の同調点が消失していること に現われている。編組の片端接地とするとこの現象は起 らず、第16 図 のような規則的な共振曲線に変る。

5.2 高遅延ケーブルの特性

試作ケーブルの一例として、4、2、5 に示した高遅延 ケーブル(e)の特性インピーダンス,遅延時間,減衰量

6. 結 言

以上遅延ケーブルに要求される性能と, コア径, コア 材質, 内部導体線径, 外部導体の位置と種類の相関関係 について検討を行い, これに基いて磁性コア入り遅延ケ ーブルの試作を行った結果について述べた。

今後さらに磁性コアの改良およびパルスなどに対する 過渡特性の検討を行い,高性能の遅延ケーブルの製作を 進めて,需要家各位のご要望に応ずる予定である。

終りに終始ご指導いただいている日立電線株式会社電 線工場久本,大和両部長,八田,堀口両主任ならびに日 立製作所横浜工場の各位,および試作にご協力いただい た電線工場福田,壁谷の両氏に厚くお礼を申しあげる。

参考文献

- (1) H. E. Kallmann: I. R. E. 34, 646 (Sept. 1946)
- (2) P. M. Prache: Cable et Transmission 9, (2)
 112 (Apr. 1955)
- (3) J. P. Blewett, J. H. Rubel: I. R. E. 35, 1580 (Dec. 1947)
- (4) H. E. Kallmann: I. R. E. 34, 348 (June. 1946)