結合 2 本線路で構成される広帯域分配回路の特性解析

正 員 西 塚 典 生 (富 山 大)

非会員 田 原 稔 (富 山 大)

非会員 李 英 丹 (富 山 大)

Analysis of Wide-band Splitter Circuit Made of Two Coupled Lines

Norio Nishizuka, Member, Minoru Tahara, Non-member, Ying Dan Li, Non-member (Toyama University)

キーワード：結合線路，分配回路，分布定数回路

1. はじめに

近年，通信用変成器について高周波特性の拡大などが要求され，分布定数論的な考察が必要となってきた^{(1)~(4)}。本レターにおいては，結合 2 本線路を用いて構成される Ruthroff 形の分配回路（図 2）の分布定数回路理論的解析を報告する。このような分配回路は，テレビジョン共聴分配回路⁽⁵⁾ などとしても用いられており，分布定数的な解析が必要となった。

2. 特性解析

図 2 の回路において，信号 E_1 は端子 2 と 3 へ分配され，端子 2 と 3 は分離される。すなわち，信号 E_2 は端子 3 へ出力しないことが望まれる。終端抵抗の端子条件は，

$$R_2 = R_3 = R, R_1 = R_4/4 = R/2 \quad \cdots \cdots (1)$$

である。結合 2 本線路に 2 種類の伝送状態 (u -, b -伝送) が存在し，一般の伝送はこれらの和として表わすことができる。各特性インピーダンス $W_{u,b}$ および各伝搬定数 $\gamma_{u,b}$ などはそれぞれ求められている。線路長を l とする 4 端子対回路を図 1 に示す。この線路の送端と受端 ($x = l, 0$) における電圧，電流を $V_{ix}, I_{ix} (i = 1 \sim 2)$ とすると一般に 4 端子対回路の基本式は式 (2) のように得られる⁽¹⁾。

$$\begin{bmatrix} V_{1l} \\ V_{2l} \\ I_{1l} \\ I_{2l} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & b_{11} & b_{12} \\ a_{21} & a_{22} & b_{12} & b_{22} \\ c_{11} & c_{12} & a_{11} & a_{21} \\ c_{12} & c_{22} & a_{12} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{10} \\ V_{20} \\ I_{10} \\ I_{20} \end{bmatrix} \quad \cdots \cdots (2)$$

ただし，

$$\begin{aligned} a_{11} &= \alpha_2 C_u + \alpha_1 C_b, & a_{12} &= \alpha_1 (C_u - C_b) \\ a_{22} &= \alpha_1 C_u + \alpha_2 C_b, & a_{21} &= \alpha_2 (C_u - C_b) \\ b_{11} &= W_u S_u + \alpha_1^2 W_b S_b, & b_{12} &= W_u S_u - \alpha_1 \alpha_2 W_b S_b \\ b_{22} &= W_u S_u + \alpha_2^2 W_b S_b, & c_{12} &= \alpha_1 \alpha_2 S_u / W_u - S_b / W_b \\ c_{11} &= \alpha_2^2 S_u / W_u + S_b / W_b, & c_{22} &= \alpha_1^2 S_u / W_u + S_b / W_b \\ C_{u,b} &= \cosh \gamma_{u,b} l, & S_{u,b} &= \sinh \gamma_{u,b} l \end{aligned}$$

である。電圧分配率 α_1, α_2 は，それぞれ，パイファイラ

図 1 4 端子対回路
Fig. 1. Four-port network.

図 2 分配回路
Fig. 2. Splitter circuit.

巻の場合は各 $1/2$ ，同軸線を巻線とし内導体を $1l - 10$ に対応させる場合は $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 0$ などとなる。

図 2 の回路の端子条件は次式 (3) で表わされる。

$$\begin{aligned} V_{1l} &= E_2 - R_2(I_{1l} + I_N) \\ V_{2l} &= V_{10} = E_1 + R_1(I_{10} - I_{2l}) \\ V_{20} &= R_3(I_{20} + I_N) \\ I_N &= (V_{1l} - V_{20})/R_4 \end{aligned} \quad \cdots \cdots (3)$$

ここで，分配特性は $E_2 = 0 (E_1 \neq 0)$ として，分離特性は $E_1 = 0 (E_2 \neq 0)$ として，式 (1)~(3) より計算できる。端子 j の出力電圧を V_j とすると端子 i, j 間の動作減衰量は， $\alpha_{ij} = 10 \log_{10} |E_j^2 R_j / 4 V_j^2 R_i|$ [dB] である。整合係数 $K (= W_b / R)$ ，漏洩係数 $M (= W_b / 4 W_u)$ をパラメータとした計算結果の例を図 3，図 4 に示す。図 3 の分配特性 α_{12}

図3 分配特性(端子1→2) α_{12}
Fig. 3. Splitter characteristics.

図4 分離特性(端子2→3) α_{23} ($K=1.0$, $D=1.0$)
Fig. 4. Isolation characteristics.

は K が小さいほど良い特性であり、 M に無関係である。図4の分離特性 α_{23} は $K=1$ のとき最良となり、 M が小さいほど低域まで良い特性となる。

(実験例) 特性インピーダンス $W_b = 50 \Omega$ の細い同軸線 $l = 0.5[\text{m}]$ をフェライトコアに巻きつけて回路を製作し、動作減衰量を測定した。ただし、 $2R_1 = R_2 = R_3 = R_4/2 = 50 \Omega$ であり、フェライトコアの材質は H_{5c2} 材である。図5、図6には、それぞれ分配特性及び分離特性の実測値を理論曲線と共に示す。分配特性は広帯域にわたり動作減衰量 3dB が得られており、また分離特性は $f = 0.38\text{MHz}$ における減衰極は無くなり、フェライトコアの損失⁽²⁾ を考慮した理論曲線にほぼ一致した。

図5 分配特性(端子1→2) α_{12}
Fig. 5. Measured and theoretical splitter characteristics.

図6 分離特性(端子2→3) α_{23}
Fig. 6. Measured and theoretical isolation characteristics.

3. むすび

本報告においては Ruthroff 形の分配回路の特性解析を述べた。分配特性及び分離特性の測定値は理論値に一致し、本解析法は有用であると考えられる。本研究に協力された大学院生豊田哲也氏に感謝します。

(平成 8 年 7 月 19 日受付)

文 献

- (1) 西塚・佐藤：電学論 C, 93, 159-166 (昭和 48-7)
- (2) 佐藤・内藤：信学論 C, 55, 544-549 (昭和 47-10)
- (3) 国枝・小野田・桜井：信学論 A, 60, 1069 (昭和 52-11)
- (4) 西塚・佐々木・佐藤：電学論 C, 98, 119-126 (昭和 53-4)
- (5) 小西良弘：テレビジョン学会誌, 28, 982 (昭和 49-12)

西塚 典生 (正員) 昭和 15 年 2 月生まれ。昭和 42 年 3 月東北大学大学院博士課程修了。工学博士。同年 4 月山形大学工学部助教授。現在、富山大学工学部電子情報工学科教授。通信用変成器に関する研究に従事。

田原 稔 (非会員) 昭和 32 年 7 月生まれ。昭和 58 年 3 月山形大学大学院修士課程修了。工学修士。現在、富山大学工学部電子情報工学科教官。通信用変成器に関する研究に従事。

李 英丹 (非会員) 昭和 31 年 3 月生まれ。昭和 58 年中国北京郵電学院卒業。同年より北京郵電研究院に勤務。平成 5 年 3 月富山大学大学院修士課程修了。工学修士。現在、同大学院博士後期課程在学中。通信用変成器に関する研究に従事。