教材としての影像減衰量の取り扱いについて

佐　藤　武　治

Composite Loss and Image Loss of Four Terminal Network

Takeji SATO

(昭和46年10月28日受理)

1. まえがき

四端子回路網の表示方法としては古くから研究されているパラメータとして影像パラメータがある。このパラメータを使用した場合には影像減衰量は四端子回路網固有の値であり，その回路網については一義的に定まる。

さて，影像減衰量というのは伝達定数 θ の実数部，すなわち減衰定数 α のことである。この影像減衰量を動作減衰量において，或る条件を満たした場合の伝送量と考えると，動作減衰量だけで四端子回路網の全体の損失を取扱うことが出来る。たとえば通信ケーブルや測定器としての可変抵抗減衰器の減衰量は，減衰定数すなわち今述べた影像減衰量を用いている。またこの場合，回路は分布定数回路と見なし得るので，回路構成は対称形であり，入力側と出力側との影像インピーダンスは等しく，したがって α は電圧比或いは電流比により求められる。このようにして表わされるケーブルの減衰定数，抵抗減衰器の減衰量は，それぞれの影像インピーダンスで整合終端とした場合の減衰量であるから，影像インピーダンス以外のインピーダンスによって終端した場合には，全体の損失は影像減衰量ではなく，動作減衰量として取扱わねばならない。したがって動作減衰量を基本的に考えて，影像減衰量をそのなかの或る条件を満たした特殊な場合の量であるとすれば，動作減衰量だけで四端子回路網の全体の損失を取扱うことが可能となる。ここでは今述べた観点に立って，まず最初に動作減衰量を論じ，影像減衰量は，その中の或る条件が満たされた場合の量であることを検討し，その相互関係について更に論じた。

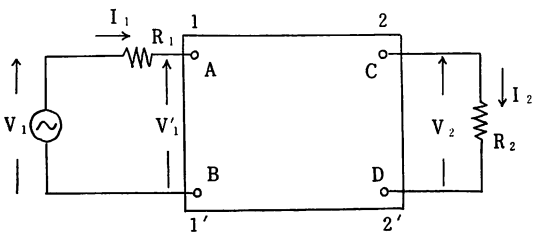

図1　四端子回路網

2. 解析とその検討

図1の四端子回路網の電源側より見た等価のF—マトリクス A_0，B_0，C_0 および D_0 を求めると

$$\begin{pmatrix} A_0 & B_0 \\ C_0 & D_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & R_1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_2} & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} A + CR_1 + \frac{B}{R_2} + D\frac{R_1}{R_2} & B + DR_1 \\ C + \frac{D}{R_2} & D \end{pmatrix} \qquad (1)$$

しかるに動作伝送係数 S_B は，$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{R_2}{R_1}}\frac{V_1}{V_2}$ で与えられるからこの場合の動作伝送係数は次式で与えられる。

$$S_B = \frac{AR_2 + B + CR_1R_2 + DR_1}{2\sqrt{R_1R_2}} \qquad (2)$$

したがって動作減衰量 α_B は，次のようになる。

$$\alpha_B = 20\log_{10}\left|\frac{AR_2 + B + CR_1R_2 + DR_1}{2\sqrt{R_1R_2}}\right| \qquad (3)$$

次に図1から $1-1'$ 端子よりみた等価の動作伝送係数を求めると，

$$S_{B1} = \sqrt{\frac{AR_2 + B + DR_1 + CR_1R_2}{2R_1(D + CR_2)}}$$

$$= \sqrt{\frac{(A + CR_1)(D + CR_1) - 1}{2CR_1(D + CR_2)}} \qquad (4)$$

よって，この場合の動作減衰量は，

$$\alpha_{B1} = 10\mathrm{Log}_{10}\left|\frac{(A + CR_1)(D + CR_1) - 1}{2CR_1(D + CR_2)}\right| \qquad (5)$$

同じく 2－2′端子よりながめた等価の動作減衰量を求めるには，入出力端子を反対とし，R_1とR_2とを式(5)において交換すればよいから

$$\alpha_{B_3}=10\mathrm{Log}_{10}\left|\frac{(A+CR_1)(D+CR_2)-1}{2CR_2(A+CR_1)}\right| \quad (6)$$

さて，残された減衰量として，回路網自体について検討すると，

$$\begin{pmatrix} V_1' \\ I_1 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}\begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (7)$$

が成立し，図1において1－1′および2－2′において各インピダンスのマッチングがとれている状態を仮定すると，$V_1=2RI_1$，$V_1'=\frac{1}{2}V_1$ および$V_2=R_2I_2$が成立するので，これらの式を式(7)に代入すると

$$\frac{1}{2}V_1=AR_2I_2+BI_2$$

$$\therefore \quad I_2=\frac{V_1}{2(AR_2+B)} \quad (8)$$

また，$I_1=\frac{V}{2R_1}$ が成立することから

$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{AR_2+B}{R_1}=D+CR_2 \quad (9)$$

図1から更に次のことが成立する。

$$R_1=\frac{AR_2+B}{CR_2+D}$$

および$R_2=\frac{DR_1+B}{CR_1+A}$

したがって上式より $\frac{R_1}{R_2}=\frac{A}{D}$ が得られ

$$\frac{V_1'}{V_2}=\frac{I_1R_1}{I_2R_2}=\frac{A}{D}\ \frac{AR_2+B}{R_1}=A+CR_1 \quad (10)$$

式(9)と式(10)とから，入出力端子において各インピーダンスがマッチングしている場合の回路網自体の等価の動作減衰量は次式で与えられる。

$$\alpha_{B_2}=10\mathrm{Log}_{10}\left|(A+CR_1)(D+CR_2)\right| \quad (11)$$

以上の簡単な計算で求めた式(3)，(5)，(6)および(11)について検討を加えると次式の成立することがわかる。

即ち

$$\alpha_B=\alpha_{B_1}+\alpha_{B_2}+\alpha_{B_3} \quad (12)$$

式(12)において α_{B_1}は $R_1=\frac{AR_2+B}{CR_2+D}$ なるマッチング条件が満たされた場合には消滅し，1－1′端子においては反射がなく，すべての電力は損失なく伝送される。同じようにして，2－2′端子においては$R_3=\frac{DR_1+B}{CR_1+A}$が満たされれば，ミス・マッチングの条件は除去され，反射は消滅する。また，α_{B_2}は，これまでに述べた如く入出力端子において各インピーダンス・マッチングが満たされた場合の四端子回路網それ自体の動作減衰量である。しかしこれは影像パラメータ理論により，影像インピーダンスをα_{B_2}の式に代入して変形すると，簡単な数式の変化によって冒頭に述べた影像減衰量αに等しいことが確かめられる。

3．むすび

以上述べた如く，回路網の影像減衰量は，その入出力端において各インピーダンス・マッチングの条件が満たされた特殊の場合の動作減衰量であって，一般には動作減衰量の中で位置づけられ，その相互関係が検討されるべきである。ここでは一般の動作減衰量を，SパラメータのS_{11}，S_{22}および実挿入損の和のような類似の立場において検討し，入力端ならびに出力端におけるミス・マッチングによる減衰量と影像減衰量の和として，動作減衰量を取扱かうことを試みた。

文　献

(1) 早坂："四端子網の動作減衰量の新しい分解"
信学誌(A)，52—A，2，P.103（1969）