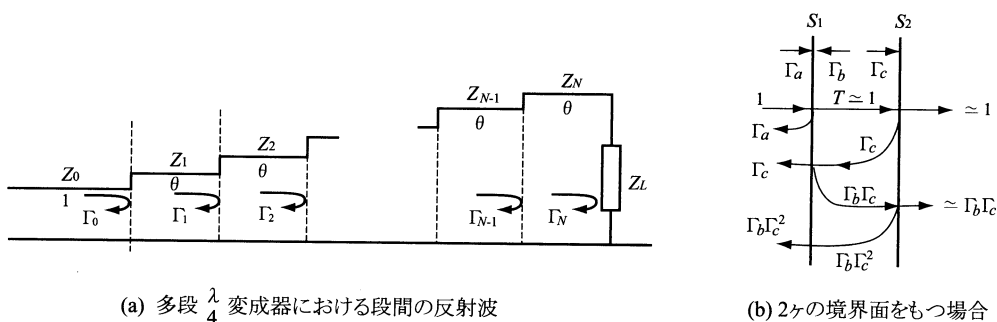


このPDFは、CQ出版社発売の「実用マイクロ波技術講座-理論と実際-第2巻」の一部分の見本です。
 内容・購入方法などにつきましては是非以下のホームページをご覧ください。
<http://www.cqpub.co.jp/hanbai/books/79/79721.htm>

一般基礎 15 $\frac{\lambda}{4}$ 間隔で生じる多数の反射を打ち消す考え方と設計理論

(1) 反射波が小さいときの近似的な考え方 (小反射波理論)



(a) 多段 $\frac{\lambda}{4}$ 変成器における段間の反射波

(b) 2枚の境界面をもつ場合

図1 多段 $\frac{\lambda}{4}$ 変成器における段間の反射波 (a) と隣合わせの2枚の境界面における透過波と反射波の様相 (b)

いま一例として図1(a)に示したように多段の $\frac{\lambda}{4}$ 変成器を用いて電源インピーダンス Z_0 と負荷インピーダンス Z_L とを広帯域に整合する問題を考える。

まず図1(a)の S_1 面と S_2 面における模様を同図(b)に取り出して考える。 S_1 面に1の大きさの進行波が左から入射するとき S_1 における反射波を Γ_a とすると S_1 面での反射波は

$$\Gamma_a = 0 \quad (1) \quad [0 \text{ (1) は第1次の微小さを示す。}] \quad (1-a)$$

となり透過波 T は

$$T = 1 - \Gamma_a$$

となる。そしてこれが S_2 面に進みそこでの反射係数を Γ_c とすると、この反射波が再び S_1 面にもどってきて Γ_b の反射係数で反射すると、 S_1 を透過して電源に向かう透過波

$$\Gamma_c (1 - \Gamma_a) (1 - \Gamma_b) e^{-j2\theta} \simeq \Gamma_c e^{-j2\theta} = 0 \quad (1) \quad (1-b)$$

となる。また S_1 面での反射波が再び S_2 面に進み、そこで反射した波が再び S_1 を透過して電源

に向かうものは

$$\Gamma_c^2 \Gamma_b (1 - \Gamma_a) (1 - \Gamma_b) \simeq \Gamma_c \Gamma_b e^{-j4\theta} \simeq 0 \tag{1-c}$$

[0 (3) は第 3 次の微小さを示す。] (1-d)

となる。(1-a)(1-b) および (1-c) で示した値、すなわち S_1 より電源に向かう値を加え合わせて第 1 次的に小さいつまり $O(1)$ で記した値のみを考えると

$$\Gamma \simeq \Gamma_a + \Gamma_c e^{-j2\theta} \tag{2}$$

となる。従って図 1(a) の S_1 における反射係数を Γ とすると、

$$\Gamma \simeq \Gamma_0 + \Gamma_1 e^{-2j\theta} + \Gamma_2 e^{-4j\theta} + \cdots + \Gamma_N e^{-2jN\theta} \tag{3}$$

となる。

いま (3) 式の $\Gamma_i [i = 0, 1, \cdots n]$ の値を適当な値に設計することによって、できるだけ広い帯域 (θ の広い範囲) にわたって $|\Gamma|$ を小さくすることが設計のポイントとなる。まず $|\Gamma|$ の特性について述べる。

(2) 最大平坦特性 (Maximally Flat Characteristic)

チェビシェフ特性 (Tchebycheff Characteristic)

一般基礎 14 において述べた電力損失比 $\frac{P_0}{P_L}$ が、遮断周波数 ω_c の低域通過フィルターにおいて

$$\frac{P_0}{P_L} = 1 + h^2 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^{2N} \tag{4-a}$$

$$\frac{P_0}{P_L} = 1 + h^2 T_n^2 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right) \tag{4-b}$$

[T_n は n 次の *Tchebyshev* 多項式]

ここで h は図 5 の $|\Gamma_m|$ に相当する値で

$$h^2 = \frac{1}{1 - |\Gamma_m|^2} \tag{5}$$

となる。(4-a) 式の特性を最大平坦特性と呼び (4-b) 式をチェビシェフ特性 (または等リップル特性) と呼ばれる。

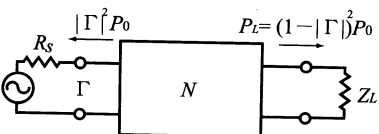


図 2 回路 N の入力反射係数 Γ と出力電力 P_L

そして回路 N が無損失のとき図 2 に示したように N の入力反射係数 Γ と負荷に伝送される電力 P_L と最大供給可能電力 P_0 との間に

$$P_L = (1 - |\Gamma|^2) P_0 \tag{6}$$

の関係があるから

$$\frac{P_0}{P_L} = \frac{1}{1 - |\Gamma|^2} \simeq 1 + |\Gamma|^2 \quad (7)$$

($|\Gamma| \ll 1$ のとき)

の関係がある。従って (4-a)(4-b) 式と (7) 式とを比較して (8) 式及び (9) 式となる。

最大平坦特性のとき $|\Gamma| = \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^N \cdot |\Gamma|_m$ (8)

等リップル特性のとき $|\Gamma| = \left| h T_N \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right) \right|$ (9)

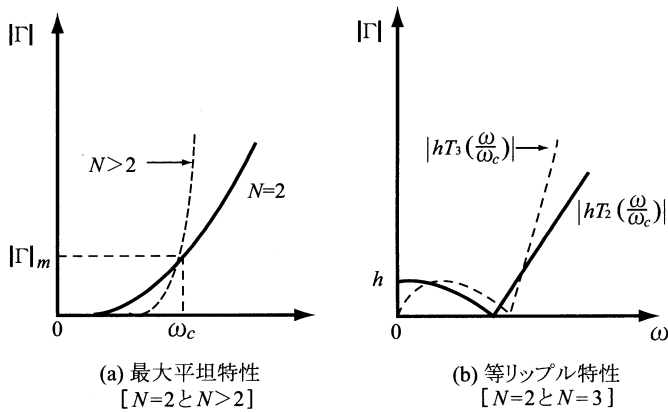


図 3 低域通過フィルターの特性

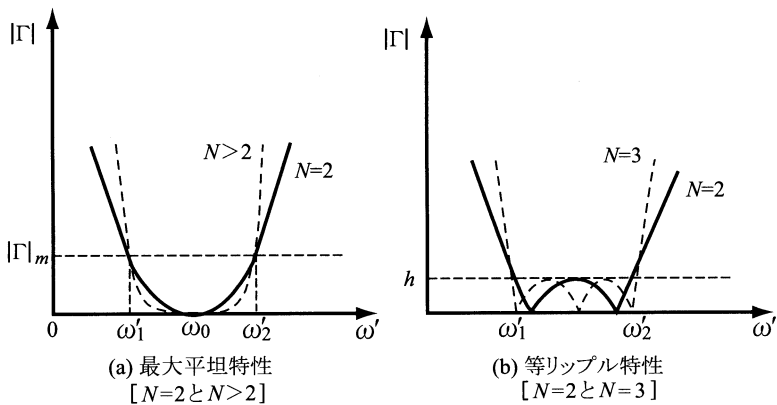


図 4 帯域通過フィルターの特性

いま (8) および (9) 式を図示すると図 3(a) および (b) 式となり、また

$$\omega = \frac{\omega_0}{K} \left(\frac{\omega'}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega'} \right) \quad (10)$$

の変換をすると

$$\left. \begin{aligned} \omega = \omega_c &\rightarrow \omega' = \omega'_2 = \frac{1}{2} \left[K\omega_c + \sqrt{(K\omega_c)^2 + 4\omega_0^2} \right] \\ \omega = 0 &\rightarrow \omega' = \omega_0 \\ \omega = -\omega_c &\rightarrow \omega' = \omega'_1 = \frac{1}{2} \left[-K\omega_c + \sqrt{(K\omega_c)^2 + 4\omega_0^2} \right] \end{aligned} \right\}$$

(11)

のように周波数変換され、図 4(a) および (b) のような帯域通過フィルタとなる。また図 1(a) のように $\frac{\lambda}{4}$ 変成器を用いた回路では反射係数 Γ は電気角 θ が π の周期を持つため

$$\left. \begin{aligned} \frac{\omega}{\omega_c} &= \frac{\cos \theta}{\cos \theta_m} \\ \theta &= \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \theta_m \text{ は } |\Gamma| \text{ の最大値を持つ } \theta \text{ の最小の値} \end{aligned} \right\}$$

(12)

の変換を行うと便利であり [1]、この場合 θ と $|\Gamma|$ を描くと図 5 のようになり、(8) 式及び (9) 式は夫々

$$|\Gamma| = |\Gamma|_m \left(\frac{\cos \theta}{\cos \theta_m} \right)^N$$

(13)

$$|\Gamma| = h \left| T_N \left(\frac{\cos \theta}{\cos \theta_m} \right) \right|$$

(14)

となる。

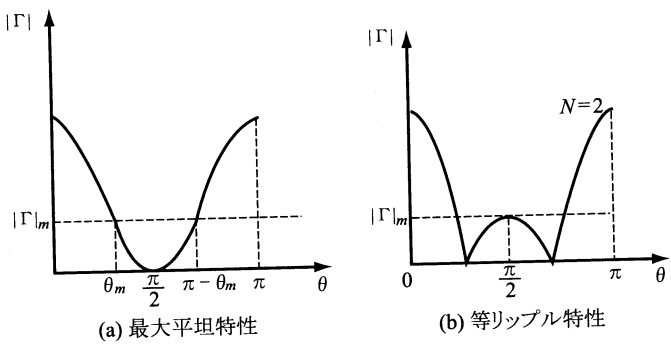


図 5 $\frac{\lambda}{4}$ 分布定数線路を用いたとき、横軸を f の代わりに電気角 θ をもって示した反射特性の図

さて (8) 式を ω で微分すると

$$\left. \begin{aligned} \frac{d|\Gamma|}{d\omega} = 0, \quad \frac{d^2|\Gamma|}{d\omega^2} = 0, \quad \dots, \quad \frac{d^{N-1}|\Gamma|}{d\omega^{N-1}} = 0 \end{aligned} \right\}$$

at $\omega = 0$

(15)

となるので N 次の最大平坦特性では $|\Gamma|$ を $(N - 1)$ 回まで微分しても $\omega = 0$ では零であることがわかる。