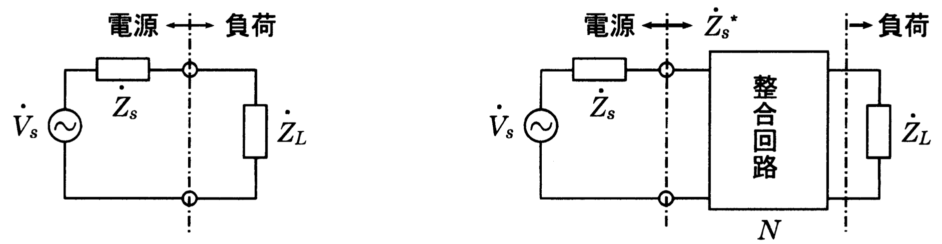
第4章　整合回路

4.1　整合に関する主な事項

4.1.1　整合の意味と共軛整合



(a) 電源と負荷を接続した図　　(b) 電源と負荷との間に整合回路を挿入した図

図 4.1 内部インピーダンス $\dot{Z}_s$ をもつ電源が負荷インピーダンス $\dot{Z}_L$ に接続する時，直接接続する場合 (a) と整合回路 N を介して接続する場合 (b) を示す図

図 4.1(a) のように内部インピーダンス $\dot{Z}_s$ をもつ電源は，定電圧源 $\dot{V}_s$ と $\dot{Z}_s$ の縦続接続で示され，この電源が負荷インピーダンス $\dot{Z}_L$ に直接接続された場合を考える．このとき電源から負荷に供給される電力を P_L とすると

$$\left.\begin{array}{l} P_L = \left|\dfrac{\dot{V}_s}{\dot{Z}_s + \dot{Z}_L}\right|^2 R_L = \dfrac{R_L}{(X_s + Z_L)^2 + (R_s + R_L)^2}|\dot{V}_s|^2 \\ \text{但し}\dot{\mathrm{Z}}_{\mathrm{s}} = \mathrm{R_s} + \mathrm{jX_s}\ ,\quad \dot{\mathrm{Z}}_{\mathrm{L}} = \mathrm{X_L} + \mathrm{jR_L}\ ,\quad \dot{\mathrm{V}}_{\mathrm{s}}\text{は実効値} \end{array}\right\} \tag{4.1-a}$$

となる．これから P_L が最大になる条件を求めると

$$X_L = -X_s\ ,\quad R_L = R_s$$

即ち

$$\dot{Z}_L = \dot{Z}_s^* \tag{4.1-b}$$

となる．このように負荷インピーダンス $\dot{Z}_L$ は電源インピーダンス $\dot{Z}_s$ の共軛値をとったとき，電源から負荷に最大電力を送ることができる．このとき，電源と負荷とは整合している，または共

軛整合 (Conjugate Matching) しているという．つぎに共軛整合していないとき，即ち

$$\dot{Z}_L \neq \dot{Z}_s \tag{4.2-a}$$

のときには図 4.1(a) のように整合回路を挿入して，整合回路の電源側端子から負荷側を見たインピーダンスが $\dot{Z}_s^*$ となるようにしなければならない．この整合回路に損失があったのではここで電力を失うから，当然無損失回路でなければならない．(4.2-a) 式の一例として

$$X_s \neq X_L \ , \quad R_s \neq R_L \tag{4.2-b}$$

の場合には，図 4.2 のように直列リアクタンス X と $n:1(n \neq 1)$ の変成比をもつ理想変成器とで整合回路を構成することができる．そして n と X との値はそれぞれ次式となる．

$$n = \sqrt{\frac{R_s}{R_L}} \tag{4.2-c}$$

$$X = -(X_s + n^2 X_L) \tag{4.2-d}$$

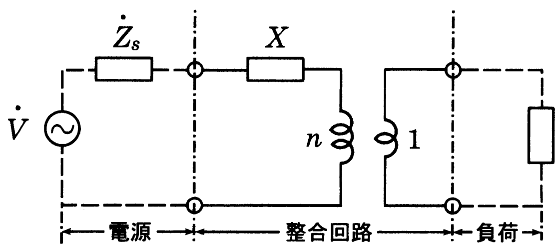


図 4.2 $\dot{Z}_L \neq \dot{Z}_s^*$ の場合の整合回路の一例

4.1.2　反射係数 $\dot{\Gamma}$

(4.2-a) 式のように整合していないときは，電源から負荷に供給される電力 P_L は，整合した場合の電力 P_{max} よりも少ないことがわかった．では少なくなった電力 $P_{max} - P_L$ はどこへゆくのであろうか．これは 2.1 で述べた分布定数線路上の反射波の概念を導入すればよい．図 2.1 で示した反射波は，実は負荷が Z_c に整合していないために負荷の位置で発生したもので電源に向かって進み，そして線路内の損失や電源内の抵抗成分で熱となって消費される．従って線路における損失がないと全て電源内で消費される．故に図 4.1 の負荷で発生した反射係数を $\dot{\Gamma}$ とすると，

$$\left.\begin{array}{l} P_{max} - P_L = P_{max}|\dot{\Gamma}|^2 \\ \text{また，}\quad \mathrm{P_L} = \mathrm{P_{max}}(1 - |\Gamma|^2) \end{array}\right\} \tag{4.3-a}$$

でなければならない．一方 (4.1-a) 式で $R_L = R_s$，$X_s + X_L = 0$ の整合条件を用いると，

$$P_{max} = \frac{|V_s|^2}{4R_s} \tag{4.3-b}$$

となる．(4.1-a) 式の P_L の値と (4.3-b) 式の P_{max} を (4.3-a) に代入すると

$$|\dot{\Gamma}|^2 = \frac{(X_s + X_L)^2 + (R_L - R_s)^2}{(X_s + X_L)^2 + (R_L + R_s)^2} = \frac{|\dot{Z}_L - \dot{Z}_s^*|^2}{|\dot{Z}_L + \dot{Z}_s|^2} \tag{4.3-c}$$

となり

$$\dot{\Gamma} = \frac{\dot{Z}_L - \dot{Z}_s^*}{\dot{Z}_L + \dot{Z}_s} \tag{4.4-a}$$

を得る．従って $\dot{Z}_s =$ 実数，即ち $X_s = 0$ の場合には

$$\dot{\Gamma} = \frac{\dot{Z}_L - R_s}{\dot{Z}_L + R_s} \tag{4.4-b}$$

となる．2.1 で述べた (2.5) 式は $\dot{Z}_s = Z_c$ で Z_c は実数の特性インピーダンスの場合である．

4.1.3　無損失 2 開孔回路が縦続接続されたとき，反射係数の絶対値はどの位置でも変わらない

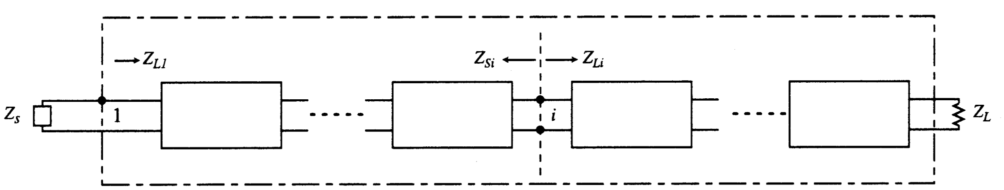


図 4.3 いくつもの無損失回路が縦続接続された整合回路

図 4.3 のようにいくつもの無損失 2 開孔回路が縦続されたとき，同図の 1 及び i の位置の反射係数を Γ_1 及び Γ_i とすると

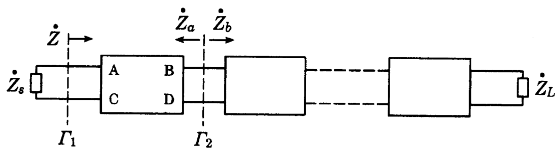
$$\dot{\Gamma}_1 = \frac{Z_{L1} - Z_s^*}{Z_{L1} + Z_s} , \quad \dot{\Gamma}_i = \frac{Z_{Li} - Z_{si}^*}{Z_{Li} + Z_{si}}$$

となり，

$$|\dot{\Gamma}_1| = |\dot{\Gamma}_i| \tag{4.5}$$

となる [註 4-1]．したがって図 4.3 の任意の 1 個所で整合すればよいことがわかる．例えば増幅器と増幅器の段間整合回路をつくる場合，適当な位置で前段側及び後段側を 50Ω に整合させてつなぎ合わせればよい．

[註 4-1]



上図において，

$$\dot{Z} = \frac{A\dot{Z}_b + B}{C\dot{Z}_b + D} \qquad \therefore \dot{\Gamma}_1 = \frac{Z - \dot{Z}_s^*}{Z + Z_s} = \frac{A\dot{Z}_b + B - C\dot{Z}_s^* Z_b - \dot{Z}_s^* D}{C\dot{Z}_s\dot{Z}_s + D\dot{Z}_s + A\dot{Z}_b + B}$$

また

$$\dot{Z}_a = \frac{D\dot{Z}_s + B}{C\dot{Z}_s + A}$$

であるから図の $\dot{\Gamma}_2$ は，

$$\dot{\Gamma}_2 = \frac{\dot{Z}_b - \dot{Z}_a}{\dot{Z}_b + \dot{Z}_a} = \frac{\dot{Z}_b - \dfrac{D\dot{Z}_s^* + B}{C\dot{Z}_s^* + A}}{\dot{Z}_b + \dfrac{D\dot{Z}_s + B}{C\dot{Z}_s + A}} = \frac{A + C\dot{Z}_s}{A + C^*\dot{Z}_s^*} \cdot \frac{A\dot{Z}_b - B^* - C^*\dot{Z}_s^*\dot{Z}_b - \dot{Z}_s^* D}{C\dot{Z}_s\dot{Z}_b + D\dot{Z}_s + A\dot{Z}_b + B}$$

いま，無損失な 2 端子回路では A，D は実数，B，C は虚数すなわち，

$$B^* = -B , \quad C^* = -C$$

ゆえに，

$$A + CZ_s = \underbrace{(A + jCX_s)}_{\text{実部}} + \underbrace{CR_s}_{\text{虚部}}$$

$$A + C^* Z_s^* = \underbrace{\{A + (-C)(-jX_s)\}}_{\text{実部}} - \underbrace{CR_s}_{\text{虚部}}$$

したがって

$$|\Gamma_1| = |\Gamma_2| \tag{1}$$

となり，$\dot{Z}_s$ と $\dot{Z}_L$ との中間であればどの点の反射係数の絶対値は相等しい．