

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>

第7章 電力分配・合成回路

6.1の表6.1に示したように1つの入力開孔に加わった電波がいくつもの出力開孔に分けられる回路を電力分配回路と呼ぶ。この回路が可逆回路の場合には逆に上記の出力開孔に同じ周波数で決められた位相の電波を加えると、これらは合成されて分配回路の場合の入力回路に生じる。従ってこれは電力合成回路と呼ばれる。つまり可逆回路の場合には電力分配回路としても電力合成回路としても用いることができる。トランジスタ増幅器を n 個使ってそれぞれの増幅器の入力に電波を加え、それぞれの増幅器の出力を合成した電力合成回路があるが、トランジスタが非可逆であるため、これは分配回路には用いられない。

7.1 電力分配、合成回路の用途例とこれらに要求される特性

(1) 大電力増幅システム

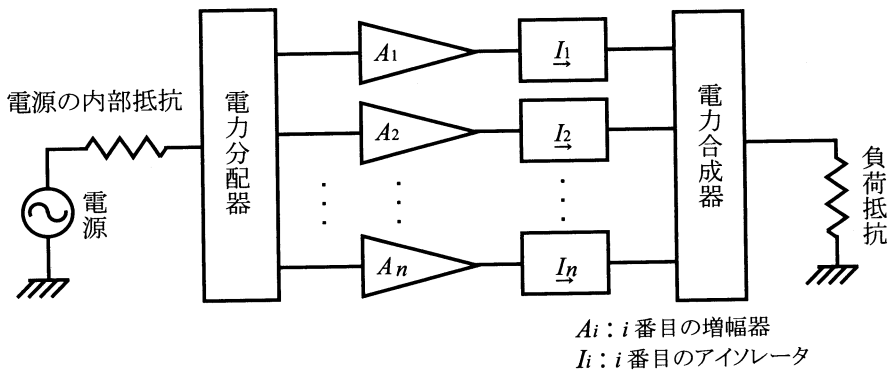


図 7.1 大電力増幅システムの例

送信機などにおいて、大電力出力を得るとき、中電力または小電力増幅器をいくつか用いて合成する方法が良く用いられる。特に半導体を用いた固体増幅器を多く用いて大電力を得る場合、1個の増幅器の負担を軽くして非直線性がおきないようにするなど多くのメリットを有している。構成は図7.1のように入力信号を電力分配器でいくつか（例えば n 個）にわけ、それぞれの分配器出力に増幅器 $A_1, \dots, A_n$ を接続する。そして n 個の増幅器出力を電力合成器に接続した後、出力から合成電力を取り出すものである。この場合、 $A_1, \dots, A_n$ の出力にアイソレータ（6.1の表

6.1) $I_1, \dots, I_n$ を接続して合成器出力の負荷が何らかの原因で変化しても増幅器の負荷インピーダンスが変化しないようにするためである。

(2) 共同受信システム

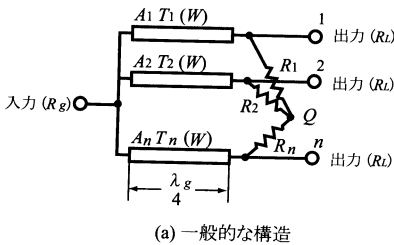
これは CATV やビル共聴（ビルディングの屋上で 1 個のアンテナで受信したテレビ電波を各室ごとに分配するシステム）などで幹線で送られてきた信号をいくつにも分配するときによく用いられる。この場合には、数 10MHz～2GHz 帯までの非常に広帯域な信号の分配器が必要になるのでフェライトを用いた広帯域集中定数分配器が用いられる。

(3) 電力分配・合成回路に要求される特性

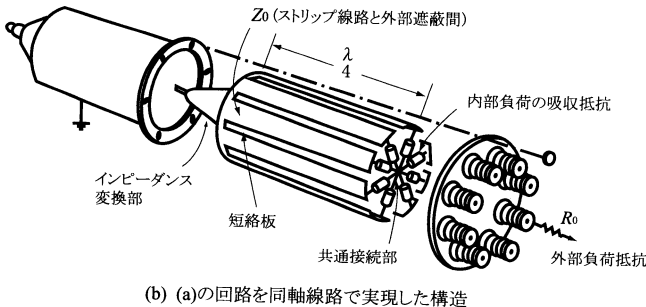
- (イ) 電力がいくつかの開孔に望みの電力比で分配されること。
- (ロ) 分配される異なる開孔間の干渉がないよう、十分な電力損失比（アイソレーションとも呼ばれる）があること。が必要であることが上記の応用例からわかる。

7.2 電力分配、合成回路の構成と原理

(1) n 分配ウィルキンソン型分配器



これは E.J.Wilkinson によって提案されたもので、図 7.2(a) のような等価回路をもつものである。そしてこれを実現する構造例が図 7.2(b) である。



原理

まず入力開孔の整合条件と、出力開孔間のアイソレーションの条件を求めねばならない。その次に出力開孔の整合条件を調べる必要がある。以下、考え方の手順を述べる。

図 7.2 Wilkinson 形電力分配器

(イ) 入力開孔の整合条件から必要となること

出力電力が相等しい場合を考える。このときすべての出力開孔に R_L の負荷抵抗が接続されているとき、出力開孔の電圧は全く等しいから開孔間に接続された抵抗 $R_1, \dots, R_n$ には電流が流れないのでこれらの抵抗を取り去ったのと同じである。

さて、図 7.2(a) の $\frac{\lambda}{4}$ 変成器 $T_i (i = 1, \dots, n)$ の左端から右側を見たインピーダンスは $\frac{W^2}{R_L}$ [W は T_i の特性インピーダンス] であり、これが n 個並列に接続されたものが入力開孔と整合しなければならないから、 $R_g = \frac{W^2}{nR_L}$ となる。(R_g は電源インピーダンスである。) ゆえに

$$W = \sqrt{nR_LR_g} \quad (1)$$

(ロ) 出力開孔間のアイソレーションから吸収抵抗の値 R を決定する。[$R_1 = \dots, R_n = R$]

- いま図 7.2(a) の出力開孔 ① に加えた信号により、 T_1 の右側から左側にむけて T_1 中に流れ込む電流を i_1 とすると、開孔 ②, $\dots$, ① から $T_2, \dots, T_n$ の右側から左側に向けて流れ込む電流も i_1 と同じ大きさで同じ向きでなければならない。この理由は以下の通りである。

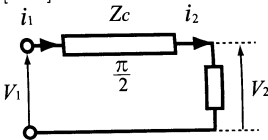
T_1 の右側から i_1 が流れ込むと T_1 の左側の電圧は $-ji_1Z_c$ となり [註 1 の (1) 式]、従って T_2 の右側から左にむけて流れる電流は $(-ji_1Z_c) \left(-j\frac{1}{Z_c}\right) (-1) = i_1$ となる [[註 1] の (2) 式による]。この模様を図 7.3(a) に示した。

- 開孔 ②, $\dots$, ① の電圧が零 (アイソレーションがあることより) であるためには、それらの開孔に接続された抵抗 $R_i [i = 1, \dots, n]$ を流れる電流 i_R によって T_i の右から左に流れる電流 i_1 を補給して、 R_L には電流を流さないことが必要である。すなわち、

$$i_1 = i_R \quad (2)$$

そこで以下 i_1 と i_R の値を求めてみる。まず開孔 ① と接地間の電圧を E とし、① から T_1 側を見たインピーダンスを Z_1 とすると、(3) 式ようになる。これは開孔 ②, $\dots$, ① の電圧が零とならなければならないので (アイソレーションの条件)、図 7.2(a) の $A_2, \dots, A_n$ 点より右を見たインピーダンスは ∞ となり、従って $A_2, \dots, A_n$ 点を切り離してもよいからである。

[註 1]



線路の F マトリックス F は $F = \begin{bmatrix} \cos \theta & jZ_c \sin \theta \\ j\frac{\sin \theta}{Z_c} & \cos \theta \end{bmatrix}$ に $\theta = \frac{\pi}{2}$ を

代入すると $F = \begin{bmatrix} 0 & jZ_c \\ j\frac{1}{Z_c} & 0 \end{bmatrix}$ となる。ゆえに左図において

$$V_2 = -ji_1Z_c \cdots (1) \quad , \quad i_2 = -j\frac{V_1}{Z_c} \cdots (2)$$

$$Z_1 = \frac{W^2}{R_g} = nR_L \tag{3}$$

ゆえに、開孔①の電圧を E とすると i_1 の値は (4) 式となる。

$$i_1 = \frac{E}{nR_L} \tag{4}$$

一方、開孔①より外部負荷吸収抵抗 R_L の方向をむいたインピーダンスは図 7.3(b) のようになるから、開孔②, …, ① に流れ込む電流 i_R は (5) 式となる。

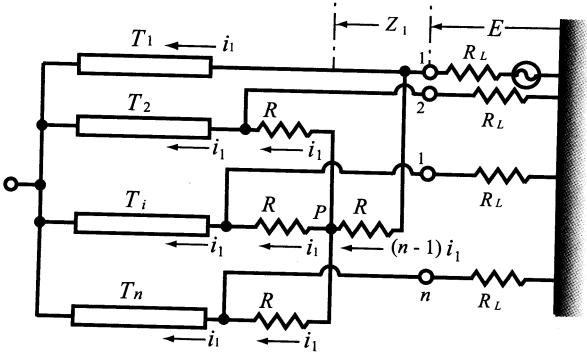
$$i_R = \frac{E}{\left(R + \frac{R}{n-1}\right)(n-1)} = \frac{E}{nR} \tag{5}$$

ゆえに (2) 式に (4) および (5) 式を代入して、(6) 式の条件が得られる。

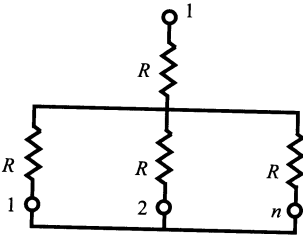
$$R = R_L$$

(6)

(ハ) 出力開孔の整合



(a) 開口①に信号を入れた時の電流



(b) 開口①よりR側を見たインピーダンス

図 7.3 出力開孔間のアイソレーションの説明図

出力開孔インピーダンス Z_{out} は、(3) 式の Z_1 と図 7.3(b) とが並列接続されたものであるから、

$$Z_{out} = nR_L // \left(R_L + \frac{R_L}{n-1}\right) = R_L \tag{7}$$

となり負荷抵抗 R_L と整合していることがわかる。