


实用

# マイクロ波 技術講座

理論と実際

第 3 卷

工学博士  
小西良弘 [著]



**MICRO WAVE**

# 实用マイクロ波技術講座 第3巻

工学博士 小西良弘

## 第9章 整合回路

- 9.1 整合回路と共軛整合
- 9.2 整合回路の構成の考え方
- 9.3 回路構成の例と公式
- 9.4 スミス図表による整合方法
  - 9.4.1 スミス図表の使い方の基礎的予備知識
    - (1) インピーダンスとアドミッタンスのスミス図表上でのプロット
    - (2) インピーダンスの直列接続
    - (3) アドミッタンスの並列接続
    - (4) 負荷インピーダンス  $Z_L$  に長さ  $l$  の分布定数線路を接続したときのスミス図表上の動き
  - 9.4.2 スミス図表を用いた整合回路の設計法の実例
    - (1) L形整合回路を分布定数線路と併用して設計する方法
    - (2) 分布定数線路と直列リアクタンスからなる整合回路の設計例
    - (3) インピーダンススミス図表とアドミッタンススミス図表を交互に使う直列リアクタンスと並列リアクタンスによる整合する方法

## 第10章 フィルタの構成

- 10.1 フィルタの役割と分類
- 10.2 フィルタの特性と構成
  - 10.2.1 フィルタの特性と表し方
  - 10.2.2 代表的なフィルタの特性と構成法
- 10.3 分布定数回路によるフィルタの構成
  - 10.3.1 L.P.F.とH.P.F.
  - 10.3.2 共振器を用いたB.P.F.とB.E.F.
    - (1) 入出力共振器の外部Q値、 $Q_{e1}$ 及び $Q_{en}$ と共振器間の結合係数 $k_{ij}$  [ $i, j = 1, n$ ]で表現するフィルタの構成と設計
    - (2) 外部Q値、 $Q_e$ 、共振器間の結合係数および比帯域幅 $w$ に基づくB.P.F.の設計

- (3) 結合分布定数線路を用いた B.P.F. の設計
- (4) 分布定数線路を用いた B.E.F とノッチフィルタの構成法
- (5) 誘電体共振器を用いた B.P.F. と B.E.F
- (6) 導波管を用いた B.P.F. と B.E.F
- (7) E 面回路を用いた B.P.F. と B.E.F
- (8) 静磁モードを用いたフェイルタ

10.4 B.P.F. の帯域外の周波数でトラップを入れる方法

- (1) B.P.F. に用いる並列同調回路に直列リアクタンス  $jX$  を入れるか、B.P.F. に用いる直列同調回路に並列サセプタンス  $jB$  を接続する方法
- (2) マルチパスを用いてトラップを作る方法
  - (イ) 1つのノッチを作る方法 - その1
  - (ロ) 1つのノッチを作る方法 - その2
  - (ハ) 通過帯域より高い周波数及び低い周波数に各々1ヶづつのノッチを作る方法 - その1
  - (ニ) 通過帯域より高い周波数及び低い周波数に各々1ヶづつのノッチを作る方法 - その2
  - (ホ) 通過帯域より高い周波数及び低い周波数に各々1ヶづつのノッチを作る方法 - その3
  - (ヘ) その他の方法
  - (ト) 積層マルチパス B.P.F. の構造例
  - (チ) マルチパスフィルタの実験例

10.5 進行波形方向性フィルタ

10.6 縮退形共振器を用いたフィルタ

10.7 同軸モードと導波管モードの組合せを用いた B.P.F.

演習問題コーナー

一般基礎 17 の問題と解答

B.P.F. の問題と解答 その1

B.P.F. の問題と解答 その2

分布定数回路に抵抗を接続した時の問題と解答

実験コーナー

実験1 TEM 単一 /4 共振器の等価回路の確認の実験

実験2 2ヶの /4 共振器からなるコムラインに両共振器の開放面の開孔を  $C_m$  のキャパシタで接続したときの偶モードと奇モードの共振周波数の測定と理論値との照合

実験3 インターデジタル結合による /4 共振器の偶モードと奇モ

- ードの共振周波数がスプリットする模様 誘電体ブロックと  
マイクロストリップ線路との比較
- 実験 4 インターデジタル結合の  $\lambda/4$  共振器の結合係数  $k$  の実験と  
理論値との照合
- 実験 5 コムライン  $\lambda/4$  共振器の開放端子間の結合リアクタンス、  
 $X_m$  を変化したときのトラップ周波数の変化

## 第 11 章 共振系

### 11.1 共振系の性質

- 11.1.1 共振系内の電磁界エネルギー
- 11.1.2 等方性媒質を含む共振系内の電磁界の位相
- 11.1.2 共振系の Q 値
- (1) 共振系内のリアクティブエネルギーの減衰度と Q 値との関係
  - (2) 共振系の周波数特性と Q 値との関係
  - (3)  $n/2 \cdot$  均一伝送路を用いた共振器の Q 値

### 11.2 共振系の種類と特性

- 11.2.1 導波路からなる共振系
- (1)  $n \cdot \lambda_g$  ( $\lambda_g$  は管内波長、 $n$  は整数) の長さの導波路の進行波  
形共振器
  - (2)  $n \cdot \lambda_g / 2$  の導波路の両端を短絡した共振系
  - (3)  $(2n + 1) / 4 \cdot \lambda_g$  ( $n=0$  の場合には  $\lambda_g / 4$ ) の長さの  
導波路の片方を短絡し、他方を開放した共振系
  - (4)  $n \cdot \lambda_g / 2$  の導波路の両端を開放した共振系
- 11.2.2 球形空洞共振器
- 11.2.3 2次元共振モードを用いた共振系
- 11.2.4 E面回路(または立体平面回路)共振系
- 11.2.5 ヘリカル共振器
- 11.2.6 誘電体共振器
- 11.2.7 静磁モード共振器
- (1) モードと共振周波数
- 11.2.8 共振系を小形にするための工夫

## 附録

- 2.3 対称形結合線路を用いたインターデジタルとコムラインの等価  
回路の誘導

- 2 4 B.P.F.の外部Q値、隣接共振間の結合係数及びg値との関係の誘導
- 2 5 / 4共振器を外部リアクタンスを介して負荷抵抗に接続したときの共振器の外部Q
- 2 6 / 4共振器をインターディジタル結合線路を介して負荷抵抗に接続したときの / 4共振器の外部Q、 $Q_e$ 。
- 2 7 / 4共振器と負荷が分布誘導及び誘導結合した時の外部Q値の誘導[1]
- 2 8 コムライン結合 / 4共振器を外部サセプタンスで結合した場合の結合係数の厳密解
- 2 9 コムラインに外部リアクタンスを接続したときに生じるニッチ(トラップ)周波数
- 3 0 インターディジタル結合 / 4共振器の固有共振周波数と結合係数の厳密解
- 3 1 不均一媒質中の平行 / 4共振器内の結合係数
- 3 2 損失を考慮した時の2重同軸共振回路の特性
- 3 3 TE及びTM波近似の誘電体共振器の共振周波数の誘導
- 3 4 電流素から自由空間への輻射電磁界
- 3 5 誘電体媒質で充たされた共振器のQ値
- 3 6 静磁モード共振器
- 3 7 2ヶの異なる特性インピーダンスを縦続接続してなる共振器の共振周波数と長さ
- 3 8 共振器と導波形とが窓結合した時の共振器の外部Q、 $Q_e$ 。
- 一般基礎 1 8 表面抵抗法による特性インピーダンスの測定法
- 一般基礎 1 9 導波路中の電流・磁流源及び微小ループ源からの放射電流
  - [1] 無限長の均一導波路の場合
  - [2] 導波路の入出力側が任意のインピーダンスで終端された場合
  - [3] 導波路内の微小ループ電流からの放射電磁界
- 一般基礎 2 0 Babinetの定理
- 一般基礎 2 1 フェライトのマイクロ波透磁率特性
  - 1 磁化の運動方程式
  - 2 複素テンソル透磁率
  - 3 円偏波透磁率
  - 4 磁気共鳴損
    - 4 . 1 磁気共鳴半値幅 H

## 4 . 2 実効半値幅 $H_{\text{eff}}$

### 5 低磁界損

#### 資料

- 1 0 矩形金属内の高誘電率媒質の平行 / 4 共振器間の空気孔による結合係数

## 第9章 整合回路

### 9.1 整合回路と共軛整合

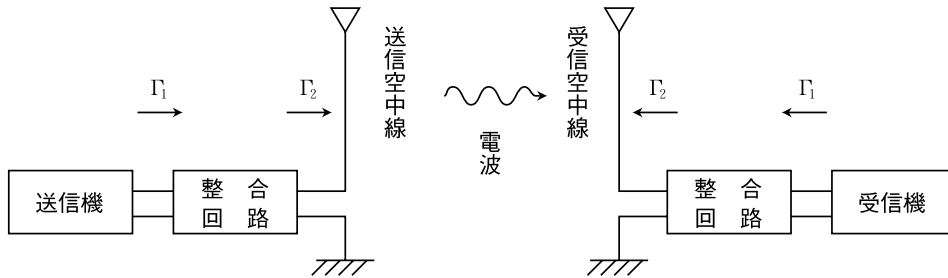


図 9.1 送受信機と整合回路

図 9.1 に示したように送信機の出力からできるだけ多くの電力を送信空中線におくり込み、また受信した電波をできるだけ多く受信機に送り込むことが望ましい。そのために送信機と送信空中線及び受信空中線と受信機の間は無損失な回路を挿入する。この回路のことを夫々整合回路と呼ぶ。

では整合回路はどんな性質をもたねばならないか。いま図 9.1 で送信機の出力インピーダンス (出力端子から送信機内部を見たインピーダンス) を  $\dot{Z}_s$  とし、また送信アンテナのインピーダンスを  $\dot{Z}_L$  とする。

このとき送信機の出力端子では反射波があってはならない。もし反射波があると、せっかく送信機から電力が発生しても反射波は再び送信機にもどってきて送信のもつ出力インピーダンスの抵抗分に吸収されて熱となるため、結局送信空中線から空間に放出する電力が反射電力の分だけ減少することになる。

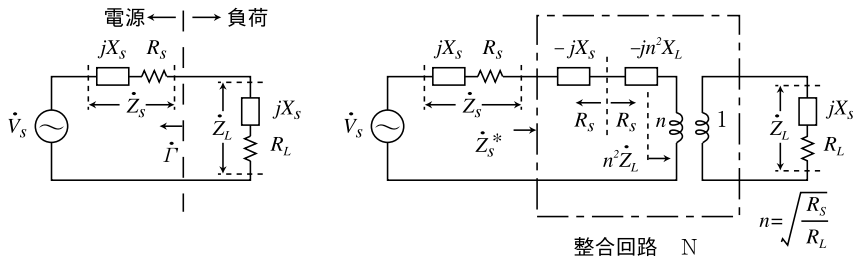
従って図 9.1 の整合回路の役目は送信機出力の反射係数  $\Gamma_1$  を零にすることである。いま  $\dot{Z}_s = R_s + jX_s$  とし、 $\dot{Z}_L = R_L + jX_L$  で示すと図 9.2(a) のような等価回路で示せる。

図 9.2(a) のように内部インピーダンス  $\dot{Z}$  をもち起電力  $\dot{V}_s$  をもつ電源に負荷インピーダンス  $\dot{Z}_L$  を接続したとき、負荷抵抗  $R_L$  に供給される電力  $P_L$  を求めると、

$$P_L = \frac{1}{2} \left| \frac{\dot{V}_s}{\dot{Z}_s + \dot{Z}_L} \right|^2 R_L = \frac{V_s^2}{2} \frac{R_L}{(X_s + X_L)^2 + (R_s + R_L)^2} \quad (1)$$



となる。



(a) 電源に負荷を接続した図

(b) (a)の回路に整合回路Nを付加した図

図 9.2  $\dot{Z}_s$  の内部インピーダンスの電源に負荷インピーダンス  $\dot{Z}_L$  を接続したとき、 $\dot{Z}_L$  と電源の間に整合回路  $N$  を挿入した図

いま、 $X_L$  と  $R_L$  とを任意に変化させ  $P_L$  が最大になるような条件を求める。まず (1) 式で  $X_L$  のみを変化させた場合には、

$$X_L = -X_s \quad (2)$$

で  $P_L$  は最大値をとりその値を  $P'_L$  とすると

$$P'_L = \frac{V_s^2}{2} \frac{R_L}{(R_s + R_L)^2} = \frac{V_s^2}{2R_2} \frac{1}{\left(\sqrt{\frac{R_s}{R_L}} + \sqrt{\frac{R_L}{R_s}}\right)^2}$$

となる。したがって、 $P'_L$  は

$$R_L = R_s \quad (3)$$

で最大値をとりその値を  $P_0$  とすると

$$P_0 = \frac{V_s^2}{4R_s} = \frac{V_{es}^2}{R_s} \quad [V_{es} = \frac{V_s}{\sqrt{2}} \text{ は } V_s \text{ の実効値}] \quad (4)$$

となる。(2)(3) 式の条件を考えると

$$\dot{Z}_L = -\dot{Z}_s^* \quad (* \text{ は複素数の共軛値}) \quad (5)$$

の条件が得られる。

このように負荷インピーダンス  $\dot{Z}_L$  が電源インピーダンス  $\dot{Z}_s$  の共軛値をとる場合に (4) 式の最大電力が供給される。このとき、負荷は電源インピーダンスに共軛整合 (Conjugate matching) していると呼ばれる。

また、このときの供給電力  $P_0$  は最大供給電力または有能電力と呼ばれる。したがって、任意の負荷インピーダンス  $\dot{Z}_L$  を  $\dot{Z}_s$  に整合させるためには、負荷  $\dot{Z}_L$  と電源との間に何らかの無損