

④③で動いたぶんの長さが，特性インピーダンス ($Z_{line} = 25 \Omega$) の伝送線の長さとなる

以上から，

$$\ell_2 = 0.375 \lambda$$

と読み取ることができます。

図 B3-8 が整合回路です。

3-2 伝送線をスタブとして使用する方法

伝送線路は，その長さが $1/4 \lambda$ または $1/2 \lambda$ を境に，キャパシティブになったりインダクティブになったりします。この特性を整合回路の素子として使用します。

スタブでインピーダンス整合を取るとき，負荷のインピーダンス (Z_a) が純抵抗の場合は，次の式で簡単に A および B の長さを計算できます ($2\pi = 360^\circ$)。これはいわゆる旧来から使われているスタブ計算式です。

スタブの長さの計算

Z_a (純抵抗) $> Z_0$ の場合

$$SWR = \frac{Z_a}{Z_0}$$

$$A = \tan^{-1} \sqrt{SWR} \times \frac{\lambda}{2\pi} \dots\dots\dots (B3-1)$$

$$B = \tan^{-1} \frac{\sqrt{SWR}}{SWR-1} \times \frac{\lambda}{2\pi} \dots\dots\dots (B3-2)$$

Z_a (純抵抗) $< Z_0$ の場合

$$SWR = \frac{Z_0}{Z_a}$$

$$A = \tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{SWR}} \times \frac{\lambda}{2\pi} \dots\dots\dots (B3-3)$$

$$B = \tan^{-1} \frac{SWR-1}{\sqrt{SWR}} \times \frac{\lambda}{2\pi} \dots\dots\dots (B3-4)$$

ここではオープン・フィードで説明しますが，同軸ケーブルやマイクロストリップ・ラインにそのまま置き換えることができます。この場合，短縮率のため作図

により算出したスタブの長さは短くなります。

同軸ケーブルの場合、その短縮率は絶縁体の材質により0.66～0.85、マイクロストリップ・ラインの場合は、基板の材質により0.53～0.68になります。

それでは、スタブでインピーダンス整合を取る場合の値を、計算による方法とアドミタンス・チャートによる方法、およびパソコン・ソフト「Smith」によって求める方法の三つを紹介します。

● 回路(負荷)のインピーダンスが純抵抗の場合

▶ $Z_a > Z_0$ の場合

$Z_1 = 150 \Omega \pm j0 \Omega$, $Z_0 = 50 \Omega$ とします ($SWR = 3$)。

1. 計算によるスタブの長さや位置の求め方

前述の式(B3-1)と式(B3-2)より、($2\pi = 360^\circ$)、(図B3-9)

$$\tan^{-1} \sqrt{3} = 60.0^\circ \quad \frac{60.0^\circ}{360^\circ} = 0.167 \quad \therefore A = 0.167 \lambda$$

$$\tan^{-1} \frac{\sqrt{3}}{3-1} = 40.9^\circ \quad \frac{40.9^\circ}{360^\circ} = 0.114 \quad \therefore B = 0.114 \lambda$$

2. アドミタンス・チャートによるスタブの長さや位置の求め方

回路(負荷)に並列にスタブを入れるので、アドミタンス・チャート(図B3-10)において考えます。

$Z_1 = 150 \Omega \pm j0 \Omega$ をアドミタンスに変換し、これを正規化すれば $y_1 = 0.333 + j0$ なので、

① この Y_1 点は、コンダクタンス直線上の0.333位置になる

この点を通る定 SWR 円を作図します。

② この定 SWR 円 ($SWR = 3$) に沿って、 Y_1 点から右回り(負荷から電源方向に向かって)に1.0定コンダクタンス円との交点をプロットし P_1 点とする

③ チャートの中心から P_1 点を通る直線を作図する

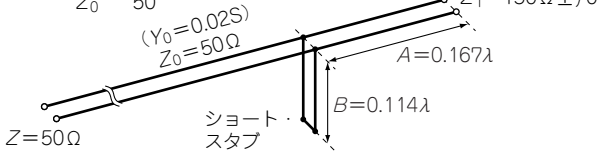
以上から、チャート外側の目盛りを読むと伝送線路の長さは、 $A = 0.167 \lambda$ と求められます。

P_1 点の容量性サセプタンスぶん $+j1.15$ をキャンセルするため、 P_1 点に誘導性サセプタンスぶん $-j1.15$ としてショート・スタブ(クローズド・スタブ)、または並列コイル (L_P) を接続すれば整合できます。

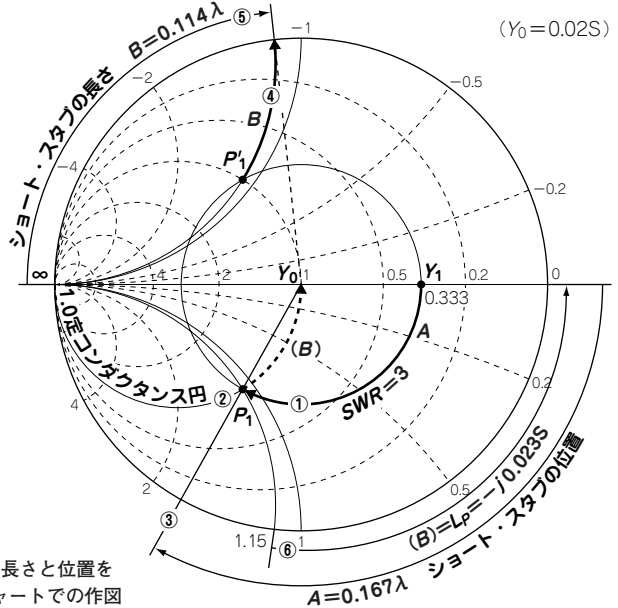
④ ショート・スタブの場合は、チャート外周 ∞ (アドミタンス・チャートは、 ∞ がショートを示す) より右回りに、共役点 P'_1 からサセプタンス円弧を延長し

$$Z_o = Z_1 = 150\Omega \pm j0\Omega$$

$$SWR = \frac{Z_1}{Z_o} = \frac{150}{50} = 3$$



[図B3-9] 求められた結果。
Aはショート・スタブの位置、
Bはショート・スタブの長さ



[図B3-10] ショート・スタブの長さ
と位置を求めるためのアドミタンス・チャートでの作図

た外周まで作図する

⑤ ショート・スタブの長さはチャート外側の目盛りから、 $B = 0.114\lambda$ と求められる

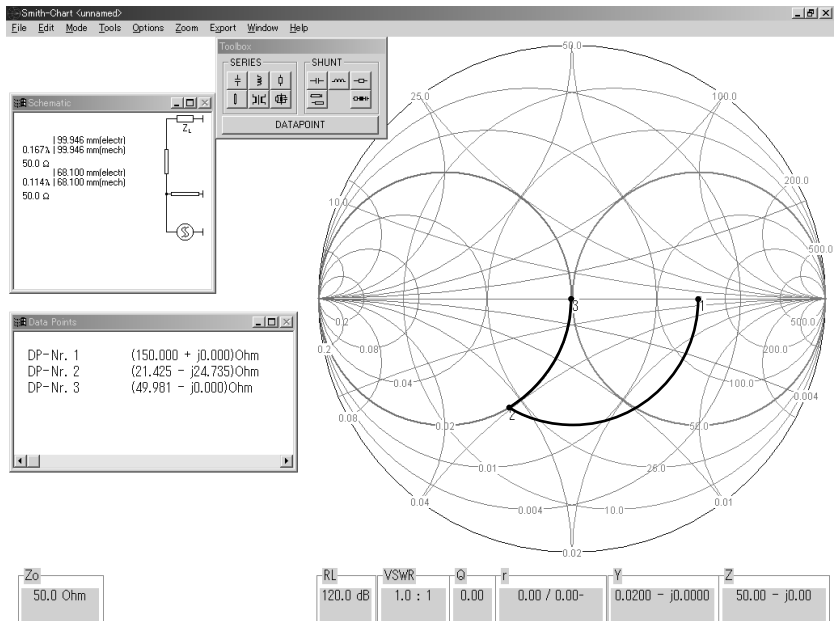
⑥ 並列コイル(L_p)の場合は、左回りに1.0定コンダクタンス円に沿ってチャートの中心まで作図する(図B3-10の(B))

(B) $L_p = -j1.15 \times 0.02S = -j0.023S$ です。

3. パソコン・ソフトによるスタブの長さ と位置の求め方(図B3-11)

「Smith V2.02(原稿執筆時点のバージョン)」を利用して解析してみます。

※画面上のイミタンス・チャートの目盛りは、 Ω , S目盛りで、正規化値の目盛りではありません。



【図 B3-11】 $Z_0 > Z_0$ の場合のショート・スタブの軌跡

次の①～④は、キーボード入力とマウス操作だけで簡単に処理ができます。

① **DATAPOINT** をクリックし、**Keyboard** を選択する

負荷インピーダンスの入力画面が表示されますので、**re 150 im 0** と入力します。周波数は任意の値です。画面にポイント 1 が表示されます。

② **Toolbox** ウィンドの **SERIES** の **LINE** をクリックする

Line impedance ウィンドに、**50.0** Ω が表示されているので、**OK** をクリックします。すると、画面にポイント 1 から右回りの定 SWR 円と矢印が表示されるので、マウスでカーソルを移動させ、0.02S 定コンダクタンス円との交点をクリックします。

③ **Toolbox** ウィンドの **SHUNT** の **LINE** をクリックする

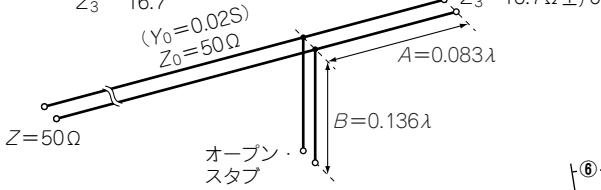
Line impedance ウィンドに **50.0** Ω が表示されているので、**OK** をクリックします。すると **Stub type** ウィンドが出てくるので **SHORTED END** を選択します。

画面にポイント 2 から左回りの定コンダクタンス円と矢印が表示されるので、マウスでカーソルを移動させ、抵抗軸との交点をクリックします。

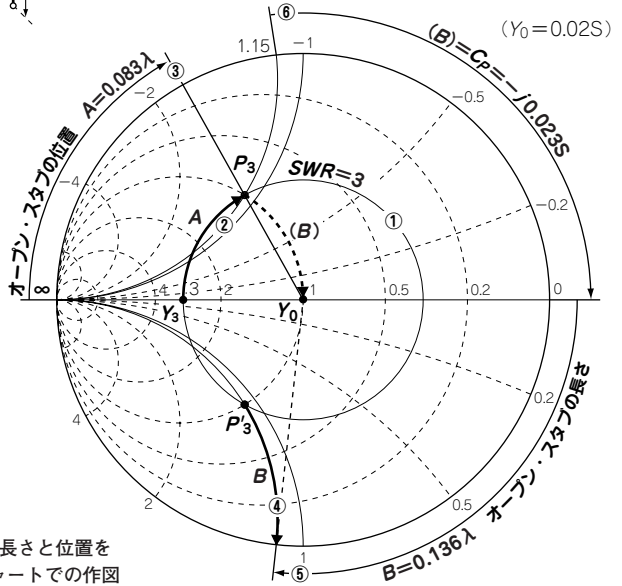
④ 画面左に **Schematic** ウィンドに解析した結果と回路図が表示される

$$Z_o = Z_3 = 16.7\Omega \pm j0\Omega$$

$$SWR = \frac{Z_o}{Z_3} = \frac{50}{16.7} = 3$$



[図B3-12] 求められた結果。
Aはオープン・スタブの位置、
Bはオープン・スタブの長さ



[図B3-13] オープン・スタブの長さ
と位置を求めるためのアドミタンス・チャートでの作図

以上で $A = 0.143\lambda$ と、 $B = 0.188\lambda$ のショート・スタブになります。

▶ $Z_o < Z_0$ の場合

$Z_3 = 16.7\Omega \pm j0\Omega$ 、 $Z_0 = 50\Omega$ とします ($SWR = 3$)。

1. 計算によるスタブの長さ と位置の求め方

前述の式 (B3-3)、式 (B3-4) より、 ($2\pi = 360^\circ$) (図B3-12)

$$\tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{3}} = 30.0^\circ \quad \frac{30.0^\circ}{360^\circ} = 0.083 \quad \therefore A = 0.083\lambda$$

$$\tan^{-1} \frac{3-1}{\sqrt{3}} = 49.1^\circ \quad \frac{49.1^\circ}{360^\circ} = 0.136 \quad \therefore B = 0.136\lambda$$

2. アドミタンス・チャートによるスタブの長さや位置の求め方

同様に、アドミタンス・チャート(図 B3-13)において考えます。

$Z_3 = 16.7\Omega \pm j0\Omega$ をアドミタンスに変換し、これを正規化すれば $y_3 = 3 + j0$ です。

① この Y_3 点は、コンダクタンス直線上の 3.0 位置になる

この点を通過する定 SWR 円を作図します。

② この定 $SWR=3$ の円に沿って、 Y_3 点から右回り(負荷から電源方向に向かっている)に 1.0 定コンダクタンス円との交点をプロットし P_3 点とする

③ チャートの中心から P_3 点を通過する直線を作図する

以上から、伝送線路の長さは、 $A = 0.083\lambda$ と求められます。

P_3 点の誘導性サセプタンスぶん $-j1.15$ をキャンセルするために、 P_3 点に容量性サセプタンスぶん $+j1.15$ としてオープン・スタブ、または並列コンデンサ(C_P)を接続すれば整合できます。

④ オープン・スタブの場合は、チャート外周 0(アドミタンス・チャートは、0 がオープンを示す)より右回りに、共役点 P'_3 からサセプタンス円弧を延長した外周まで作図(図 B3-13の(B))する

⑤ オープン・スタブの長さは、 $B = 0.136\lambda$ と求められる

⑥ 並列コンデンサ(C_P)の場合は、 P_3 点から右回りに 1.0 定コンダクタンス円に沿ってチャートの中心まで作図する(図 B3-13の(B))

(B) $C_P = 1.15 \times 0.02S = j0.023S$ です。

3. パソコン・ソフトによるスタブの長さや位置の求め方(図 B3-14)

これも「Smith V2.02」を利用して解析してみます。

① **DATAPOINT** をクリックし、**Keyboard** を選択する

負荷インピーダンスの入力画面が表示されるので、**re 16.7** **im 0** と入力します。周波数は任意の値です。すると画面にポイント 1 が表示されます。

② **Toolbox** ウィンドの **SERIES** の **LINE** をクリックする

Line impedance ウィンドに、**50.0** Ω が表示されているので、**OK** をクリックする。すると画面にポイント 1 から左回りの定 SWR 円と矢印が表示されます。マウスでカーソルを移動させ、0.02S 定コンダクタンス円との交点をクリックします。

③ **Toolbox** ウィンドの **SHUNT** の **LINE** をクリックする

Line impedance ウィンドに **50.0** Ω が表示されるので、**OK** をクリックします。すると、**Stub type** ウィンドが表示されるので、**OPEN END** を選択します。

画面に、ポイント 2 から右回りの定コンダクタンス円と矢印が表示されます。マ