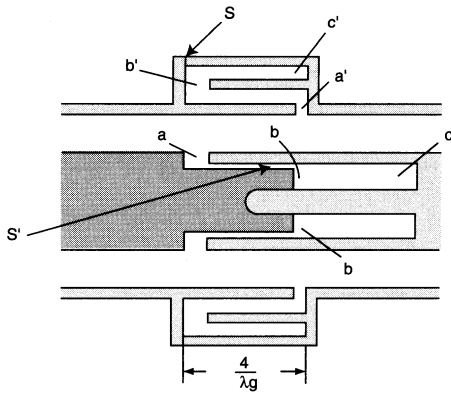


このPDFは、CQ出版社発売の「実用マイクロ波技術講座-理論と実際-第5巻」の一部分の見本です。内容・購入方法などにつきましては是非以下のホームページをご覧ください。
<http://www.cqpub.co.jp/hanbai/books/79/79751.htm>

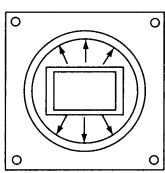
第18章 その他の回路ほか

18.1 伝送路の非接触形接合部

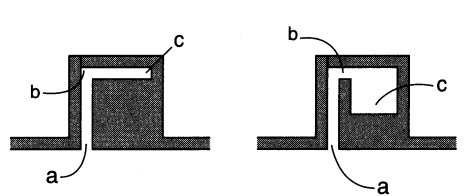


(a) 同軸の場合

これは同種の伝送線路を接合する機構で、接触形と非接触形がある。特に接触抵抗による損失を少なくするときには非接触形として、チョーク結合が用いられる。図 18.1 に同軸導波管のチョーク結合の構造を示す。同図 (a) において距離 a と b 、 b と c 、 a と b' 及び b' と c' とはそれぞれ $\frac{\lambda_g}{4}$ の長さをしている。故に a と c 、 a' と c' とは $\frac{\lambda_g}{2}$ で c 、 c' は短絡されているから a 及び a' のインピーダンスはゼロとなり、左右の同軸が接続されたことになる。



(b) 導波管の場合



(c) チョーク部分の説明図

図 18.1 チョーク結合の例

また b' はちょうど電圧最大、電流最小の位置であるから、この位置で 2 つの同軸が S 及び S' 面において接触しても、その接触部分に流れる電流は零となるので接触部での電力損失がない。

導波管の場合も、同図 (b) に示したようにまったく同様の理由で接触損を生じない。この場合のチョークは円形に作られているので、矩形導波管の場合は電流は矢印のように流れてゆく。チョークの構造としては (c) のような構造も用いられる。

18.2 大電力高周波用容量結合形スイッチ [1][2][3]

VHF、UHF 送信機では、空中線と擬似負荷及び現用送信機と予備送信機の切替えなどに高周波大電力切替スイッチが使用される。従来使われている切替スイッチは切替部分には金属と金属のすり合わせ面があり、この部分の接触抵抗による発熱が大きく、障害のもとになる。ここに説明する非接触形切替スイッチは、この欠点を除くために容量結合形にして金属の接触面のないものにしてある。また従来の切替スイッチでは接続されていない開孔間の漏洩を防ぐために、遮へい板を取付けてスイッチの切替と同時に移動させているが、遮へい効果をあげることで、遮へい板を移動させ易くすることは両立しにくい。実際には電気的性能を保つ必要上遮へい板の接触をよくするために移動性を犠牲にしており、スイッチの操作に大きな力を必要とし、スイッチの信頼度を低下させる原因の一つとなっていた。この改善方法として著者らが開発した非接触スイッチ [1][2][3] では連結されていない開孔間の漏洩を防ぐために、導波管の遮断特性を利用して

図 18.2 は非接触形切替スイッチの構造の概略を示したもので端子 1－端子 2、端子 3－端子 4 の連結から端子 1－端子 3、端子 2－端子 4 の連結に切替えるものである。

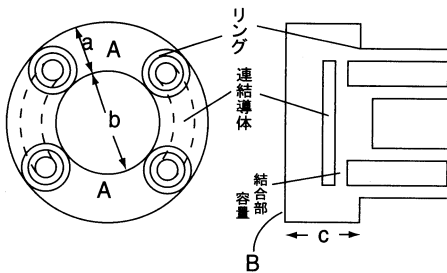


図 18.2 大電力用容量結合形スイッチの構造

この図からわかるように同軸管の中心導体と端子間を連結する導体との間に容量を形成して端子間を結合している。一方連結されていない端子の間、即ち図 18.2 の A の部分には矩形導波管が形成されており、使用周波数とその導波管の遮断域になるように寸法を選んでいる。このようにして従来の切替スイッチの接触部をなくすと共に、切替に要する機械的な力を減少させることにより信頼度の向上を計

ている。

18.2.1 比帯域幅

この切替スイッチは、上に述べたように、同軸中心導体と連結導体の間に容量を構成して、この容量によって連結させている。容量を構成する誘電体に空気を使えば、挿入損は連結導体の抵抗損だけであって、この損失も UHF10kW 通過時で数 W 程度で問題にならない。端子間漏洩特性としては、あとで示すように、広い周波数範囲でほぼ様な値を得ることができるから、帯域幅は周波数の変化によって抑えられることになる。回路の負荷 Q 、定在波比と帯域幅の関係は次式で与えられる。すなわち、比帯域幅は

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{\gamma - 1}{2\sqrt{\gamma}Q_L} \quad (1)$$

$$\text{ただし、} \left[\begin{array}{l} \gamma : VSWR \\ Q_L : \text{負荷 } Q \\ \Delta f : VSWR \text{ が } \gamma \text{ 以下である周波数範囲} \\ f_0 : \text{中心周波数} \end{array} \right]$$

で与えられる。たとえば $\gamma = 1.1$ とすると $\frac{\Delta f}{f_0} \simeq \frac{0.05}{Q_L}$ となり、700MHz で $Q_L = 0.2$ にとることとは容易であり、この時の比帯域幅は 25% になる。比帯域幅を大きくするには結合容量を大きくして回路の Q_L を下げる必要がある。特に VHF 帯では容量を大きくすることが望ましい。そのために結合容量部分のギャップを小さくすると耐圧の点及び機械的な歪の影響を受ける事になるので制限を受け、結局対向面積を拡げて容量を増す必要がある。またバリコンのように複数個の羽を持った構造も考えられるが、コストと電力とを考慮して決めねばならない。

18.2.2 端子間漏洩

連結されてない端子間の漏洩を少なくするために、従来の切替スイッチで使用していた遮へい板を取り去って、端子間に図 18.2A 部のように矩形導波管を構成して、使用周波数とその遮断域に入るように寸法を選び、この遮断特性を利用して、端子間の漏洩を防いでいる。無損失の導波管を仮定すると、導波管内の伝搬定数は正の実数となり、これはすなわち減衰定数を与える。

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2 - 1} \quad (2)$$

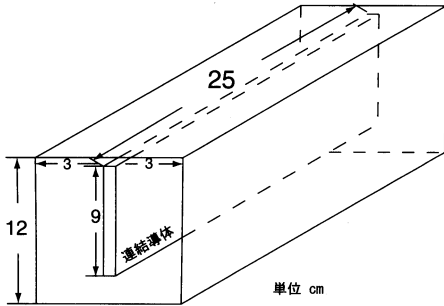
$$\text{ただし、} \left[\begin{array}{l} \alpha : \text{減衰定数} \\ \lambda : \text{自由空間内波長} \\ \lambda_c : \text{遮断波長, } \lambda > \lambda_c \end{array} \right]$$

遮断波長が小さいほど減衰定数が大きくなり、したがって減衰量を大きくとることができる。遮断波長は導波管の寸法と管内の伝搬モードによって決まるが、寸法を小さくするほど遮断波長は小さくなる。この導波管(図 18.2A 部)に存在するモードは同軸開口部と同軸中心導体突出部に結合する TE_{10} モードと連結導体部に結合する TM_{11} モードである。このことは導波管内の減衰定数の測定から容易に確認できる。一般に遮断波長は TM_{11} モードより TE_{10} モードの方が大きく、したがって、 TM_{11} モードがはやく減衰する。図 18.2 のような寸法の場合には、 TM_{11} モードの減衰定数は TE_{10} モードの減衰定数の約 3 倍であって、 TM_{11} モードは TE_{10} モードに比べて急激に減衰するので、漏洩に関しては、だいたい TE_{10} モードだけを考えればよい。

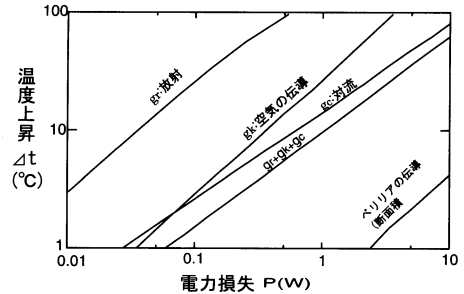
図 18.2A 部の導波管は曲り導波管を構成している。このような場合には、波は中心より少し内側を近まわりするために、減衰定数は直線の場合よりも小さくなることが予想できる。実際に計

算してみると、図 18.2 のような寸法では、周波数 700Mc のときに減衰定数の減少は約 10% (19.2 → 17.5 に減少) である。

18.2.3 温度上昇



(a) 温度上昇計算のためのモデル



(b) 連結導体と切替スイッチ外殻との温度差の関係 [(a) のモデルにて]

図 18.3 大電力用容量結合形スイッチの構造

この切替スイッチの温度上昇は、連結導体の抵抗損による発熱、結合容量の部分の誘電体損による発熱および連結導体支持絶縁物の損失による発熱等によって生ずる。結合容量部の発熱は、誘電体として空気を使うことにより避けられるし、連結導体支持絶縁物の発熱は、損失の小さい材料で損失を少なくする構造にしておけばよいので、結局問題になるのは連結導体の発熱である。連結導体に発生した熱は放射、空気の伝導および対流あるいは連結導体支持絶縁物の熱伝導等によって切替スイッチの外殻に伝えられ、次に、外殻表面から空中に放熱される。放熱の割合に従って、連結導体と外部温度の差すなわち温度上昇が決まる。

まず、連結導体と切替スイッチ外殻間の熱の伝搬を考えてみよう。連結導体の寸法、形状、配置、外殻までの距離、連結導体および外殻内面の熱放射率および連結導体支持物の寸法、熱伝導度等によって放熱の割合は異なるが一例として図 18.3(a) のようなモデルについて計算すると、図 18.3(b) のようになる。通過電力 10kW 時、700Mc での連結導体の損失は 2.2W であり、放射、空気の伝導、対流によって熱が逃げるとすると、外郭との温度差は図 18.3(b) から 18 °C と求まる。VHF 帯では 10 °C 以下になる。また熱の良導体、たとえばベリリア (熱伝導率 $2.6 \times 10^2 / \text{m} \cdot \text{°C}$) を使って放熱させれば、図 18.3(b) からわかるように、700Mc、10kW 時にも 1 °C の上昇に抑えることができる。なお、図 18.3(b) では、連結導体表面は銀メッキしてあるものとし、熱放射率を 0.05 にとってある。

次に切替スイッチ外殻表面から空中への放熱を考えよう。この場合には、表面からの放射と空気の対流による放熱が行なわれる。図 18.4 は電力損失、放熱面積と温度上昇の関係を計算したものである。厳密には、放熱面の配置すなわち水平であるか垂直であるかによって多少異なるが、この図では平均的な値をとってある。なお、この図は熱放射率を 1.0 で計算してある。表面に黒