

廣 帯 域 平 衡 變 換 器

田 中 春 夫・稻 津 稔

1. 緒 言

本稿は8極太陽雑音受信装置に関する研究の一部で、稲津氏の卒業論文を田中が書き改めたものである。

〔8 cm 太陽雑音受信装置〕の所で述べた通り、受信機の総合雑音指数を改善する一手段として超高周波局部発振周波数の両側に中間周波数だけ離れた2つの帯域を同時に受信する方式を採用した。この爲超高周波部の傳送帯域即ち 3750 ± 30 MC に亘つて極力損失を減少させなければならない。この際問題となるのは主としてアンテナ及び周波数変換器であるが、本稿はこの中後者に関する研究である。そして將來中間周波数を高くすることをも考慮して傳送帯域は 3750 ± 100 MC を目標とした。

このように帯域を廣くするのは雑音指数の改善が主目的であるから受信機雑音を出來るだけ減らさなければ意味がない。一方導波管変調をする關係上アンテナ側に電波を出さないことが必要である。この2つの目的から変換器としては Magic Tee を用いた平衡型を採用した。本來平衡変換器の設計には Magic Tee と変換器要素とを組合せたものの特性を問題にすべきであるが、偶、変換器要素の周波数特性を極めて良くなし得たので、両者の設計を別々に行つて組合せた。このようにすると鉱石自身の特性の不平衡があまり問題とならなくなつて經濟的である。

この変換器には多少欠陥があるが、殆んど所期の目的を達しているので現在実用に供している。

2. 變 換 器 要 素

2.1. 設計上の指針

Magic Tee と組合わせる変換器要素では局部発振波の挿入方法を考える必要がないから單一型のものより設計が樂である。さて周波数特性のよい変換器を設計する上の指針として考えられることを列挙すると、

- a) 第1に変換器内においては周波数特性の改善に役立つもの以外は極力取除いて簡單化すること。
- b) 第2に整合を完了する点迄の波数(長さ/管内波長 λ_g)を極力小さくして周波数に対する波数の変化を減らすこと。勿論これには長さを短くする方法と λ_g を大きくする方法とがある。

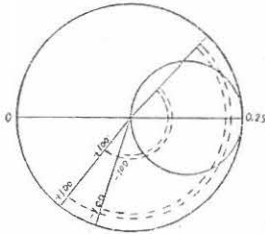
- c) 第3に第1, 第2の点に留意しながら, 整合を完了する点即ち正規化コンダクタンスが1になる点の周波数特性をよくすると同時に, 整合用サツセプタンスに適当なものを選んで, 両者の周波数による変化を互に打消すようにすること.

等がある.

2.2. 具体的設計方針

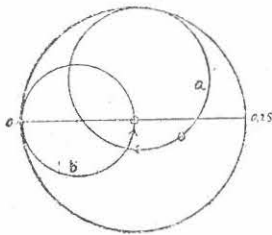
先ず第1に指針a)に従つて導波管中に直接鉱石を挿入することにした.

第1図



次に鉱石を挿入する点の波動抵抗を鉱石の抵抗値に近づけることにした. これは第1図の Smith Chart⁽¹⁾によつても分るよりに距離に対する周波数特性の廣がり小さくなるからである.

第2図



第3に鉱石の抵抗値に対して導波管の波動抵抗を多少小さ目にしておくと都合がよい. これは鉱石を変えた場合にもサツセプタンス挿入位置を変えずに整合がとれるからである. 即ちこのようにすると, 後部の短絡板の位置を変えた場合のサツセプタンス挿入点におけるアドミッタンスが例えば第2図aのような軌跡をたどるから必ずコンダクタンス1の円bと交り整合がとれる. 実際には2.4.節c)の実測より20.5Ωに定めた.

第4に整合が完了する点より負荷側の導波管の遮断波長を長くする爲に他のmodeが生じない範囲で長辺の幅を広げることにした. 導波管の波動抵抗は例えば,⁽²⁾

$$Z_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}} \cdot \frac{120\pi b}{a}$$

a: 長辺の長さ

b: 短辺の長さ

λ : 空間波長

λ_c : 遮断波長

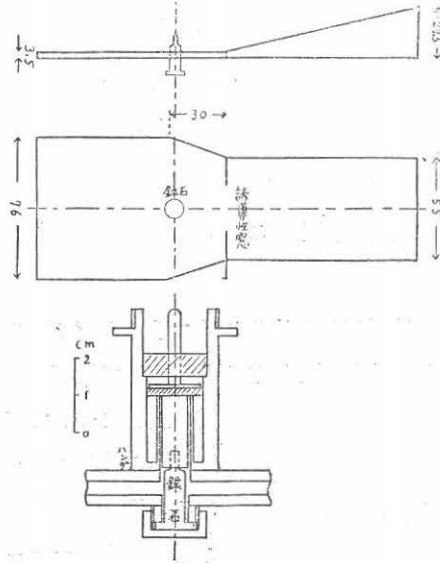
で表わされるから, λ_c の値を大きくすることにより Z_0 の値も小さくなり, 第3の要求をも満足する方向で都合がよい.

第5に中間周波との結合部の周波数特性をよくすることに努めた. 即ちこれに用いる $\lambda/4$ の折返し型チョークの, 鉱石に続く $\lambda/4$ の部分の波動抵抗を小さく, 後の折返し部分の波動抵抗を大きくした(第3図参照).

2.3. 構造

構造を第3図及び写真1に示す.

第3図

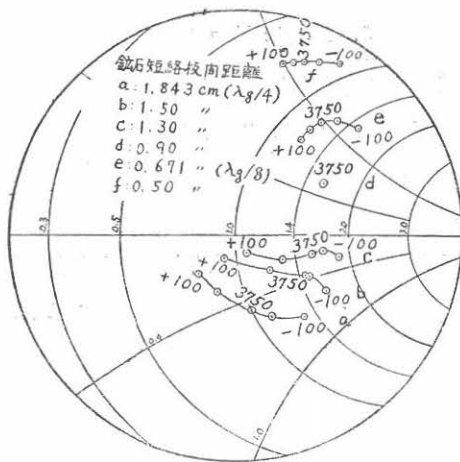


2.4. 特性の測定

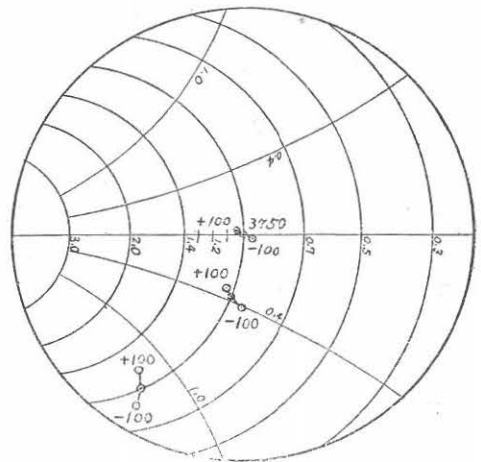
a) 鉍石挿入点のインピーダンス

後部短絡板の位置を変えて測定した鉍石挿入点の周波数特性を第4図に示す。これによると

第4図



第5図



短絡板が鉍石に接近するに従つて予期したように周波数特性はよくなり、又同一回転方向に対して周波数によるインピーダンスの変化方向が逆転していることが分る。この方向は後述の補償を行うのに都合がよい。

b) 誘導性窓による補償

短絡板の位置を第4図 e, f 附近の任意の位置に置いて鉍石側を見た正規化コンダクタンス 1 になる一番近い位置を求め、その点に誘導性窓を挿入して整合をとる模様を第5図に示す。

誘導性窓のサツセプトランス⁽³⁾は(第6図参照),

$$B = K \cdot \frac{\lambda_g}{2a}$$

λ_g : 管内波長

K : b/a の函数

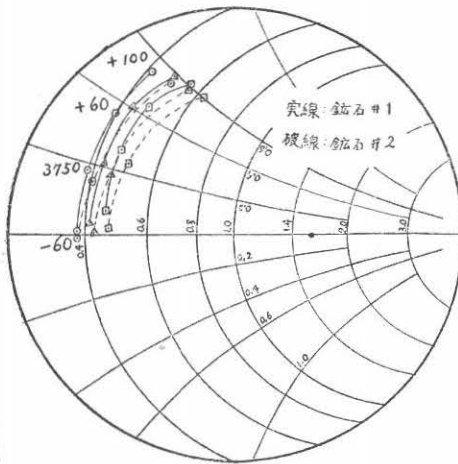


で表わされる如く λ_g に比例するからこのように補償がよく行われる。若し第4図 a, b の様な特性を用いると周波数特性は顯著に悪くなる。

c) 鉱石の抵抗値

これは鉱石挿入点の導波管波動抵抗を決める爲の予備実験である。導波管短辺の長さのみを変えて $55 \times 7 \text{ mm}$ とし、前述の変換器と同じような方法で鉱石を挿入して測定した。測定は2

第7図

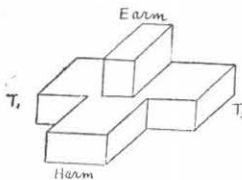


箇の鉱石について行つたが、第7図に示す値は鉱石から後部のサツセプトランスを差引いた値である。周波数特性があまりよくないのはこのとき用いた $\lambda/4$ チョークの設計が悪かつた爲と思われるが、何れにしても周波数による抵抗分の変化は殆んどなく、導波管波動抵抗が 70Ω である所からこの鉱石の抵抗分は電流 $300 \sim 500 \mu\text{A}$ 程度で $30 \sim 40 \Omega$ 程度であることが分つた。

3. Magic Tee の整合

第8図のような Magic Tee の整合に関しては小口氏の研究⁽⁴⁾があるが、導波管の波長に対する寸法が異なりそのまま適用することが出来なかつたので整合に用いた方法を述べることにする。

第8図

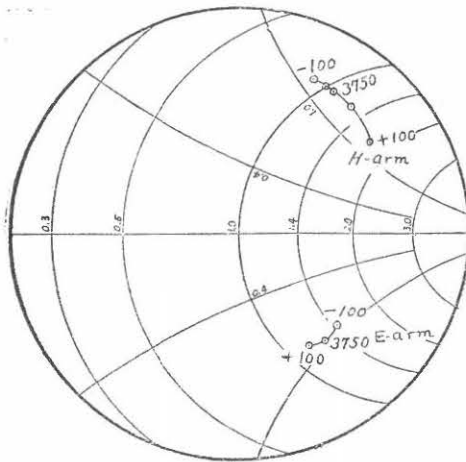


導波管の寸法は $55 \times 27.5 \text{ mm}$ で、第8図 T_1, T_2 に整合負荷を接続したとき未整合のままの各 arm の周波数特性を第9図に示す。但しインピーダンスの値は各分岐点における値である。

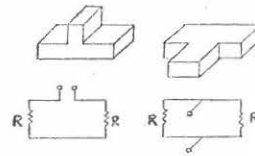
3.1. E-arm の整合

第9図を見ると、E-arm, H-arm 共分岐点から $1/3$ 程奥へ入つた所で第10図の等価回路が成立つてゐることがわかる。そこで前述変換器の場合と同じく、E-arm の短辺を広げてインピーダンスを約2倍に上げれば良好な周波数特性が得られるのではないかと予想される。併しながら第11図に示す3つの寸法につきインピーダンスを測定した所、第12図 a, d_1, e_1 に示すように予期に反した結果を得た。これは higher mode の影響で相殺される爲であろう。併しこのように入口を広げた場合、分岐点に容量性窓を設けると第12図に見られるようにコンダクタンス1の円を過ぎるので、スリット結合によればこの1点で整合がとれるから便利であ

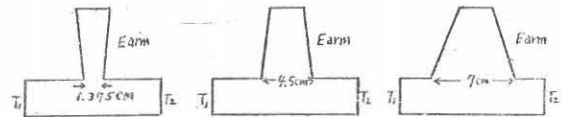
第9図



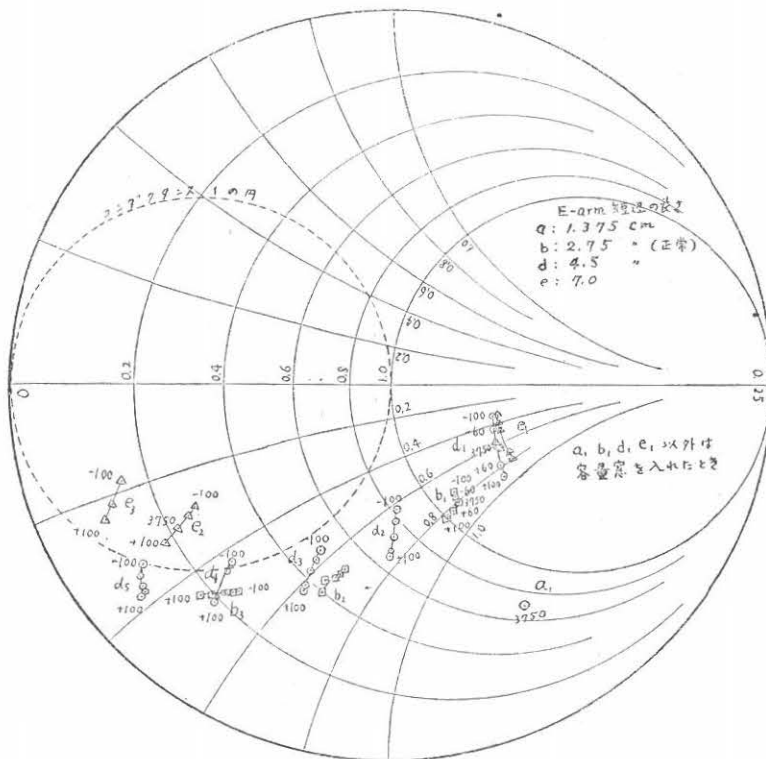
第10図



第11図

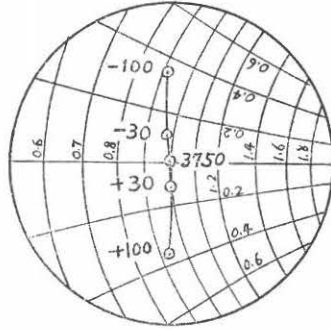


第12図



る。37.5×28.5 mm のスリットにより整合をとつたときの周波数特性を第13図に示す。特性はあまりよくないが整合が簡単であると云う点で局部発振出力導入の目的には十分適っている。

第13図

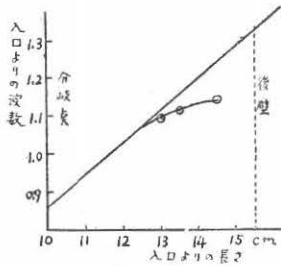


3.2. H-armの整合

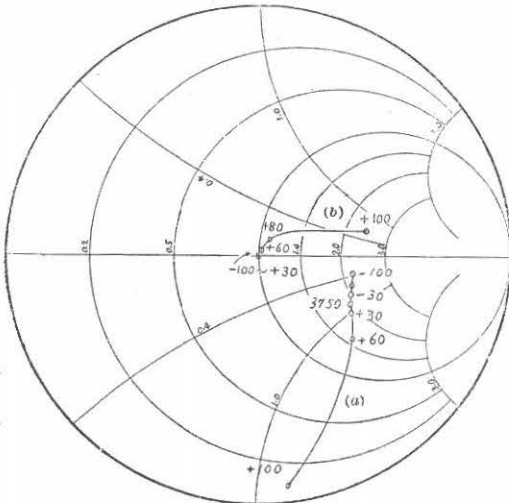
これは通常行われている方法と変わらないので、その資料を掲載するに止める。

第1に Magic Tee 内において H-arm の分岐点より内部では入口より或点迄の波数が普通の導波管内の波数より小さくなるが、その様子を第14図(a)に示す。又整合棒のリアクタンスも後壁に近づくに従つて第14図(b)のように変つて来る。導波管寸法が波長に比して小さい爲、誘導性になると棒が E-arm の方に突出する恐れがあるからこのように細い棒の資料を挙げた。

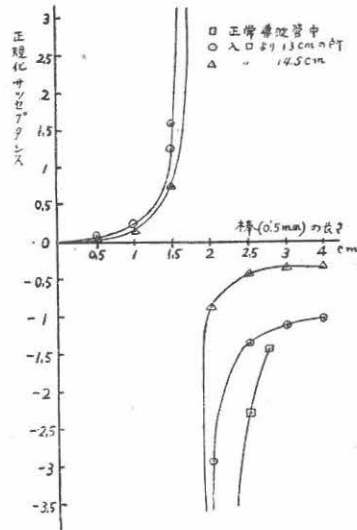
第14図(a)



第15図



第14図(b)



E-arm を 3.1. 節のように変形した場合 H-arm から見たインピーダンスは第15図(a)の如く測定される。従つて管内波数 0.373 だけ入口から奥へ入つた所にサツセプタンス -0.9 なる整合棒を挿入すればよ

いことが分る。これと上記の資料から整合がとれるわけであるが、一般に誘導性の棒は長くなつてサツセブタンスの値が飽和した所では周波数の高い程その値が大きくなるので周波数特性をよくするのに役立つ場合が多い。そして今の場合 -0.9 と云う値を必要とするから、第 14 図 (b) に挙げた太さのものより多少太目の棒を用いた方がよい。第 15 図 (b) は斯くして整合を取つたときの周波数特性である。これによると V.S.W.R. にして、 -100 MC 迄は 1.02 以下、 $+30$ MC 迄は 1.01 以下、 $+60$ MC 迄は 1.05 以下となるが $+100$ MC では非常に悪くなつている。これは波長が短くなると E-arm を太くした所が cut off にならない爲であり、これを少し狭めるべきであつた。少し狭める程度では 3.1 節に述べた特徴は失われない。併し現在の所 ± 30 MC の要求に差支ないし、且 E-arm を通して外部に漏れないことも確められたからそのまま用いている。

4. 組 立

Magic Tee と変換器素子 2 つとを組合せればよいのであるが、2 つの変換器素子について同一電流で別個に整合をとつたのでは組立てたときに同一電流になるとは限らない。そこで先ず平流測定器で大体同じ電力の所で整合をとつて組立てて見る。そのとき両者の電流が予期した値から外れるときには、その電流値で整合を取り直すと大体平衡がとれる。その後で H-arm にスリット導波管をつけ、その中で反射棒を動かして鉍石の電流が完全に変動しなくなるように一方を微細調整すれば完全に平衡がとれたことになる。

組立完了したものの周波数特性は殆ど Magic Tee 自身のものと同一で、 ± 30 MC では V.S.W.R. 1.05 以下である。更に全体の装置に取付けたときの性能は「8 cm 太陽雑音受信装置」の所を参照されたい。

5. 結 言

この変換器では 2 つの鉍石を特に揃えなくても所要帯域幅に亘つてよい整合がとれることが特徴で、現用のものでも鉍石電流は $310 \mu\text{A}$ と $430 \mu\text{A}$ と云う不平衡な値であるが、総合雑音指数は 9.5 db と云うよい値が得られている。併し変換器に用いた導波管寸法に 3.5 mm と云う狭い場所があり、且此処に調節窓を設けると云うことは機械的信頼度が稍、低下すると云う結果になる。これ等のことがあるので変換器全体に対して目下再検討中である。

最後にこの研究には太陽雑音研究室全員の絶大な御支援があつたことを書添えておく。

(昭和 26 年 6 月 15 日)

文 献

- (1) P. H. Smith: Electronics, Jan. 1939, p. 29.
- (2) 立体回路: 電気通信学会編, p. 276.
- (3) 同 p. 116.
- (4) 小口: 電気三学会第24回連合大会, E-4-24, 昭25.4.

写真1 変換器素子

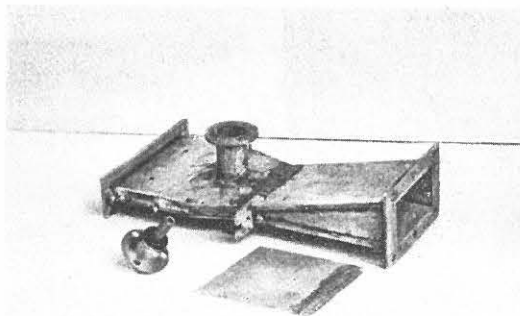


写真2 Magic Tee

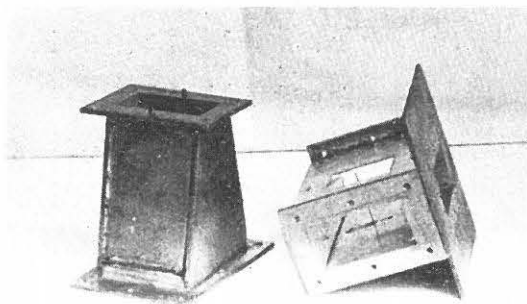


写真3 組立

