

糧波における天頂温度の置換測定について

田中 春夫 柿沼 隆清
神藤 英彦 高柳 利男

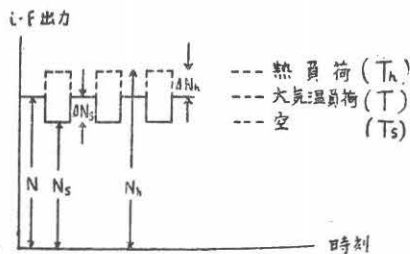
I. 緒言

天体電波の輻射強度を知る爲には天頂温度を正確に知る必要があるし、又天頂温度が分つていれば測定のと度所謂熱負荷を用いなくても radiometer を較正することが出来る。然るに天頂温度に関する二三の文献⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾を見てもこの温度を明記したものが見当たらないので以下に述べる実験を行つた。

II. 置換法

置換法と云つても絶対零度附近(天頂温度は絶対零度近くである)の抵抗負荷と置換することは不可能である。併し if 出力を第1図の如く表わせば、

第1図



$$N = FGkTB$$

$$N_s = (F-1)GkTB + GkT_sB$$

$$N_h = (F-1)GkTB + GkT_hB$$

であるから

$$\Delta N_s = N - N_s = GkB(T - T_s)$$

$$\Delta N_h = N_h - N = GkB(T_h - T)$$

となる。

但し F : 総合雑音指数 k : ボルツマン常数

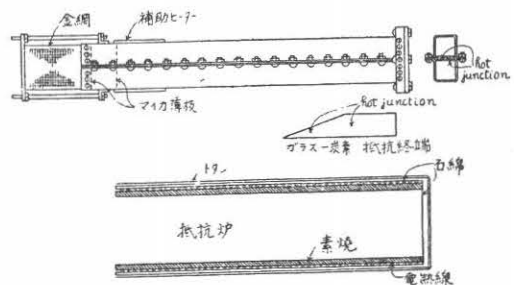
G : 有能利得 B : 帯域幅

上式より $T - T_s = T_h - T$ とすれば、 $\Delta N_s = \Delta N_h$ となるから if 出力を2乗検波すれば低周波における両者の振幅は等しくなる。従つて約 300°C の熱負荷を用いれば置換法により T_s を求めるわけである。

III. 熱負荷⁽⁴⁾

導波管は 300°C になるとハンダが使えないから第2

第2図



図の様に折り曲げて作り全部ビス止めとした。この様に中央で合せる様にした方が角をビス止めするより損失が少いと考えられる。抵抗終端はガラスの上にアカダックを塗布したものを2枚合せて用い、室温で整合をとつておくと 300°C にしても整合は VSWR にして 1.05 以内に保たれる。これを加熱するには第2図に示す様な炉の中に入れるのであるが、導波管の熱傳導が極めてよい爲金網導波管を入口につけて冷却するのを防いだ。測定中この金網の部分の動きと整合がくずれるので、支柱をつけて補風してある。又空気の対流による冷却を防止する爲に 0.1mm 程度のマイカ板を2枚図の様に挿入した。以上の考慮を拂つても入口の温度は当然下るので図の様に補助ヒーターを導波管に密着させて内部の温度が一樣になる様調節した。炉の加熱電力は 1 kW で 300°C になる迄には約1時間を要する。

温度の測定には銅-コンスタンタンの熱電対を用い、第2図に示す様に2カ所に hot junction を置いて抵抗体の温度が一樣であることを確かめる様にし、較正には鉛の融点及び水の沸点を用いた。

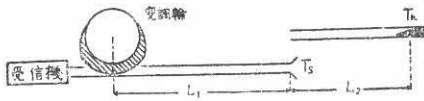
IV. 傳送損失

変調輪からアンテナ迄、アンテナから熱負荷迄の減衰を夫々 L_1 , L_2 とすれば、変調輪の所における見掛上の雑音等価温度は

$$\text{空} : T_s' = L_1 T_s + (1 - L_1) T$$

$$\text{熱負荷} : T_h' = L_1 L_2 T_h + (1 - L_1 L_2) T$$

第 3 図



従つて受信機出力は夫々 $T - T_s' = L_1(T_s - T)$, $T_h' - T = L_1 L_2(T_h - T)$ に比例する。 $T_s - T = T_h - T$ であるとき $T - T_s' = (T_h' - T)/L_2$ である。それ故もし熱負荷をアンテナと置き換えて接続するとき相当長い導波管を途中で接続するならば、当然その伝送損失を測定*しておかなくてはならない。

しかし L_2 が均等に分布された損失でないでこの測定はかなり困難であるから無視出来る程度にすることが望ましい。そこで第 4 図の如く熱負荷を近接させ

第 4 図



て接続することにした。尚金網導波管及びマイカ板を含めた熱負荷用導波管の伝送損失は実験的に 1% 以下である。

又マイカ板は 0.1 mm 程度の厚さでも 10% に及ぶ損失を有するものがあるから注意を要する。

V. 置換誤差の除去

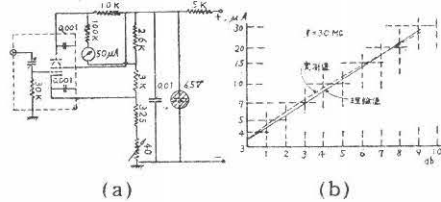
Radio meter の較正に際し最も重要且困難な問題は置換誤差の除去である。この誤差は注意しないと数十度にも達し得る。アンテナ側に接続されるインピーダンスが常に全く同一であればこの誤差は生じないのであるが、これは実行不可能なことであるから、このインピーダンスが多少変つても誤差を生じない様に変換器、中間周波増幅器入力回路を調節しなければならない。現在は magic T による平衡変換器を用い、局部発振出力に対してのみならず、これに重畳する微弱信号に対しても極力平衡をよくとつてアンテナ側イン

ピーダンスが VSWR で 1.1 位迄は誤差が認められない様になつている。平衡変換器の完全平衡は中間周波増幅器入力回路迄含めてとられねばならず、現在も未だ完全に解決されていない。これについては尚研究中であるので後の機会に述べる積りである。

VI. 2 乗検波器

使用した 2 乗検波器は第 5 図(a)の如きものである。検波すべき雑音平均 2 乗電圧の約 4 倍の電圧迄 2 乗特性にする必要があるが、実際の中間周波出力段を含めた総合特性は第 5 図(b)の如く多少これからずれている。併しこの程度ならば認めうる程の誤差は出て来ない。

第 5 図



VII. 低周波における位相反轉誤差の除去

II. に述べた様に信号雑音の等価温度が大気温より高い場合と低い場合とを置換するのであるから、変調周波増幅器のどこかで信号又は局部電圧の何れか一方の位相を反轉して熱負荷の場合記録計を空の方へ振らせる必要がある。この際同期整流器の直流出力電圧が逆符号で全く同一の値でなければ誤差を生ずる。

同期整流器の平衡がよくとれていて信号及び局部電圧の位相がよく合つていればこの誤差は殆んど無いが、これは予め入念にしらべておく必要がある。又一般に信号側の位相を反轉せしめた方が誤差が少ない。

* この測定には次の如き方法を用いた。

- (1) 定在波測定器の一端を短絡し探針の位置對檢波電流の關係を求める。特に檢波電流の極小(谷)のときの位置 x_0 附近をダイヤルインジケータで精密に測定する。
- (2) 次に被測定導波管の一端を短絡して定在波測定器に接続し檢波電流極小値を測定する。

但しこの場合極大値は(1)の場合と等しくする。

(1)に求めた探針の位置對檢波電流の關係から(2)の場合の極小値に相当する位置の x_0 よりの偏差 d を求める。

(1)に求めた關係は錫石の檢波特性によつて種々異なるであろうが、錫石の檢波特性が何乗特性であつても(1)の場合の導波管内の電力分布は $P_{max}[\sin(2\pi d/\lambda_g)]^2$ なる形をしている筈である。(1)と(2)の場合の極大値は等しいから(2)の場合の VSWR. r は

$$r = 1/\sin(2\pi d/\lambda_g) \text{ である。}$$

もし損失が均等に分かれているとすれば被測定導波管の伝送損失は

$$8.686 \times \frac{1}{r x_{min}} \text{ db/m とする。}$$

但し x_{min} は(2)の場合の短絡板から檢波電流極小の位置迄の距離である。

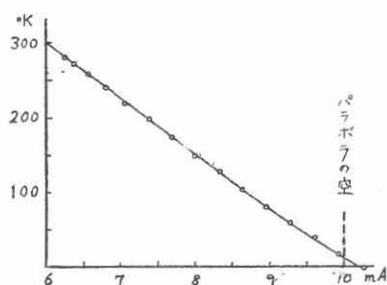
そしてかかる大きな VSWR を測定するためには我々は矩形波変調信号及び直讀定在波測定用選擇増幅器を用いた。

以上の方法によれば錫石の檢波特性を求めることなくかなり正確な測定が出来る。我々が最初用いた長さ約 1 米の導波管(屈曲導波管を含めて 7 箇の小導波管よりなる。)の伝送損失は均等分布として 0.137 db/m であつた。

VIII. 測 定

先ずアンテナを天頂に向け十分利得が安定してから熱負荷を接続し加熱を開始する。5分毎に温度を記録して行くと共に2つの熱電対の示す温度が等しくなる様に補助ヒーターをスライダックで加減する。空の温度の方向に換算して0°K附近になつたら手早くアンテナに換えて天頂に向け、温度対振れを第6図の如くグラフに画いて一致点を定める。以上のことを日を交えて数回繰返した。その結果波長8cmで現在用いているパラボラを天頂に向けた時の温度は8°~13°Kの中に入っている。

第 6 図



さて抛物面反射鏡には漏洩及び損失があるのでこれは天頂温度を示していない筈である。

そこで次にこれを長さ約2mの電磁ラップにおきかえてその差を数回測定した。その結果約10°Kと云う値を得たので天頂温度は-2°~3°Kと云うことになるが、これが負であることは考えられないので0°~3°Kと云うことになる。併し各部の誤差が全く除かれていると云うことはあり得ないから目下の所大体0°~5°Kと云うことしか云えない。

IX. 螢光燈雑音源の等価温度の測定

以上述べた測定により天頂温度が求められ受信機の較正が出来たので螢光灯の雑音等価温度を測定してみた。

螢光燈(マツダ製晝光色10W型)を導波管の側面に直角に挿入して整合をとり減衰器を附してその雑音等価温度が大体600°Kになる様にし、その時の減衰器の減衰量より螢光燈の雑音等価温度を算出した。減衰器の減衰量はIVの脚註に述べた傳送損失の測定法(VSWRを求める方法)を應用すれば鉍石の檢波特性を正確に求めることなしに較正することが出来る。

その結果気温11°C、点火後2分、電流90mAで13500°Kと云う値を得た。

この値はMunfordが発表した結果とかなりよく一致していると思われる。

X. 結 言

結論として波長8cmでは天頂温度を絶対零度と考えて実用上差支えないと云うことが分つた。測定には既述の如く細心の注意を拂つたのであるが、誤差±1°K程度で測定する爲には総合誤差数百分の一の精度を要求されることになり現在の所不可能である。併し目下中間周波増幅器の帯域幅を拡張し、又置換誤差を減少すべく計量しているから尙多小精度が上がることを期待している。尙今回は天頂温度の時間による変動の可能性については触れなかつたが、この測定については別に考えなければならない。

末筆ながら本研究に絶大なる御支援を賜つた東大高周波研究室龍助教授、柳井助教授、田宮潤氏並びに東京芝浦電気株式会社の方々へ厚く感謝の意を表す。

文 献

- (1) A. E. Covington: Proc. I. R. E. (April, 1948).
- (2) A. E. Covington: "Microwave Sky Noise." Jour. Geophys. Res. 55, No. 1 (March, 1950).
- (3) J. L. Lawson, G. E. Uhlenbeck: "Threshold Signals." M. I. T. Rad. Lab. Series. 24.
- (4) C. G. Montgomery: "Technique of Microwave Measurement." M. I. T. Rad. Lab. Series. 11.

附 記

文献(2)によれば大氣の吸収が大きければ、次の方法によつても天頂温度を求め得る。

T_0 を天頂から角 θ の方向にアンテナを向けたときのアンテナ等価温度、 T を大氣温とすれば

$$T_0/T = 1 - (1 - T_0/T)^{\sec \theta} \text{ なる関係がある。}$$

今アンテナを天頂に向けた時の振れを D_0 、天頂から角 θ の方向にアンテナを向けた時の振れを D_θ とすると、 D_0 、 D_θ は夫々 $T - T_0$ 、 $T - T_\theta$ に比例する。

$$D_0/D_\theta = T - T_0/T - T_\theta$$

T_0 に上の関係を代入すると T_0 を求め得る式

$\log D_\theta/D_0 + \log(T - T_0)/T = \sec \theta \log(T - T_0)/T$ を得る。従つて振れ D_θ 、角 θ より T_0 を求め得る。併しこの方法ではアンテナの副輻射が大きいと、傾けた時に地面その他の物体からの輻射が入り、又波長8cm程度では大氣の吸収が極めて小さいから大きな誤差を生ずる可能性がある。(昭和27年5月10日)