TV 放送機用擬似空中線と付属回路

東京芝浦電気株式会社 伊 藤 健 一

TV 放送機に用いられる擬似空中線は VHF を使用し、かつ TV であるため広帯域特性をもたせる必要があるので技術的に相当複雑なものとなっている。本文では、1 kW 程度の小型放送機から 50 kW の大電力放送機に使用されている擬似空中線の現状を説明するとともに、入力端子より見た S.W.R 特性がよく、しかも冷却もよい形状の抵抗体につき詳論し、さらに理論的に計算した結果を設計図表としてまとめた。またアンテナとの切替回路特に現在最も広く実用化されている 1/4 波長を利用した回路の特性を理論的に求めた。

測定用標準抵抗

TV 放送機の保守ならびに調整にあたり、フィード系のサージインピーダンスに等しい抵抗値を有し、かつ S.W.R. 特性のきわめてよいいわゆる標準抵抗の果たす役割はかなり大きいものがある。すなわちその主な使用方法としては、(1) 映像用被変調増幅器ならびに電力用直線増幅器の陽極同調回路の調整⁽¹⁾、(2) 側波帯フィルタ (Vestigial Side Band Filter) の調整、(3) アンテナ擬似空中線切替器の調整、(4) アンテナの特性チェックなどを挙げることができる。このような目的で使用される標準抵抗は、たかだか 10 ワット程度の電力に耐えるものでよいが、電気的性能は可能な限り良好なものが要求されるので、使用する同軸フィードの寸法に合わせた Exponential 状の補償管を用い、TV 帯域内はもちろんだいたい直流より 300 Mc 付近に到るきわめて広い周波数範囲にわたり、S.W.R. 値を 1.01 以下になるよう工作されている。

このように標準抵抗はきわめて厳重な特性を要求されるのでその工作がデリケートなものとなり、したがって

傷もつきやすいのでその取扱には十分に注意を払う必要がある。

この種標準抵抗の代表的な例を第 1 図に示す。

空冷式擬似空中線

だいたい出力 5 kW 以下の TV 放送機に用いられる擬似空中線としては、(1) 抵抗体を直接冷却する強制空冷方式 (2) 抵抗体を油で冷却しその油を強制空冷する間接式の二通りの方式が実用化されている。

まず直接冷却する方式のものは、出力 1 kW 程度のものまで作られている。写真 1 が 1 kW 放送機用の擬似空中線の一例である。この程度の大きさになると、冷却に必要な風量も相当多くなるので、放送機に用いられている強制空冷式送信管の冷却用送風機の風の一部を利用する。その構造としては、良好な電気的特性を得ることももちろん大切な事柄ではあるが、標準抵抗のような Ex-

写真 1 1 kW TV 放送機用空冷式擬似空中線

"Artificial Load and Accessory Circuit for TV Transmitter" by Kenichi Ito.

第 1 図 標準抵抗の代表的な構造図

ponential 状の補償管を用いたのでは抵抗の先端部の冷却が十分でなく、したがって大きい電力に耐えられないので、例えば後述するような補償管を用いないものなどが工夫されている。第2図に構造の一例を示す。

次に抵抗体を一度油で冷却し、その油を強制空冷する方式のものは最大 5kW 用のものまで製作されている。この種類の S.W.R 特性は所要の TV 帯域内において 300 W 用で 1.02, 1kW 用で 1.04, 5kW 用で 1.06 程度のものが得られている。所要風量は 1kW 用で 4 m³/分, 5kW 用で 20m³/分 で共に風圧としては 10 mm 水柱程度のものが要るので、放送機とは別の独立した送風機を備える必要がある。油の温度上昇は 70°C にも及ぶので、パッキングには十分留意する必要がある。なお油としてはコンデンサ油を使用している。

水 冷 式 擬 似 空 中 線

10kW 以上の大型放送機になると水冷方式の擬似空中線が使用される。水冷式にも2種類あって、(1)抵抗

体を油で冷却し、その油を水で冷やすいわゆる2次水冷方式のものと、(2)抵抗体を直接水で冷やす方式のものがある。

1. 油を使用するもの

冷却用油としてコンデンサ油を用いたものが作られたこと

第3図
水冷式擬似空中線の内部構造

もあったが、現在ではあまり使用されていない⁽³⁾。特殊な油を使用した例として米国 RCA 社のものがある。写真3にその外観を示す。油としては熱伝達係数の大きいダウサム A (Dowtherm-ダウケミカル社の商品名)を使用している。抵抗体としては普通の炭素被膜抵抗を使用し冷却のよいようガラス製の油のガイドを設けてある。補償管としては Exponential 状のものを用いている。しかしダウサム油は引火点が低く、また12°Cで凍結するので冬期には起動用電熱器を必要とし、さらに油自身非常な悪臭があるので、その取扱がきわめてやっかいである。

2. 水で直接冷却するもの

前述の、油を使用する水冷式は設備が複雑でかつ油を用いるので、取扱いが多少厄介になる欠点があるが、抵抗そのものは化学的に変化を受けることが少なく安定に

第2図 空冷式擬似空中線の構造図 (直接冷却式)

写真2 冷却用油を併用した空冷式 5kW 擬似空中線

写真3 特殊な油を用いた米国 RCA 社製擬似空中線

写真4 ダウサムAを用いた10kW用擬似空中線分解写真

運転できる利点がある。これに反し水で直接冷却する方式は設備としては小型となり保守も容易で費用的に安くできる利点があるので近時盛んに用いられてきたが長時間使用すると抵抗体が化学的な作用を受け、抵抗値が多少変化してくる欠点がある。そうして電力の算定をする場合には冷却水を規定の水量まで落して測定しないと冷却水の温度上昇が少なくなり測定誤差が多くなるので流量を少なくして使用することはやむを得ないが、それ以外の時にはできる限り水量を多く流して使用し、水も可能な限り良質のものを用い、かつ抵抗体を消耗品と考えて使用することにより将来ますます利用されるものと考えてる。第3図に代表的な構造⁽⁴⁾を示す。S.W.R. 特性を良好にするためには水の誘電率 (ϵ) の影響をできる限り少なくする必要があるので端子構造に特別な工夫をしたり⁽⁶⁾、あるいは抵抗体の内側に誘電率の小さい物体を挿入したり⁽⁶⁾⁽⁷⁾して分布容量を極力少なくすることが必要となってくる。写真5は50kW大電力TV放送機用の擬似空中線写真6が15kW放送機用のものである。写真6に示されるように、温度計、流量計(ロタメータ)流水継電器、水濾器、ストップバルブなどを有し測定を容易にする一方安全装置についても必要なものが装置されている。

補償管を用いない擬似空中線の設計資料

空冷、水冷を問わず強制冷却をする場合 Exponential 状の補償管を付すと十分良好な冷却を実現することが困難になってくる。このような場合に採用される補償管を用いない方式につき種々の特性を理論的に計算した結果をあげ、設計の資料としよう。計算の基礎となったもの

第5図 補償管を用いない擬似空中線
等価直列抵抗(r)の図

第6図 補償管を用いない擬似空中線
等価直列リアクタンス(x)の図

したもののが第5図と第6図である。

次にこの図の使い方を例を以て説明しよう。フィーダ系のサージインピーダンス Z_0 を 50Ω とする。77 D

第1表

f (Mc)	$\lambda/4$ (mm)	ξ	r	x	S_1
50	1500	0.0667	1.00	-0.03	1.03
100	750	0.133	1.00	-0.055	1.05
150	500	0.200	1.00	-0.085	1.09
200	375	0.267	1.00	-0.13	1.13
250	300	0.333	0.995	-0.155	1.17
300	250	0.400	0.990	-0.205	1.22
350	214	0.467	0.975	-0.25	1.27
400	188	0.532	0.960	-0.29	1.34
450	167	0.600	0.925	-0.34	1.43
500	150	0.667	0.885	-0.385	1.52

写真 7

($3\frac{1}{8}$ ") 型 フィーダを用いるとすると、 $d_0=33.4$ mm $D_0=76.9$ mm である。抵抗体として長さ 100 mm, 直径 60 mm のものを使用するものとする、 $l=100$ mm, $d_1=60$ mm となる。もちろん抵抗体の直流抵抗値は 50Ω にしておく必要がある。さて D_1 を 91 mm とすると、 $D_1/d_1=1.52$ より $Z_1=25\Omega$ となり $q=Z_0/Z_1$ より $q=2$ を得る。ここで第5図、第6図を利用して種々の周波数における特性を計算すると第1表のようになる。

擬似空中線における電力の算定

空冷式の場合には比較的電力も少ない関係上、100 V あるいは 200 V の商用電源をそのまま 50Ω の擬似空中線に加え、それぞれ 200 W および 800 W の電力を抵抗にあたえたり、あるいは同じく商用電源を用いスライダックにより適当な電圧にして抵抗に入れ、その際の電圧あるいは電流値より抵抗体で消費される電力を計算により出し、冷却風の温度上昇

第7図 水冷式擬似空中線電力計算図表

擬似空中線 駆動電動機

第8図 1/4波長回路を用いる切替器 (図は送信機出力がアンテナに行く場合を示す)

と電力との関係をあらかじめ較正しておくことにより比較的容易に電力の算定ができる。

水冷式の場合は電力も大きくなり、例えば 50 kW 用のテストの時など試験設備も重電機関係工場のものを用いて実施した経験などから考え、製造工場においてもいろいろ較正曲線を作ること、は、労多くしてあまり意味がないように考えられるので、多くの場合カロリー計算より出した計算式または計算図表によって電力を算定している⁽⁸⁾。すなわち

P (kW) : 擬似空中線に入る電力 (実効電力)

Q (l/min) : 1 分間に流れる冷却水量 (リットル)

T (°C) : 冷却水の温度上昇

とすると $P = 0.0697 \cdot Q \cdot T$ (3)

なる関係が成立する。これを計算図表にしたのが第7図である。ここで注意すべきことは、 P が実効電力を表わすから音声放送機の出力は実効電力そのものでよいが、映像放送機の出力は真黒信号で変調した時の実効電力を 1.68 倍したものが尖頭出力となることである。第7図では音声出力 (実効値) ならびに真黒信号で変調した時の映像出力 (尖頭値) も共に同一の図表より求められるよう工夫されている。

擬似空中線とアンテナとの切替

擬似空中線とアンテナとの切替はできる限り簡単で、しかも短時間にその上特性を劣化させることなく実施できることが望ましい。しかし「導波管のように、真中に邪魔物がないと楽なんだが」という声が出るほど切替器

開 放 時

短 絡 時

写真 8 1/4 波長回路を利用した切替器の内部機構

の構造は複雑であり、その上マイクロ波に比し電力が桁違いに大きい。現在用いられている方式としては、

(1) 中心導体を文字どおり希望する方へ接続し、他方から切りはなす方法 (2) U字管を用いる方式 (プラグイン切替方式) (3) 1/4 波長回路を利用する方法などがある。

まず (1) については目下研究の段階であって実用化までには到っていない。(2) については写真7に見られるように人の手により切替えるものであって一番確実で且つ特性も劣化しない利点があるが、切替に多少時間がかかる欠点がある。(3) の方式が現在最も多く採用されている⁽⁹⁾。第8図において、AB, BD 間がそれぞれ 1/4 波長になっており、A 点が開放されたとき D 点が短絡され、逆に D 点が開放された点 A 点が短絡されるような機構となっている。写真8に A および D 点に使用される同軸フィーダの短絡機構を示す。1/4 波長の終端短絡回路の入力インピーダンスが無限大となる性質を利用して伝送電力をアンテナまたは擬似空中線のいずれか一方へ導くことができ、切替器の目的を達することができるのである。

写真9が 1/4 波長を利用した切替器の写真である。但しこの写真はテストのため負荷として標準抵抗を用いている。また写真9にも見られるが、モーター駆動により遠隔操作も可能であり、切替も 2~3 秒で完了すること

第9図 $\lambda/4$ 回路を利用した
アンテナ擬似空中線切替
回路の入力 S.W.R 特性

問題を理論的に解析し、その結果をまとめたものが第9図と第10図である。第9図中の S_1 なる曲線が第10図の P 点より見た切替器の S.W.R 値を示したものであり、さらに実際のテレビチャンネルにあてはめたものが第10図の A~D の曲線である。図より明かなように、多少 S.W.R 値が帯域の端の方で劣化しており、特に 1 ch (第1チャンネル) で使用する際には注意が必要になってくる。第10図の使用方法を次に実例で説明しよう。4 ch の場合について考えると、中心周波数すなわちちょうど各部の長さが波長の $1/4$ となる周波数として 173.25 Mc ($\lambda/4 = 43.2$ cm) をえらぶと (映像搬送周波数は 171.25 Mc) 171.25 Mc の S.W.R. は 1.02, 169.25 Mc では 1.038, 176.75 Mc では 1.028 の S.W.R 値となるのである。なお 2 ch, 5~11 ch に対応する曲線はいず

ができる。ただこの切替器の欠点は特性の劣化することである。すなわち切替器の長さがちょうど $1/4$ 波長であればなにも問題ないわけであるが、周波数が $1/4$ 波長となるべき中心周波数より離れるに従い切替器の S.W.R. 値が劣化していくことが当然予想され、しかも TV では相当高い帯域を考えなければならぬからここに「 $1/4$ 波長回路を利用した切替器の S.W.R 特性」が問題となってくる。この

第10図 $\lambda/4$ 切替回路の入力 S.W.R. 特性

れも第10図の曲線 AB および CD の中間にあるので省略した。

普通この程度の S.W.R. 特性で十分なわけであるが、特別に特性を吟味しなければならない時には S.W.R. 特性の劣化を補償する回路として切替器の T 分岐の所より $1/4$ 波長離れた個所にスタブを挿入する方法を採用しなければならない。この際用いるスタブ自身のサージインピーダンスには多少幅があるが、製作上容易な 50Ω のものを用いるのが普通である。このスタブを入れたときの計算方法は文献⁽¹⁰⁾に述べた方法とまったく同じであるので、計算結果のみを図にしたものが第9図の曲線 S_2 および第10図の E~H である。スタブを挿入することにより S.W.R 特性が相当改善されていることを知る。

む す び

以上 TV 放送機に使用される擬似空中線の現況を述べ、あわせてそれに付属する回路について説明した。地味ではあるがきわめて重要な擬似空中線関係の研究がますます盛んになることを希望する。

(昭和35年5月28日受付)

【参 考 文 献】

- (1) 例えばテレビジョン工学ハンドブック p.382
- (2) 例えば放送技術叢書 超短波 (下) p.183
- (3) 小林; “液冷式超短波ダミミロード” 電気通信学会誌 38, p. 593 (昭30-8)
- (4) 伊藤小林; 実用新案第 468314 号 液冷抵抗器
- (5) 伊藤; 実用新案 第469592号 液冷式同軸型ダミミロード
- (6) 伊藤; 特許 第251087号 同軸型ダミミロード
- (7) 伊藤; “同軸形擬似負荷” 東芝レビュー 15巻4号, p. 420 (April-1960)
- (8) 例えばテレビジョン工学ハンドブック p. 407
- (9) 例えばテレビジョン工学ハンドブック p. 408
- (10) 伊藤 “Hybrid 形ダイブプレクサの特性” 電気通信学会誌 41, p. 469 (昭33-4)

写真 9 $1/4$ 波長回路を用いた切替器外観図