

UHF-TV 放送用小形空中線共用装置

Miniature Multiplexer of the UHF-TV Broadcasting Antenna

近 藤 勲* 齋 藤 信 夫*
Isao Kondō Nobuo Saitō

遠 藤 義 幸* 御 子 柴 晃 一**
Yoshiyuki Endō Kōichi Mikoshiba

要 旨

UHF-TV サテライト局の小形化に伴い、空中線共用装置の小形、簡易化が強く望まれている。本装置はストリップラインによる 3 dB カップラーとノッチフィルタを組み合わせたもので、従来の同軸形に比べ、電氣的、機械的特性をそこなわずに占有体積 1/5、面積 1/3~1/4、重量 1/4~1/5 に小形化したものである。

1. 緒 言

TV サテライト局の置局計画は人口の多い地域から順に進められている。したがって建設開始当時は比較的規模の大きなサテライト局(出力 100~300 W)が大部分であった。最近では建設計画が急速に進み山間へき地の小規模なサテライト局(出力 10 W 以下)がほとんどになり、放送電力が少なく済むようになった。このため放送機器はトランジスタ化され、出力段の TWT(進行波管)化と並行して非常に小形化され、サテライト局全体が小形、簡易化された。

UHF-TV 用空中線共用装置はサテライト局の経済化を図るうえに欠かせないものであるが、性能本位に設計された従来のものは大形で高価なため、小規模なサテライト局においては建設費に占める割合および据付面積が大きく、小形、簡易化が要望されている。従来の空中線共用装置は同軸形で、ハイブリッド回路に WX-39D 系ラットレース回路かブリッジダイプレクサ、フィルタは WX-77 D 系ノッチフィルタを Constant Impedance Notch Diplexer(以下 CIN とする)としたもので、これを縮小し小形にすることは次の理由から不可能である。

- (1) ラットレース回路やブリッジダイプレクサは同軸径を細くすることはできるが、長さを短縮することは原理的に不可能である。
- (2) フィルタも原理的に長さは短縮できず、損失の点から同軸径を細くすることも不可能である。

同軸線路に代わって小形化の目的に適したものにストリップラインがある。ストリップラインは同軸線路を平板状にしたもので、伝ぱん姿態が TEM 波であるから同軸線路の理論がそのまま使える。しかし同軸線路のように簡単に接続できないことと、たわみによる特性劣化の問題があり、高品質を要する回路に使用することは不適當で、特に空中線共用装置においては致命的な欠点である。このような種々の要因から空中線共用装置の小形化は非常に困難とされていた。

ストリップラインは従来マイクロ波帯に多く用いられており、フィルタや方向性結合器などによく用いられているが、それぞれ単体で使用する場合がほとんどで、これらを組み合わせて一つの回路網とし、さらに UHF 帯(700 Mc 付近)で用いた例は国内外ともに非常に数少ないように聞いている。

表 1 は同軸線路とストリップラインの特長を比較したものであり、筆者らは同軸線路とストリップラインの特長を適当に組み合わせて、それぞれの欠点を補い、小形、軽量で性能も従来のものと

表 1 同軸線路とストリップラインの特長

問題点	種 類	同 軸 線 路	ス ト リ ッ プ ラ イ ン
* 損 失	失	△	○
小 形 化		×	◎
接 続		◎	×
た わ み		○	×
構 造 の 簡 易 化		○	△

* 同軸線路径とトリプレートラインの厚さを等しくしたとき

等の空中線共用装置を開発した。

空中線共用装置の詳細な理論についてはすでに報告されている⁽¹⁾⁽²⁾ので、ここではストリップラインを用いた小形空中線共用装置の諸特性およびストリップラインを空中線共用装置に用いたときの問題点およびその対策について述べる。

2. ストリップラインと回路構成

2.1 ストリップラインの概要⁽³⁾

帯状の平行導体板で構成されたマイクロ波伝送回路を一般にストリップライン(strip transmission line, または単に strip line)と呼んでいる。図 1 (a)に示すように、同軸線路から平板状に変形された形式のものを平衡形、または対称ストリップライン(balanced, または symmetrical strip line)と呼んでいる。トリプレートライン(tri-plate line)あるいはサンドイッチライン(sandwich line)などと呼ばれることもある。中心導体は円形のときもある。

これに対し図 1 (b)に示すように、平行二線路から映像二線系をへて平行板伝送系に変形された形式のものを不平衡形、または非対称形ストリップライン(unbalanced, または unsymmetrical strip line)と呼んでいる。マイクロストリップライン(micro strip line)と呼ばれることもある。

2.2 回路構成

空中線共用装置は図 2 (a)に示すように 2 個のハイブリッド回路と、フィルタを CIN に組み合わせたものであることは周知のとおりである。

ストリップラインで CIN を構成する場合、特に考慮しなければならない事項およびその理由は、

- (1) たわみによる特性劣化のないこと。
フィルタは狭帯域で急しゅんな減衰特性を有しているの、わずかのたわみも特性に重大な影響を与える。
- (2) 二つのハイブリッド回路およびフィルタは平衡していること。

これはストリップラインを用いた場合に限ったことではない

* 日立電線株式会社日高工場

** 日立電線株式会社日高工場 工学博士

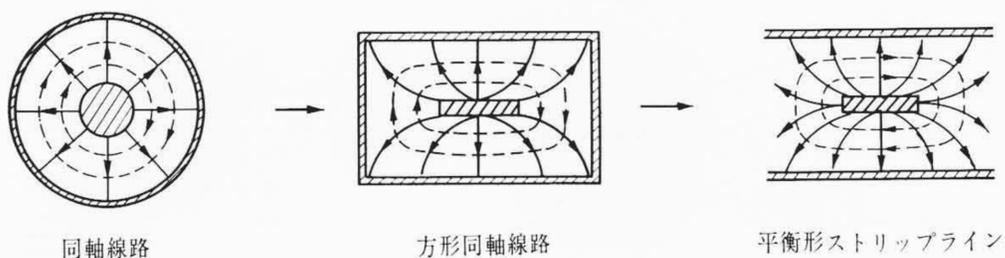


図1(a) 平衡形ストリップラインの基本形

——→ 電界
- - - → 磁界

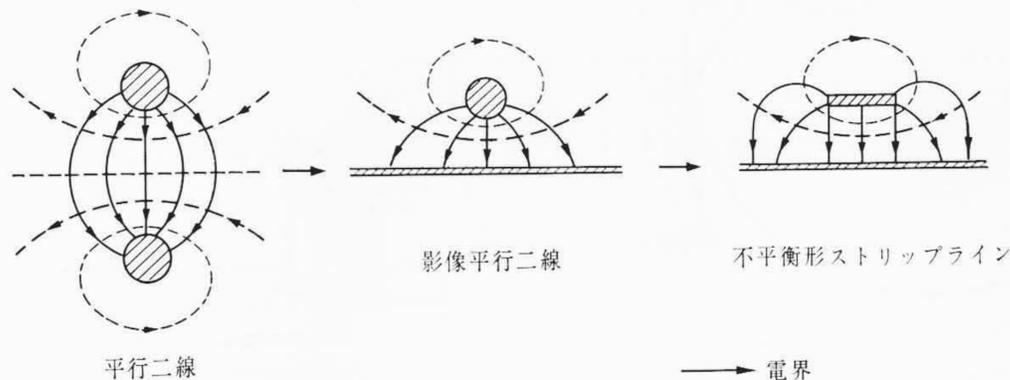


図1(b) 不平衡形ストリップラインの基本形

——→ 電界
- - - → 磁界

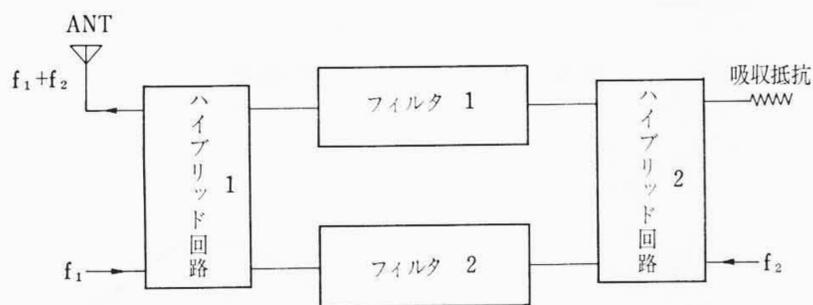


図2(a) CIN の原理図

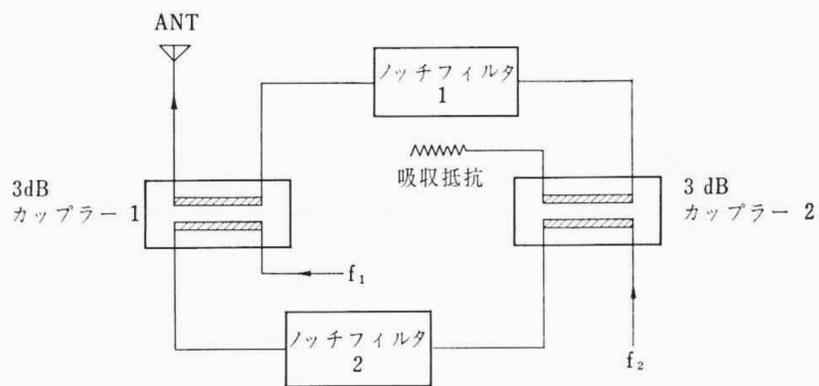


図2(b) 3dB カップラーとノッチフィルタによるCIN

が、CIN の特性は二つのハイブリッド回路とフィルタの平衡度に大きく左右される。

(3) ハイブリッド回路とフィルタの接続部が簡単に取りはずせること。

(2) の平衡度を良くするにはハイブリッド回路とフィルタを切り離し、それぞれ単体で調整しなければならない。

などである。

この条件を満足する回路構成として、図2(b)に示すようにハイブリッド回路に3dB カップラー、フィルタにノッチフィルタ(帯域阻止フィルタ)を用いて、CIN に組み合わせたものがよい。ここでストリップラインを簡単に接続することはできないので、3dB カップラーとノッチフィルタの入出力端子を同軸線路に変換し、これを解決した。

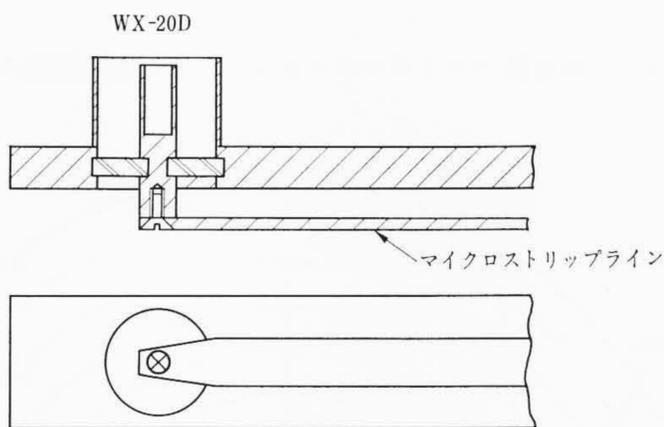


図3 同軸線路—マイクロストリップライン変換部分

3. 回路素子の概要

3.1 同軸線路—ストリップライン変換器

同軸線路とストリップラインの伝ぱん姿態は上述したようにTEM 波であるから、特性インピダンスが等しい場合これらを直接接続しても大した不都合は生じないが、接続部分(変換器)の不連続により反射が生ずる。不連続による反射は一般的な伝送線路の途中に、リアクタンスが直列または並列に接続された回路と等価である。これを打ち消すようにキャパシタンスまたはインダクタンスを付加してやれば、この反射を補償することができる。

図3にマイクロストリップラインと同軸線路の変換部分構造を、図4にVSWR 特性の測定結果を示す。

このように簡単な構造で良好な特性が得られたので、以下に述べる回路素子の小形、簡易化に大きな役割を果たしている。

3.2 3dB カップラー⁽⁴⁾

図5に示す分布結合回路において、結合線路長を $\lambda/4$ にすると、ハイブリッド回路として動作する。この動作を簡単に説明すると、端子1よりはいった信号は端子2と端子4にのみ現われ、端子3には現われない。端子4に現われた信号は端子2に現われた信号より $\pi/2$ rad 遅れている。ここで端子2と端子4の出力を等しくなるようにしたものが3dB カップラーである。

結合線路を同相および逆相励振した場合の特性インピダンス Z_{0e} 、 Z_{0o} は偶姿態特性インピダンスおよび奇姿態特性インピダンスと呼

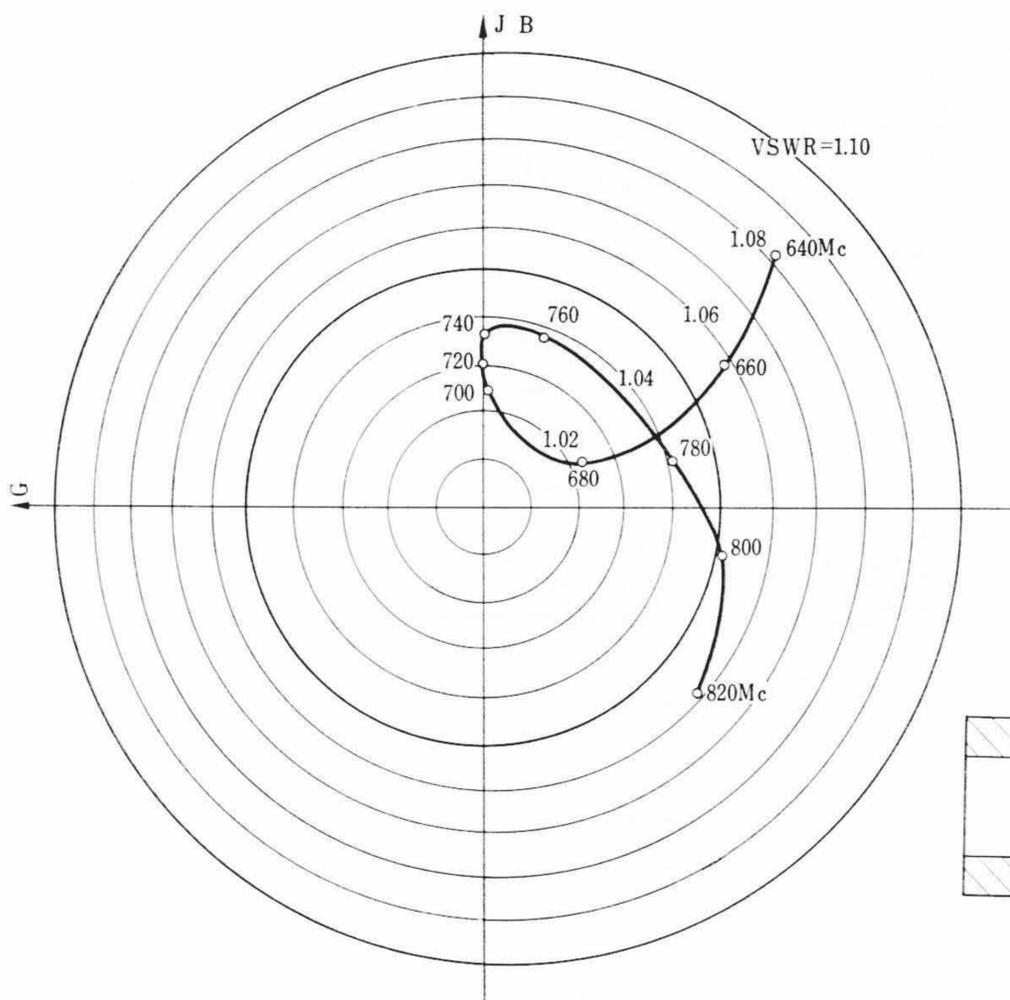


図 4 同軸線路—マイクロストリップライン変換回路の VSWR 特性

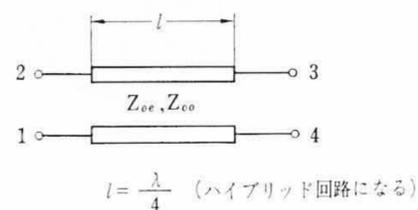


図 5 分布結合回路

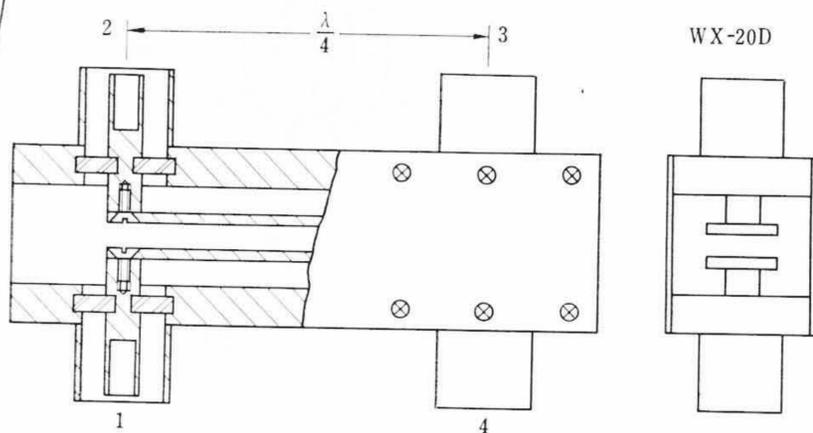


図 6 3dB カップラーの構造

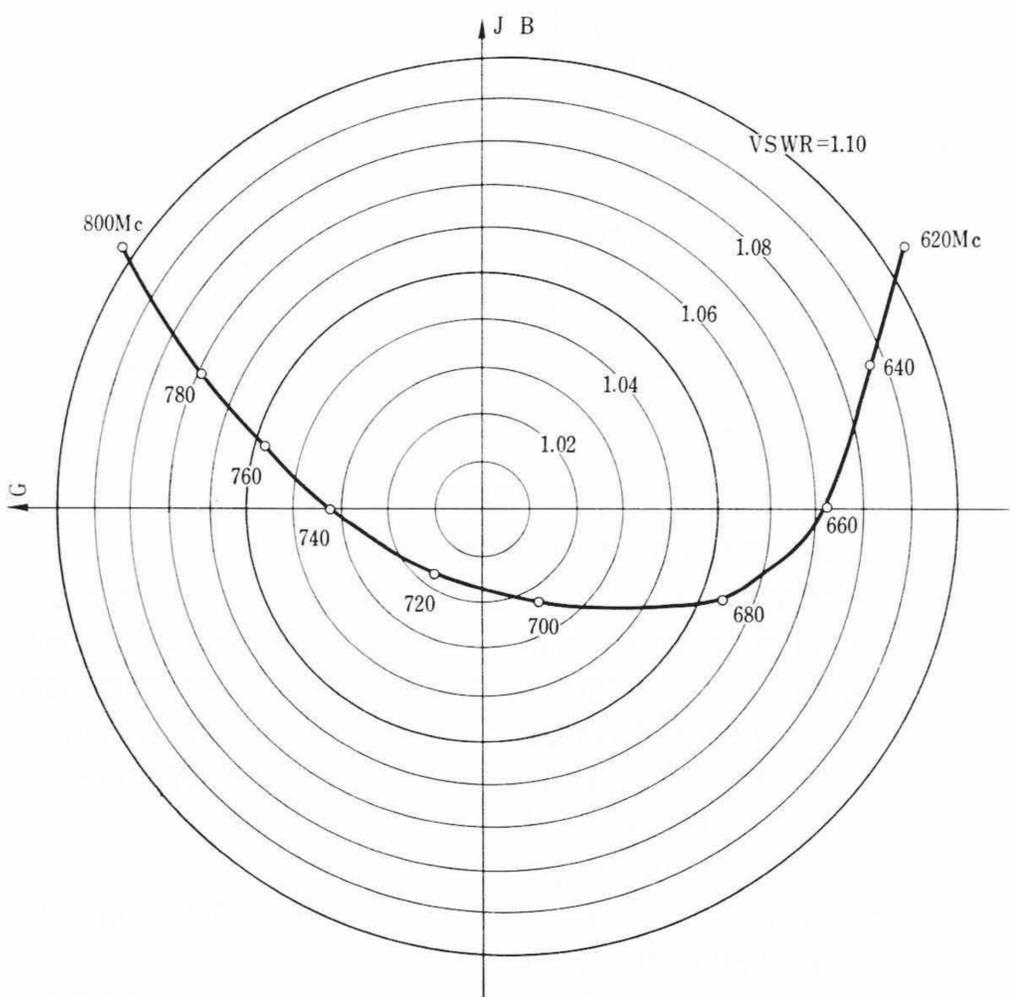


図 8 3dB カップラーの VSWR 特性

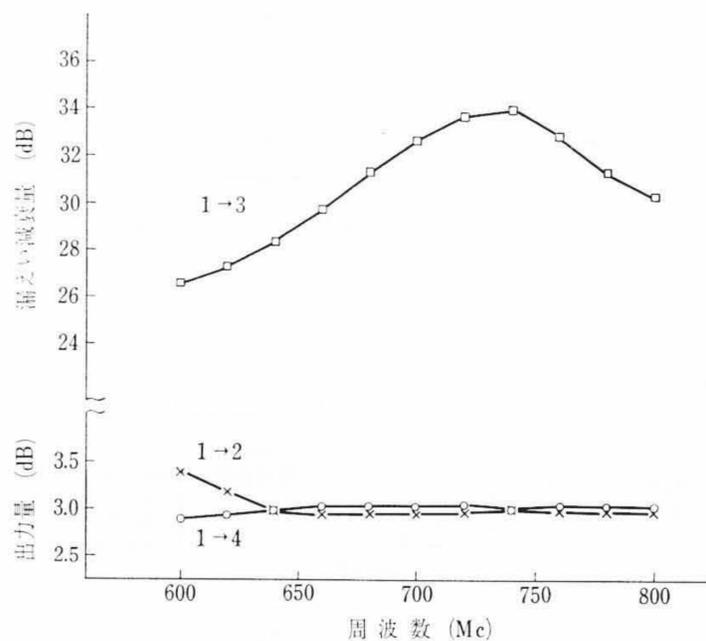


図 7 3dB カップラーの出力、漏えい減衰量

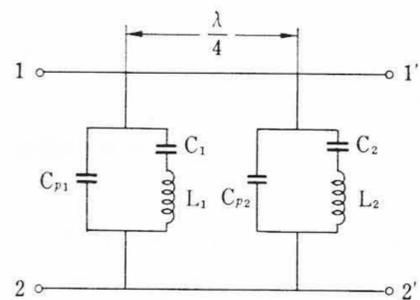


図 9 ノッチフィルタの等価回路

ばれ、2線間の結合度に対する関数で表わされる。3dB カップラーの場合、各端子の終端特性インピーダンスを 50Ω とすると、 $Z_{oe}=120.7\Omega$ 、 $Z_{oo}=20.7\Omega$ である。図 6 はこの構造を示したものである。内部導体の幅、間隔および位置は Z_{oe} 、 Z_{oo} より決定される。

図 7 は出力平衡度および漏えい量を、図 8 は入力 VSWR 特性を示したものである。出力平衡度 ± 0.1 dB、漏えい減衰量 30 dB 以上、VSWR 1.1 以下の周波数範囲は約 150 Mc (設計中心周波数 750 Mc) で、非常に広帯域である。

3.3 ノッチフィルタ

ノッチフィルタの透過減衰特性および反射減衰特性は 2 波共用と 3 波共用以上の場合では多少異なる。前者には通過域で有極性、後者には無極性の特性をもつフィルタが適している。図 9 に 2 素子形有極性フィルタの等価回路を示す。

二つ以上のリアクタンスを用いてフィルタを構成する場合、減衰特性には Wagner 形と Tchebyscheff 形がある。このノッチフィル

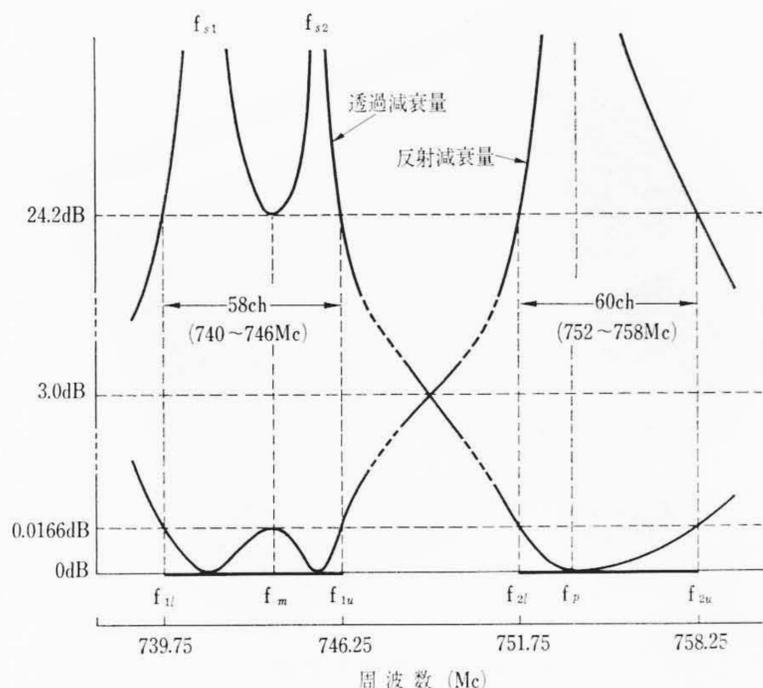


図10 ノッチフィルタの設計値

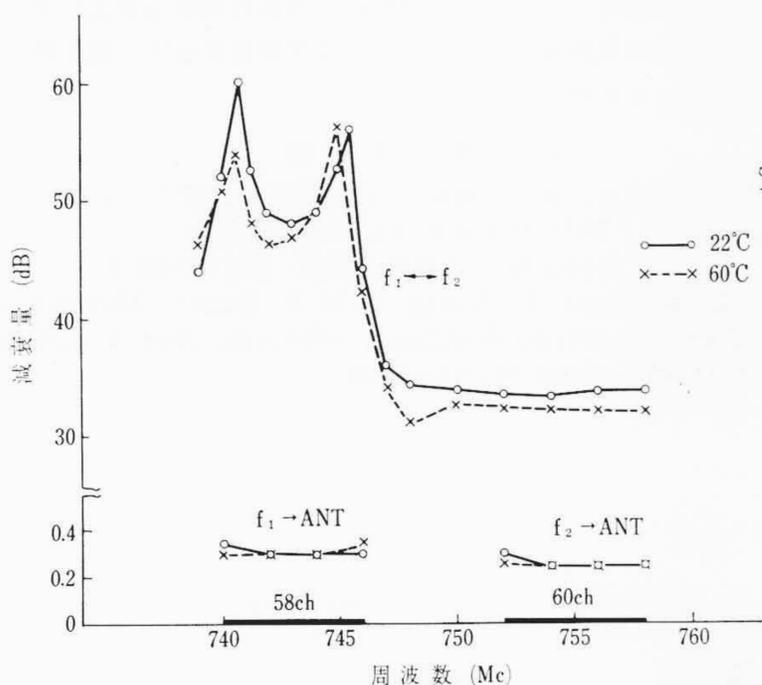


図12 空中線共用装置のそう入損失および漏えい特性

タは非常に急しゅんな特性が望まれるのでTchebyscheff形がよい。

図10は透過および反射減衰特性の計算値で、次の設計条件を与えたものである。

- (1) f_{1l}, f_m, f_{1u} における反射減衰量と f_{2l}, f_{2u} における透過減衰量が等しい。
- (2) 使用帯域幅 6.5 Mc (温度変化による共振周波数の変化に対して ± 250 kc の余裕をとった。)
- (3) チャンネル間隔 1 ch (ここでは 58 ch と 60 ch 2 波共用。)

透過減衰量および反射減衰量は図2に示したCINにおいて、 $f_2 \rightarrow$ ANT および $f_1 \rightarrow$ ANT への伝送特性に相当する。この特性は純リアクタンス減衰量で、これに抵抗損失を加えたものが実際の減衰特性である。

ストリップラインで図9に示すノッチフィルタの等価回路を実現する実際の構造は種々考えられるが、ノッチフィルタに課せられた条件はきびしく、特にたわみによる特性の劣化は最も懸念される。これらを考慮し伝送路にマイクロストリップライン、共振素子に中心導体を円形にしたトリプレートラインを用いた。さらに誘電体充実形にすればたわみは軽減されるが、損失が増加し調整も困難になるので不適當である。入出力端子の位置はCINに組み込まれた場合に、できるだけコンパクトになるよう考慮された。図11はノッチフィ

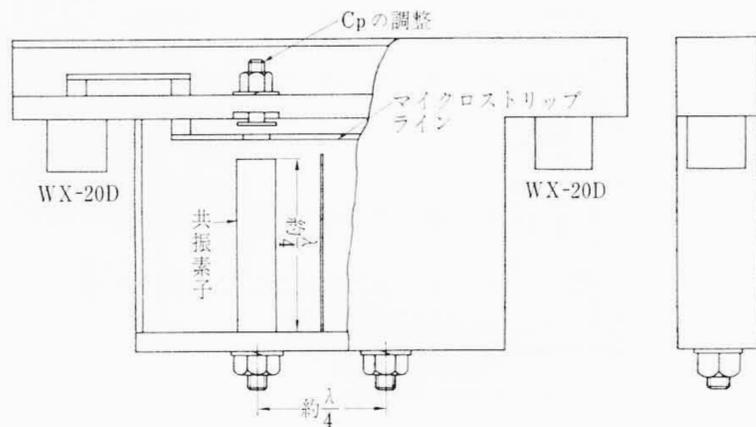


図11 ノッチフィルタの構造

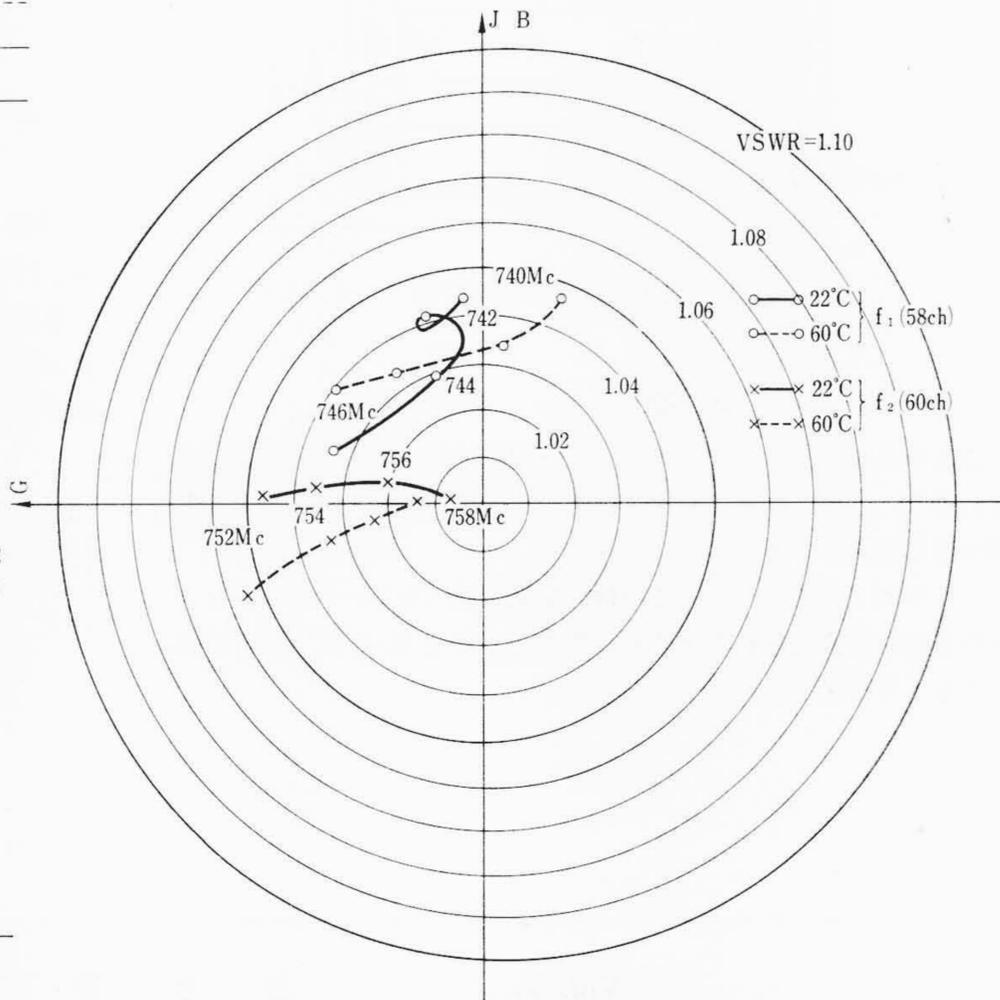


図13 空中線共用装置のVSWR特性

ルタの構造図である。

測定の結果によれば、たわみによる特性劣化は全然問題にならなかった。共振素子の Q_0 (無負荷 Q) は約 3,700 であった。単体の減衰量はCINに組み込まれた場合の透過減衰量と同じであるから省略する。

4. CINの測定結果

上述した3dBカップラーとノッチフィルタをCINに組み、種々の測定を行なった。図12に $f_1 \rightarrow$ ANT, $f_2 \rightarrow$ ANT 間のそう入損失および f_1, f_2 間の漏えい量を示す。図13は f_1, f_2 の入力VSWR特性である。そう入損失 0.3 dB 以下、漏えい減衰量 30 dB 以上、VSWR 1.05 以下の結果が得られ、従来の空中線共用装置の仕様を満足している。なお、同図に併記したとおり周囲温度を 60°C まで上昇させたが、これらの特性劣化はほとんど認められなかった。商用周波数による耐圧試験は 3,000V、コロナ発生電圧は 2,000V である。使用帯域内遅延時間偏差はノッチフィルタの設計理論が従来のものとまったく同じであり、問題ないので省略する。

図14, 図15は本小形空中線共用装置の概要および外観を示したものである。

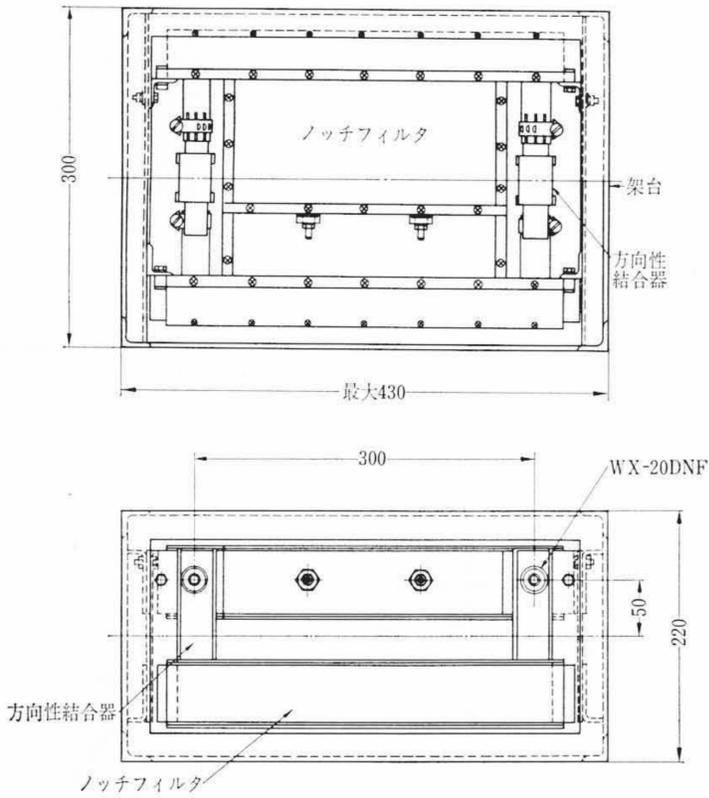


図14 空中線共用装置組立図

5. 結 言

以上のとおり、ストリップラインと同軸線路の特長を適当に組み合わせ、小形、軽量で性能も従来のものに匹敵する空中線共用装置が得られた。

ここでは2波共用についての検討結果を述べたが、ノッチフィルタの特性を無極性とし多少の改良を加えることにより、3~5波共用にも十分可能と思われる。

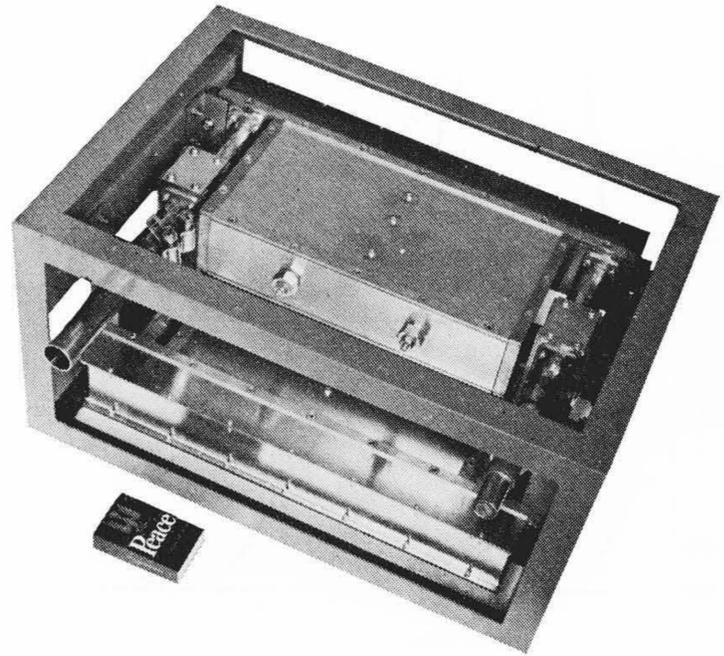


図15 空中線共用装置

UHF-TV サテライト局はさらに小形化される傾向にあり、本稿がこれらの参考になれば幸いである。

最後に種々ご指導いただいたNHK総合技術研究所遠藤主任研究員NHK送信設備部近藤圭二氏および日立電線株式会社日高工場の関係者に深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 八田, 瀬成田, 真下, 城取: 日立評論 46, 1717 (昭39-10)
- (2) 副島末好: NHK技術研究 15, 325 (昭38-5)
- (3) 板倉清保, 熊谷信昭: 超高周波回路, 265 (昭-38 オーム社)
- (4) G. L. Matthaei, L. Young, E. M. T. Jones: Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, And Coupling Structures. (1964 Mc Graw-Hill)

Vol. 50

日立評論

No. 3

目 次

■論 文

- 高流速水中におけるポンプ材料の腐食
- HI-VAC コンタクタとその応用
- HI-VAC コンタクタによる現地試験結果
- 台わく緩衝装置の特性
- 大容量高圧合成化学工業用ガス圧縮機
- 全トランジスタ脳波形
- わが国最初の集合自動電話ZPC33形交換装置
- 電子管ヒータ絶縁アルミナの電着塗布(その2)

- ボイド検出装置の実用化とその改良
- 耐摩耐衝撃用鋼SREの諸特性

■テレビ放送装置特集

- 4ビジコンカラーフィルムカメラ
- カラー用同期信号発生器
- テレビマイクロ波中継装置の全固体電子化
- 全固体電子化UHF3W TVサテライト装置
- UHF-TV放送サテライト局用小形出力フィルタ

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内1丁目4番地

取次店 株式会社 オーム社書店

振替口座 東京71824番

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地

振替口座 東京20018番