サーキュレーターのテレビ放送装置への応用

— 特にアンテナ共用回路への利用 —

東京芝浦電気株式会社 伊 藤 健 一
住友電気工業株式会社 上 田 秋 次

UHF テレビの実施に伴い、サーキュレーターおよびアイソレーターといった回路素子のテレビ放送機器への利用が、かなり重要な研究テーマとなってきた。この論文は、これら回路素子をアンテナ共用回路、残留側波帯濾波器などに使用し、良好な特性を得ることができたものをまとめたものである。

1. ま え が き

最近、UHF 帯のサテライト局の建設計画がさかんになるにしたがって、建設費をいかに安くするかが最大の関心となってきた。そのため、1本のアンテナから多数のチャンネルを同時に放送する方式が実用化され、各種アンテナ共用回路が使用されるようになった。しかしながら、いずれの方式も CIN 形ダイプレクサー¹⁾を基本として、これらを数多く組み合わせたものであり、かならず同一特性を有する反射素子を対として用いる必要がある。一方、近時サーキュレーターおよびアイソレーターと呼ばれる一連の回路素子が開発され、UHF 帯において数百Wの電力に耐えるものまで製作可能となった。

筆者は、かねてからこれらの回路素子をテレビ放送機器にも利用できぬものかと研究していたところ、サーキュレーターを用いることにより、反射素子の数が従来のものに比し半数ですむアンテナ共用回路を考案²⁾すること

ができ、実験したところ良好な特性を得た。また、さらにサーキュレーターおよびアイソレーターを残留側波帯濾波器、あるいはフィルタプレクサーに使用することにより、同様に反射素子の数を半減できる³⁾ことも判明したので、ここにまとめて報告するものである。

2. サーキュレーターおよびアイソレーターの性質

サーキュレーターおよびアイソレーターに関しては、数多くの文献にその構造、特性など詳細に説明されているので^{3) 4) 5)}、本文ではそれに深く立ち入ることをさけ、ただこれらを使用する側から見て、どんな特性を有する回路素子であるかを述べるにとどめる。

図1はサーキュレーターの代表的な構造図(写真1はその外観)で、図示するように三つの端子を有しており①の端子に電力を加えた場合、その電力は、端子②へは伝送されるが端子③へ伝送されることがなく、②の端子に電力を加えると端子③へは伝わるが端子①へは伝えられず、また、③の端子に電力を加えると、端子①へのみ電力が伝わり、②へは何らの電力も伝わらないのである。

しかしながら、このような特性はもちろん理想的特性であって、実際の製品については多少とも各端子間の漏洩、各端子より見た電圧定在波比(VSWR)の劣化、挿入損失および伝送しうる電力量、帯域幅、など各種の問題がある。一例として、伝送電力200Wまで使用可能なUHF帯サーキュレーターの特性の実測値を図2に示す。

アイソレーターはサーキュレーターと異なり、2個の端子しか有しておらず、一方向へは電力を伝送するが、反対方向へ伝えられる電力はアイソレーター内で吸収される。しかし、アイソレーターで吸収される電力に限界

筆者紹介

いとうけんいち

伊藤健一 昭和20年、東京大学電気工学科卒業後、東京芝浦電気に入社。中波、テレビ放送機、サテライト装置の設計研究に従事し今日に至る。現在放送機技術部放送機課長、工学博士、正会員。

うえだしゅうし

上田秋次 昭和33年、早稲田大学第一理工学部電気通信学科卒業。同年、住友電気工業株式会社に入社。現在、通信事業部高周波製品課に勤務。主として放送用アンテナ、共用回路、高周波同軸ケーブルの測定および調整関係を担当。

"Circulator Application to the UHF Antenna Feeding System" by Ken-ichi Ito (Tokyo Shibaura Electric Co. Ltd., Kawasaki) and Syuji Ueda (Sumitomo Electric Industries Inc., Osaka)

写真1 同軸サーキュレーターの外観

図1 同軸サーキュレーターの構造図

図2 サーキュレーター特性の実測値の一例

があるため、電力容量の点より実際にはサーキュレーターが使用されることが多いと予想されるので、サーキュレーターを使用した回路を主として記述するが、アイソレーターにそのまま置き換えて使用可能な場合の多いことはもちろんである。

3. サーキュレーターを用いたアンテナ共用回路

サーキュレーターを用いたアンテナ共用回路としては図3に示す並列形、図4に示す直列形、図5に示すトーナメント形、あるいは、これらとCIN形ダイプレクサとを適宜組み合わせ合わせたものが考えられる。

しかし、直列形あるいはトーナメント形においては、放送機出力がアンテナへ到達するまでに数個のサーキュレーターを通過することとなり、たとえば、図4のNo.2

図3 サーキュレーターを用いた並列形アンテナ共用回路

図4 サーキュレーターを用いた直列形アンテナ共用回路

図5 サーキュレーターを用いたトーナメント形アンテナ共用回路

の放送機は4個のサーキュレーターを、また図5のNo.5の放送機は3個のサーキュレーターを通過する必要がある、このため共用回路の挿入損失が大きい欠点があり、さらにアンテナに近いサーキュレーターほど、より多くの放送機の出力が混合されて通過するので、サーキュレーターの許容伝送電力容量を大きくせねばならず、また、帯域幅も広くしなければならない欠点がある。

一方、図3の並列形の場合は、各放送機の出力ともサーキュレーターを1回通過するだけですむので、挿入損失も少なく、また、サーキュレーターの許容伝送電力容量も小さくてすむが、反射キャビティの数は多くなる欠点がある。しかしながら、現在得られているサーキュレーターの特性から考えて、図3の並列形が一番実用の可

図 6 並列形 2 波共用回路

能性があるものと思えるので、以下主として並列形について述べることにする。

まず、2 波共用回路としては、図 6 の回路が用いられる。二つの放送機の周波数は高いほうを f_H 、低いほうを f_L で表わす。反射素子 (H) は f_H に対しては短絡か、あるいはきわめて低いインピーダンスを有しているが、 f_L に対して高いインピーダンスを呈し、その存在を無視しうる。同様に、反射素子 (L) も f_L に対しては短絡、 f_H に対しては開放に近いインピーダンスを有するものとする。

このようにすれば、 f_L に対してはサーキュレーター (1) を通ったエネルギーは P 点に挿入されている反射素子 (H) が f_L に対してきわめて高いインピーダンスを有しているので、そのまま通過し、A 点に到達する。しかし、A 点について考えると、A 点から $\lambda/4$ 離れた Q 点に挿入されている反射素子 (L) が f_L に対しては短絡されているので、Q 点において短絡状態となり、したがって A 点より Q 点のほうを見たインピーダンスはきわめて高いものとなり、その存在を無視できるので、P 点を通して A 点に達したエネルギーは、そのままアンテナに向け伝達されることとなり、No. 2 の放送機には何らの影響もおよぼさない。同様に No. 2 の放送機の出力も No. 1 の放送機に影響をあたえることなしにアンテナに導かれるのである。

図 7 が 3 波共用回路の場合の回路であり、この場合には反射素子としてはチェビシェフ特性を有する 2 素子形のものを用いるのが最適と思われる⁶⁾。

4 波以上のアンテナ共用回路は、図 3、図 4、図 5 のような構成により原理的には可能であるが、サーキュレーターの挿入損失、許容伝送電力、帯域幅などの制約のため、現在の段階では実現困難と思われるので、図 8、図 9、図 10 のような回路が实际的であろう。

これらに使用されている 2 波—2 波共用回路、2 波—3 波共用回路あるいは 3 波—3 波共用回路は原理的にはサーキュレーターを用いて実現できるが、前述のような理由から、スロットッドブリッジ形ダイプレクサー、またはラットレース回路を用いた CIN 形ダイ

図 7 並列形 3 波共用回路

図 8 並列形 4 波共用回路

図 9 並列形 5 波共用回路

図 10 並列形 6 波共用回路

プレクサーを用いることが適当と考えられる⁷⁾。しかも、CIN形ダイプレクサーについては、充分実現できることをすでに実験的にも検討済みであるので、6波共用回路まで実現可能の見通しが得られた。

4. サーキュレーターを用いたアンテナ共用回路の実測データ

図6および図7の並列形2波および3波共用回路につ

図 11 並列形 2 波共用回路の特性 (実測値)

図 12 並列形 3 波共用回路の特性 (実測値)

き実験したデータを次に掲げる。図11が2波、図12が3波共用の場合のデータである。2波共用の場合は VSWR 1.04 以下、挿入損失 0.45 dB、漏洩減衰量 -31 dB 以下というデータを得ることができた。3波共用の場合は図12より 52 ch, 54 ch, 56 ch と VSWR 1.05 以下、挿入損失 0.8 dB 以下、漏洩減衰量 -36 dB 以下である。

なお、いずれのデータにおいても使用した反射素子の大きさをより大きくし、また、サーキュレーターの特性をさらに改善することにより、挿入損失をもう少し小さくすることができると判明した。

5. 残留側波帯濾波器 (VSBF) およびフィルタプレクサーへの応用

周知のとおり、テレビジョン電波はその占有帯域を節約するため、図13に示されるような、いわゆる残留側波帯方式とし、上側波帯と下側波帯の一部のみを空中に発射するように規定されている。

このように、下側波帯のうち、必要なる部分はこの何らかの方法でアンテナに供給することなく、吸収させなければならないのであって、この目的のため使用されるものが残留側波帯濾波器 (VSBF) であり、たとえば図14のような回路が使用されている⁷⁾。

図より明らかなとおり、反射素子としてまったく特性のそろったものを2個1組とし、それらを普通3組使用する必要がある。しかしながら、このように対となったキャビティを、まったく特性のそろった状態に調整し、かつ保守することは、なかなか困難であって、特性の不良による VSBF の入力インピーダンスの特性劣化となってあらわれてくることは、すでに周知のことであ

図 13 残留側波帯方式の説明図

図 14 VSBF の一例

る。しかしこのことは、特に UHF 帯においては波長が短いので、ごくわずかの違いも無視できなくなり、良好なインピーダンス特性を得ることはかなり困難である。しかしながら、筆者達は、ここに思いを致したところ、図15のようなサーキュレーターを用いることによって、この問題を解決し、実験的にも良好な特性を得ることができた。

図15の動作について説明すると、VSBFの入力端子より入った映像放送機の出力は、サーキュレーターの端子①より②に伝えられ、反射素子によって下側波帯の電力は完全反射され②にもどってくる。端子②にもどってきた下側波帯の電力は、サーキュレーターの動作原理にもとづいて端子③に接続された吸収抵抗に吸収される。したがって、入力端子より見た入力インピーダンス特性も良好になる。

このように、VSBFにサーキュレーターを用いれば、反射素子の数が3個ですむ、反射素子を対として用いる必要がないので、その特性を一致させる必要もなく、きわめて簡単な調整で所要の特性が得られ、保守も容易となる。さらに、反射素子の数が半分ですむから非常に経済的なVSBFが得られる。図16にその実測値を示す。

図15のサーキュレーターの代わりにアイソレーターを用い、図17のように構成することにより、もちろんVSBFを形成することが可能であるが、ただこの場合、下側波帯およびアンテナ系より反射されてくる電力が、アイソレーターに吸収される点に注意しなければならない。図18、図19のようにすれば、フィルタプレクサーを得ることができるが、説明は省略する。

6. む す び

以上、サーキュレーターを用いたアンテナ共用回路およびVSBFの特性について実験的に検討してきたが、その結果、2波共用の場合には並列形2波共用回路が、3波共用の場合には並列形3波共用回路が実用化できることがわかったのみならず、これらを利用して6波共用回路までの実現に見通しがついた。同様に、VSBFも小形かつ経済的なものが得られることがわかった。さらに特性を向上させるために、サーキュレーター単体の特性、反射素子の構造などについて今後検討を進めていく予定である。

(昭和39年12月28日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 片柳、大内：ラジオ、テレビジョンの送信設備の動向、放送技術、11 (1964)
- 2) 伊藤：特許出願中
- 3) 吉田：同軸サーキュレータ、東芝レビュー、15, 2 (1960) 159
- 4) 吉田、安藤、高須：同軸型アイソレータ、4学会連大予、No. 1234 (1960)
- 5) 吉田：UHF帯ストリップ線路非可逆回路素子、東芝レビュー、15, 9 (1960) 1025
- 6) 城取、八田、佐藤：UHFテレビサテライト局用入出力フィルタ、テレビ誌、18, 11 (1964)
- 7) 伊藤：Rat Race回路の特性、信学誌、2 (1961)

図15 サーキュレーターを用いた VSBF

図16 サーキュレーターを用いた VSBF の実測データ

図17 アイソレーターを用いた VSBF

図18 サーキュレーターを用いたフィルタプレクサー

図19 アイソレーターおよびサーキュレーターを用いたフィルタプレクサー