

はじめに

前回発表した導波管型アンテナ切り替え器を使った 24GHz トランスバーターは同軸リレーを使った時に比べてはるかにロスが少ない為、2.5dB 以下の低 NF 受信状態と 40~50 mW の送信出力で一応目的の性能を発揮する事が出来ましたが、ただ切り替え器の設計に問題が有って調整が難しいと言う欠点がありました

また一つのミキサーからアンプ迄を送受両用に使った為に回路構成は簡単になりましたが、反面ミキサー出力が 0.2~0.4mW と FET ミキサーに比べて僅かな為アンプの調整に当たってゲインとパワーとの兼ね合いが難しく FET の最大出力が出し切れない等の限界がありました、これらの欠点を無くした新しいトランスバーターを考えていましたが中々実行出来ませんでした

ハイパワー型トランスバーターを作る

幸いな事に昨年の暮れに 24GHz で 300mW 以上の出力が有り、ゲインも 35dB 以上ある ARCOM 製のパワーモジュールを入手する事が出来たのを機会にハイパワー型のトランスバーターを計画して見ました

このモジュールの性能を最大に発揮する為と、受信時の低 NF を保つ為にアンテナ切り替え器はやはり導波管型としましたが、前回の欠点を改めて新しく設計し直しました、全体の構成は第1図のブロックダイアグラムの様に、ラットレースミキサーに続くフィルター迄は前回と全く同じ構成ですが、其の後の送受信が別々のアンプになった為、送信モジュールの入力と受信アンプの出力がそれぞれ SMA コネクタなのでフィルターからの出口に同軸導波管変換器と同軸リレーか同軸型サーキュレーターが必要になって来ました

何れにしてもコストが高くなるのと構造が複雑になります、それにスペースが限られているので何か此れに代わる物はないかと考えたあげく、アンプのゲインが十分に有る事に着目して結合度の違う2ポートの入出力を持つ同軸導波管変換器を作りました

2ポート型同軸導波管変換器について

この変換器には受信用と送信用の2本の同軸プローブが有って、受信用の同軸プローブは変換ロスが殆ど無い様に作られているのでアンプで増幅された RF 信号の殆どが導波管に伝わります、送信用のプローブは -10dB 以下の結合度なので送信時にはミキサーから導波管に入った信号は殆どが受信アンプの出力回路に入り消費されるか反射されますが一部が結合度に応じて取り出され送信アンプをドライブします

受信時にも送信ポートに消費される分はロスになりますが受信アンプのゲインが十分有るので問題にはなりません、送信時の電波が受信アンプの終段で全部消費されるとしても FET にダメージを与える量では有りません、この変換器を使う事で回路を簡単にする事が出来ましたが、外形図を第2図に示しました

受信アンプについて

このアンプの回路図を第3図に示しましたが、この基板は前回と違って入出力側共同軸コネクタを使うようになっていますが、入力側は切り替え器に取り付けたアダプターの導波管部分と結合する為のプローブを取り付けます、このプローブは細いセミリジットケーブル（UT85型）の外皮の銅を取り去ってテフロン付きの芯線とした物で作ります、プローブの全長は導波管内に入る長さが2~2.5mmになる様にして下さい（この長さの違いによるリアクタンス分のバラツキは最終的にはスタブによってキャンセル出来ますのでクリチカルでは有りません）、出力側はSMAコネクタ（テフロン径2.1 長さ3.2mmの物）を取り付けます

送信アンプについて

このアンプはARCOM社のアンプモジュールで23PA001のラベルが付いていましたが、ARCOM社の最近のカタログにある同じ#の物とは規格が違うのでどうも旧型の物の様です、このアンプの入力側はSMAコネクタで前述の変換器にセミリジットケーブルで接続され、出力側はWRJ220の導波管になっていきますので直接切り替え器とドッキング出来ます、これらの外形図と特性図を第4図と第5図に示しました

新導波管型切り替え器について

前回の導波管型切り替え器は導波管の幅広い面が水平になり、回転軸が垂直になるHバンド型としましたが、構造を簡単にする為に回転する導波管部分をローターとアンプケース兼底板の二部分で構成させたので、電氣的にも機械的にも接触抵抗が有ってこれがポート間のアイソレーションを悪くしたり、ロスが増えたり、回転が不安定になる等の原因になっていました

今回はこれを90度回転させたEバンド型とし、ローターの導波管部分を完全に一体化した為これらの問題を解決する事が出来ました、24GHzでのロスは0.2dB以内、アイソレーションも30dB以上の結果となっています

駆動モーターについて

この切り替え器の駆動回路は前回と同様モータードライブですが、前回使ったギヤーヘッド付きのマイクロモーターはギヤーヘッド内のプラスチックギヤーの破損事故が多く発生したので、ギヤー比の少ないモーターに変更しましたが動作電流が大きいのでドライブ回路も変更しました

前回のモーターはギヤーヘッドのバックラッシュが少ない為電源を切ってもローターの遊びが少なかったのですが、今度のギヤーモーターではこの遊びが大きいので、マイクロスイッチが動作した時にモーター電源を完全にOFFにせず抵抗を介して若干の電流を流しトルクを与える事でこの遊びを取る様にしてあります

またこのマイクロスイッチが動作した時の接点を使って受信アンプやパワーアンプの電源をONする様にしましたので両方が同時にONになる事は有りません、この事は今回の様にハイゲインなアンプが切り替え器と同軸導波管変換器を介してループになっているので発振して貴重なアンプの破損を防ぐ為に重要です、これら全体の組立図やモータードライ

ブの回路図を第6図と第7図に示して置きました

調整について

調整方法は殆ど前回と同じですが多少違う所も有るので再掲しました、調整はミキサーから行います、ラットレースミキサーはダブラー段が自己バイアスになっていますのでドライブが無い時はドレイン電流が50mA以上流れます、ドライブ電力の多少によってこの電流が変化しますが出来るだけ少ない電力で大きな変化のある点にスタブを追加します、大体の目安としてはゲートの手前1mm位の所に幅1mm長さ5mmのスタブとなります(このスタブは無くてもドライブ電力を大きくする事でカバー出来ます)

出力調整の目安としてL0入力3mW(5dBm)、IF入力を10mW(10dBm)程入れるとフィルター無しで0.5~1mWの出力が有り、フィルターを入れた時その半分くらいになればOKです、フィルターの調整はビスの位置によって3ヶ所ピークになる所が有ります、ビスを入れていって最初のピークが24GHzですから間違えない様にして下さい

受信アンプの調整

受信アンプの調整は導波管切り替え器に組み込んだ状態で行います、ローターの位置を正しく受信側にセットし固定して置きます

始めは各段の電流から行います、半固定ボリュームを回してゲート電圧がマイナス最大になる様にして置きます、テスターを電流レンジにして全体の電流を監視します、始めは殆ど流れていない筈です、ついで初段が10mA 2段目が20mA ファイナルが30mA位になる様にセットして行きます、これでうまく行けばゲイン20dB、最大出力10mW位は得られる筈ですがそれ以下でも心配は有りません、ここでスタブの調整に掛かります、各段にパターンでスタブが作られていますので段間はまず問題は有りません、入力側はプローブの大きさによってマッチングが変わって来るのをカバーする為と出力段はゲインを稼ぐ為にスタブを追加する必要が有るかもしれません、例によって1mm角位の薄い銅板を爪楊枝の先に接着した物を使ってストリップライン上でパワーの上がる所を探して、同じ位の大きさの銅箔をハンダ付けします

只この調整はスタブのほんの僅かな大きさや位置の違いでゲインが大きく変化しますから根気良くする事が成功の秘訣です、それでもデバイスが良くなった為か以前に比べてこの調整は格段に楽になりました

半固定ボリュームを回して出力最大になる点を探します、この作業は受信の性能を決定する所ですのでじっくり取り組んで下さい

送信回路の調整

送信アンプは調整する所が有りませんが、同軸導波管変換器の送信用プローブの長さが短すぎると所定の出力が得られません、反対に長すぎる場合は受信時のロスが大きくなりますので出力を見ながら長さを調整して下さい、この長さはモジュールの特性や受信アンプの調整に依って違って来るので実験的に決める事になります

組み立てについて

以上で新しい 24GHz トランスバーターの各部の説明を終わりですが、此れをケースに組み込む作業が残っています、導波管切り替え器を使ったトランスバーターはどうしても高さが大きくなるので何時も適当なケースを見つけるのに苦労しています、今回はタカチの UC-15 型と言うケースに組み込みました、(第 8 図)これは内寸で高さが 74mm、幅が 144mm、長さが 185mm 有り、高さを 3 段に仕切ると 20mm 高のユニットが上中下に置けます

前板にはスイッチやメーター類を取り付け、後板は切り替え器などが付く為強度を上げる必要があり厚さ 3mm の物に交換しました、このケースは上下に分かれるケース本体に付属金具を使って内容物を取り付ける構造になっているので前後の板は固定されません

これでは調整や点検に不便なので金具の代わりに同じタカチの AE104 型アングルを使用しました、このアングルは T 字型で厚さも有り、しかも長手方向にタップを立てられますので、前後板共にアングルに取り付け全体を一体として上下のケースに関係無い構造にして点検を容易にする事が出来ました

下段に局発ユニットを、上段には 5 てい倍器、ミキサー、フィルター、同軸導波管変換器を置きました、後部パネルには受信アンプ、導波管切り替え器、パワーモジュールを一体として取り付け、残ったスペースに IF ユニット、TCXO と此れだけの物を組み立てや調整の手順を考えながら組み込むには苦労しました

終わりに

このトランスバーターはパワーモジュールが入手出来た事から始まりましたが、ジャンク出身のモジュールですので何時でも入手が出来るとは限らない事が最大の問題です

その代わりと言う訳では有りませんが DB6NT の 24GHz 50mW 入力で 300mW 出力のユニットを使ったプリアンプ付きのブースターの試作をしました

このブースターの入力側は SMA コネクタになっているので既製の 24GHz トランスバーターでドライブ出来ます、詳しくは文献を見て下さい

参考資料、参考文献

誰にでも出来る 24GHz トランスバーター 第 3 段

導波管切り替え器に組み込んだ 24GHz プリアンプ付きパワーブースターの製作

24/47GHz ローカルオシレーター用 5 てい倍器について マイクロエレクトロニクス 97

24GHz Super Low Noise HEMT Amplifier DB6NT DUBUS 9/96

註 これらの資料のうち未発表のものや限られた範囲に発表されたものが有りますので必要な方はご連絡下さい、