

1. 初めに

たまたまIC-706というベント一箱トランシーバで50MHzを受信していました所、ローカルのAM信号が入感しました。私のIC-706はAMが扱えるので、さっそくお相手いただきました。後日、50MHzのAM機も作ってみたいなと思いました。7月下旬のことでした。50MHzAMのロールコールもあるという事でワッチしましたが、スーパーローカル以外私の所ではほとんど聞こえませんでした。アンテナは6mHの水平ダイポールです。この状態ではスーパーローカル以外では交信できないと分かりましたが、作ることが楽しみなので製作に取り掛かりました。おおむね完成したのが11月初旬でした。いまさら真空管でもないのですが、楽しませてもらいました。

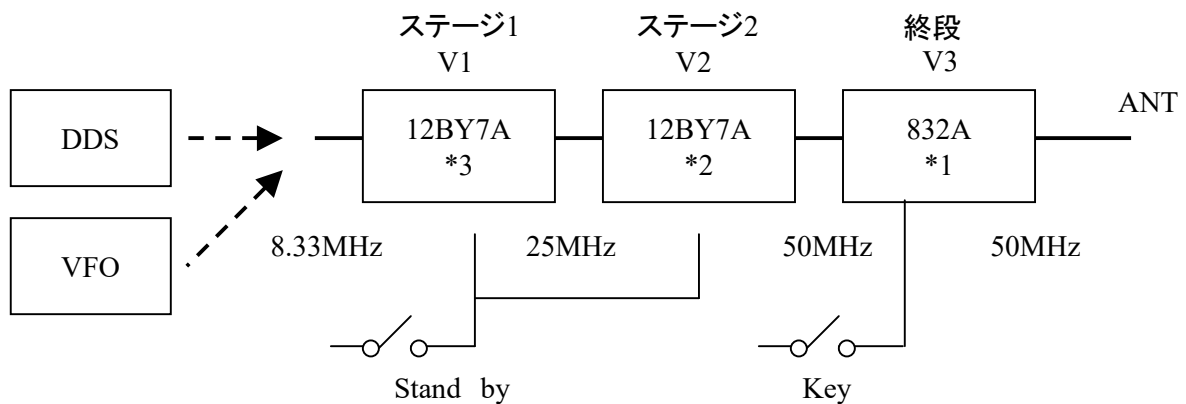
2. どんな構成にするか

50MHzのAMですから主要部分は私にとっては真空管以外考えられません。出力は10W。変調器(6BQ5pp)とVFO(DDS)はHFの807用があるので共用します。VFOはDDS発振器があるので使います。という事で問題は終段。

- 1) 手持ちのビーム管(6146、2E26、2E24、807)。2E24と807は触手が動きます。前2つはあまりに一般的で新規に作成するには面白くありません。
- 2) Push-Pull用双ビーム管(6360、832A、829B、6252、5894)など。

10Wの送信機なのでどの球でも性能は十分ですが1)は昔(50年前)6146で作った経験がありますので今まで作ったことの無い2)で作ることにしました。プッシュプル回路は初めてです。10Wで829B,5894(2B94)は少し大きいし(大きいのはかまわないが現状の変調器ではパワーが不足)、第一候補832A、次は6252(2B52)がよろしかろうと考えました。この真空管は実にかわいい。ニコチャン大王か?。832Aはアールヌーボー、6252はアールデコという感じもあります。

構成は下図のように8MHz台の発振器と組み合わせて、逡倍は *3 *2 *1 にします。12BY7Aは何本も手持ちがあり、性能も妥当だと考えました。



回路図は後に付けますが、一般的なもので何の特徴もありません。平凡至極です。

3. プッシュプル送信管

3.1 832Aについて

規格はインターネットで検索しますと出てきます。10Wの送信機には十分でしょう。オリジナルはRCAのようです。日本でも2B32の名称で数社が作っていました。最近ではオーディオアンプの出力段に使用されていますので比較的ポピュラーになっていますが、そちら向きの主に流通しているのは中国製(FU-32)とロシア製(GU-32V)のようです。FU-32などはこの原稿を書いている時点で、アマゾンで新品 ¥950- という広告が載っていました。(特価かどうかは知りませんがとても安い。RCAはディスコン)

私の使用した832AはRCA製で、内部を見るととても丁寧に作ってあります。単独のビーム管を2個封入し、内部でカソード(K)やスクリーングリッド(G2)が並列に接続されています。電極はピンとの接続に幅のある導帯を使っていますし、G2とKの間には作り付けのバイパスコンデンサが接続されています。またプレート(P)もステアタイトの絶縁物で保持してあります。送信管はこうでなくてははいけません。日本製もおそらく同様に作られていると思われます。FU-32、GU-32Vの実物は見たことはありませんが、一応832Aと同規格という事らしいので、今後供給は何とかなりそうです。ただ、写真を見るとやはりRCAなどと比較して少しxxな感じはしますが、50MHz当たりでしたら恐らく問題無く使用できるでしょう。

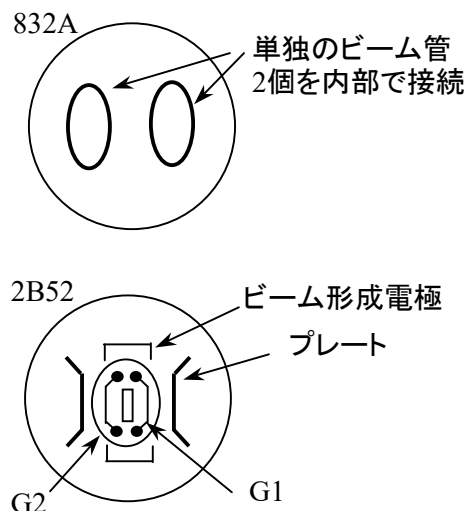
3.2 6252 (日本製名称 2B52)について

300MHzまで使える双ビーム管で、832Aと似たような規格です。ソケットも同じものが使えます。832Aとは構造が違って共通のカソード及びスクリーングリッドが各1個ずつで、Pと第1グリッド(G1)が2個ずつでプッシュプルになるように構成されます。この真空管の特徴は、内部でCpgをキャンセルするコンデンサ(中和コンデンサ)を内蔵していますので、正しくプッシュプル動作をさせたときには外部での中和が不要になります。球内蔵のG2のバイパスコンデンサはありません。またプレートピンの太さが832Aよりも太くなっています。(1.5mm→2.0mm) 832Aの代わりにはアマチュア的には(中和コンデンサがあれば外して)同様に使用可能です。832Aと比較すると、見た目スマートで内部構造も合理的です。



右: 832A
左: 2B52

断面図



4. 回路について

回路は一般的なものですので、特に説明が必要ではないと考えますが、思いつく点を少し。

- 1) 各真空管のグリッド電流を測定できるように、特に終段はユニットごとに測定できるようにしました。
- 2) スタンバイについては、Input Ampは電源を、ステージ1,2はカソードをon/offしています。
終段もカソードをリレーでon/offしています。
- 3) 終段は固定バイアスで動作させています。キーイングは終段のカソードキーイングです。
- 4) ステージ1(V1)のプレート回路は(25MHzに同調)複同調とし、バンドパス特性を持たせてあります。
- 5) ステージ2(V2)のプレート回路は(50MHzに同調)プレート同調と終段のグリッド同調でバンドパス特性を持たせます。(これには問題点がありました。付. 7 参照)
- 6) 電源は外付けとしました。一短一長はありますが、本体の扱いが楽になります。
ヒーターの配線が長くなりますので、電流が少なくなるように電圧は12.6Vを使いました。
電源SWは本体にありますAC100Vを引きまわすのはいやなので、SCRのSWを電源ユニットに付けて本体からコントロールしています。リレーでも良かったのですが、たまたまSCR(秋月製)があったので使いました。スタートはデンチ(006P)です。

5. 部品

昨今真空管に使う部品、特に無線系は入手しづらくなっていますが、真空管およびソケット、バリコン、トランス等はまだ秋葉原のパーツショップでも販売しています。しかし高価です。私はオークションを利用します。今回の制作に当たっては、不足のいくつかの部品をオークションで入手しました。基本的にジャンク箱のなかの部品を使うことを優先し、部品の為に回路や値を変更することもありました。しかし、例えば同調容量のように重要な箇所は、それなりの部品を使用しています。

1) 終段真空管

終段真空管については前に述べていますので省略します。

2) 832Aソケット

手持ちのステアタイトの7pinのソケットです。この手の双ビーム管(832A,829B,2B52,2B94等)には、専用のソケットがあります。G1以外のピンは作り付けのバイパスコンデンサ(パスコン)で高周波的にバイパスされています。ただそれは容量が少なそうで50MHz当たりでは別にパスコンは必要と思います。新品はおそらく入手不可能でしょう。オークションなどで時々売り出されているのを見かけます。私としてはこの専用ソケットが使用したかったのですが今回間に合いませんでした。

3) 832Aプレートキャップ

プレートピン放熱のための専用のプレートキャップも時々オークションに出されています。ちょっと高価なのでありあわせのアルミの角棒を切って作りました。おそらくこれで十分だと思います。10*3mmのアルミ角棒を長さ25mmで4枚切り出して、2.6mmのタップを立てて2枚でプレートピンを挟んで締めるようにしました。ただし球をソケットにセットした後でもドライバでネジを締め付けできるように考えておかないと厄介なことになります。

4) 終段周りのバリコン(VC)、その他トリマコンデンサ(TC)など

プレート側は10pF*2 500V 2連型。ちょっと耐電圧が小さいがまあいいでしょう。多分大丈夫。グリッド側には手持ちで20pF*2のバタフライ型のVCがありましたので使用しました。特にバタフライ型である必要もありません。

ヤングステージのプレートあるいはグリッドの同調コンデンサは、手持ちの少し高級なエアトリマを使用しました。これらのVC、TCは未使用できれいなものでちょっと贅沢かなと思いましたが、ここで使わないならばもう今後使うこともないだろうと思って使用しました。

5) 電流計

グリッド電流(I_g)、プレート電流(I_p)の電流および出力電圧の表示用です。

レトロな丸型のものがありましたので使用しました。ただしメータースケールが合わないので、パワーポイントで作図しました。I_g用に10mA、I_p用に100mAとしました。

CADが使えると、スケールの弧の部分の分割などができるので、楽にきれいなものができると思います。今回は力づくで作りましたので、よく見るとあまりきれいではありません。

メーター単体は1mA F. S. ですが、10mA、100mA F. S. に測定値を拡大します。(付. 3 参照)

6) 抵抗・コンデンサ

抵抗はいろいろな耐電力のものが売られています。注意すべきは酸化金属皮膜タイプの抵抗です。小型ですが定格電力を印加すると高温になるものがあるので放熱に注意が必要です。

また本機には手持ちの抵抗を活用していますので、不必要に過大な耐電力の抵抗が使用してある時があります。(過少の耐電力は無い筈です)

コンデンサは耐電圧に注意します。最近では半導体用で耐圧50Vが多いので真空管回路への使用は限定されます。市売されている耐圧1kV、2kVの水色のセラコンなどもバイパスやカップリングに使用しています。(注意)セラミックコンデンサで容量の大きいもの(数100pF以上)は印加電圧、温度などで比較的大きな値の変化が生じるものがあります。容量が問題になる箇所、例えば、共振回路、時定数などに使用する場合は注意が必要です。一般にバイパスやカップリングに使用する場合は、値が10%や20%変化しても動作にはあまり影響がないので使用は適切でしょう。

7) コイル

終段のプレート、グリッドのコイルは空芯ですので銅線があればよいのですが、その他のコイルはジャンクのボビンに巻いています。こればかりは工夫するしかありません。昔からのOMに相談すれば、幾ばくかジャンクのコイルまたはコイルボビンをお持ちかも知れません。

本機のコイルデータは(付. 1)のようになりました。参考値です。

8) 電線

真空管のプレート、G2は電流は少ないですが電圧が高いため耐圧600Vのビニール線を使用しました。終段のプレート、G2は変調電圧がかかるため(プレート・スクリーングリッド同時変調の場合は無変調時のDC電圧の2倍までになります)少し耐圧不足ですがokとします。

ヒーター配線は大きな電流が流れますので(約12.6V 1.4A)太めの導体の電線を使用します。

9) 電源トランス

オーディオ用のTANGOのトランスの手持ちがありましたので使用しました。定格は少し大きめです。

6. 構造・部品配置

6.1 全体の構造

全体の構造は私の好みで今迄のAM系の機械と同じように間口が狭く奥行きが深い形にしました。変調器は二重に作るのもおっくうなので、ちょっと複雑になるのですがHF用のAM機と共用にしました。奥行きが深いタイプはパネル面積が横長タイプに比べて少なくなります。パネルに出せるツマミの数が少なくなるので、よく考えないといけません。

シングルバンドなのでバンドSWは不要、ヤングステージの同調も固定で何とかなりそうです。

部品配置は毎回そうするのですが、こんな感じで決めています。

- 1) シャーシの大きさを決め、グラフ用紙上に実際の部品を並べて大まかな位置を決めます。
- 2) 部品がぶつからないかよく検討します。
- 3) 信号線の配線が短くなるか、また、電氣的に不要な結合が起きないか、などを考えます。
- 4) 必要な調整が可能であるか調べます。調整用ドライバが機械的にぶつかったりしないように。
- 5) 大まかな実体配線図を書いて、問題ないか検討します。

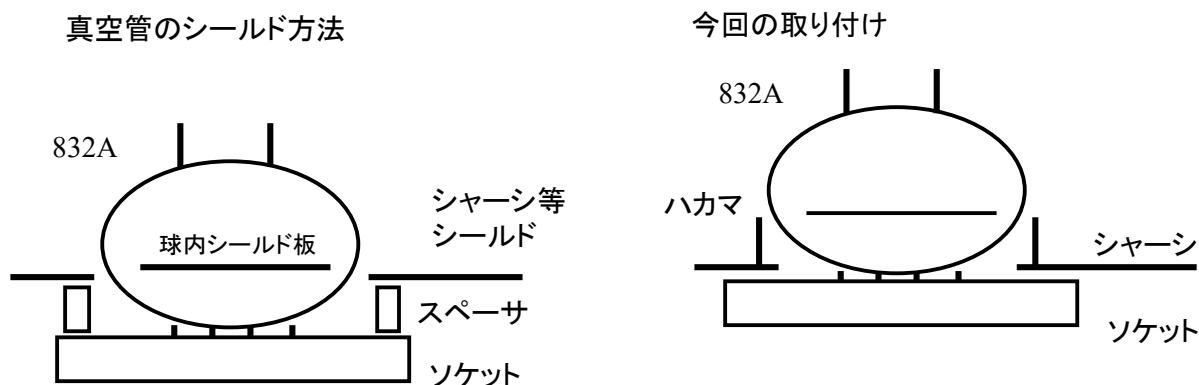
6.2 終段部分

832Aの取付けは球内部のプレート下側のシールド板の位置に外部にシールド板を設けてグリッド側とプレート側(球の上下)を分離するように規格表に指示があります。

多くの場合図の位置まで球をシャーシに沈めて取り付けることで目的を達成しますが、今回はシャーシに沈めて取り付けると、シャーシの下側のスペースが少ないためグリッド側のコイルを設置しづらくなるのでそれはやめて、ハカマをはかせることにしました。

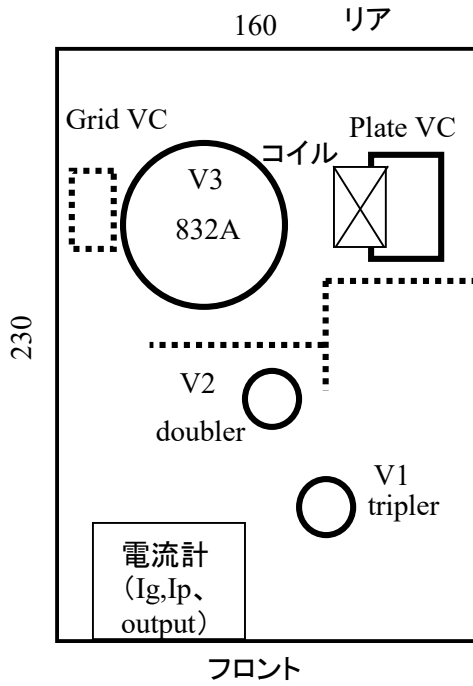
昔デリカ(三田無線研究所)で発売していたVHF送信機は、50MHzと144MHzの送信が可能ですが前記のような球のシールドなどはありませんでした。

中和回路は付けます。定番のたすき掛けの中和です。(付. 5 参照)



6.3 全体の配置図

いろいろな配置を考えましたが、図のような配置にしました。最良な配置かどうかは分かりません。詳細の寸法は省略します。



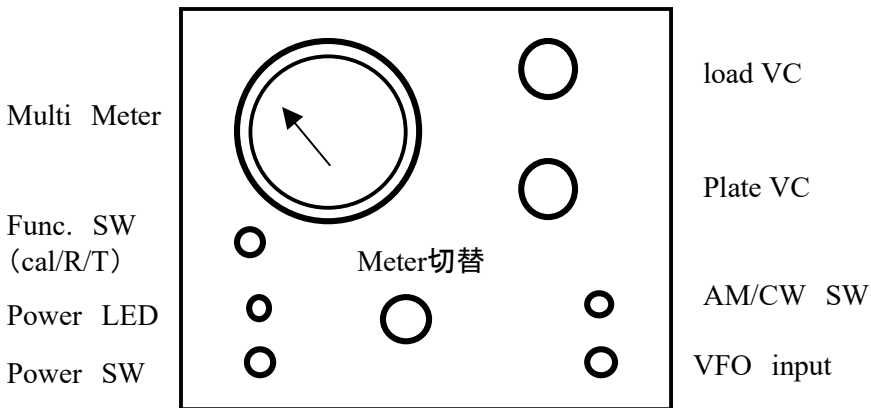
VC取り付け板 および
シールド板(破線)

ステージ2
12BY7A

ステージ1
12BY7A

シャーシの大きさは
230*160*60 リードS6タイプ

パネルの大きさは
200*185 1.0t アルミ板



6.4 配置その他

シャーシ上部にシールド板が立っています。これはプレート、ロードのVCを取り付ける板を補強すると、終段とステージ2の真空管(V2)の間をシールドしたかったのがこんな恰好になりました。

1枚のアルミ板を曲げて作れば簡単なのですが、丁度良い板がありませんでした。

また、V2のシールドはシールド付きソケットを使うことも考えましたが、以前からあの形状はシールドのキャップが本当に安定にGNDに落ちるのか、また長時間接触の問題が無いのか不安なので、今回は832Aとの間にシールド板を立てて、真空管自体のシールドは省略しました。

配線は一般的な真空管の配線です。ただ、変調がプレート・スクリーングリッド同時変調ですので終段のプレートとG2の配線には100%変調をかけた時に、最大3kHzでピークでは無変調時のDC電圧の2倍の交電圧が印加されるので他の配線とは離して独立に配線します。(配線間の静電誘導、電磁誘導が発生する可能性があるため)

部品が集中する場所は蛇の目基板にしました。昔は縦ラグ板や平ラグ板を使いましたが、平ラグ板など持っていないし買うと結構な値段なので、実験基盤を切って使いました。

ちょっと真空管と違和感がありますが、まあいいでしょう。

配線の色は印加電圧或いはある種の規格によって色の区別をしたほうが良いのですが、今回は電線の手持ちの関係で配色はメチャクチャです。我ながら節操がありません。

電源はベニヤの端材に組み立てました。何も考えずにひたすら回路図に従って組みました。

端子はタマゴラグを木ネジで止めて使用しました。

7. 調整

組みあがった状態ではまともには出力は出ないと思いますので、調整が必要です。
概略の調整を述べます。細かい調整は書き出すと長くなるので省略します。

注意 ……真空管の機械の調整……

調整中には高電圧がかかるコイルなどを調整する作業がありますが、その時は面倒でもAC100Vのコンセントを必ず抜いて作業してください。電源のSWだけですと何かの拍子に電源のSWを入れてしまうことが起きると(袖をひっかけたり、SWに手が当たったり等)場合によっては命に係わる事故となります。細心の注意が必要です。

- 1) 電源、DDS、ダミーロードを接続します。
- 2) 送信周波数は50.000MHz～51.000MHz DDS周波数は8.33MHz～8.5MHzですので、調整時に使用する周波数は 49.98MHz(8.33MHz) 50.52MHz(8.42MHz) 51MHz(8.5MHz)とします。
以下それぞれ バンド下、バンド中、バンド上と表記します。
- 3) 各真空管のプレート、G2、その他必要な電圧を測定し、常識的な値であることを確認しておきます。
- 4) 以下終段のプレート、G2の電圧は加えずに行います。モードはAMとします。
形状を変化させるということは、コイルを伸縮することを意味します。
- 5) バンド中にて、V1のグリッド電流(実際は1k Ω の電圧)が最大になるようにL1を調整します。
- 6) バンド下、バンド上において、V2のグリッド電流が(実際は1k Ω の電圧)があまり変わらないようにL2, L3, TC1, TC2を調整します。
- 7) バンド中にて、TC3, L4, L7, VC1を調整して終段のグリッド電流が0.5mA以上程度流れるようにします。
- 8) L7の形状を変化させ、TC3, VC1も調整して終段のユニット1,2のグリッド電流がなるべく等しく且つ最大のグリッド電流が流れるよう調整します。
- 9) 終段のプレート、G2の電圧を印加します。
- 10) VC2, VC3を調整して出力電力のピークが取れることを確認します。
- 11) L8の形状を変化させ、VC2, VC3, L8とL9の結合を調整して最大の出力を得ます。
調整中には以下に注意してください。
注意 L8、VC2には高電圧がかかっています。調整中に接触しないこと。(感電等)
また、L8、L9が接触しないこと。(高電圧のショート、感電等)
- 12) 7)～10)を数回繰り返して最終とします。
- 13) 本機の最終的なデータは8. 4)に示します。あくまでも参考データです。

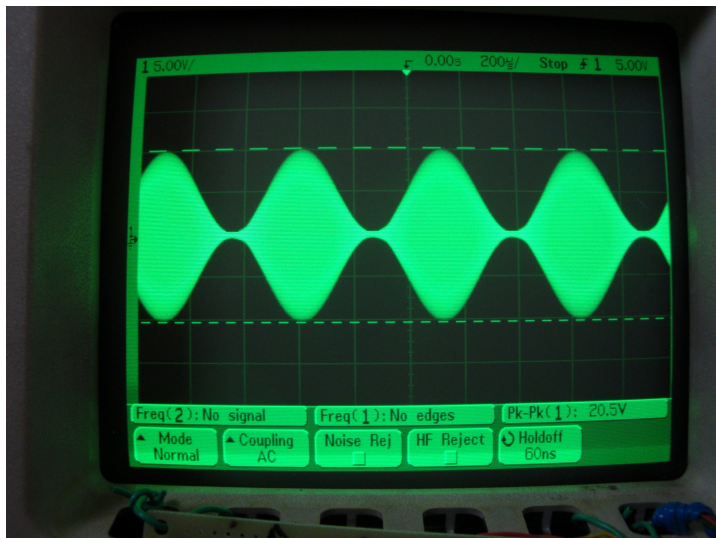
8. 結果

50MHzで約11W出力でした。

1) 効率

入力: $345V \times 66mA = 22.8W$ 出力: 11W 効率: 約50%

2) 変調



シングルトーンの変調ですが、モニタすると電源のリプルやノイズが乗っています。谷の部分がきれいに細くなりません。ハムがなかなか取れません。マイク～変調器の入り口までで乗っています。ローカットのフィルタが必要です。

変調方式: 終段プレート・スクリーングリッド
同時変調

変調器出力: 6BQ5pp

変調トランス: ラックス7AM21 KNF付

3) 動作時の電圧電流など

現在の回路における動作中の各種電圧、電流などの測定値です。

この送信機ではいろいろな部品の定数や調整ポイントを変える場合がありますが、それによって数値は簡単に変わりますので、これらの値は参考程度としてください。

各グリッド電流

DDS周波数 MHz	送信周波数 MHz	V1(G1) mA	V2(G1) mA	終段(G1) mA
8.33	49.98	0.29	0.81	1.9/1.6
8.42	50.52	0.31	0.88	1.9/1.6
8.50	51.00	0.31	0.88	1.9/1.6

終段のG1の電流値はV2のプレートと終段のグリッドの両方の同調をグリッド電流が最大になるように、且つ 出力も最大に調整した時の値。

真空管の電圧と電流

送信周波数 50.52MHz

V	V (P) V	I (P) mA	V(G2) V	I(G2) mA	Pout W
V1 (12BY7A)	246	11.4	220	2.8	-
V2 (12BY7A)	279	17.2	226	3.9	-
V3 (832A)	345	73	192	6.7	11
プレート効率(%)					50

各電圧値と電流値は各ステージを調整し、出力も最大に調整した時の値。

V3のIpは実際はカソード電流を読んでいるのでIkですが、プレート入力を計算するときにはこの値からG2の電流及びG1の電流を引いた値をプレート電流として使用します。

9. トラブル

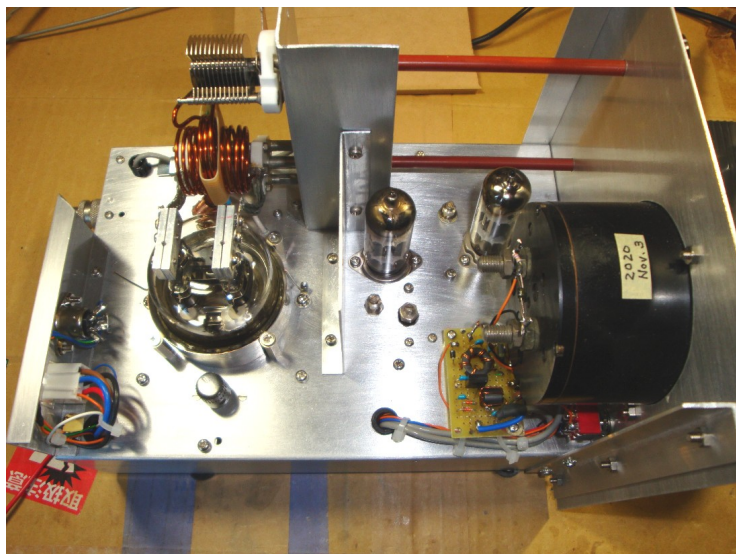
設計時の考慮不足でいくつか支障が出ました。その対応です。

- 1) 8MHz の入力段の必要入力レベルが大きく、結果的にDDS の出力が不足になりました。
トランジスタで8MHz 1段のAmpを付けました。(付. 4 参照)
- 2) 1)に関連して、受信時にもDDS が動作しているためにその8MHz の信号の6倍高調波が受信機に飛び込みました。ケーブル接続や信号の配線から漏れているようで電源を入れなくても飛び込むのでいろいろテストし、DDS の入力コネクタのところにダイオードSWを入れ、受信時はoffにしました。まだSSBモードで聞くとわずかにビートが聞こえます。完全になくすためには受信時にDDSの周波数を変えるかDDSを止めるとか、もっとシールドを完全にしよう試みないといけません。
- 3) 最初キーイング回路は、終段に固定バイアスをかけているので前段で行うのがスマートと考えてそうしました。しかしキーダウンした瞬間にパルス状のノイズが発生し取れません。また1段だけで on/offすると、若干スペースウェーブが残ります。最終的に終段のカソードキーイングに変更しました。カソードキーイングはキーが上がっているときに高い電圧がカソードに現れます。本機では120V位でした。高耐圧のFETがいろいろありますので、適当なものを選んでスイッチとして使用しました。
- 4) 終段の2個のユニットのグリッド電流を別々に測れるようにして調整しましたが、どうしても10%~15%程度の違いが発生しました。グリッド側のコイルのインダクタンスを調整しましたが治りません。実用的には問題はないと思いますが、調整できないというのは気に入りません。グリッドのバタフライバリコンを2個別々のコンデンサに変えて調整できるようにしないとだめかもしれません。そのうち回路をかえてチャレンジしてみます。

10. 感想・その他

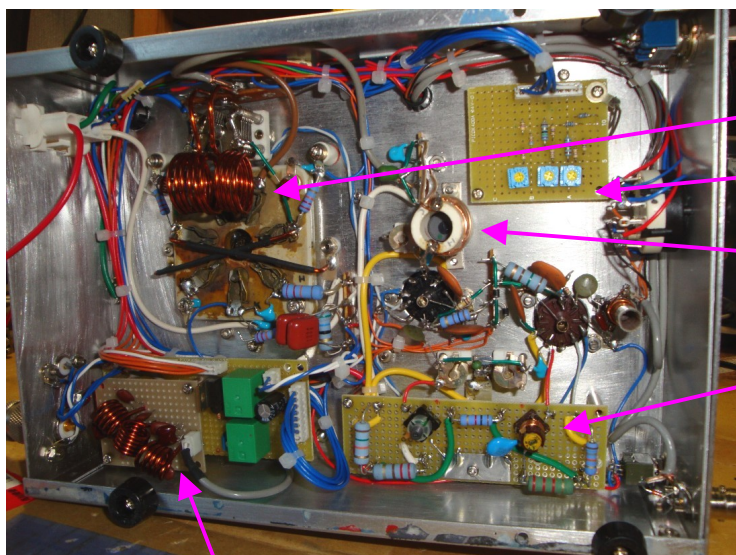
- 1) 初めて双ビーム管を使った送信機を制作できました。 久しぶりの真空管でした。
何か真空管いいなあ。 年取ったせいでしょうか。 832Aはかわいい真空管だと思います。
インターネットで832Aで検索をかけると、オーディオアンプにたくさんヒットします。
- 2) 一つ機械をそこそこでも動かすのは私にとっては結構たいへんで、問題が次から次と出てきます。
それら进行处理(完全ではなくとも)してQSOできるようにするのはとても楽しいです。
- 3) 現在6mHくらいのダイポールアンテナしかないの、ローカルの数局以外に電波が飛びません。
やはり50MHzはビームが欲しいですが、タワーもないし屋根馬はHFのアンテナが占領しているのでうまくアンテナが建てられません。 アンテナも検討しないといけません。
- 4) メーターの目盛り書きが結構時間がかかりました。 何度も作り直しました。 いまだにどういう方法が良いのか分かりません。
- 5) 回路は一般的なものですが、双ビーム管は結構片焼けするという話を聞きました。 片焼けはドライブか、ロードが偏っているかだと思いますが、一般的な回路ではグリッドおよびプレート電流をユニットごとに、別々に測定できるようにはなっていません。
今回はせめてもグリッド電流はユニット個別に測定できるようにしました。
プレート電流も個別に測定できるようですが、ちょっと手間が多そうなのでやめました。
- 6) AMと言えどもなかなかきれいな音を出すのは大変です。 マイク～変調器の入り口のローレベルのところにはノイズやハムが乗ります。 一度全部見直さないといけません。
- 7) 50年前は自作しかなかったのですが、当時は理論も何もなくひたすらパワーが出ればよしとして作っていましたが、おそらくひどいものだったと思われます。 改めて本などひも解きますと、なかなか難しいものです。 目からうろこの事がいろいろ出てきます。
- 8) プレート効率が約50%でした。 真空管の規格によると60%程度ということらしいのですが、50%というのはどうなのでしょう。
- 9) パネルは1mm厚ですが、もう少し厚めのほうがよかったです。 これしか手持ちがありませんでしたので。
- 10) パネルとアルミシャーシは昔のスタイルの定番ですが、それらの補強のための三角板が売っていません。 アキバのシャーシ屋さんにききましたらもう作っていないそうです。 今回は全体が軽いのでLアングルで済ませましたが、トランスなどの重い部品を載せる場合は三角板は必要です。
その場合は作るしかなさそうです。
- 11) 木枠を作ってそこに送信部と電源を収めました。 少し整理ができて無いよりマシです。
結構大きなものになります。 半導体で作れば10W程度の出力では手のひらに乗る大きさでできるでしょう。 真空管では大きくなるのは致し方ありません。
- 12) 最後に回路図を掲載しました。 原稿を執筆の時点の回路です。 改造、改良が発生する場合がありますので変わる場合があります。 参考程度にしてください。 間違いはないと思いますが、もしありましたらご容赦ください。

11. いろいろな写真



全体の写真

- ・真空管
右から 12BY7A、12BY7A、832A
- ・右下の基板は 8MHz アンプ

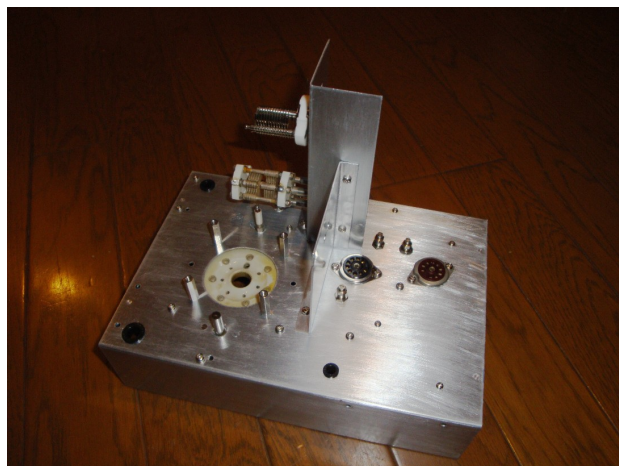


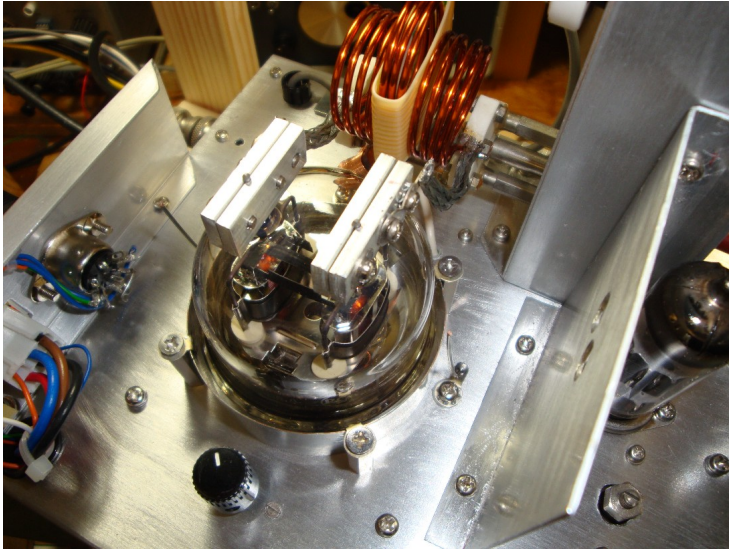
裏側

- 832Aグリッドコイル
- メーター分流器
- ステージ2(V2)の
プレート コイル(50MHz)
- 25MHz BPF
コイルの1個は8φポビンに巻いた
もう1個は10kタイプのコイルの
シールドケース及び外コアを外して使用
- プレート電圧がかかるので注意

50MHz LPF

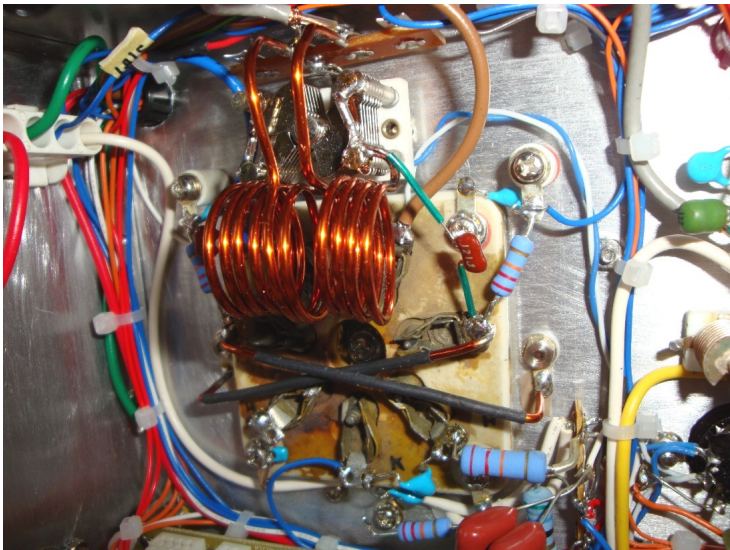
製作途中





終段部分

- ・下のツマミはグリッドの同調バリコン
- ・プレートコイルと出力コイルは接触しないように絶縁物でセパレート
(たまたまあった敷居すべり！)
- ・自作プレートキャップ？と、取り付けビスを締める為のドライバー用穴
(右側シールド板の穴2個)
- ・中和を施しています



終段ソケットまわり

- ・グリッドコイルとグリッド同調用バタフライバリコン
(バタフライ型である必要はありません)
- ・中和用たすき掛け



電源部

- ・電源部は端材のベニヤ板と木ネジです
- ・平滑にチョークコイルを使いました。
50年ぶりです
いままでSSBばかりでしたので、チョークコイルは使いませんでした
もちろんSSBの電源にもチョークコイルは使ったほうが良いのですが、簡易化のために今までは省略していました



AM/CW 送信機 シリーズ

・左の機械

上: 807シングル 3.5、7MHz用

下: 6BQ5pp変調器

・中央 今回の機械。変調器は左と共用

上: 本機

下: 本機電源

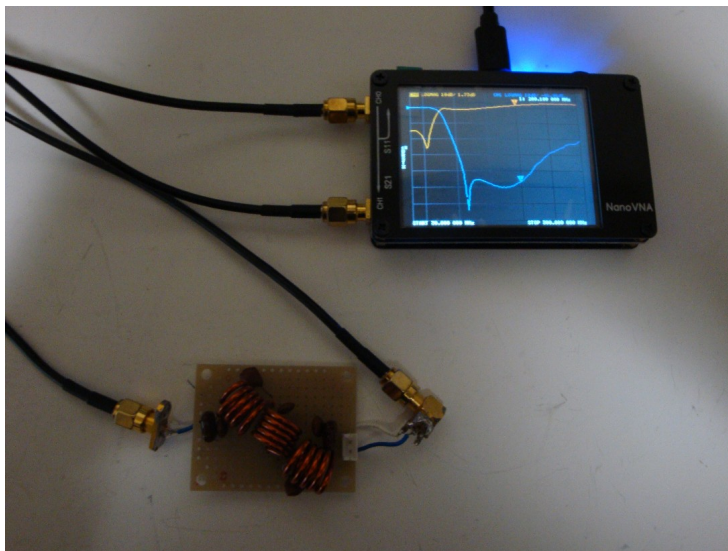
そのうち電源にもパネルを付けます

50MHz用の木枠は外形約22*36*30(cm)

(幅*高*奥)で、HF用と2台並べると、

結構嵩張ります

置き場所を検討中 もう置き場所無いぞ



出力のLPFの特性をnanoVNAで測定した時の写真

パソコンとつないだ時のデータは前出。

(付. 6 参照)

付. 1 コイルデータ

今回のコイルのデータです。参考に記します。
終段周り以外のコイルはジャンク箱から探してきたコア入りボビンを使用していますので、この通りには作れない可能性が高いでしょう。そのあたりは工夫のしどころです。

基本的には次のような注意を考慮しながらコイルを作ります。

- 1) 同調容量は、トリマコンデンサや浮遊容量でこの値くらいになるであろうと考えられる値ですのでこの容量値で必要な周波数に同調するコイルを作ります。
- 2) バンドパス特性を作ったり、負荷インピーダンスを調整するために同調回路のコイルもコンデンサも値を変えられるように、コア入りコイルとトリマコンデンサを使用しています。
- 3) L6, L7, L8, L9はリンク結合であり、同調コイルとの結合度を調整できるように配置します。
- 4) 空芯コイルは巻く時の芯がなかなかありません。周りを見渡して見えそうなものは何でも使います。因みに今回は内径18mmの場合は7-pin真空管(割らないように注意。自己責任でお願いします) 25mmの場合はマブチモーターに巻きました。きっちり巻いて放した時に近い寸法になりました。
- 5) L3,L4のコイルの形状が違うのは、手持ちのボビンによるためです。最初L3を巻いてL4を巻こうとしたら、有るはずのボビンがないので仕方なく10kに巻きました。シールドケースと外側のコアは使っていません。
- 6) 空芯コイルの内径は物差しで測っただけなので誤差があります。巻き幅などの調整が必要です。
- 7) 同調周波数はnanoVNA(ネットワークアナライザ)を使い、ピックアップコイルをテストコイルに結合させて、S11を測定する方法で行いました。ディップメータよりも測定周波数が正確で感度も高いようです。

コイル	周波数 (MHz)	コア/空芯	内径 (mm)	線径 (mm)	巻数	巻幅 (mm)	同調容量 (pF)	備考
L1	L2のコールドエンド側に重ねて0.3φ3回							
L2	8.4	コア	8	0.3	24.5	密	100	
L3	25.2	コア	8	0.3	14.5	密	12	巻き始めと巻き終わりの
L4	25.2	コア	10k	0.2	5回*4	4溝使用	12	絶縁注意の事
L5	50.4	コア	16	0.5	6.5	密	12	ジャンクのコア入りボビン
L6	L5のコールドエンド側に1mm離して0.5φ2回							
L7		空芯	18	1.6	2		—	分割したL8の間に入れる
L8	50.5	空芯	18	1.6	4回*2		8	
L9	50.5	空芯	25	1.6	4回*2		8	
L10	50.5	空芯	25	1.6	3		30	
RFC	6φのベーク棒に 0.3φホルマル線を40回 密巻き							

内径とは空芯コイルでは文字通りコイルの内径、ボビンを使う場合は ボビンの外形=コイルの内径となります。

付. 2 終段プレートコイルの計算

ちょっと計算をします。

このあたりの周波数では空芯コイルになることが多いので、インダクタンスの値の再現性が小さいと考えます。それで実際には空芯コイルを伸ばしたり縮めたりのカットアンドトライが必須になりますが一応目安になる数値を計算しておきます。

832Aを使用して出力10W程度を目標とします。設計上の数値として次のように仮定します。

入力 : 25W

プレート電圧(E_p) : 350V

プレート電流(I_p) : 71.4mA 1ユニット当たり 35.7mA

周波数 : 50.5MHz

1) プレート側回路 (シングル動作)

プレートインピーダンス(Z_p) : $0.5 \cdot (350 / 0.0714) = 2.45k\Omega$

$Q_1 = 10$ として同調容量は $Z_p / Q_1 = 2.45k\Omega / 10 = 245 = 1 / (2\pi fC)$ $C_1 = 12.9pF$

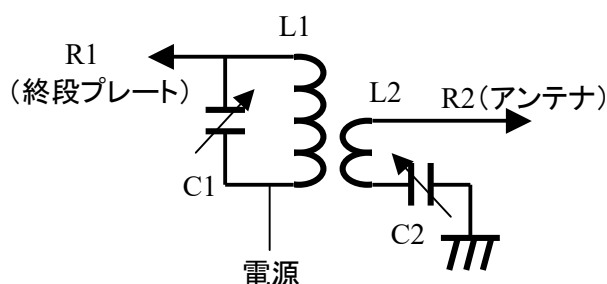
同調するコイルは $0.767\mu H$ となります。

2) アンテナ側回路 (シングル動作)

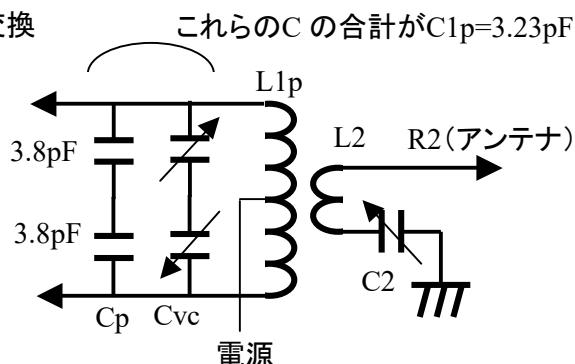
アンテナのインピーダンスを 50Ω として、回路の Q (Q_2 とします)を2に決めます。

$X_{c2} = Q_2 \cdot R_2$ なので $X_{c2} = 2 \cdot 50\Omega = 100\Omega \rightarrow C_2 = 31.5pF$ で、同調するコイルは $0.3153\mu H$ 。

シングル動作



ppに変換



3) プッシュプル回路に変換

832Aはプッシュプル回路で動作させるため、プレート側の定数を変換します。

Lは4倍、Cは1/4にします。

$$L_{1p} = 4 \cdot L_1 = 3.1\mu H \quad C_{1p} = 1/4 \cdot C_1 = 3.23pF$$

このようなインダクタンスのコイルが必要ですが、正しく目的のインダクタンスのコイルを作るのは難しく結局調整段階で、それらしい容量と同調するようにコイルを伸ばしたり縮めたりすることになります。

実際に動作させると832Aのプレート容量 $3.8pF/2$ とバリコンの羽根の様子からVC $3pF$ 直列で $1.5pF$ 、ストレーキャパシタンスとして $1pF$ 、それらの合計で $4.4pF$ として、プレートインピーダンスを考慮して逆算してみると、 $4.4pF \cdot 4 = 17.6pF$ リアクタンスは 179Ω 。 Q を求めると $Q = 2.45k\Omega / 179\Omega = 13.6$

まあちょっと高めですが、高調波が減る方向なので良いことにします。

案外クリチカルですね。

参考

送信機の設計と製作
小型送信機

梶井 謙一
大塚 政量

付. 3 電流計の作り方

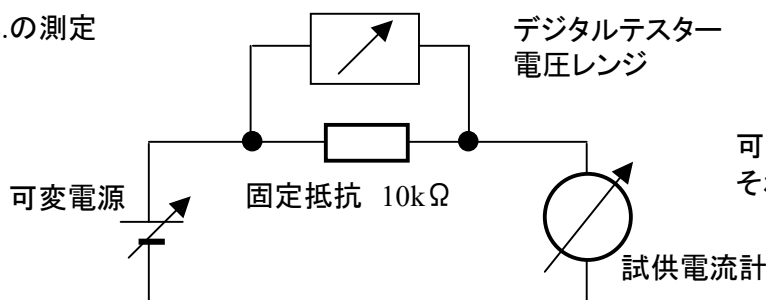
電流計のスケールを変更して必要な測定電流値にします。

今回、最大測定電流(F.S.)を10mA、100mAとします。

1) 電流計単体の最大測定電流(F.S.)と内部抵抗を測定します。

電流計の針の指示がF.S.の時のテスターの電圧を讀んで、固定抵抗の値を測定して、オームの法則で計算すれば電流計の単体のF.S.の電流値が分かります。測定中に回路(特に抵抗)をショートすると、電流計自体を焼損する可能性がありますので注意して行ってください。一般にデジタルテスターの精度は試供電流計よりもずっと高い事がほとんどなのでこれで値付けできます。

・F.S.の測定



可変電源は接続時0Vに設定し
それから徐々に上昇すること

・電流計の内部抵抗は、電流計の端子をそのままデジタルテスターの抵抗レンジで測定します。針式のテスターは抵抗レンジ使用時に大きな電流を流すものがありますので、避けたほうがよさそうです。結果としてこの電流計は F.S. 0.948mA 内部抵抗 57Ω でした。

2) 10mA F.S. にするためには

分流抵抗を100Ωとして、10mAを0.948mA F.S.と9.052mAに分流すればよいのです。

$$R_x = 100 \Omega * 9.052\text{mA} / 0.948\text{mA} = 954.85 \Omega$$

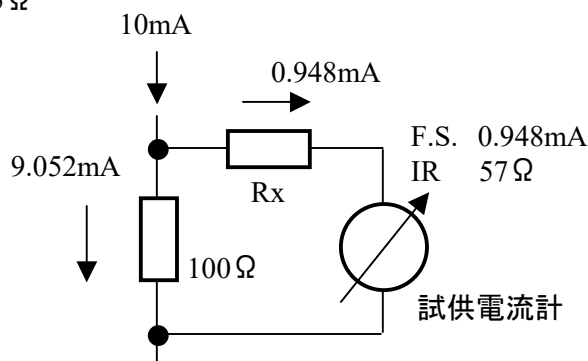
F.S.調整範囲を±2.5%として

R_x の範囲は 979Ω ~ 931Ω

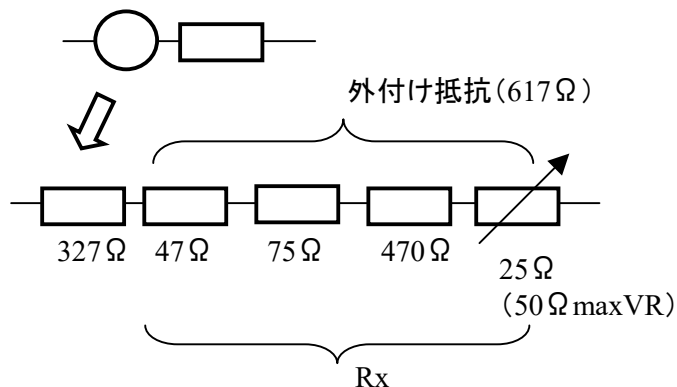
であればよい。

R_x は50ΩのVRを直列に955Ωに
接続すれば実現できます。

本機では実際には図のようになりました。
組み合わせはこれ以外いろいろできます。
抵抗はできれば金属皮膜抵抗が良いの
ですが、カーボンでも大丈夫でしょう。



メーター内部抵抗 57Ω メーター保護抵抗 270Ω



この電流計は約100Ωの内部抵抗があります。すなわち10mAの時に約1Vの電圧降下が発生します。理想の電流計は内部抵抗は0Ωです。

従って100Ωの内部抵抗があっても良いような場所にしか使用できません。

今回は終段のグリッド電流測定です。バイアスが50V近いので1V程度の変動は問題ありません。

3) プレート電流測定用として 100mA F.S. にするためには 2)と同様に計算します。

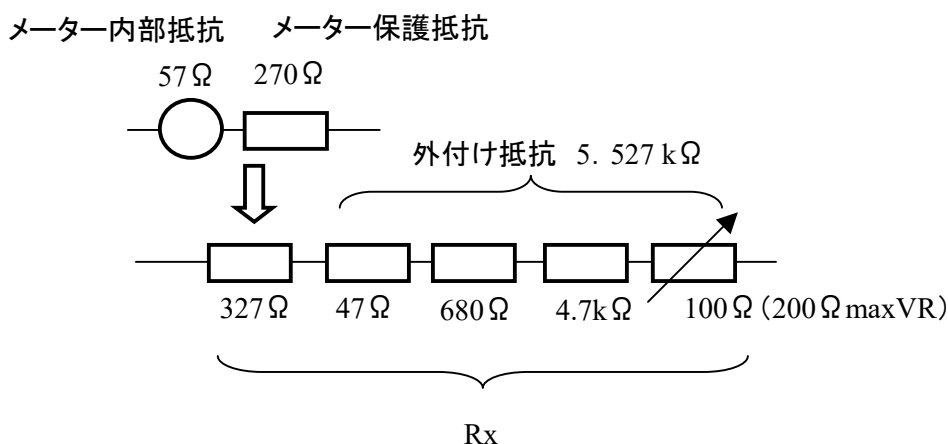
実際はカソードの電流を測定しているため、G1、G2の電流がプレート電流に加算されて測定されます。分流抵抗(カソード抵抗)は56Ωなので、100mAを0.948mA F.S.と9.052mAに分流します。

$$R_x = 56 \Omega * 99.052\text{mA} / 0.948\text{mA} = 5.85117 \text{ k}\Omega$$

200Ωの可変抵抗を使用すると、Rxの範囲は 5.751kΩ ~ 5.951kΩ です。

この場合の電流計の内部抵抗は約56Ωです。

メーター保護回路(合計372Ω)が入っていますので最終的には下図のようになります



4) メーター保護回路

メーターに過大電流が流れてメーターを焼損するのを防ぎます。

通常は不要ですが、今回のメーターは壊すと入手するのがむづかしそうな品なので入れておきます。

ダイオードの順方向電圧降下を0.7Vとすれば、

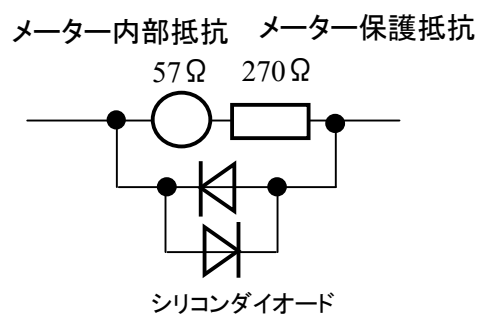
メーターに流れる最大電流は $0.7\text{V} / 327\Omega = 2.14\text{mA}$ となって、メーター F.S.の電流の約2倍に収まります。

この状態はおそらくメーターの針は勢いよく振り切れますが、コイルの焼損は免れると考えます。

この回路を追加するとメーターの内部抵抗が大きくなります。

それが欠点です。

従ってそれを見越して測定電流範囲を計算しておく必要があります。



F.S.に近い電流を流してダイオードを付けたり外したりして、指示が変わらないことを確かめておきます。

5) 最後に

最終的にF.S.に相当する電流を電流計に流し、VRを調整し針をF.S.メモリに合わせます。

また、各電流値とメータの指示もチェックしておくといでしょう。

付. 4 8MHzのアンプについて

12BY7Aの8MHz台の入力電力は、50mW(17dBm)ほど必要なことが分かりました。当初は何でも動くだろうと、あまり真面目に考えていませんでした。私のVFOとして使うDDSの出力は2dBm程度なので15dBほど増幅しなければなりません。外部に付けても良いのですが、内蔵したほうが手間が省けると思って小さいアンプを作りました。

- 1) 増幅周波数は8MHz~8.5MHzでよい。
- 2) 50mW以上の出力電力がある事。
- 3) 出力を後段(12BY7A)で逡倍するので、アンプ自体の高調波は問題にしない。

という事でたまたま目にした“トロイダル・コア活用百科”のアンプを試作してみました。7MHz で出力 250mW ゲイン32dB というアンプです。

手持ちの部品で作ったので、オリジナルとは若干違います。違いの主なものは

- 1) トランジスタ 2SC2091 => 2SC1846
- 2) 入出力トランス
- 3) バイアス抵抗 510Ω => 470Ω、エミッタ抵抗 33Ω => 36Ω

結果 入力はDDS直接、出力は50Ωターミネーション

Vcc: 12V IC: 29mA 周波数: 8.42MHz

ゲイン: 15.4dB(オシロ電圧波形比較) 出力電力: 168mW(22.25dBm)

初めから入力波形も歪んでいるが、出力波形の歪も同様。=> 特に今回の用途ではあまり問題ない。

nanoVNAによる測定

S11: -5.65dB S22: -9.9dB S21: 13.25dB @8.35MHz

アンプとしてはあまりよい特性ではありません。S11,S22が大きすぎです。

評価

- 1) 出力 22.3dBm > 17dBm @8.4MHz なので目標は達成。
- 2) ゲインは文献(32dB@7MHz)に遠く及ばない。思い当たる理由は不明。

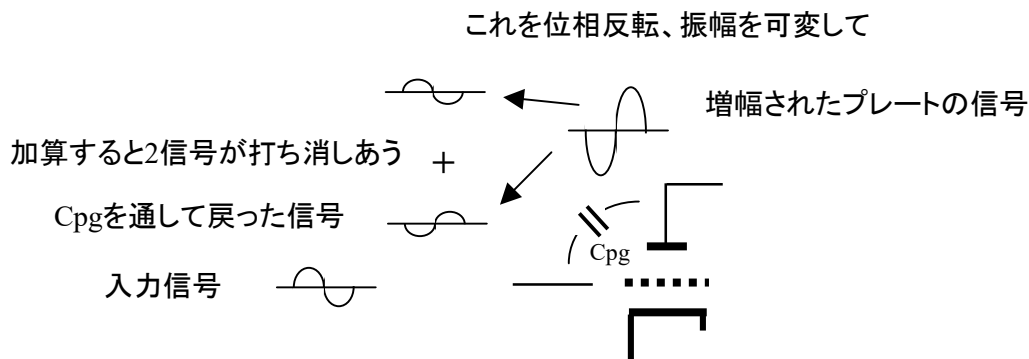
付. 5 終段の中和について

終段にはプッシュプル形式のアンプ(ppアンプ)を採用しています。もともとこの真空管は200MHzまで使用可能なので、50MHz当たりで使用するには中和など不要のはずです。実際に中和を設けなくても特に問題なに動作しました。ppアンプでない終段の中和は以前にHFで経験しましたが、今回はppアンプなので試してみました。144Mhzあたりになると中和は必要になると思います。832A、829Bは中和が必要ですが、6252(2B52)、5894(2B94)は内部でたすき掛けの中和コンデンサが設けてあるので、プッシュプルで使用するときは正しく設計すれば外部中和は不要のはずです。

付. 5.1 中和とは

増幅素子には出力側と入力側の間に容量を持つものがあります。例えば真空管ではプレートとグリッド間の容量(Cpg)であり、FET等はゲートとドレイン間の容量(Cdg)です。グリッドから入力された信号は増幅されてプレートに現れるのですが、プレートに現れた信号はCpgを通して、グリッドに現れます。プレートとグリッドは位相が反転していて、信号は相似ですので単にプレートの信号がグリッドに戻るだけですと、ゲインが少なくなったように見えるだけです。しかし実際にはグリッドにもプレートにもほかの回路がつながっているために、その影響で位相や振幅が変化します。その結果、位相がプレートとグリッド間で180°位相差が生じ、且つゲインが1になる場合がありますと、その周波数で発振します。これが自己発振です。これを防ぐためにプレートの信号を反転して別の回路を通して、振幅をCpgで戻す信号と同じにしてグリッドにもどしてやると、Cpgを通して戻った信号を打ち消すことができます。そうすればプレートの信号はグリッドに戻っていないのと同じで、あたかもCpgが0になったのと同じように見えます。これを中和といいます。

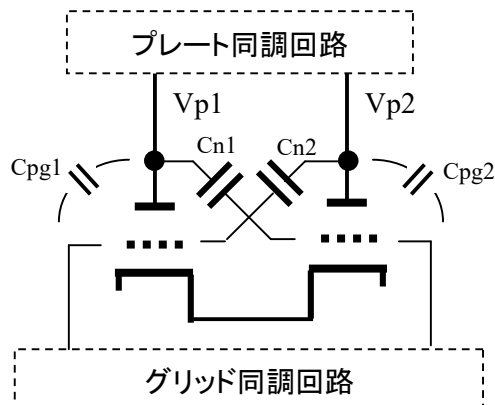
中和の方法、回路などは参考書がいっぱいありますのでそちらを参照ください。



付. 5.2 ppアンプでの中和

Ppアンプでの中和も考え方は同じですが、実現方法としては下図のようにプレートとグリッドを中和用コンデンサCnで接続します。

- 1) ppアンプの1ユニットと他方のユニットのプレート同士は振幅は同じで位相が反転した信号が存在します。
- 2) $C_{pg} = C_n$ とすると、一方のプレートからCpgを経由してグリッドに戻る信号とCnを経由してグリッドに戻る信号は1)の条件から、打ち消しあいます。
- 3) これで等価的にCpgは0となります。
- 4) この方法を通称“たすき掛け中和”などと呼びます。
- 5) ちなみに832Aでは $C_{pg} = 0.07\text{pF}$ なので、Cnも同じ値にしなければなりません。



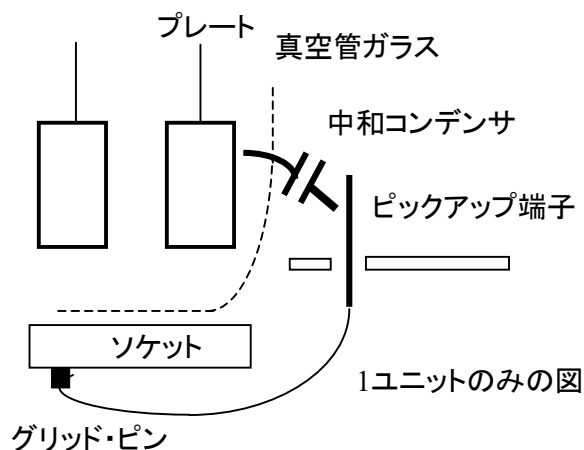
付. 5.3 実際の方法

前述では $V_{p1}=V_{p2}$, $C_{pg1}=C_{pg2}$, $C_{n1}=C_{n2}$ の時に中和が取れました。

ところが実際にはそれぞれの値はばらつきがありますので、それらをどこかで吸収しなければいけません。そのために C_n を可変とします。

値のばらつきがない場合は $C_n=0.07\text{pF}$ のコンデンサが必要ですがこれは昔から定番の方法があります。すなわち図のようにプレートの近くにグリッドと接続したピックアップ用の端子を設けて、プレートとその端子間の容量が 0.07pF になれば良いのです。実際はいろいろなばらつきのために C_n 値を調整します。そのためピックアップ端子と真空管の間隔を変化させます。

- 1) アンテナ出力にダミー抵抗とオシロスコープを接続し、送信出力を最大にします。
- 2) 終段のプレートとG2の電圧を加えない状態で、オシロスコープの振幅が減少するように2本のピックアップ端子と真空管の間隔を各々調整します。
- 3) グリッド側とプレート側の同調を、オシロスコープの振幅が最大になるように調整します。
- 4) 2), 3)を繰り返して2)の状態では振幅の最小点で完了とします。

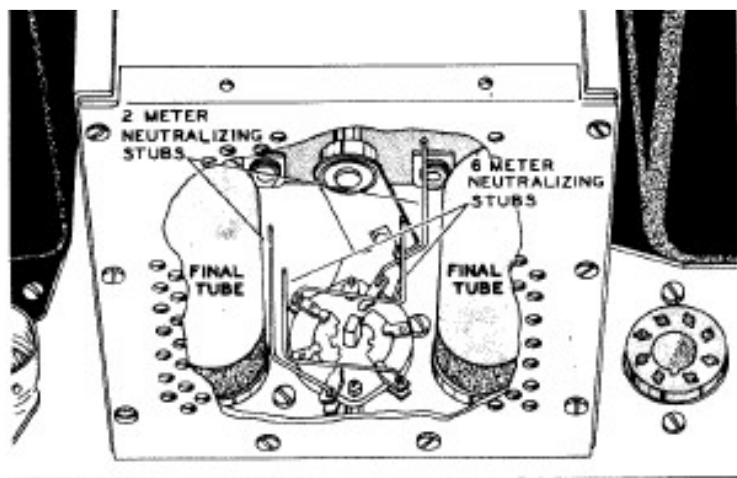


ピックアップを動かすには絶縁棒が必要です。

本来ならば終段部分をケースで覆うのが良いのですが、今回はこのままにします。

他の配線が中和のラインに近づいたりすると状態が変化する場合があるので、周りの配線などはしっかりと固定します。プロの機械の多くは中和部分を含めて終段部分をケース覆ってあります。

古い話ですがヒースキットの50/144MHzの送信機(VHF-1)では、6146プッシュプル構成でたすき掛けの中和を実施しています。中和のピックアップは50MHz用と144MHz用が別々に用意されていて、且つバンドごとにロータリースイッチで切り替えるような方式でした。

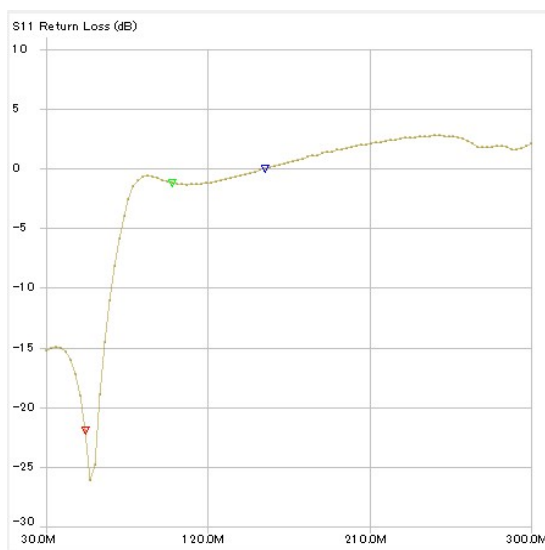
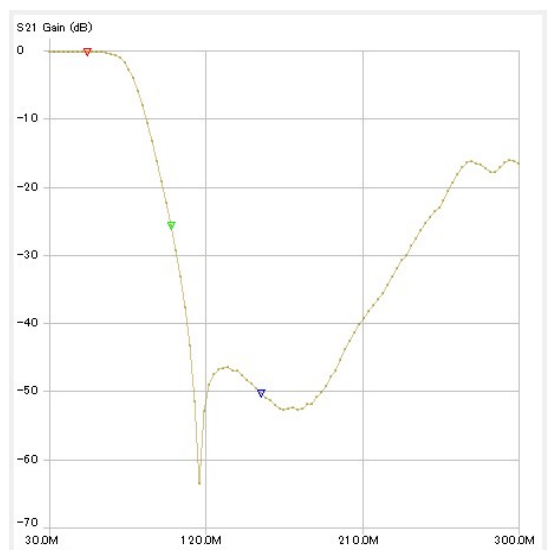
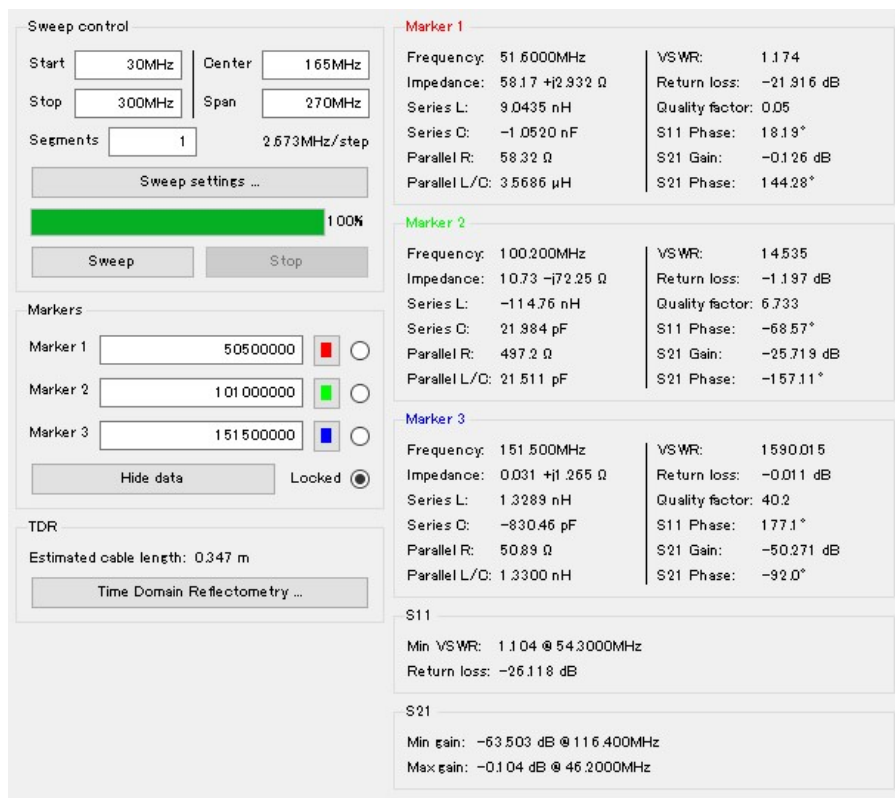


参考

ヒースキットの50/144MHzの送信機(VHF-1)の中和

ファイナルは6146ppです。Pp構成なのでたすき掛け中和が施されています。

nanoVNAによる測定結果



結果

- 1) 狭い所に押し込めてしまったため、コイル同士が近くなって高い周波数での通り抜けが大きい。
シャーシ上面に配置すればよかった。当分はこのまま。
ちゃんとしたLPFはコイルをシールド板で遮蔽します。
- 2) 50MHz付近の損失0.126dBで、合格。
- 3) 2次高調波は約-25dBですが終段がプッシュプル構成なので、シングルよりは少ない。
- 4) 3次高調波はこのフィルタで約-50dB程度取れるのでok。

付. 7 問題点

もともとAM用ですから50.0MHz~51.0MHzがカバーできれば良いかなと考えていました。そして、その位でしたらバンドパス特性で何とかなるのではないかと、深く考えずに終段のグリッド側の同調バリコン及びその前段(V2)のプレートトリマコンデンサをシャーシの内部に固定しました。(パネルからは操作できない)

ところが実際に使うとこれが結構シャープなのです。V2のプレートおよび終段グリッド同調を50.52MHzに合わせ周波数のみ変化した時の最大出力です。終段のロード及びプレート同調は周波数毎に取り直しています。(グリッド電流はユニット毎の値です)

VFO (MHz)	送信周波数 (MHz)	グリッド電流 (mA)	出力 (W)
8.33	49.98	0.2	9.1
8.42	50.52	1.9	10.2
8.5	51	0.4	9.1

上記の状態、終段グリッド同調のみを送信周波数に同調しなおすとグリッド電流はどの周波数に於いても1.9mA前後流れ、終段プレート同調を取り直すと出力も10W強になります。また、終段グリッド同調を上記にしたまま、その前段(V2)のプレートトリマを変化させても同様に動作します。明らかに終段グリッド及びV2プレートの同調が固定されていることが、このグリッド電流の変化の原因です。そしてどちらか一方の同調でも可変して同調を取り直せばすれば50MHz~51MHzをカバーしてくれることが分かりました。

実験としては次のようなことも試してみました。

- 1) ダンピング抵抗をグリッド同調コイルに入れて帯域を広くする。
=> 帯域は広がるがパワーロスが大きくドライブを強化しないといけない。現在の12BY7Aでは力不足。5763、6CL6、2E26あたりに変えないとダメかも。
- 2) スタガ同調 => 基本的にグリッド側のQが高いため、同調をずらしても帯域はあまり広がらず帯域が移動するだけ。結合度を変えてもあまりうまくゆかない。手間がかかる割に帯域が広がらない。

対策としては次の2つが考えられます。2)のほうが改造規模が小さいと考えます。

- 1) V2のプレート同調はシングルバリコンなので、これをパネルから操作できるようにすれば、最良の状態よりも若干グリッド電流が少なくなる程度で1MHzをカバーできます。現在のメーター切り替えのSWを移動し、その位置の奥にバリコンを付けてパネルにツマミを出せば良いでしょう。
- 2) CWモードの時にはリレーで適当な小さいコンデンサをV2のプレートに接続し、同調周波数を下げることによって、CWモードでは50.0MHz~50.3MHz、AMモードでは50.3MHz~51.0MHzをカバーする。

現在AMは50.5MHzあたりですし、CWも恐らく相手はほとんどいないと思われるので、差し当たっては手を差し込んで同調を取り直します。必要になったら2)の改造を行います。

