4E27を使って小さいリニアアンプを作る

2013.7.23　JA1VCW

１．こんなことから始まりました

4E27という真空管があります。 40年以上前に友人からいただきました。
とってもきれいな真空管で、何とか働かせて見たいと思っていました。
ちょうど偶然電子レンジがこわれて、2kV程度の高圧トランスが取れました。
真空管の定格からして、小～中電力のアンプ位が良いでしょう。
ほかに何か使える部品があるかなとジャンク箱をかきまわしてみましたら、
バリコン、メーター、シャーシと、バンド切り替えに適当なスイッチ等が出てきました。
私の製作の始まりはいつもこんな調子です。
本来は、目的があってそれを実現する為にはこのくらいのものが必要である、という手順になるのですが、今回も部品が有り、その部品の活躍する余地がありそうだから作って見るかということで、動機が不純です。
ただし、後に電子レンジの高圧トランスは使えないことがわかりました。（別のレポートあり）
しかし勢いにハズミが付いて“やっぱりつくろう”ということになりました。
相変わらずの冗長なレポートです。

２．どんなものを作りますか

真空管は 4E27/8001 です。 この真空管は高電圧小電流で動作するタイプです。
おおよその規格は

プレート電圧　1.5kV～2kV
プレート電流　100mA～150mA
プレート損失　75W
PSg同時変調で、1500Vで出力145W。
（もっと詳細はデータシートを参照のこと。 インターネットで検索すると出てきます）

私好みの トリタンフィラメント、タンタルプレートです。 プレートが赤熱します。
100W強のパワーですともっと低電圧で使い易い真空管があるのですが、こういう動機なのでアンプのspecはあまり気にしないことにします。
そうするとどんな機械になるのでしょうか。

4E27
とてもスマートな真空管です

もう少し詳しいイメージを考えます。

1）できれば真空管の規格に準じて動作させたいので、プレート電圧は1500V～2000Vとします。
2）プレート損失が75Wなのでプレート効率を50%とすると、プレート入力が150W。
　出力は75W程度となります。 実際はもう少しパワーを取り出せると思います。
3）アンプの形式はグリッド接地型（GGアンプ）とします。 パワーゲインが5倍～10倍程度
　とれるでしょうから、10W程度でドライブするとちょうど良いでしょう。
4）3.5MHzと7MHzの2バンドとします。 これ以上のバンドはプレート負荷抵抗の関係で無理と
　考えます。 それにその他のバンドはほとんど出ませんので。
5）AMのアンプとして使う場合は、AMキャリア出力25W～30Wとなります。
　実はAMの10Wの機械がありまして、アンプで少し電力が上げられればいいなあ。
6）つくりは数年前に作ったAMの送信機と似たような感じにします。

1.9MHz～10MHzの4バンドAM/CW　10Wの送信機です。
807single　6BQ5pp　　40年前のAM定番の機械です。

7）気が向いたら変調器を作って、変調をかけてAMの電波を出せるようにするのも一興。
8）電源はTS-520のトランスを使います。 パワーとしては200~300Wと適当です。
　もともと2倍電圧整流で約800Vが得られています。
　4倍電圧整流ではどうかなあ。 ちょうど1600V程度になりますので都合が良いですが、
　巻線の耐電圧とレギュレーションがどうなるか。 たぶん使用できるでしょう。
　不都合があればまたその時考えます。

３．　少し計算しましょう

設計というほどの細かい計算はできませんが、可能な部分の計算をしておきます。
必要な項目は次の様です。

・プレートの負荷インピーダンス
・出力回路
・アンプの入力インピーダンス

１）プレートの負荷インピーダンス

真空管	プレート電圧 Vp (V)	プレート電流 Ip (mA)	係数(η)	プレート負荷(kΩ)
4E27	1700	150	1.57	7.22

プレート負荷　=　Vp/Ip/ η　　(η はARRL　アマハンによるB級の時の値)

アンテナ側のインピーダンスは50Ωです。

２）出力回路

マルチバンドの送信機の出力回路は、πマッチが多く使用されます。
送信機の出力回路でπマッチを使用する場合、回路のQを規定する必要があります。
プレート側のQ(Qp)は 12、アンテナ側(Qa)は　2　あたりがよく選ばれます。
これは回路の損失がほどほどで、かつ　スプリアスが少なくなる妥協点と言われます。

πマッチの場合は Qの値(12,2)を決めると、プレート側と出力側のインピーダンスの比が 29:1 とひとつに決まります。 今回は 7220/50=144 >> 29　なので不可です。
プレート側のインピーダンスは変えずらいので、πマッチを使うとアンテナ側の整合可能なインピーダンスは約250Ωになりますが、出力回路にπ-Lマッチを採用すれば50Ωに整合することができますので、これを採用します。
π-L回路の動作や得失については、いろいろ述べられていますので省略します。
計算は別途行います。

その他にアンテナ側のインピーダンスを50Ω位とすれば次のような方法も考えられます。

- 1:4のステップアップトランスを使って50Ω=>200Ωとすれば、πマッチでOKでしょう。
- 7200Ω:50Ωで且つ Qp = 12で設計するとQa が小さくなってスプリアス特性が悪化するが、外付けでπ型のLPFでも付ければ、これもOKです。
  もっともLPFを付けるくらいなら始めからπ-Lマッチにしたほうがずっと楽でしょう。
  コイル1個の追加で済みますから。
  また、Qaの値が小さいとロードバリコンの最適値がわかりずらくなります。

3）アンプの入力インピーダンス
GGアンプの入力インピーダンスは求めるのが難しそうなので、実験的に決めます。
さしあたって直結にしておいて、あとで調整します。

4．　部品を集めます

ジャンク箱からの寄せ集めです。
1）プレート同調バリコン
プレート電圧が高いので、高耐圧のバリコンが必要です。 以前ハムフェアで買ったもので羽根のギャップが約2.5mmです。 容量変化は32～130pFでした。
2）ロードバリコン
π-Lなので少し耐圧の高めのものです。 大き目の受信バリコンでも計算上は大丈夫だと思いますが、同調が外れた時などの異常時には放電しかねません。
3）バンドSW
ハムフェアで以前入手したものです。 ステアタイトのロータリーSW。
4）プレートチョーク、フィラメントチョーク、出力コイル、入力トランス
コイル類は巻きます。
5）プレート電源
TS-520の電源トランスがありましたので流用しました。
6）フィラメント用電源
5V7.5Aですがトランスですと結構大きなものになりますし、真空管の近くに置きたいので手持ちのスイッチング電源を使いました。 5V6Aの定格ですので定格オーバーです。
電流制限の値を大きくして実験しますと使えましたので、使うことにしました。
そのうち5V10A程度に変更したいと思います。
スイッチング電源をフィラメント用の電源として使用する時の注意点としては
- 過電流時の遮断特性がフの字特性の電源は、使えない可能性があります。
- 電源のスイッチングノイズが受信に影響する場合があります。　実際に定格電流を流して受信機などで確認したほうが良いと思われます。
- 最大出力電流定格が必要以上に大きなものは、真空管に損傷を与える場合があります。定格フィラメント電流の2倍程度にとどめるべきだと考えます。
- フィラメント電圧は真空管のピンの所で測定します。

7）メーター
レトロなメーターで真空管の機械に合います。 中に分流器が付いていたので外しました。
そうしましたらメーター本体は20mAフルスケール（FS)で、内部抵抗は3Ωでした。
そのままでは使いにくいので工夫して使います。
プレート電流は一般的な分流器を付けて300mA FSの電流計にします。
高圧電源の電圧を測定するために、単一電源で動作するop-ampを使っています。
メーターを壊すと代わりは無いので、ダイオードの保護を入れました。
保護を入れてもメーターの指示が正しい（入れる前と変わらない）ことを検査しておきます。

５．　全体の構造はどうしましょう

以前別の目的で買っておいたシャーシが出てきました。 250*200*60mmです。
考えてこれに詰め込まないといけませんが、電源はここには入りませんので別にします。
写真（後出）をみていただいたほうが早いので詳細は省略します。
考え方はいつもの通りで、

- 幅より奥行きの長い形。
- シャーシしか無いのでLアングルを使って骨組みを作ります。 今回は高電圧を扱うので箱をちゃんとしないと危険です。
- 以前作ったAMの機械とパネルの大きさを等しくしました。（ジャンク箱にそんなパネルがありました） パネルの配置も似たようにしました。
- 中に入らないものは外付け。（フィラメント用のSWレギュレータ）
- 電力自体は小さいのですがケースも小さいので、密閉すると高温になるために適当なファンを付けています。 風切り音が大きいので12Vのファンを5Vで動作させています。
  ファンを定格電圧よりも低い電圧で動作させる場合は、電源投入時にちゃんと回りだす事を確認しておく必要があります。
- レトロなメータを付けました。
- 前面パネルの高さは185mmとしました。 これはAM送信機と同じ高さです。
  この寸法では真空管をシャーシより沈めないとプレートが上蓋にぶつかります。
  直熱管は多くの場合取り付け方向の指定があります。 今回の4E27は垂直のみ。
  線状のフィラメントの球は横に取り付けることも可能ですが、その場合取り付け方向がデータシートで指定してあります。 集合カタログなどには記述が無い場合が多いので個別の正規のデータシートを見る必要があります。
  これをまちがった方向に取り付けると、“シロートめ” と言われます。

６．　製作に取り掛かります

６．１　回路図を書きます。

昔作った機械の回路などすっかり忘れています。 これでは困るので最近はまず回路図を描くことにしています。 ちょっと古いのですがB-schを使って描いています。
定数も入れておきます。 作業中変更した個所などもできる限り修正しておきます。
まめに修正しているつもりですが、後で見るとへんだな？と思うところがいくつも出てきます。

６．２　必要な部品を作ります

これらができないとシャーシのレイアウトができませんので最初に作ります。
完成を考えながら部品を作るのも楽しいものです。 プロセスを楽しみましょう。
１）終段タンクコイル（π-Lコイル）
２）フィラメントチョーク
３）プレートチョークコイル
４）プレートキャップ
実際の様子は後に“付”として述べます。

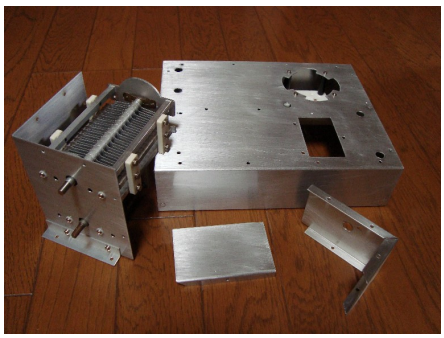
６．３　シャーシの加工

部品を並べ（現物あわせ）、メモ程度の設計図をかいて加工を行います。
シャーシ加工は苦手で、最初はいいのですが後になると何でこんなことやらにゃあかんかと思うようになります。　 でも加工しなければ進みませんのでいやいやながら・・・。
機械加工ができたら、クリアラッカーをスプレーしておくとあとで見栄えが良いようです。
（クレンザーで表面を磨き、洗って乾かしたあとスプレーします。 結構面倒ですが・・・）
ビス、ナット等も100組程度は使うことになります。

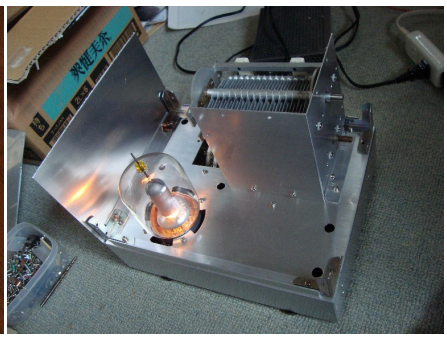
６．４　配線します

部品を取り付けます。
いつもの通りできるところから作り始め、配線できたところから通電します。
ですから、先ずフィラメントが灯ります。 これがうれしい。
後はひたすら配線します。

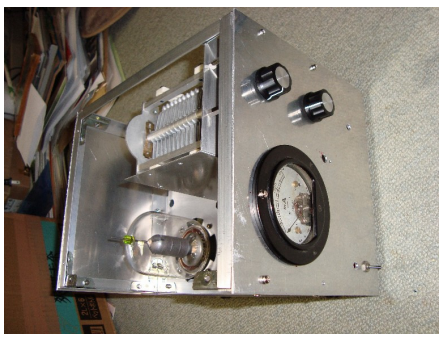
シャーシ、パーツ加工



真空管点灯



メータやパネル



7.　電源投入だ

最初の電源投入はちょっとこわい。
何しろ電圧は高いしパワーも大きい。　最近数100V以上の電圧は扱ったことが無いので
段階的に、安全に気を配って行います。
要するに電圧を徐々に上げます。 手間が掛かりますが、最初には必要な工程と考えます。
AC100V用のスライダックがあればAC電圧を少しづつ上昇させて、数段階で定格電圧までに
上げれば面倒かかりませんが、スライダックはありませんので今回は次のようにしました。
これが最良の方法かどうかわかりませんが、最初の電源投入です。

7．1　電源部のみで

1）組配完了したらトランスの2次側には何も接続しないでAC100Vを投入します。
　トランスの2次側のAC電圧を測定しておきます。
2）高電圧の整流回路は、無負荷（整流回路とフィルタのコンデンサのみ）でトランスの一番
　低い電圧（6.3Vや、12.6V）などに接続し、電源を投入し各部の電圧を測定します。
　倍電圧整流やダイオードの直列、コンデンサの直列など結構誤配線が発生し易いので
　この時点ですべての動作、電圧など確認しておきます。
3）トランスの巻線の、次に高い電圧（今回は90Vの巻線があった）に接続し電圧を確認します。
　OKでしたら、しばらく（1H位）そのまま放置します。 電解コンデンサのエージング（注）です。
4）このように段階を追って電圧を上げてゆき、最終の電圧にします。
　各段階で1時間程度放置して異常の無いことと電解コンデンサのエージングを行います。
5）注意としては、
- 通電している時には近くにいること。 外出などは論外。
- コンデンサに電圧がチャージされているので、電源off 後にはディスチャージを行うこと。
　また、一度ディスチャージを行っても、負荷のインピーダンスが高い場合、時間が経つと
　電圧がじわじわと発生することがあるので、作業する直前に再ディスチャージをします。
　電圧が高くなってくるとチャージで感電しますので注意が必要です。
- 多数のコンデンサを使用している場合は、各段階において各コンデンサに正しい電圧が
　印加されていることを確認しておきます。
　すなわち、電解コンデンサの極性に合っている電圧が印加されていること、電圧値が
　設計値に近いこと、耐電圧を超えていないことの確認です。

（注）電解コンデンサは電圧を印加せずに放置（1, 2年）すると、漏れ電流が増大する場合が
　ありま す。 その場合は、1kΩを直列に接続して1時間程度定格電圧を印加すればもとの
　漏れ電流に戻るそうです。（メーカーのHPによる）

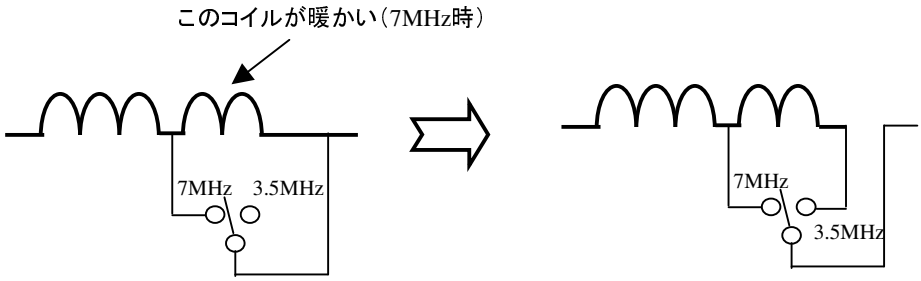
7．2　送信部をふくめて

送信部の高電圧回路を電源から外しておきます。
高電圧の回路の抵抗値を測定して妥当な値であることを確認しておいてから、高圧電源を
接続して電圧を印加します。
このときも可能であれば段階的に電圧を変化させると良いと思います。

８．　調整しよう

組み上がって、電源を入れれば働くというものではありません。（少なくとも私の場合は）
今回動作しないような誤配線が1箇所ありました。
最初に動作させた時にこの機械ではおおよそ次のようでした。
１）ゲインが少ない。
　13Wのキャリアでドライブして、50Ωのダミーを接続して40Wの出力でした。 ゲイン3倍。
２）ドライブも不足
　１）の条件でプレートの同調回路を離調してもプレート電流（IP）80mA程度までしか電流が増えない。
という状態でしたので考えました。

１）ドライブ側のミスマッチがあると考えられる。
　4-400AのGGリニアアンプの入力インピーダンスが140Ω位というデータがありましたので（HamRadio　W6SAI）本機は少し高いだろうと、インピーダンス1:4のトランスをフィラメントの所に入れたところ、離調したときにIPが120mA程度まで流れるようになりました。
　トランスを入れた後の整合状態は、 進行波電力:31W　 反射波電力:2.5W　なのでVSWRは　およそ1.7　という結果でした。（7MHz、出力120W時）
　少しVSWRが高めですが今回はこのままで進めます。
２）プレートのπマッチのコイルが暖かくなっていましたので調べてみると、3.5MHz用のショートしたコイルの部分も暖かいのです。 ロスが発生していると考えてバンド切換の回路を変えました。 その結果3.5MHzの部分の発熱はなくなりました。
　ショートしたコイルの部分がオープンになったため、7MHz用のインダクタンスが増えました。
　暖かいのが何Wに当たるのか分かりませんが、仮に100W出力時に1Wのロスが減ると約0.5%位プレート効率が上がります。



　ただしオープンの端は電圧が誘起されます。 今回程度でしたら良いのですが、14MHzのタップを付けたりすると、14MHz動作時に3.5MHzのコイル端に高電圧が発生します。
　ちょうどオートトランスのようになって電圧がステップアップされます。
　バンドSWに高耐圧化が必要になる場合があります。 使用していないバンドの処理は注意しないとけません。
４）π-LのL側のコイルについても３）と同様のテストをしましたが、こちらはほとんど変化がありませんでした。

9.　データを取ります

9．1 ドライブ電力、出力、プレート効率、プレート損失等

ドライブ電力、出力、プレート効率（P効率）、プレート損失（Pd）等を測定しました。
P効率とPdは出力同調回路のロスを10%として（少し大きいか？）算出しています。

動作状態 #1

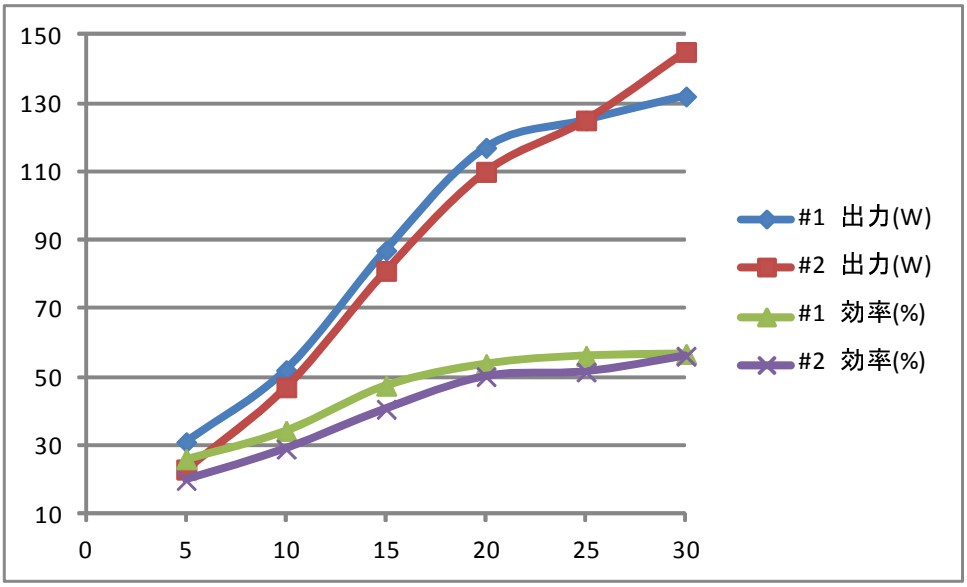
No.	Drive (W)	Output (W)	Plate (V)	Cur. (mA)	P.input (W)	P効率(%)	Pd (W)
1	5	31	1750	75	131.3	26.0	96.8
2	10	52	1720	97	166.8	34.3	109.1
3	15	87	1680	120	201.6	47.5	104.9
4	20	117	1650	145	239.3	53.8	109.3
5	25	125	1610	152	244.7	56.2	105.8
6	30	132	1600	160	256.0	56.7	109.3

プレートの出力回路(π-L回路)は"4"の状態で最大出力が得られるようにVCを調整

動作状態 #2

No.	Drive (W)	Output (W)	Plate (V)	Cur. (mA)	P.input (W)	P効率(%)	Pd (W)
1	5	23	1750	73	127.8	19.8	102.2
2	10	47	1700	105	178.5	29.0	126.3
3	15	81	1650	133	219.5	40.6	129.5
4	20	110	1610	150	241.5	50.1	119.3
5	25	125	1600	167	267.2	51.5	128.3
6	30	145	1580	180	284.4	56.1	123.3

プレートの出力回路(π-L回路)は"6"の状態で最大出力が得られるようにVCを調整



パワーメータはダイワ製CN-101Lを使用。 校正無しなので目安です。
エキサイタのドライブ電力が時間とともに変動するため1割くらいの誤差があります。
すなわちメータを読んだりしているうちに状態が若干変わってしまいます。
いずれの状態でも最大プレート損失(75W)を大幅に超過しています。

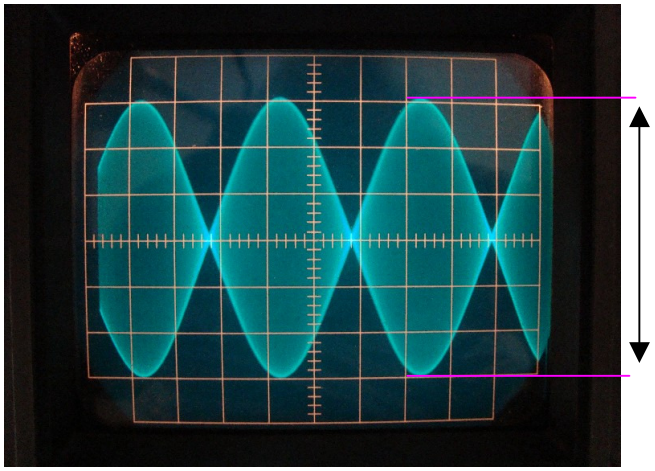
９．２　2toneを入れた時の出力波形

いちおうリニアアンプなので、2トーンをいれてみました。 7MHzです。

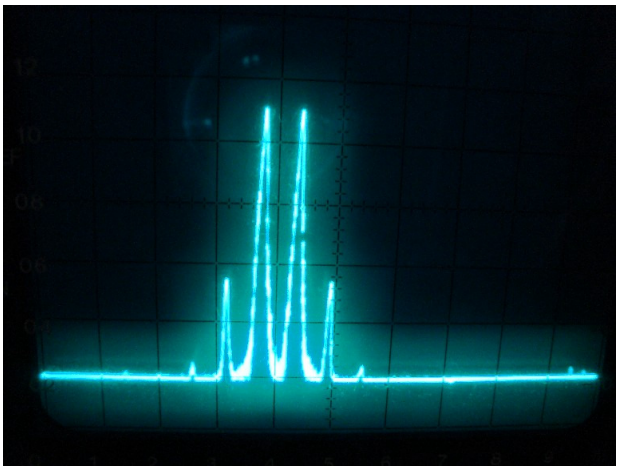
無信号時プレート電流（ベース電流）は10mAでした。

１）Exciterのみ19Wpep （すなわちアンプはスルー状態）

19Wのキャリアと同じ振幅



パワーの割に3次歪みが大きいなあ？

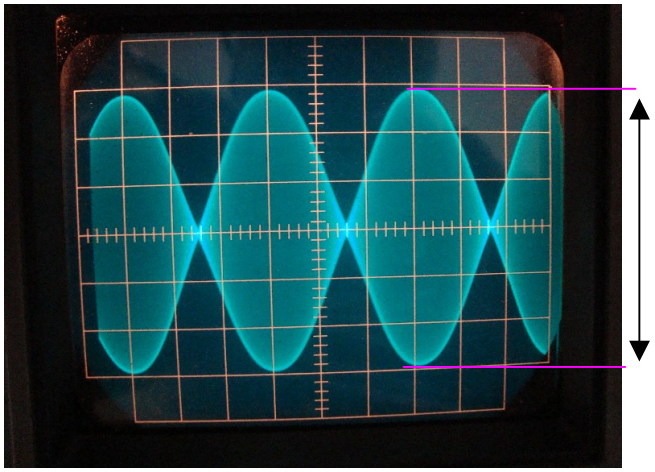


パワーメータの値は次のようでした。

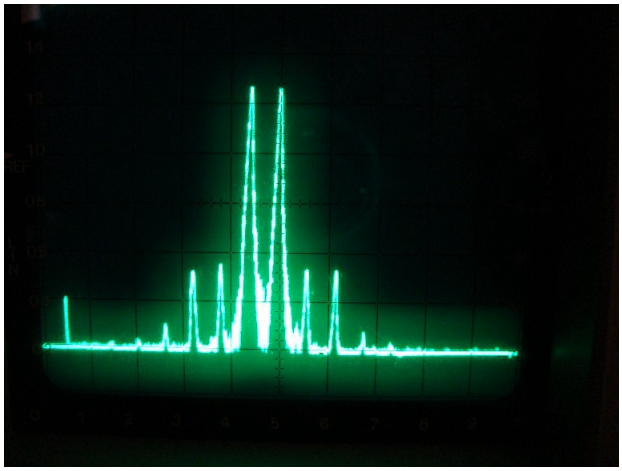
2tone　：　8W　　キャリア時　：　19W

２）4E27付　110Wpep

110Wのキャリアと同じ振幅



左端のピークはノイズ



パワーメータの値は

2tone　：　43W　　プレート電流　：　80mA/1750V

キャリア時　：　110W　　プレート電流　：　130mA/1650V

キャリア時プレート効率　：　51%　（出力回路損失 10%　として）

波形写真などで見る、アンプの様子は

- 少しピークが伸びていない。 やはり奇数次歪みが出ている。
  5次が多い、といってもこの時は -36dB 位。
- ベース電流が少ないのでクロスオーバ歪みが出ている。
- 同調を取り直した時に波形のピークの伸びは変化する。
  でもスペアナではこの辺りが最良。
- 一般にオシロの波形で形が歪んで見えるようならば、奇数次歪み-30dB程度より良くはないでしょう。 あんまり出来の良いアンプではありません。

９．３ まとめると

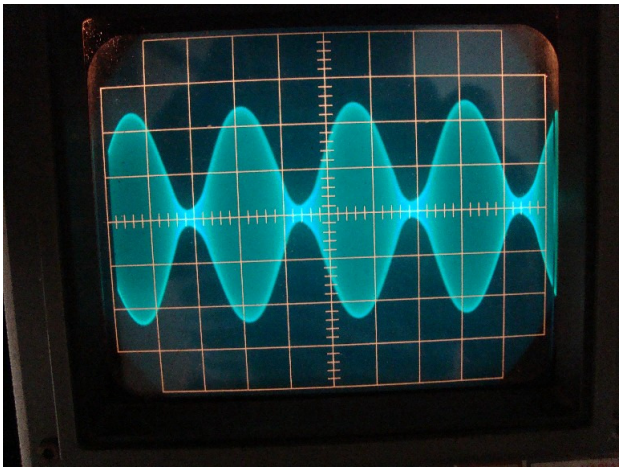
１）SSBではピークパワー120W程度、パワーゲイン6倍程度のアンプができました。

２）2toneのテストでもまあそこそこの歪でしょう。

３）プレート効率50%強です。 Bクラスですので理論的には78%程度といわれますが、今まで作ったどのアンプもこんなものでした。 作り方がへたなのでしょうか。

４）現在7MHzのみ調整。 3.5MHzはいずれ調整。

５）AM変調をかけた信号を増幅したときの波形は次のようになりました。
キャリアで出力120Wで調整し、無変調時のキャリア出力が30Wになるようにエキサイタのレベルを落とし、その後シングルトーンでAM変調をかけました。



AM波の増幅波形

６）ALCをかけていませんが、前記のレベルでかければ良いと考えます。
今回はいちおうこれで良しとします。 少しづつ改善して行きたいと思います。

１０．　思ったこと、感想、ごたくなどいろいろ

１）手持ちのシャーシやアルミ板を使ったために、（私にとっては）大変な機械工作になりました。
1.5mm厚のアルミを自在に曲げたり切ったりすることが可能ならば、こんなしちめんどくさい工作をしなくて良いのですが、残念ながらそういう技術がないのでひどいことになりました。
シャーシ加工だけで数週間位かかっています。（もっとものんびりやりましたが・・）

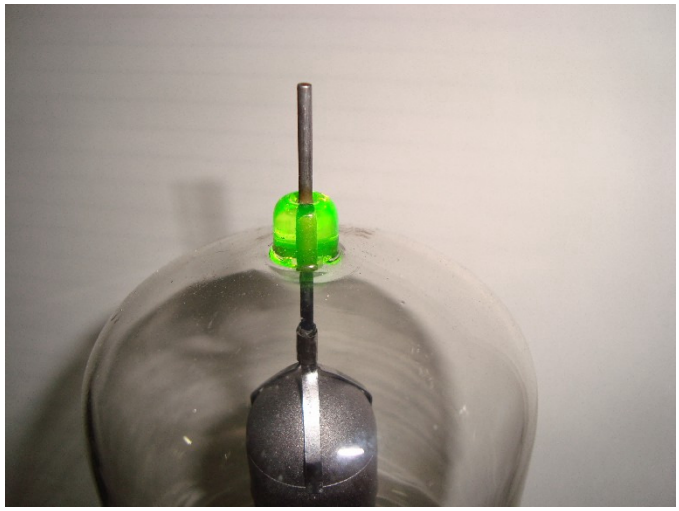
２）遊び気分で作ったので、まあ始めから承知していましたが、中途半端な機械になりました。
リニアアンプというには小さいし、その割には手間がかかっています。
でも真空管を動作させて眺めてみたいという初期の目的は完全に達成しました。

３）それにしても、高電圧小電流の真空管は使いずらいですね。 プレートの負荷インピーダンスが高いのでプレート同調容量がちいさくなって、ハイバンドは同調が難しい。
パラにして使うとこの点ずいぶん楽になります。 OMからこの手の真空管（ダッシュ系など）パラにして使うのが一般的だと言われたことがあります。
また、プレートとプレート同調バリコンの間にインダクタンスを入れる方法も有るようです。
この場合は出力回路の設計しなおしです。

４）そんな苦労をしてまでこの手の真空管を使うのもどうか？まあ3-500Zの1本も使えばすべてOKになります。 でもそれでは面白くありません。
オーディオ屋さんたちが送信管や見たことも無いような真空管を持ち出して、アンプを作りたいという気持ちが分かるような気がします。
（インターネットで2C39や416Bを使ったオーディオアンプを見たことがありますがここまで行くとちょっと？）

５）4E27のプレート電極引き出し部分のガラスは、明るいところで見ると緑色に見えます。
引き出しの棒とガラスの熱膨張差が少なくなる様に、この部分にウランガラスが使ってあるためだそうです。 ウランガラスはウランが混ぜてあって紫外線で緑色の蛍光を発します。
ベースのほかの電極の引き出し部分（見にくいですが）も緑色に見えますので、その部分はウランガラスなのでしょう。 他に4-65などやその他昔の真空管にも使われていました。
放射能は人体には影響無いレベルだそうで、ガラス工芸などにも使用されています。

ストロボを使って撮影したら
とても強く色が付きました



6）4E27は5極管なのでサプレッサグリッドがあります。 今回はGGアンプですがAM変調の終段として使用する場合、サプレッサグリッド変調がかけられます。
その規格がデータシートに記されていますが、これがすごい。

RF-Poweramp　C級サプレッサグリッド変調

プレート電圧： 2000V　　プレート電流： 55mA
SG電圧： 600V　　SG電流： 45mA
サプレッサグリッド電圧： -300V
出力： 35W
注）なるべくSG電圧はプレート電源から30kΩのシリーズ抵抗を通して供給のこと。

この注）のシリーズ抵抗の消費電力が約65Wです。
高々35Wのキャリア出力を得るために

- 2000Vのプレート電圧を印加し、プレート入力は110W。
- SGのシリーズ抵抗で65W消費。
- SGの損失で30W消費。
- フィラメントの電力が37.5W。

古い設計の真空管はこうなんでしょうか。 何か効率が悪いなあと感じてしまいます。
出力35Wは、Psg同時変調を行うなら6146single、または807singleで可能な電力です。
もっとも、Psg同時変調では、2500V印加して200Wの出力が得られると書いてあります。
2500Vをかける変調トランスって、プレート側は5000Vpeak ・・・・ 怖っ。

7）サプレッサグリッド変調のSG電圧はプレートから直列抵抗で電圧を降下させる意味は、サプレッサグリッドの変調電圧に応じてSG電圧が変化し、ちょうどSGにも同時に変調をかけたのと同じ効果があり、より良い変調がかかるそうです。 従ってSGのパスコンはAFをバイパスしないように5000pFからそれ以下値を使え、ということになっています。

8）フィラメントの電力が異常に大きい。 5V7.5Aというのは4-400Aや3-500Zの5V14Aの半分。 その割にはプレート損失は1/5、プレート電流も1/2～1/3 どうなっているのでしょうね。

9）昔の真空管ですので効率の高いC級の終段などに向くようで、出力の割にプレート損失が少ないので今回のようなB級アンプですとあまりパワーが得られません。
また、ゲインも6倍程度で、3-500Zあたりの25倍もゲインがとれるような球と違います。
でも、プレートが赤熱して、頑張っているなあという感じが好きです。

10）規格いっぱいで使用していますのでプレート同調が離調すると、1~2秒でプレートが輝きだします。 よく見かけるプレートが赤熱などというものではなく、黄色っぽく光りだし火でもつくか、はたまた溶けだすのではないかという恐怖感がわくような状態になります。
1500V180mAで270Wが全てプレートで損失になるので、許容損失の約4倍となります。
写真撮ろうと思ったのですが、その数秒間がこわくてやめました。
こういう経験は（何の得にもなりませんが）半導体ではできないのではないかと思います。
しかしそうなるとアマチュアのようにマルチバンドの送信機では、いきなりフルパワーで調整するのは危ないので、数段階に分けて徐々にパワーを上げてゆくように調整しないと真空管を壊しそうです。

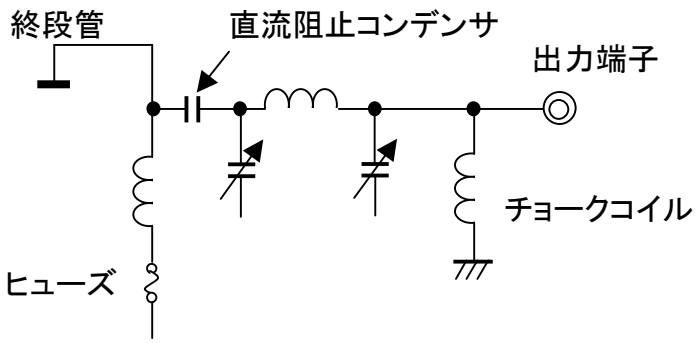
11）プレートが赤熱しますが結構時定数が小さく、SSBなどではしゃべっているとプレートの
色が声の大小に応じてモヤーっと変化して面白いです。

12）高電圧は怖いです。　以前高電圧のリニアアンプを作った時は電源を家の外に出して
雨戸を閉めて、雨戸の隙間からACプラグを引き込み、コンセントにこわごわ差し込んだ
思い出があります。 30年以上も前の昔です。

13）プレート効率に関してTS-830を調べてみました。
終段は6146Bの2パラです。 真空管は若干ボケぎみですがCW100Wは出ます。（@7MHz）
TS-830をCWモードで動作させ、同じパワーメータ（CN-101L）と本体のメータの読みで
　　出力: 100W　プレート電流/電圧　268mA/800V　でした。
そうしますと、出力回路のロスを10% としたときのプレート効率約52%ということになりました。
CWでALCがかかるのでAB1の動作は保たれています。 ベース電流は約50mAでした。
プレート入力214Wで効率52%では、プレート損失111.5Wです。
6146Bのプレート損失は1本35Wなので2本で70W、そこに111.5W損失させると1.59倍。
規格の約6 割増の損失を与えていることになります。
SSBで且つ間欠使用なのでだいじょうぶなのでしょう。
私のこの機械もそこそこOKでしょうか。

14） プレートチョークですが、簡単に自作できます。　しかし注意しないといけないのは
ボビンを耐熱性材質、すなわちステアタイト、テフロン等を使用すべきです。
100円ショップあたりで適当な瀬戸物があるかもしれません。
間違ってもスチロール等プラスチックを使用しないこと。 その昔絶縁が良いとスチロールの
棒を使って作り（頭悪い）、動作させたところ発熱し（定数が悪くてホールが使用周波数に
近かった可能性があります） 後で見たらまさに蛇のようにくねくねに曲がり、高圧電源を
ショートさせる寸前までになったことがあります。
高電圧がかかっているので、動作時の温度を測定するのはなかなか困難ですので。

15）出力回路には高圧電源のリーク等の防止のためにチョークコイルを必要とします。
これを付けないと直流阻止コンデンサがリークした場合、出力端子に高電圧が発生します。
コンデンサが完全にショートした場合はヒューズが切れます。
従ってチョークコイルはヒューズの数倍以上の電流容量が必要です。
ただインピーダンスが低いためインダクタンスは比較的少なくて良いので、今回は
パッチンコアに太めの線を巻いて作りました。　高電圧には注意しましょう。



11. 付・・・・

役に立つかどうかわかりませんが、今回の私の製作の様子です。

11．1 終段のタンクコイル

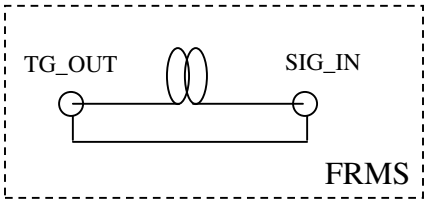
コイルやコンデンサの値は次のようです。
計算はどこかの本のコピー（元本は不明）計算式をエクセルに入れて計算させました。

π-Lネットワーク

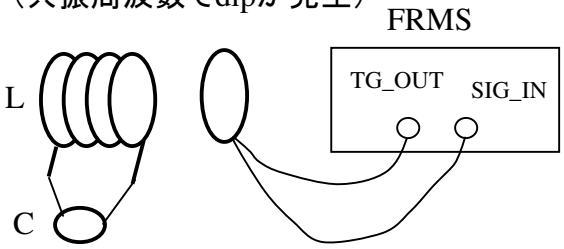
周波数（MHz）	Cp (pF)	L1 (uH)	C1 (pF)	L 2(uH)	Qp	Q1	Q2
3.5	77	31.1	740	4.48	12	2	1.97
7	42	14.2	412	2.02	13	2	1.78

1）コイルの直径と電線を考慮して、インターネットの計算サイトで大凡の巻数を求めます。
2）それによってコイルを作ります。 巻数は1割くらい多めに巻きます。
3）コイルに適当なコンデンサ（表のCpに近い値が良い様です）を付けて共振回路とし、
FRMSを使用して共振周波数を求め、周波数からインダクタンスを計算します。
4）巻数とインダクタンスから ALvalue を計算して、さらに必要なインダクタンスの巻数を
計算し、その巻数にコイルをカットします。
5） 3）をもう一度実施してインダクタンスを求めます。 +10%, -0%程度に入るようにします。

FRMSのINとOUTの間に
1-2回巻きのコイルを接続



被測定コイルと結合させて、同調周波数を求める。
（共振周波数でdipが発生）



6）バンドSWで不要のコイルをショートするような構造の場合、コイルからタップを出すことに
なりますが、その時は実際に使用するようにタップと端をショートした状態でインダクタンスを
測定・調整しないといけません。
条件にもよりますが、ショートした時とショートしない時で1割くらい変わることがあります。
結果は次のようになりました。 最終的には動作をさせて調整するということでokとします。
下の表で※がある欄は、ショートしない時の値です。 参考データです。

π-Lネットワーク コイルデータ

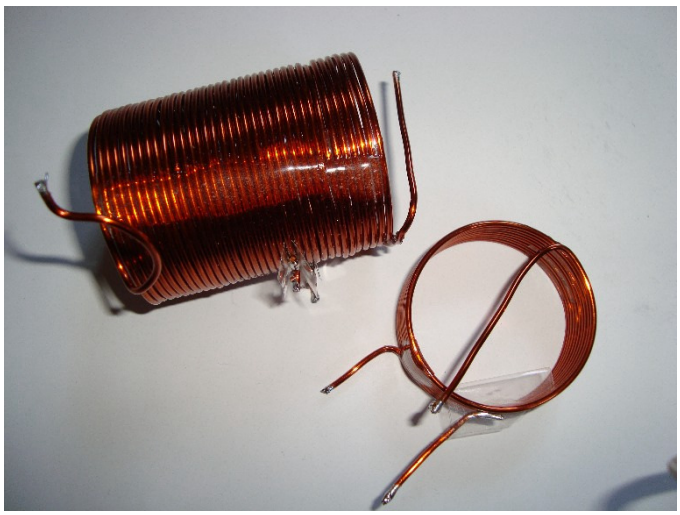
周波数（MHz）	巻数	L1 (uH)	L1 (uH)	※
3.5	35	31.5		
7	21		14.2	15.8

巻数	L 2(uH)	L 2(uH)	※
9.5	5.16		
7		2.26	3.26

コイル直径： 48mm　　線径： 1.6mmφ　　密巻
巻数の誤差： ±1回

こんなふうになりました。
密巻なのでタップの所が隣の巻線とショートするといけないので、プラスチックのシートで絶縁しておきました。
コイル自体もエポキシ接着剤で固定してあります。 熱と強度に心配がありますがまずは作ります。

コイルの直径は48mm程度です。



7メガの設計でQpが13となっていますが、12ですとプレートの同調容量がバリコンの最小容量になってしまうために、Qpを少し大きくしました。 わずかに効率が下がる可能性があります。

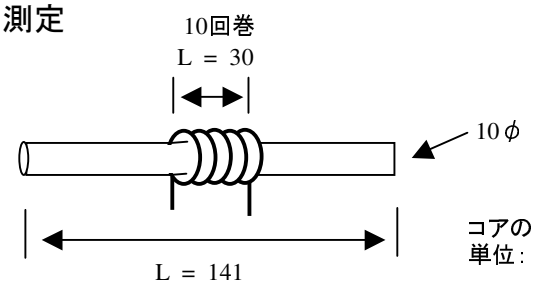
最終的にはインダクタンスの調整が必要になります。 目安が無いと困りますので一応このようにしました。

１１．２　フィラメントチョークについて

GGアンプのフィラメントチョークは球の入力インピーダンスの最低5倍位のインダクタンスが必要とされます。
球の入力インピーダンスは今は分からないのですが、200Ωと仮定して3.5MHzで1kΩのインダクタンスがあればよいと考えます。
その時のコイルのインダクタンスは45uHですので、これを目標にします。

試行としてバーアンテナに線を巻いてインダクタンスを測定しました。（下図）
10回巻いて8.9uHでした。 従って45uHでは　巻数比で√（45/8.9）=2.24　⇒　23回巻けばよいことになります。
バイファイラ巻きなので23回*2となります。

インダクタンスの測定

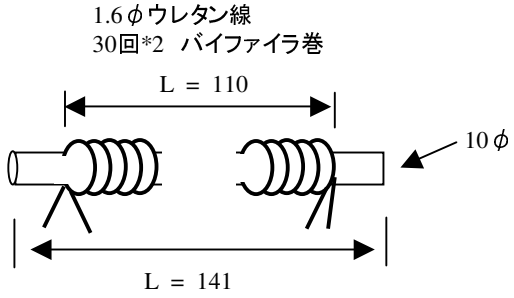


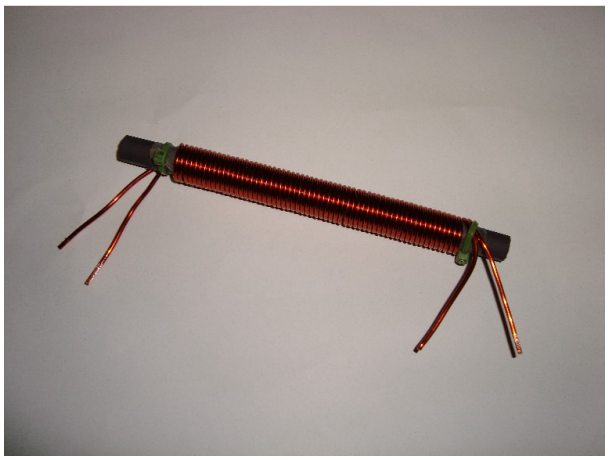
コアの材質：　不明
単位：　mm

測定器は自作のLCメータ（VK3BHR設計）

製作結果
多めに巻いてみて測定したら、30回*2で47uHとなりました。
計算値と誤差がありますが、トロイダルコアではないし、線径が試行の時とちがう、幅一杯に巻いたことも影響している可能性があります。
線径については手持ちの線材がこれしかなかったので使いました。
コイルの巻線だけで片側0.22V程電圧降下がありました。

47uH （2本の巻線を並列に接続して測定）





１１．３　プレートチョークについて

プレートチョークはプレート負荷インピーダンスの5倍以上のインダクタンスが必要とされます。
プレート負荷インピーダンスを6kΩとして3.5MHzで30kΩのインダクタンスがあればよいと考えます。
その時のコイルのインダクタンスは約1.4mHですので、これを目標にします。

たまたまパイプ状の碍子あったので（元は何だったのでしょう）コイルを巻いてインダクタンスを測定してみました。

- コイル単体　=>　201uH
- 10φ*52mmの青のペイントが付いたバーアンテナのかけらをボビンの中に入れる。
  =>　637uH～940uH　（コアの位置によって変わる）

これではインダクタンスが不足なので、2.5mHの高周波チョークコイル（実測2.4mH）を直列に入れる事にしました。 トータルで約3.0mHとなりました。
3.5MHzのインピーダンスは約66kΩということになります。
ただ、2.5mHの高周波チョークの耐電圧の心配があります。 高周波電圧が2000Vと仮定しますと1500V分がこのチョークに印加されます。 ハニカム巻は3バンクになっていますので1バンクあたり500Vになります。 このチョークがこの電圧に耐えるかどうか・・・・

チョークコイルは回路に入れた状態で3.5MHzや7MHzに同調してはいけませんが、これは実際にテストしてみないと分かりません。
こんな測定をしても大勢に影響はないのですが、一応目安として知っておきたかったためです。
チョークコイルは難しそうです。 メーカーの送信になどはバンドSWと連動してチョークコイルを切り替えているものも見かけました。

RFC
直径：　19mm（ボビン外形）
長さ：　100mm（ボビン外形）
巻幅：　73mm
巻数：　約200回

端子は1.6φの銅線を巻いて
エポキシ接着剤で固めた。

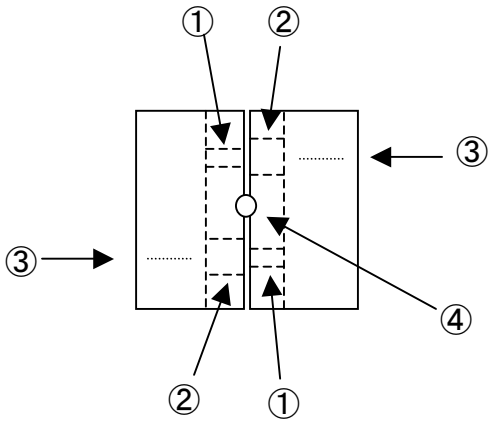
コア
バーアンテナの折れたもの
直径：　9.8mm
長さ：　53mm
特性：　青いペイント

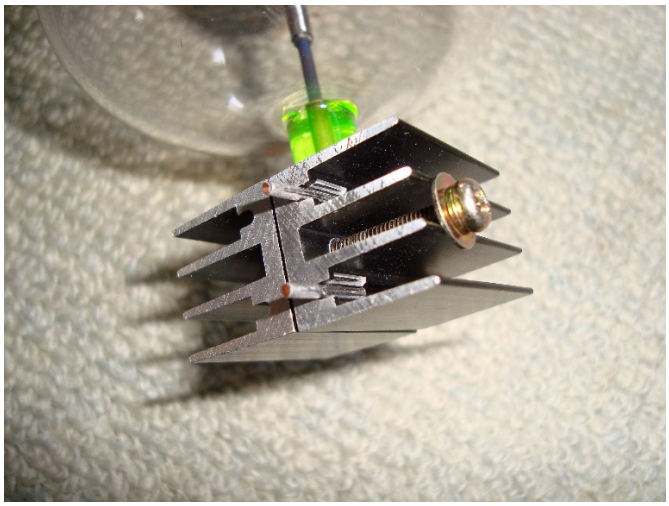
2.5mHのチョークは次の様なラベルがあります。（アキバでまだ新品売っていました。）

RF　CHOKE　COIL
2.5mH　200mA
OHIRA　COIL　Co.

１１．４　プレートキャップ

この真空管のプレート電極は、棒が出ているだけです。　放熱が必要と考えます。
プレートキャップはありませんので作りました。
工作機械をお持ちの方はスタイルの良いものを作れると思いますが、私は持っていないので（電気ドリル／ドライバが唯一の電動工具）周りを見回してTO-220の放熱器を2個組合わせて作ってみました。
しっかり止まります。 不格好ですが用は足りていると思います。
他にも100TH、304TH 等の昔の送信管のグリッド用にも使えます。





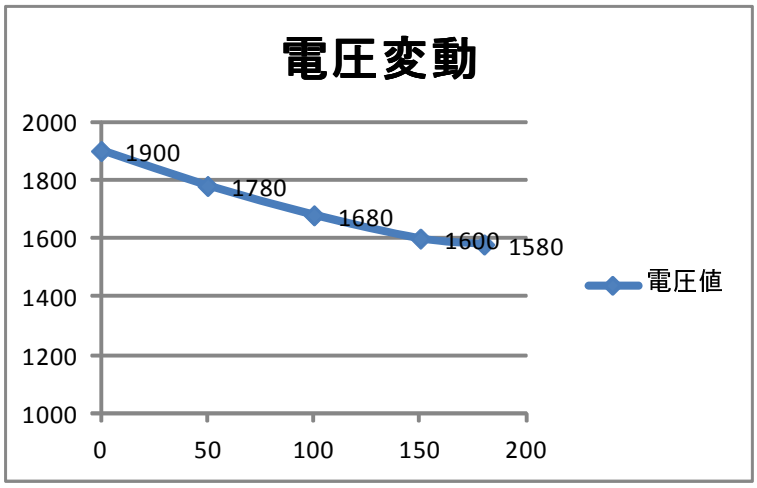
① 最初からあるTr取り付けタップ（3φ）
② バカ穴をあける
③ 長いビス。 2か所両側から均等に締める。
④ 電極の穴（電極の棒の直径よりも少し小さめの穴）

１１．５　4倍電圧整流の特性

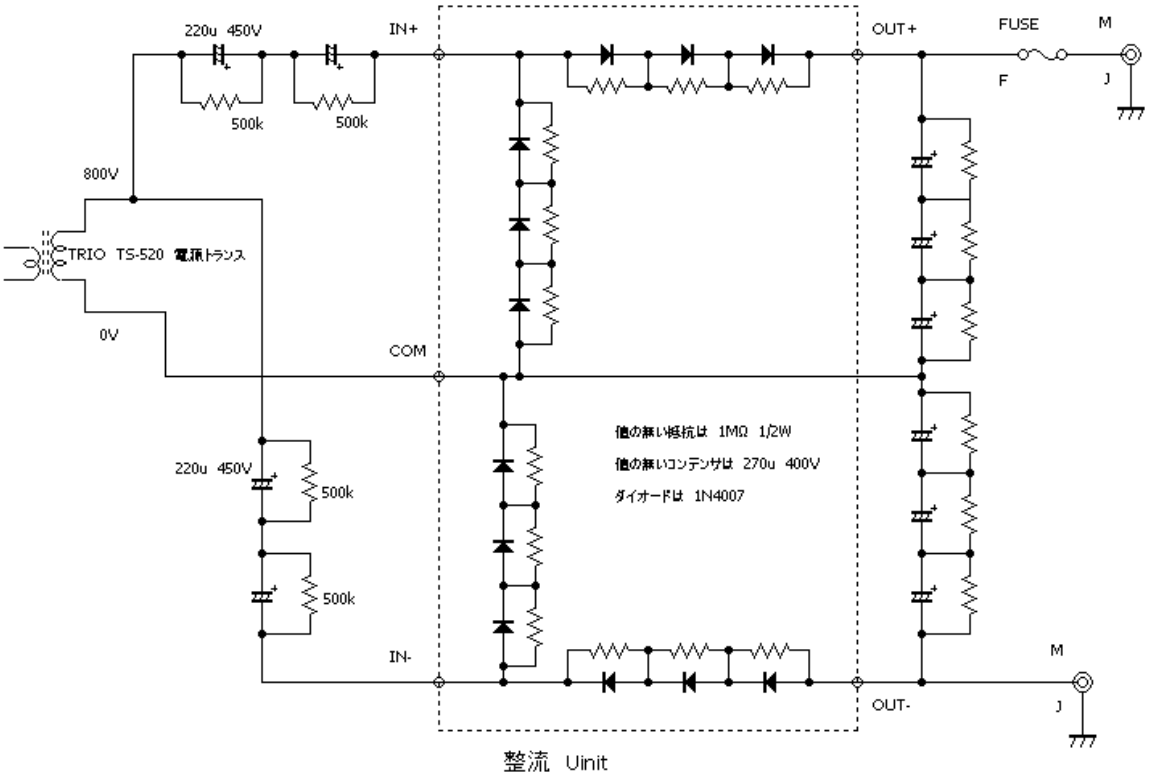
4倍電圧整流を行っています。 4倍はあまり使用しないので、レギュレーションを見ました。
トランスはこの電圧巻線のみ使用です。 思ったよりは良い特性で、1600V，150mA　およそ240Wが取り出せています。
もともとは2倍電圧整流で使用されていて、800V，300mA　で使用されています。
トランスや平滑コンデンサの容量などによって変わると思われます。

4倍圧整流電源レギュレーション

電流(mA)	電圧(V)
0	1900
50	1780
100	1680
150	1600
180	1580



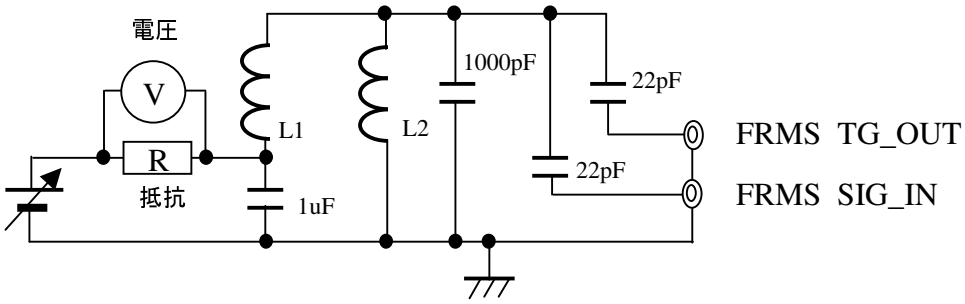
回路図



１１．６　EMIフィルタコア（通称パッチンコア）の磁気飽和特性

このコアは入力トランスと出力部の高電圧リーク防止のためのチョークコイルに使っています。
コアには磁気飽和の特性があります。　パッチンコアのデータは発表されて無いので
どんなふうになるのか、テストしてみました。
正しい方法は分かりませんが、直流を重畳してインダクタンスが減り始めるあたりを探せば
良いだろうと思って実験しました。　FRMSが活躍しました。

同じコイルL1とL2に同じ電流を流して、共振周波数の変化からインダクタンスの変化を計算
しました。 インダクタンスが0.93になる点の起磁力は　0.364mA*6回 = 2.184（AT）　で
ALvalueは　2555（nH／t^2）　となりました。
今回の使用方法では十分でした。

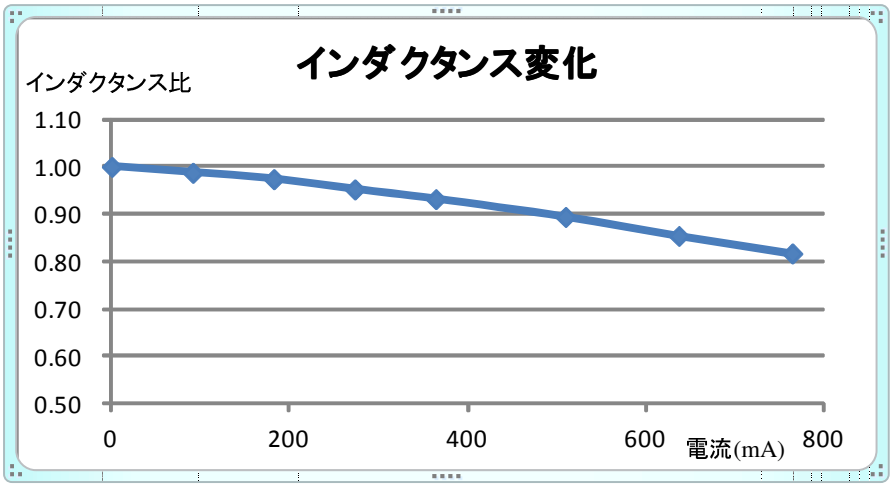


L1=L2　TDK　ZCAT2032-0930　　0.5φ線　6回巻き　インダクタンス　約92uH

コアのｲﾝﾀﾞｸﾀﾝｽ－電流特性

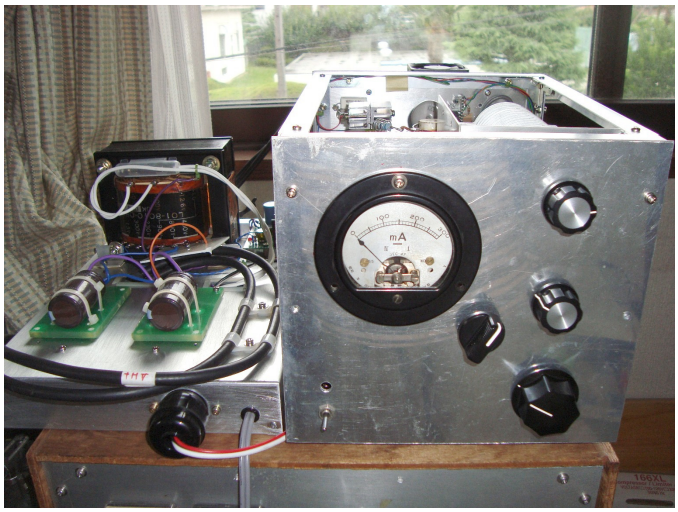
電圧(V)	抵抗(Ω)	電流(mA)	周波数(kHz)	ｲﾝﾀﾞｸﾀﾝｽの変化
10.0	0.0	0	710.9	1.00
10.0	110.0	91	728.8	0.99
10.0	55.0	182	748.9	0.97
10.0	36.7	273	783.5	0.95
10.0	27.5	364	818.1	0.93
14.0	27.5	509	888.4	0.89
14.0	22.0	636	973.4	0.85
14.0	18.3	764	1064.1	0.82

抵抗は220Ωを12本。
0,2,4・・・本と2本づつ
並列に接続。



12.　写真

いまどき同じようなアンプを作られる方はいないと思いますが、少し写真を。(作りがへたなのがわかってしまう)　100%完成ではないので、変更が発生する場合があります。

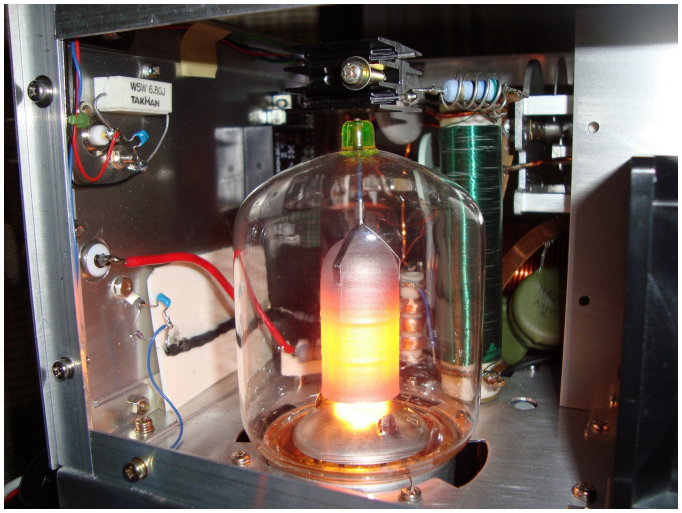


前面

相変わらずパネルに印字が有りません。
パネルの大きさは　200(W)*185(H)mm

左側は電源です。

そのうち木のハコにでも入れようかと
思っています。

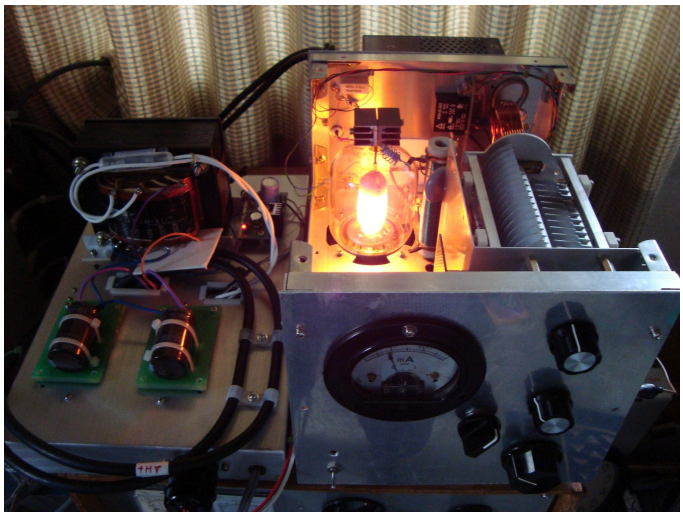


送信状態

30W　AMキャリア出力時
入力:　117W　出力:　30W　　効率:　28%
プレート損失:　84W

SSBでしゃべっていると、色や光り方が変化します。
これが見たかったのです。　楽しい。

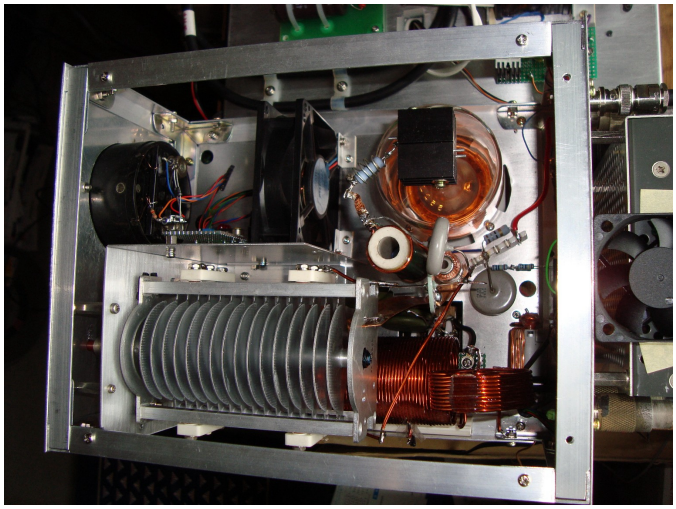
写真のせいでしょうか、プレートは実際はもう少し暗い感じ。



プレートの同調がずれた時

ドライブが少ないのでまだこわくない。
約170W位がプレート損失になっている。
でも撮影してすぐやめた。

これがドライブを大きくして　270W程度が
損失になるようだと、数秒でもこわい。
写真に撮る気になれない。

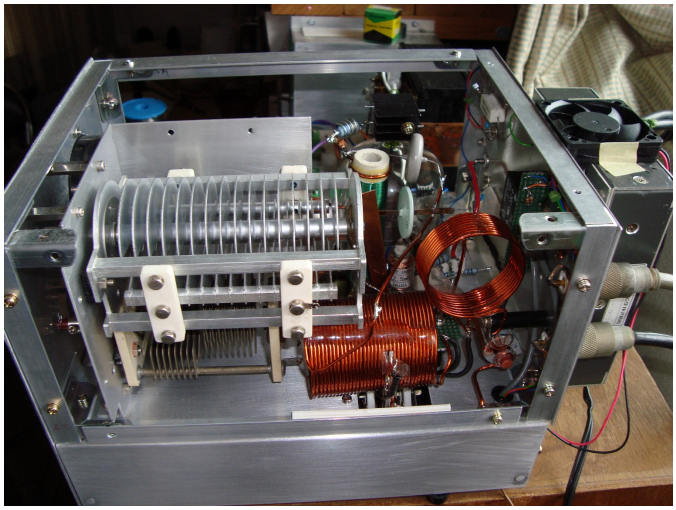


アンプ全体　上から

シャーシ小さすぎた。
コイルとバリコンが大きい。

出力コイル2個、プレートチョークコイルは
結合を避けるために互いに90度の角度を
つけて配置するが、ここまで近いと本当に
有効でしょうか？？　やらないよりマシ？？

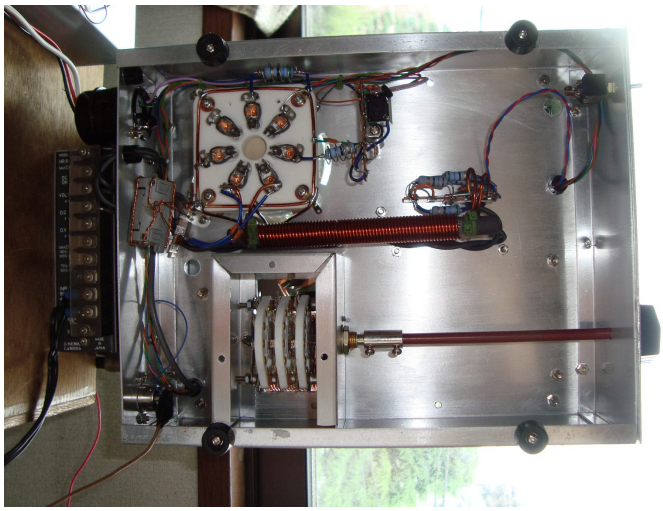
シャーシは　200*250*60　mm です。
奥行き300mmを使えばもっと楽だった？



ナナメから見るとこんなふう。

7MHzに同調しているが、バリコンほとんど
抜け。

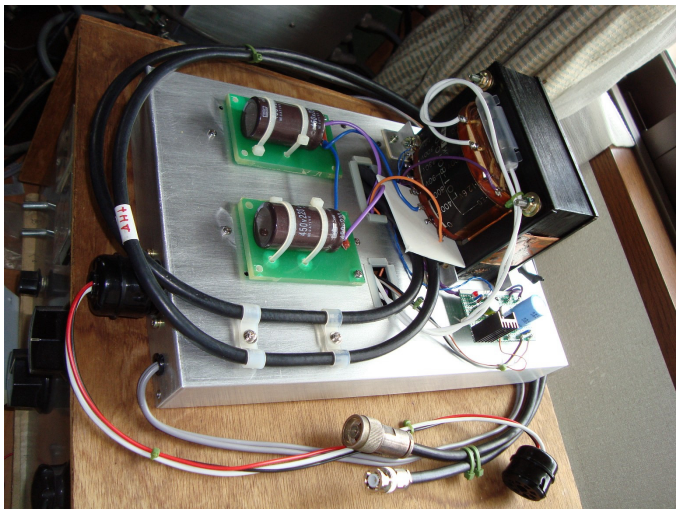
コイル巻数多い。



アンプ裏側

GGアンプなので部品少ない。
フィラメントチョークが大きい。
その左のパッチンコア（灰色）は入力トランス。

バンド切り替えのSWは現時点では
7MHzだけ調整しました。
3.5MHzは配線のみ、いずれ調整予定。

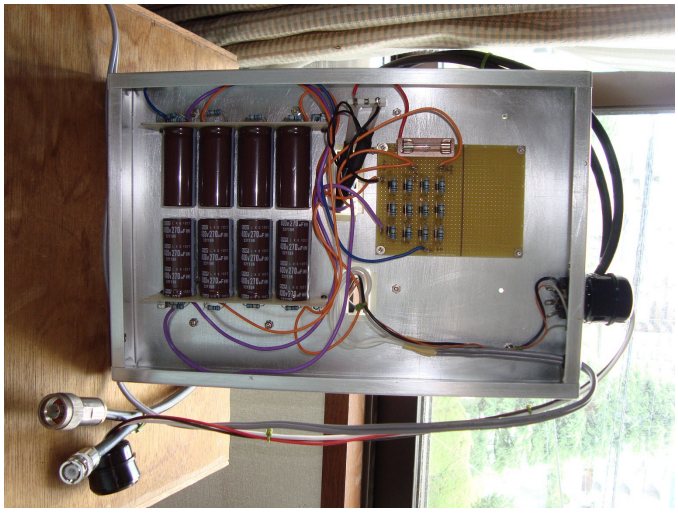


電源部

4倍電圧整流。
コンデンサの所に(コンデンサをはずして)
もう一つ同じ電源トランスが付けられるだけの
スペースを設けましたが、どうやらこのままで
何とかなりそうです。

右下の基板はDC12Vと スタンバイ時4E27
カットオフのための-100Vの整流回路。

シャーシは 200*300*40 mm



電源部裏側

コンデンサ(270uF/400V)とシリコン整流器。
出力にヒューズをいれました。

高圧ケーブルは5C2V。
コネクタはN型(＋側)とBNC(－側)。
これらのコネクタはケーブルが抜ける場合が
あるので危険。 使うべきではありません。

今回はコネクタが無かったのでしかたなく
使いましたが、もう一度

！危険！ ！注意！

以上