1V2の製作（再生受信機を体験する）

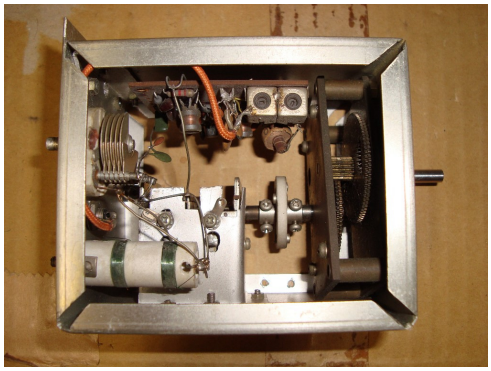
2013･12･04　JA1VCW

1．　始めに

ここ数年真空管の機械いじりを行ってきたのですが、そろそろ真空管以外に何かと思いました。
そして次は何して遊ぼうか考えていたら、そういえば再生受信機は50年前の並三ラジオ以来作った事が無いなあということになりました。
そこでAMも送信できるようになっていますので、それ、作ってみるかという気になりました。
もちろん真空管です。　折しもジャンク箱から昔作ったVFOユニットがでてきました。（またこれだ）
このままでは利用価値が無いので（今更LCVFO!!）これを再生検波部として流用することにしました。
また真空管に戻りました。

TR式のLCVFO
ギヤダイアル付き

このギヤ、VC、ハコを
使います



2．　内容

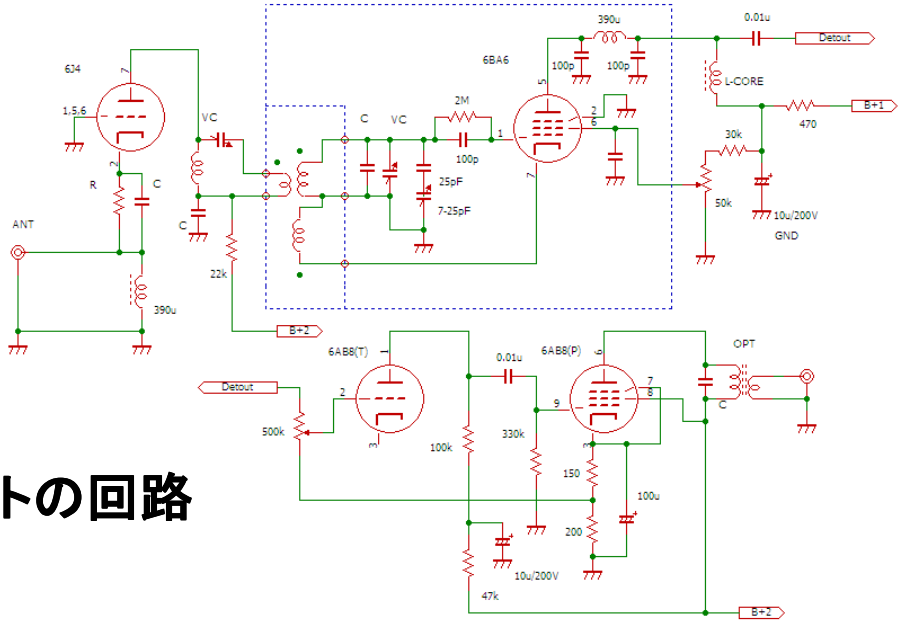
何せ初めてなので少し調査します。
再生受信機でインターネット検索しますと先達の製作記事等が出てきます。 記事を読んで参考にするわけですが、実際に自分で行うとそうはいかないでしょう。 こういうことは何度も経験しています。

2．1　一応の指針

今回は次のように作りたいと思います。
1）シングルバンドとします。 7MHzのアマチュアバンド専用です。
　主にに運用しているバンドがここで、AMの送信もあります。 周波数としても作り易いと考えます。
　アマ局もたくさんいますし、入門用としては適当と考えます。
2）高周波増幅を付けた1-V-2とします。
　高周波増幅はSSB/CW受信時など検波部を発振させて使用した時に、エネルギーがアンテナから発射される事を防ぐために必要です。
3）基本的に真空管を使います。
　すべて半導体で作れば、手のひら半分位でできてしまうでしょう。
　いくら同じような動作をするといっても、それではあまり興味がわきません。
　また、全くのレトロの機械を再現したいわけではなく、回路のうごき、受信の感じを体験したいのです。
　従って、信号経路は真空管です。 電源や定電圧回路には必要に応じて半導体を使用します。
4）最終的にはこれを使用して交信をしてみたい。

2．2　回路

インターネットで検索しますと、いろいろな回路があり、皆さん工夫されています。
オーソドックスなところでこんな回路にしてみました。（最終回路ではありません。 スタート回路です ）
これを俎上にいたづらを始めたいと思います。　 定数が入っていない所はあとから決めます。



スタートの回路

3．　製作

3．1　製作時の留意点

1)コイルのQはできるだけ高く。

選択度はコイルによってのみ決まりますし、再生をかけるとQが上がるのですが、それでもコイルのQは高いほうが良いので　25mmφのタイトボビンとFM用のバリコンを使用しました。

周波数あわせのためにダストコアを使いました。

2)機械的にしっかり作る。

受信周波数を決めるのは、真空管を含む検波用の共振周波数です。 従ってこの周波数が動くようだと安定な受信は望めないでしょう。 特にCWやSSB受信では一昔前の“SSB用LCVFO” のような機械的、電気的な安定度が必要と思われます。 そのために昔のLCVFOを流用し作り変えました。

3)電源は必要な部分は安定化。

電源の安定化無しでVFOは成立しないでしょう。 ツェナーダイオードとMOSFETで簡単な安定化電源を組みました。

3．2　使用真空管

検波は6AU6にしました。 ポピュラーな真空管ですのでこれを先ずは使ってみます。 それにいくつも持っています。 もし不都合があれば変更します。 シャープカットオフが良いかリモートカットオフか、Gmはどうかなど面白そうです。

低周波増幅は6AB8です。　 あまり一般的ではないですが、これも何本かあったので採用しました。
よく使われる6BM8でも良いのですが手持ちがありませんでした。　 6AB8は五極部と三極部のカソードが共通です。 使うのにちょっと工夫が要りますが、使用例がありましたので倣いました。

高周波増幅には三極管のGGアンプにしました。 もともと再生検波は感度が高いので、そんなにゲインはいらないはずです。　五極管GKアンプでゲインを下げて使用しても良いのですが、どちらが良いのかわかりません。 手元に6J4という昔のGG用の真空管があったので日の目を見せることにしました。こんな所にでも使用しないと、もう出番がありません。 1960年代の430MHzバンドの真空管RFアンプの定番でした。
真空管のTVの終焉近くにTVチューナー用として、中和を施して使用するGmのとても高い三極管がありましたが、それらも良いのではないかと考えます。　具体的には6HA5、6GK5等です。

3．3　構造・部品など
検波部は昔作ったVFOのケースを流用しています。 この部分はかなり窮屈です。
バリコンはFM用の25pFmax。 検波部に100H程度のチョークコイルを使いますが、持っていないので小型電源トランスで代用します。
シャーシ代わりに材木屋で買ってきた端材(¥50-)を使いました。　ランバーコアの端材で軽くてなんとなくヤワです。　まあ恒久的なものを作る気では無いのでこれで作ります。
こういう組み方は好まない方もいらっしゃるかもしれませんが、私には十分です。
電源トランスがスペース的に本体に乗せられないため、電源部として別の材木の上に組み立てました。様子は写真の通りです。

ここまでスタート時の構想です。 これからトラブルやその対応、部分的な調整、データの取得等があって少し内容がわかりずらくなったりします。 また回路などの変更が発生します。
スタートの回路から次のような経過があります。
・低周波増幅の組み立て　=>　トラブルシュート、
・検波部の組立　=>　部分調整　=>　回路変更
・高周波増幅の組み立て　=>　回路変更

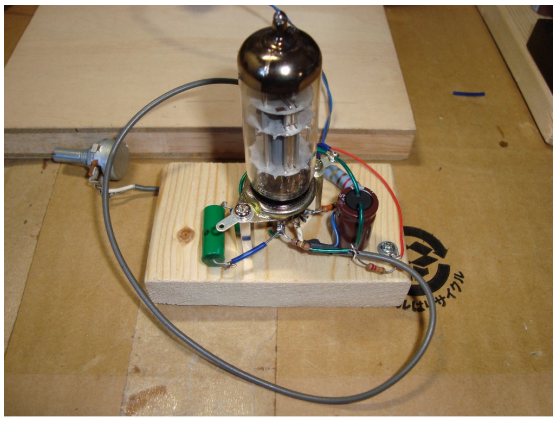
4．　試作・実験
試作機を組み立てて動かしました。 その様子です。

4．1　低周波増幅
6AB8は変わった真空管で、3極部と5極部のカソードが共通です。
オーディオアンプとして使用する場合の注意として次のような点があります。
・大容量のカソードバイパスコンデンサを使うこと(100uF以上)
・3極部と5極部の結合の時定数を小さくする。(0.005uF, 680kΩ等)
・3極部と5極部のプレート同士を680kΩで接続してNFをかける。
実際の回路は部品の手持ちなどで少し定数は変わっています。(後出の最終回路を参照)
ちょっと変わっているのは出力トランスで、以前充電式ひげそりが壊れその充電器のトランスがとってあったのでそれをを使ってみました。(出力トランスの手持ちが無かったためです。 全く邪道です。)
1次:　AC100V　2次:　AC3.7V　(実測) なので電圧比は27。　インピーダンス比は730。
2次に8Ωを接続すると、1次側のインピーダンスは5.84kΩとなります。
この真空管の出力トランスのインピーダンスは11kΩ位が最適のようですが、そのまま接続です。
シングルの出力トランスは通常は磁気飽和を避けるためにコアにギャップを持たせますが、電源トランスにはギャップはありません。 今回は磁気飽和については全く無視して使用してみました。
出力トランスが入手できるまで、あるいは問題無ければずっとこのまま使用します。

トラブルが発生しました。 発振です。　当初出力トランスの1次側に並列に0.001uFのコンデンサを付けていたのですが発振し、いろいろと作業しましたが唯一止まるのが3極管の入力抵抗を下げる方法だけで、後はダメ。 入力抵抗を下げるのは面白くないと思ってさらに作業したところ、0.001uFのコンデンサの容量を増やして0.0047uFにしたら止まりました。 原因は不明です。
さらにF特の補正などを行っています。

低周波増幅のブロック
真空管は 6AB8。
出力トランスはまだ
付けていません。

右のトランスで代用です。



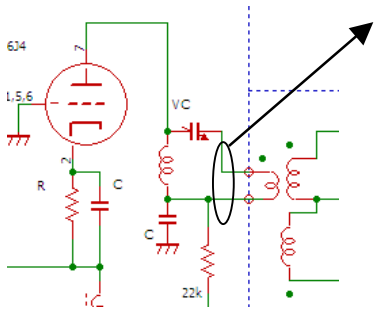
出力トランス代用
ヒゲソリの充電用トランス
（分解前）

4．2　検波部

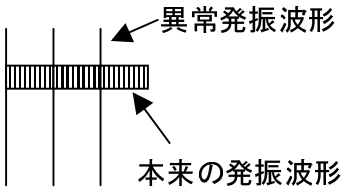
先ず高周波増幅無しの0-V-2状態でテストします。 以下0-V-2です。

1）実験的に高周波増幅のプレート回路の接続をはずして、そのコイルにオシロスコープを接続します。
2）オシロをモニタしながら再生用のVRをまわしSGの電圧を上げてゆくと発振し始めます。
　発振しない場合はカソードのコイルの巻数を増やします。
　以降SG電圧とは、再生VRの中点の電圧値を言います。
3）発振させた時はコイルの同調周波数付近で発振しているので、受信機でキャリアが受信できます。
　目的の周波数に近い事を確かめておきます。

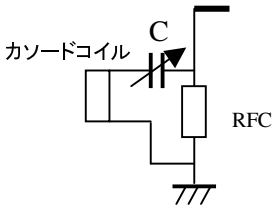
高周波増幅



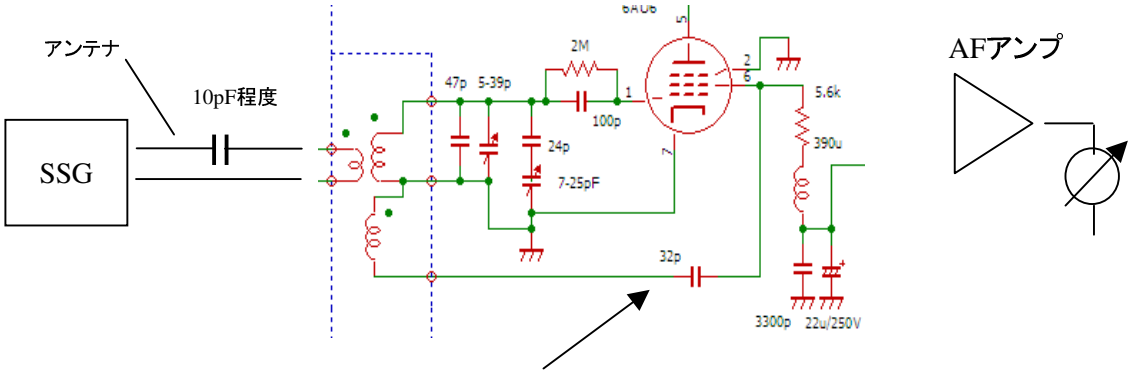
この配線をはずして、コイルの両端にオシロを接続



ここでも不具合が発生しました。
すぐに気が付いたのですが、SG電圧を上げてゆくと異常発振します。
発振し始めは同調周波数のみですが、電圧を上げてゆくとパルス状の波形が観測されます。（ブロッキング発振？）
写真もデータも取らなかったのですがこんなイメージです。
・グリッドの2MΩを小さくすると（=>20kΩ）現象は無くなります。
・カソードをRFCで交流的に浮かしてカソードコイルとの結合を
　コンデンサで変えるようにしてもだめ。（右下図 ）
　おまけにC=0（コイルから外す）にしてもSG電圧を上げてやると
　パルス状の発振が見られます。



考えられる事をいろいろと実験しても異常発振が止まらず、仕方ないので回路を変更しました。
(拙劣な方法です。 ちゃんと処理しないといけませんね)

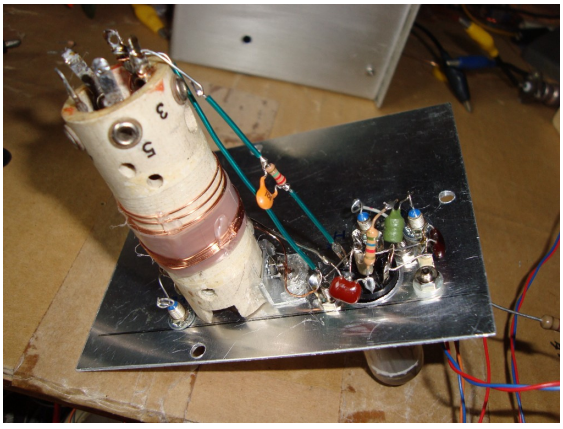


注

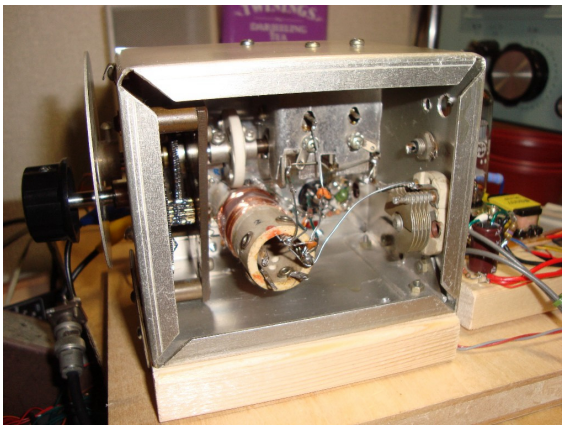
SGから再生をかける回路です。(上図。 カソードを接地し、SGをRFCで浮かしてそこから再生コイルへ)
この場合は異常発振も無くスムースに発振がコントロール出来ました。
図の注)の帰還コンデンサが重要でこの値によって再生状態が変わります。 さしあたって再生VRの範囲内で発振が始めればOKとします。
また、7pinと2pinの両方を接地できるので、いろいろな真空管をテストできます。
カソードタップとの比較はよくわかりません。
カソードとSGでは位相が逆なので、再生コイルの極性をカソード帰還の時と反転させます。

低周波増幅が動作して、再生VRの範囲内で発振が始まるようならば、SSGの代わりにアンテナをつなぎ再生VRを発振する前後に調節すれば何か受信できます。 ただしVRの調整はとてもクリチカルです。

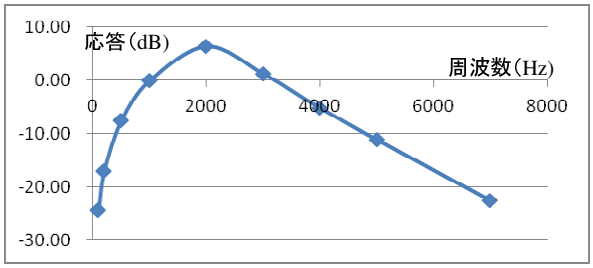
検波部の様子



シールドボックスへ組み込み



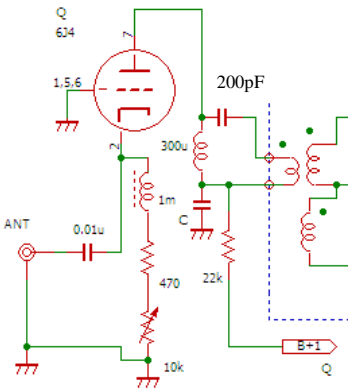
検波部のプレートチョークについては持っていませんでしたので、そこらのトランスのインダクタンスを測定して見繕いました。 現時点では小型トランスの1次側＋ひげそりトランスの1次側＋1kΩ抵抗です。
インダクタンスは2個直列にして15Hくらいです。
これでF特を見ましたら下図のようになっていました。
2kHzあたりにピークがあるのでは面白くありません。
プレートチョークのせいと考えます。
多くの方が100H以上のチョークコイルを使用するか50kΩ～250kΩの抵抗で済ましている場合があるようです。

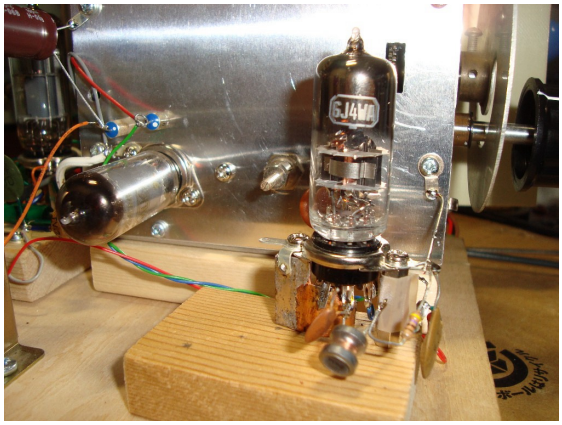


抵抗では電圧降下が大きく、電流を流そうとすると負荷インピーダンスが高くとれないのでチョークコイルを使用したい。
しかし、手持ちがないので購入するまではこのままです。

4．3　高周波増幅

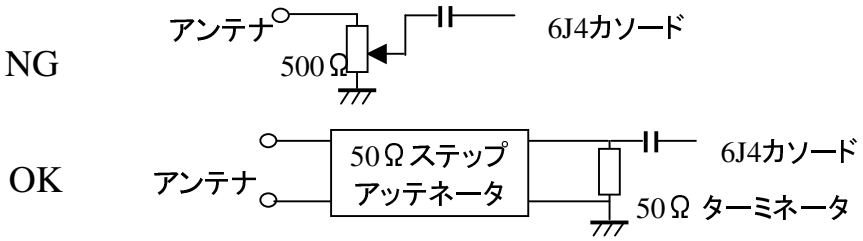
高周波増幅と検波コイルの結合をどうするか考えたのですが、これもコンデンサで接続すれば結合を調整できていいかなと思ってこのような回路にしました。　高周波増幅の目的は
・検波部とアンテナのアイソレーションがとれること。
・SSB/CW受信時の検波部の発振勢力をアンテナから出さない。
・ゲインがコントロールできること。
実際高周波増幅を付けなくてもこの程度の受信機としては結構な感度があります。



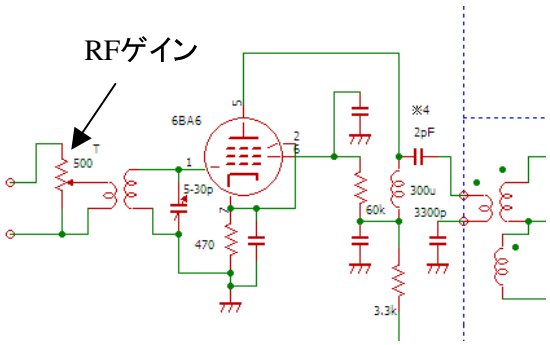


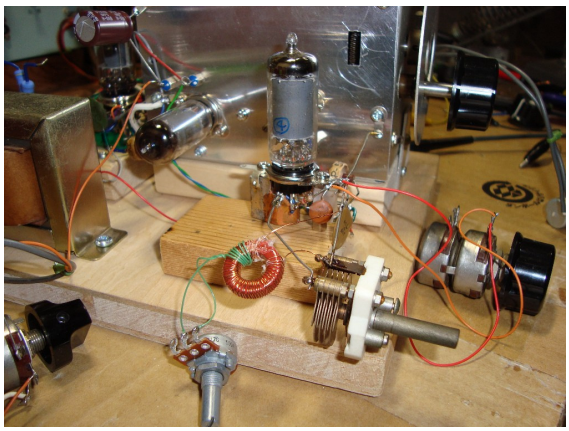
作って試してみると・・・・
1）この回路でゲイン調整のVRを操作すると受信周波数が10kHz近く変化します。 SSB等では全く使ええません。 受信していた信号がいなくなります。

2)真空管の直流動作を変えないようにカソード抵抗を可変せずに、入力信号にVRを入れてみましたが
やはりSSBに使うには周波数シフトが発生して使い物になりません。
ターミネータ付きのステップアッテネータをつないだところ、これはOKでした。
実用上これなら問題は無いのですが、なんとなくしっくり行きません。



3) 4．5．1 項の調整(結合コンデンサを小さくする)の後ではずいぶん変化は少なくなりました。
GG方式のアンプのせいではありません。 [200pF => 10kHz程度 2pF => 1～2kHz]
4)しかしべつの回路も試してみる必要もあると思い、5極管のカソード接地の回路に変更してみました。
また入力を直接アッテネーションすることにしました。 結合コンデンサは始めから2pFでした。
入力回路に同調回路があるので操作をしないといけないのが不満ですが、同調がブロードなので
7MHzバンドではあまり同調バリコンを回さなくても良いのではないかと考えて実験しました。
仮にコイルのQ が200程度とれたとしてもアンテナがつながって100になります。
そうすると7MHzでは±3dB落ちの帯域が70kHz程度です。 100kHzも受信周波数をずらした時に
ちょっとつまみを動かせばよいでしょう。





結果は下記のようで、この回路に変更です。
- GGよりもゲインはあります。
- 入力でゲイン調整(RFゲイン)して真空管の動作はほとんど変化しないはずですが、ビートをききながらRFゲインを変化させると、またVCを回しても周波数の変化が若干発生します。
  4．5．1 項の調整あとではトータルとしてずいぶん良くなりました。
  (数100Hz位？？値はよく分からない)
  実際のSSB/CW受信では常に若干の周波数変化がありますので、それと相まってRFゲイン変化によるものかどうかの区別がつきにくいです。

- SSB/CW受信時の周波数の引っ張り現象は改善されません。 もちろんRFゲインを絞れば改善されます。
- カソードにVRをいれてゲインを変化させる方法も行いましたが、入力のVRと似たような変化があります。
- もっと結合コンデンサを小さくするとか、SG電圧を安定化させるとか、実験してみたいですが、次期の課題とします。

ゲインを変化させて周波数の変化が少なければAGCの可能性が出てきます。
低周波電力増幅のプレートから信号を整流してこのアンプのG1に戻すか、またはアンテナとコイルの間にPINダイオードのアッテネータを入れてコントロールするかなどが考えられます。
実際にどのように聞こえるか、有効かどうかは実験してみないとわかりません。=>実験しました。 付5.

４．５ 最終調整

組み立て配線が終了し、放送やアマ局が聞こえるようになったら最終調整を行います。
以下の調整はいろいろなパラメータによって変化するので、自分の機械で実施するのが最良です。
調整は少し変えると全体が大きく変わるような、結構クリチカルなところもあります。
（たとえば同じ名称の真空管でも差し替えると、最良になるSG電が十V以上も変わったりします。）
数値は私の機械での結果で、他の機械も同じようになるかどうかはわかりません。
しかし、調整の方向と結果の傾向はあまり違わないと思っています。

４．５．１ 高周波増幅

SSB/CW受信では検波のダイナミックレンジが小さいために、検波部の入力電圧を小さくしないと引っ張り現象（音声信号の大小に応じて周波数が変動しとても聞きづらい現象）が発生してきれいな音で聞こえません。 そのためにアンテナ～検波部までの間にゲインを調整する必要があります。
そしてそのゲイン調整をおこなうと受信周波数変動になる場合があります。
（SSB/CWでは了解不能になるくらい変動しました。 AMではその性質上それほどではありません。）

例えば、アンテナ入力にアッテネータを入れて可変すると受信周波数が変化します。
高周波増幅のカソードにゲイン調整のVRを入れて、これを可変すると受信周波数が変化します。
これらを回避するためには高周波増幅と検波部とのアイソレーションを大きくします。

a）SSGをアンテナ端子に接続し、出力を小さくして（今回は-100dBm1kHz99%）オーディオ出力をモニタします。
b）高周波増幅と検波コイル間の結合コンデンサを小さくしてゆきます。 コンデンサを変更したときはいつも再生VRを調整して最大感度にします。
c）今回は200pF => 2pF まで減少した時に、200pFの時のオーディオレベルより約10dB～-16dBになったのでそこでやめました。 どんな値まで減少させるかは好みによります。
小さくすればアイソレーションは大きくなりますが、ゲインは小さくなります。 適当に妥協します。
d）コンデンサを取り去ると入力レベルを50dB以上上げないと同じような状態にならないので、数pFといえども機能しています。
e）このコンデンサの値はいろいろな条件（検波コイルの作り方、検波真空管の動作状態等）によって変わりますので、このように実験的に決める必要があると思います。

4．5．2　検波部

1）　再生の調整

　ここでは再生の状態を適切な値にします。

次のように調整するのが良いとされているようです。 理由は分かりません。

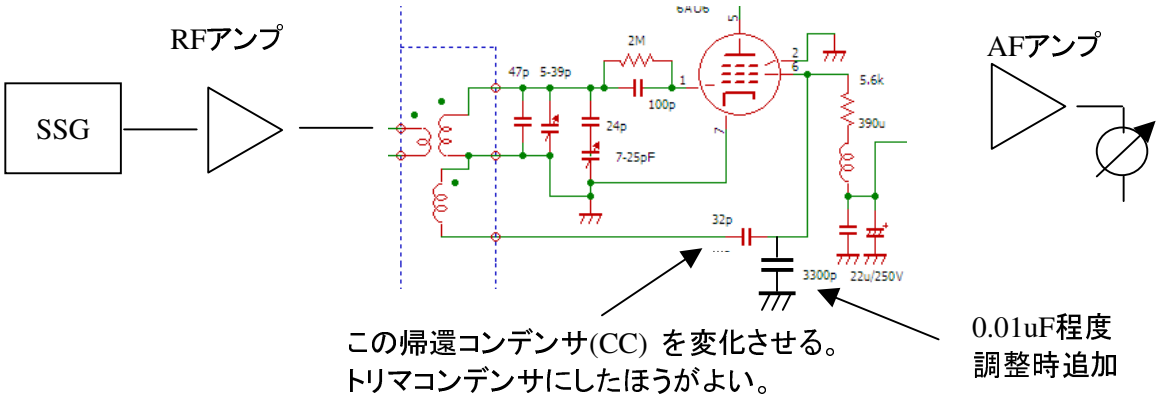
a）再生をかけない状態で最高感度になるようにSG電圧を調整する。

b）再生をかけた時に最高感度のSG電圧が、a）と同じようなSG電圧値になるように、再生回路を調整する。

実際に行うと

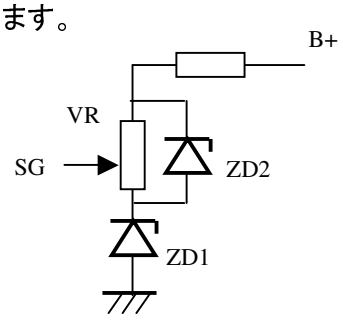
a）再生がかからないようにするために、X点を切り離し、SGをコンデンサでバイパスする。（下図 ）
SSGの出力を適度に大きくしてSG電圧を変えて出力電圧の最大点を求める。 SGの電圧を記録。
今回SG電圧にたいして感度が非常にブロードで、どこが最大かどうかがよくわからないのです。
なんとなくこのへんかなあという感じでした（A）。 [本機の場合57Vでした]

b）次にプレート電流を決めてしまって（2mA程度とした）その時のSG電圧を測定します(B)。
帰還コンデンサCCを変えてその都度SG電圧を変え最大感度を求め、その時のSG電圧（C）が(B)に近い事を確認。
結果は[SG電圧： 61V、 プレート電流： 1.7mA、 プレート電圧： 200V、 C： 45pF]でした。
トリマコンデンサを使用しハコの外から調整できるようにすればいろいろ対応できると思いました。
今回はそうなっていなくて、この点は失敗です。（CCがハコの奥の方にあるので大変）



c）本機は（A）、（B）、（C）が近い電圧だったのでOKとしました。 違っていた場合は（B）、（C）が近いのが良いと思います。 （A）の値を変える方法はわかりません。

d）CCを調整した場合でも最高感度のSG電圧は条件によって変わります。
真空管、高周波増幅との結合コンデンサの容量等で簡単に変わります。



その他、再生VRのスプレッドを行うとより使いやすくなります。
調整などが終了したあとで行うとよいと思います。
VRで調整できる範囲が各ツェナー電圧の

　　VZD1 ＜ SG ＜ （VZD1+VZD2）

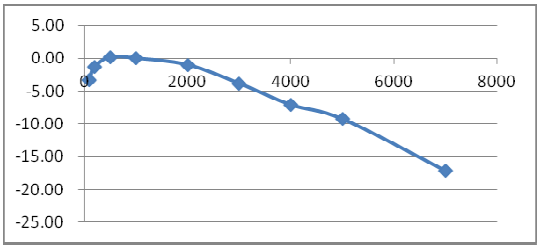
になりますので適宜値を選択します。 再生の部分がスプレッドされますので大分使いやすくなります。
ただし、例えば真空管を取り替えたり検波コイルの状態を変化させるような、最大感度のSG電圧が変わる状態では再度ダイオードを取り替えて電圧を変更する必要が生じます。

2)周波数特性

この部分に必要な調整は周波数特性です。 現在2kHzあたりにピークがあります。(4．2項参照)
これを200Hzあたりから3kHz位までフラットに、且つ3kHzからは減衰するようにすればベストです。
原因は検波真空管のプレートチョークです。 インダクタンス小さすぎ。
100H位のチョークを探して買ってくるか、または巻きます。 それまでこのままです。

4．5．3 低周波増幅

右図は検波のプレート回路を含まないF特です。
コンデンサを付けて高域を落としています。
電力増幅管(6AB8の5極部)のグリッドとプレートに
コンデンサを追加。 100Hzのレベル低下は
出力トランスに電源トランスを使っているせい？



5． 受信方法、受信状況について

今回試作した受信機の受信状況です。 働いた状態の様子を書いた記事をほとんど見ません。
また、実際に作って使ってみればわかることなのですが、書いてみました。
私の受信機特有の場合もあるかもしれませんが、おそらく一般的だと思います。
これは作った1台だけの様子なので確かめようがありません。

1)再生がかかっていないと通常何も聞こえません。 再生VRを左に回し切っている => SG電圧0V
2)またアンテナをはずしてしまうと何も聞こえません。 この時は再生VRを回すとどこかで発振し始めているはずですので、よく注意していると発振し始めた時にノイズが大きくなることがあります。
また、どこかから信号の回り込みがあると、何か聞こえることもあります。
3)アンテナを接続して再生VRを回すとノイズが大きくなるポイントがありますので、その点に再生VRを止めて受信ダイアルをまわせば何か聞こえます。
4)AM受信ではそのままか、ビートになっている場合は再生VRを少しもどすときれいに受信できます。
再生VRを細かく調整すると劇的に感度が上がります。 音がフワーッと大きくなって感動します。
5)SSB/CWを聞く場合は再生を強めて発振させて受信することになりますが、発振を強めると感度が下がります。
6) SSB/CW受信は発振するかしないかの瀬戸際で且つ発振している状態が感度が高いようです。
しかしこの状態は受信信号が強いと引っ張り現象が発生して信号が歪み了解度が下がります。
その場合は、RFゲインで信号を絞るか、再生を強くします。 周波数を補正します。
RFゲインをかなり絞ってもなかなかきれいな音質では復調できません。
7)特にSSB/CWを受信する時は、再生VR、RFゲインなどを操作すると受信周波数が変化します。
ちょうどよく復調できても短期的(分オーダー)な上がり下がりのドリフトがあり、復調音がずれます。
8)LSB/USBの区別はできません。 ダイレクトコンバージョンの場合はPSNを使った方式では選択が可能ですが、再生受信機では単にSSBのキャリアがあった場所に発振のキャリアがある状態で、またLSB/USBを区別できるようなフィルタもありませんので両方復調されます。

9)いままで再生VRを調整する操作が発生していますが、この操作はとてもクリチカルです。
現時点での再生VRの電圧範囲は0V～100V程度まで可変できますが、この状態では今まで述べた操作はいわゆる“息をつめて操作する”と言って良い位です。（電圧範囲広すぎ。今後工夫します）
また、再生VRを操作すると受信周波数も変化します。 息をつめながら再生VRを操作しても数kHz位は簡単に変化しますので、SSB/CW信号などは（周波数がずれて）了解不能となります。
まあ、同調を取り直せばOKです。
10)AGCは付いて無いので信号レベルに応じて音量も変わります。 受信ダイアルを回しているといきなり強い信号が入ってあわててAFゲインを絞るなどということは頻繁に発生します。
逆にフェージングがある場合などで信号の強弱に応じてAFゲインを上げ下げするなども常です。
11)AGCの付いている受信機は受信信号が無くなるとゲインが上がってノイズが大きく聞こえますがこの受信機は静かなままです。 まるでスケルチかけている感じです。 動作しているか不安になる場合があります。
12)近頃の機械のように、何kHzを受信しろ！などというのは受信機単体ではほとんど不可能です。
同様に今どこの周波数を受信しているかを確定しろ！等というのも無理です。
そのような性能を期待してはいけません。 外部キャリブレータが必要です。
13)このように書いてくるととても煩雑な操作のように感じますが、実際少し経験して慣れて来るとそんなに大変でもありません。 しかし、SSB/CW受信中は、再生VR、アッテネータ、AFゲイン、受信ダイアルは、頻繁に操作することにはなります。 受信状態は時々刻々変化しますので‥‥
14)夜の7メガはどこを聞いてもどのモードで聞いても、少し上の放送が混入します。（11月中旬のcondx ）よほど強いアマ局しか了解できません。 放送の強さはS9+40dBに達します。 どうしても排除できません。 この辺はオートダインの限界のようです。
15)実際に使用してAM/SSBで交信しました。 前項目のような状態が発生します。
問題なくQSOはできましたが（当然コンデション等によっても変わりますが）、SSBではバックアップがないと不安になります。 なかなかスリリングなQSOではあります。
これで聞いてメインのスーパーに戻すとほっとします。
選択度もいまどきの受信機のようにはゆきません。 近くに局が出てきますと混信します。
耳の訓練になります。
正直SSBでは快適というわけにはゆきません。 ダイアルから手が離せず、何とか聞こえるという状態です。

6. 測定

いくつかの項目について測定しました。
条件(SG電圧、帰還容量、受信周波数、真空管 コイルetc)による測定値の違いが大きく、再現性が乏しいのですが、値のオーダーやイメージがわかります。
条件は 高周波増幅 6BA6、 検波 6AU6、 低周波増幅 6AB8、 B+ 204V 帰還コンデンサ 31pF です。

6.1 選択度

動作時にどの程度の選択度で動作しているかを測定しました。 測定方法が良く分かりません。
こういう風に測定したらこんなデータだったということです。

1)SSGから1kHz99%または400Hz99%変調の信号を入力して、その周波数とレベルを変化させ特性を見ました。 オーディオレベルを一定に保つようにしました。
- ・SSGのレベルを-103dBmに設定し、オーディオレベルを設定する。
- ・同-100dBmに設定し、オーディオレベルが-103dBmと同じになるように周波数をずらす。
  中心周波数より上下行う。

2)再生をかけてQを上げる(感度を上げる)と安定度が下がるので、実用的なところで最大感度に近いSG電圧(再生VRの中点の電圧)を測定した。

A. 減衰特性 (変調周波数 1kHz)

減衰 (dB)	周波数 (kHz)	減衰帯域 (kHz)
−20	7156.2	12
−3	7150.4	0.7
0	7150	0
−3	7149.7	—
−20	7144.2	—

周波数 : 7150kHz
SSGレベル : -103dBm 1kHz 99%
AF出力 : 60mVpp @5Ω

検波管 : 6AU6
プレート電圧 197V
SG電圧 59.5V

B. 減衰特性 (変調周波数 400Hz)

減衰 (dB)	周波数 (kHz)	減衰帯域 (kHz)
−20	7163.3	7.3
−3	7160.4	0.8
0	7160	0
−3	7159.6	—
−20	7156	—

周波数 : 7160kHz
SSGレベル : -103dBm 400Hz 99%
AF出力 : 60mVpp @5Ω

検波管 : 6AU6
プレート電圧 197V
SG電圧 59.5V

Qを計算してみます。 -3dBの帯域、-20dBの帯域から、異なる式で計算しました。
Aの場合. Q = Fo/(-3dBの帯域) = 7150/0.7 = 10214
Aの場合. Q = 4.975*[Fo/(-20dBの帯域)] = 4.975*(7150/12) = 2964

Bの場合. Q = Fo/(-3dBの帯域) = 7160/0.8 = 8950
Bの場合. Q = 4.975*[Fo/(-20dBの帯域)] = 4.975*(7160/7.3) = 4659

最大3倍位違いますが、測定の難しさから考えて不思議はなさそうです。

・実際に受信しているとそうでもないのですが、測定器をつなぐと不安定なことが良く分かります。
従って測定誤差は大きいです。
・レベルは変動するわ周波数は動くわで、同調をとってから速攻でレベルや周波数を変化させました。
何回か実行してまあこんなところかなという値です。
・周波数を変化させた時に波形が変化して、オーディオレベルが変化させる前と同じかどうかの判断が必要になります。 そしてそのあたりは適宜判断します。

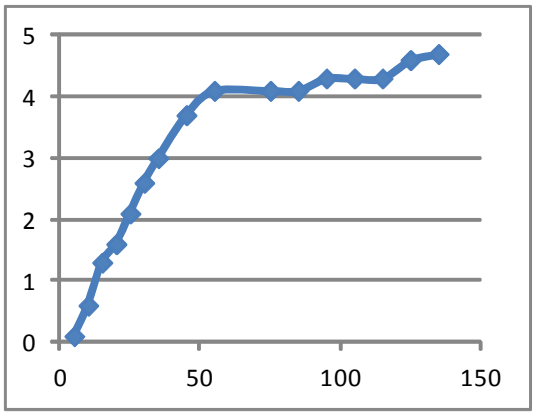
SSB/CW受信の場合は少し再生を強く掛けて発振させ、ビートが発生するようにして受信することになります。 信号を0ビートから周波数をずらして行ってオーディオレベルを観測すれば可能です。
この方法は低周波増幅の周波数特性が直接測定データに影響しますので考慮しなくてはなりません。
本機の場合は低周波増幅の周波数特性があまりにも変化が大きいのでデータはとりませんでした。

6．2 周波数安定度

周波数安定度がどのくらいか測定して見ました。
a)発振のレベルが小さいので受信機で受信し、SSB/LSBモードで零ビートの周波数を記録しました。
再生 => 発振したSG電圧+ちょっと のポイントで測定。
一晩電源を切っておいて、朝から測定開始。

周波数安定度 18.4℃=> 19.6℃

時刻	周波数 (kHz)	時間 (min)	周波数変化 (Hz)
8:15	7143.2		0
8:20	7143.3	5	0.1
8:25	7143.8	10	0.6
8:30	7144.5	15	1.3
8:35	7144.8	20	1.6
8:40	7145.3	25	2.1
8:45	7145.8	30	2.6
8:50	7146.2	35	3
9:00	7146.9	45	3.7
9:10	7147.3	55	4.1
9:30	7147.3	75	4.1
9:40	7147.3	85	4.1
9:50	7147.5	95	4.3
10:00	7147.5	105	4.3
10:10	7147.5	115	4.3
10:20	7147.8	125	4.6
10:30	7147.9	135	4.7



測定中も数10Hz程度ふらふらと動いています。
次の項目のSG電圧と周波数の関係のほうがずっと支配的です。
実際の受信に際してはSG電圧は受信中は良く回すので、このデータはあまり意味がないのですが、いちおう取っておきました。

6．3　SG電圧と発振周波数との関係

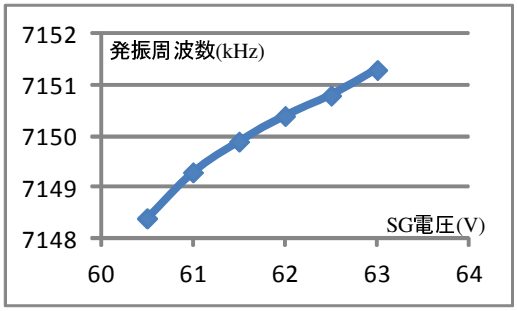
SG電圧によってどの位周波数が変化するかを測定しました。

受信機でSSB/LSBモードで零ビートの周波数を読みました。

再生用のVRの中点の電圧値と発振周波数との関係です。

SG電圧と発振周波数の関係

SG電圧（V）	周波数（kHz）
60.5	7148.4
61	7149.3
61.5	7149.9
62	7150.4
62.5	7150.8
63	7151.3



1kHz/1V程度の変化がありました。

この時の発振開始（非常に弱いが確認できる）の電圧は59.1Vでその時の周波数は7145.9kHzでした。

従って、AM受信とSSB受信では3～5kHz位ずれる可能性があります。

6．4　バンドの上下でどの位SG電圧が変化するか

AM受信で SSGから1kHz99%変調の信号を入力して、周波数を変えて感度最大になるSG電圧を記録しました。

周波数に対するSG電圧

周波数（MHz）	SG電圧（V）
7	60.7
7.2	58.4

6．5　真空管を変えた時、同じ名称の真空管を差し替えた時

これらの状態を試験し附3．　に掲載しました。 6．1～6．4の時と条件が違うので、附としました。

6．6　測定のまとめ

何度も書いていますが条件によって測定値が違うので、別の機械はこのようにならない可能性が大いにあります。

一度条件が設定されると再現性はある様です。

7． 感想など

1）SWの再生受信機を作って様子を体験するという初期の目的は達成しました。
簡単な割には良く聞こえます。
再生方式を考えたエドウィン・アームストロングさん、負帰還のハロルド・ブラックさんに脱帽です。
ですが半世紀以上も前の設計の機械です。 昨今の機械のような性能や使用感を期待してはいけません。 半世紀以上の技術の進歩があります。
そしてこのような機械を使用して、全く使い物にならない機械だと評価するか、昔の機械にしては結構良く働くじゃないと評価するか、人によると思います。
私自身は後者です。 比較的楽に自作もできるし（真空管3本です）実験もできますし楽しいですよ。
いかにも受信してるぜ、という気になります。 面白いです。 いろいろなつまみを回してゆくとだんだん音が大きくなるというのは、昔の感覚ですね。

2）SSB/CWの受信がこんなに周辺の影響を受けるとは知りませんでした。 発振器として動作させる（VFOですね）以上に簡単に引っ張られます。 恐らく再生状態から発振に変わった点当たりで動作させているので、発振動作がギリギリで不安定なのではないかと思います。
これが最大の問題のように思えます。

3）周波数をダイアルに目盛るとしたら、50kHz間隔位でしょう。 それ以上細かく目盛っても合わないでしょう。 もっともSP-600もこの辺りの周波数では50kHz目盛です。（比較にならないかな）

4）高周波増幅と検波の間の結合コンデンサは、ちょっと想像できないような小容量です。 これはあるOMに教えていただきました。 当初私も50pF位まで小さくして少しゲインが落ちてきたのでまあそのあたりでやめていました。 それ以上小さくすることは思いもよりませんでした。 TKS OM。

5） LC-Boxに組み込んだのは正解だと思います。 この部分でのボディエフェクトは全く起きません。高周波増幅の真空管に手を近付けるとすこし周波数が変わります。 シールド付きのソケットを使うべきでした。 もっとも動作中に手をちかづけることはないのでこのままにします。

6）再生の回路には多くの方式があるようですが、BCL用に広い周波数範囲にたいして再生をかけるのは難しいと思います。 今回はほとんどスポットと言っていい位なので楽ができました。

7）再生のかけ方や高周波増幅のプレートの回路などは、狭帯域なのでコンデンサで結合しましたが本来コイルの巻数や間隔をもって調整する方が良いと考えます。

8）真空管のgmについてですが、6AU6(gm=5200μ℧)と6EW6 (gm=14000μ℧)を比較して思ったほどの違いが無いのです。 gmはプレート電流を規格どおりに流してその値になるのですが、そうしますと6AU6はさらに不利になるはずです。（Ip 6AU6≒2mA 6EW6 ≒3.5mA） 正帰還の程度がgmとどういう関係になるかわかりませんが、検波後のAFのゲインは高gmのほうが大きい事は間違いないはずなのですが、やはり出力をモニタしてそんなに差が無いのです。 どうしてでしょう。

9）シャープカットオフとリモートカットオフの真空管で、感度や再生の具合があまり変わりませんでした。理由として考えられることは、今回のような再生検波に使用する真空管は再生の量をコントロールするためにSG電圧を可変しますが、よく使う可変範囲は数Vでありその時のプレート電流の変化は小さいです。 ほぼ一定のプレート電流で且つ比較的大きな電流値（数mA）ではシャープカットオフとリモートカットオフの特性の違いは少ないと考えてよいと思います。

10）パネルをつけていちおう受信機の体をなすようにしましたが、非常にブサイクです。 最近こんなにひどいのも珍しいです。

８．　まとめ

今回私が経験したことのまとめです。（順不同） 前の項目と重なることもあります。

１）真空管については、gmは高いものを使う方が良いとは思いますが、gmを高くするような使い方をしないと意味がありません。 プレート電流を適度に流して使用すること。

２）検波のプレート電流を流すためには再生のコイルの巻数をく少なくするか、直列にコンデンサが入れてある場合はその値を小さくします。 すると、感度最大のSG電圧が上がって、プレート電流が大きくなります。

３）プレート電流を流して使用するとなると、負荷はチョークコイルが必要です。 まあB電圧を700Vとして300kΩの抵抗負荷でプレート電流2mAなどというのもあるかもしれませんが・・・・・

４）あたりまえですが、受信範囲は狭いほうが楽です。 昔の3MHz～8MHzなどという周波数範囲では全周波数に渡って再生をかけるのは、SGの電圧範囲が大きくなりそうです。（未経験）

５）SSB/CWを受信するのでしたら、アンテナ=>検波コイル　までの間にアッテネータが必要です。

６）高周波増幅はアンテナ=>検波のアイソレーションを取るため必要です。

７）周波数を安定させるために、シールドボックスに入れた方がよいでしょう。 昔のSSBの送受信機のVFO並です。

８）実際に受信すると結構よく聞こえますが、現在の受信機と比較してはかわいそうです。

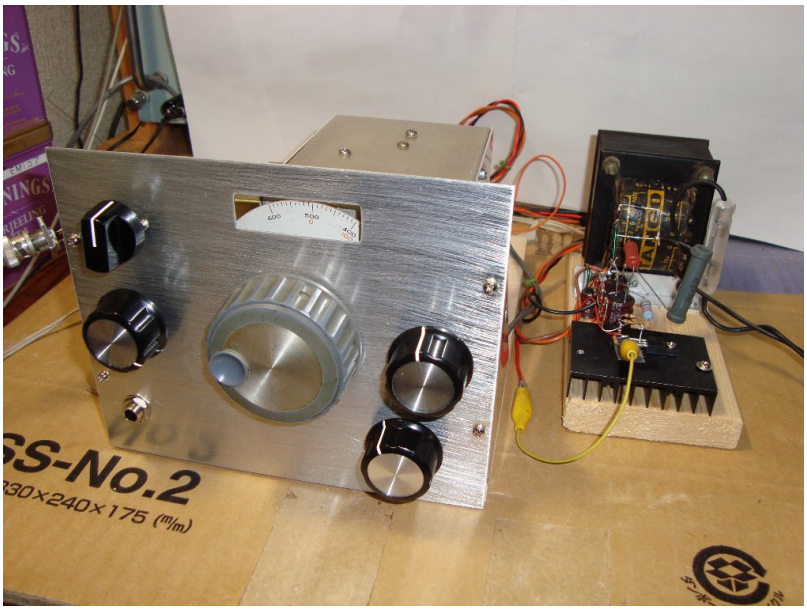
９）ハード的にクリチカルな点があるので、リファレンスをきめてそれに対して良くなったとか、悪くなったとかの判断をするようにしています。
SSGのレベルを決めておいてAF出力がどのレベルになるかを記録し、それをリファレンスとしました。

１０）検波コイルが重要です。　できれば取り外しができることによって、巻数などの変更ができると良いです。 今回はコイルの調整ができない為にコンデンサで行いました。

１１）検波コイルの巻き方は、同調、再生、高周波　の順番で巻けばOKで、今回のように高周波巻線は重ね巻にする必要はなかったと思います。 そうすればもう少し扱い安いコイルができたかも。
ただし、受信範囲の広い場合はどうか分かりません。

１２）プラグインコイルのような（今は入手困難と思われます）コイルの調整変更がしやすい部品や構造にすべきでした。
また帰還コンデンサもトリマコンデンサとし、ハコの外からアクセスできるようにすべきです。

9. 写真



パネル　ブサイク
ダイアル窓にエスカッションでも
付ければもう少しマシになるか。

ツマミ
左上：　高周波同調
左中：　RFゲイン（入力アッテネータ）
右中：　再生VR
右下：　AFゲイン

本体の大きさ
180(w)*150(h)*250(d)

真空管
左：　低周波増幅　（6AB8)
中：　検波　（6AU6)
右：　高周波増幅　(6BA6)

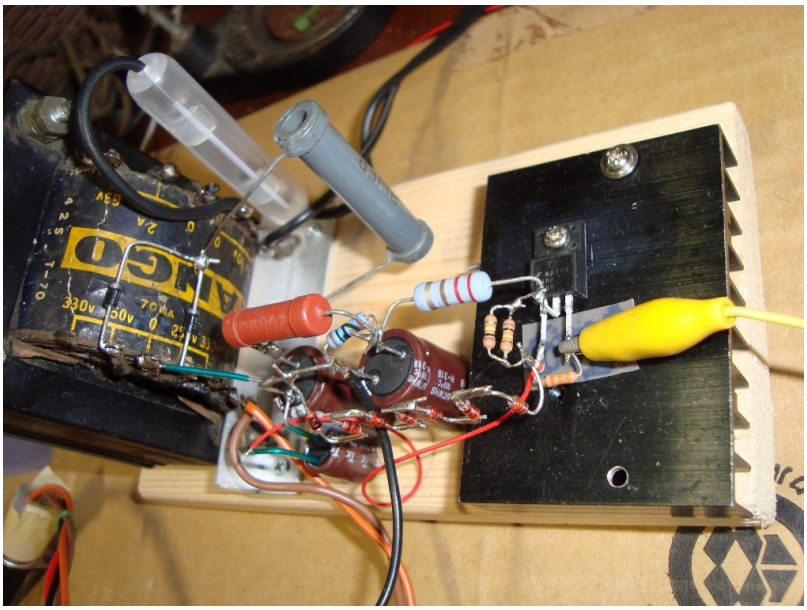
入力同調回路は固定無し。
後で何かで固定しましょう。

台は18mm厚のベニアです。

ラグ等無いので、木ねじで卵ラグを
ねじ止めして端子とします。

低周波増幅
トランス、チョーク類
中手前： 出力トランス（黄色の帯）
左奥 ： 検波チョークコイルの一部
（電源トランス）
右奥 ： 検波チョークコイルの一部
（黄色の帯）

何とかチョークコイルを入手しないと・・



電源
電源トランスは 250V*2 70mA
これしかなかった。 余裕ありすぎ。
実際の電流は30mA程度。

ヒートシンクはリップルフィルタ
900V 2A のFET使用。

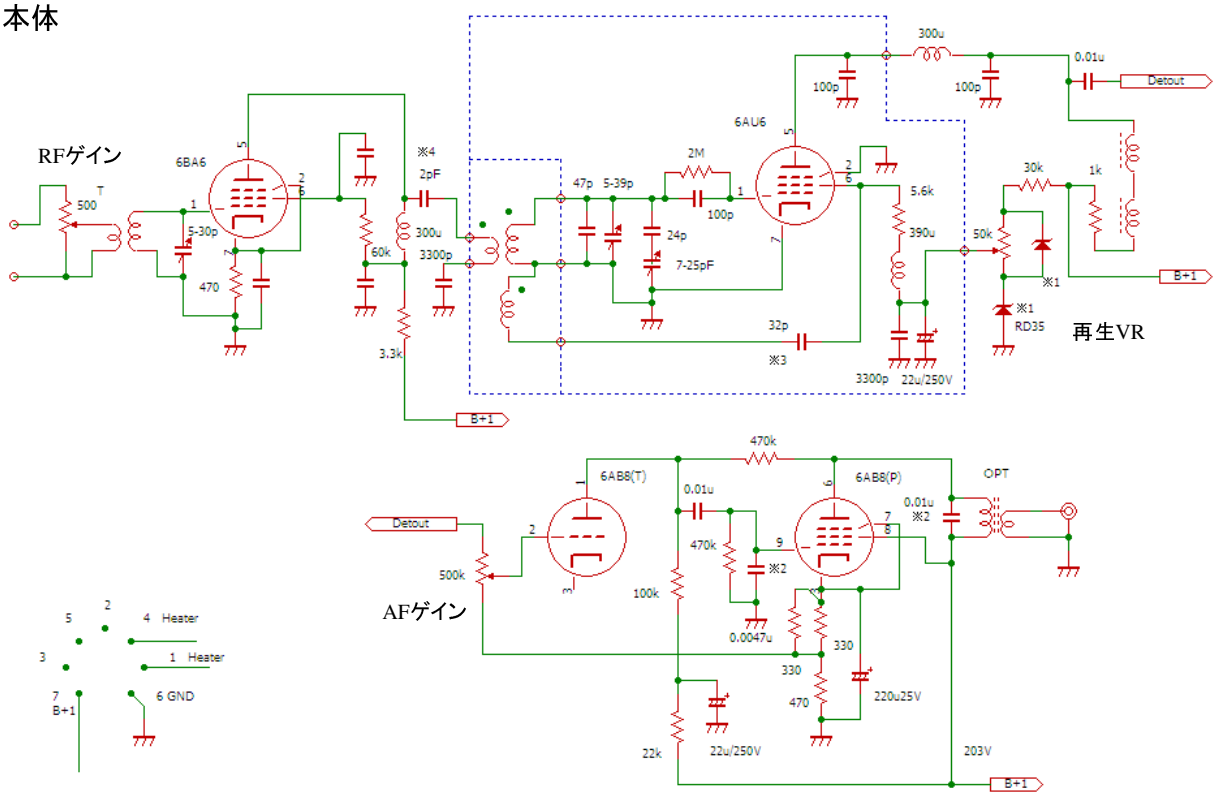
空中配線の極致。 ラグ等なく、
電解コンデンサのみ糊付け。
パワーの部品はリード線が太いので
空中配線でもあまり不安が無い。

2013・11・30 時点の写真です。
十分楽しませてもらいました。
基本的には終了。 細かい改善などは発生します。
あと、ベニヤでふたでも作ってかぶせておしまいにします。

１０．　回路図

2013･11･30　時点の回路図です。 ほぼ最終ですが今後細かいところが変わる可能性もあります。
値の無い部品は推測してください。

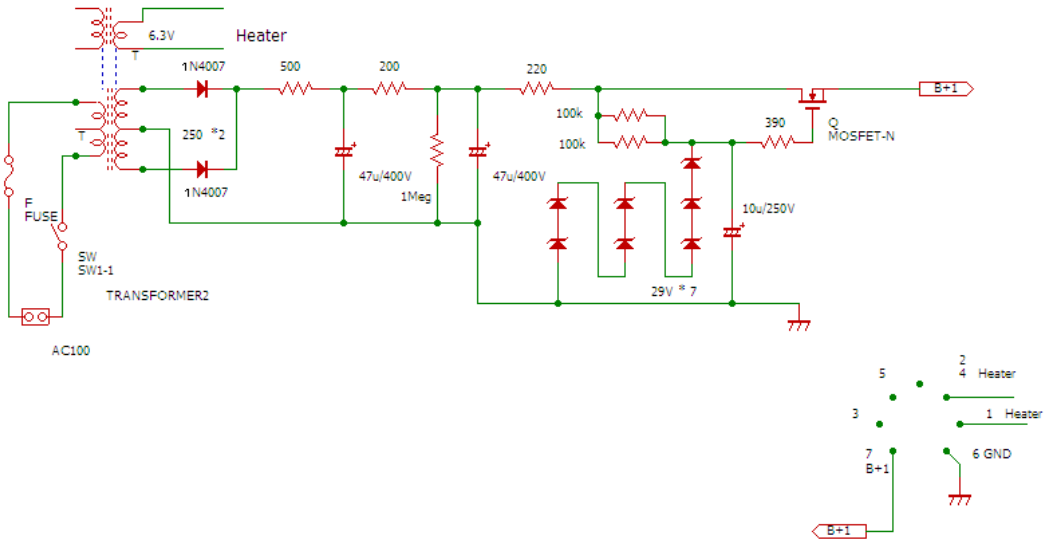
本体



注）
6AB8 TとP　カソード共通
値の無いコンデンサは　0.01uF

要調整
※１ ： 再生のSG電圧に合わせて適当な電圧値のダイオードを選択。
※２ ： AFのF特にあわせて値を調整する。
※３ ： 最高管感度時のプレート電流にあわせて調整。
※４ ： ゲインがゆるされる限りで小さくする。

電源



付1.　周波数同調範囲の計算

同調回路の定数を目安として計算しておきます。

実際は再生コイルや入力コイルが巻かれますので値は変わります。

一応の目安で、最終的には回路を動作させての調整が必要です。

計算

周波数可変幅（⊿F）　を6950kHz～7250kHzの300kHzをカバーするようにしたい。

Vcの最大容量、最小容量をそれぞれCmax,Cminとすれば

$$\Delta F = Fmax/Fmin$$

$$\Delta F = \sqrt{[(Cpara+Cmax)/(Cpara+Cmin)]}$$

なので式を変形して

$$Cpara = (Cmax - \Delta F^2 * Cmin)/(\Delta F^2 - 1)$$

容量変化を　Cmax=12.2, Cmin=5.4pF、Fmax/Fmin　=　7.25/6.95　=　1.043　としてCparaを求めると

$$Cpara = 72pF$$

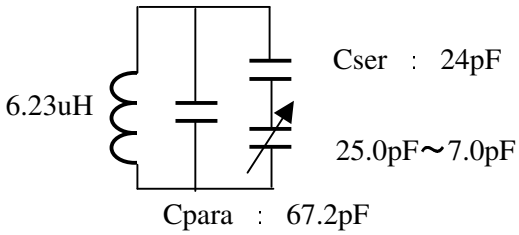
となります。

また、この共振回路のコイルは　Cpara+Cmax　が6950kHzに共振すればよいから

$$F = 1/(2*\pi*\sqrt{L}*\sqrt{C})$$

Lを求めると

$$L = 1/[(2*\pi*F)^2*C] = 6.23uH$$



EXCELにプログラムしておくと、定数の変更等の対応が容易になります。
網掛けの数値を入力すると、コイルの値が算出されます。

周波数	
Fmax (kHz)	7250
Fmin (kHz)	6950
⊿F	1.0432

VcとCserの合成容量	
Cmax　(pF)	12.2
Cmin　(pF)	5.4
Cpara (pF)	72.0

VC容量	
Vcmax (pF)	25
Vcmin (pF)	7
Cser (pF)	24

角度	容量	合成容量	共振周波数
180	12.2	84.2	6.95
0	5.4	77.4	7.25

共振コイル	
L (uH)	6.23

式　　$\Delta F = Fmax/Fmin = \sqrt{[(Cpara+Cmax)/(Cpara+Cmin)]}$

$Cpara = (Cmax - \Delta F^2 * Cmin)/(\Delta F^2 - 1)$

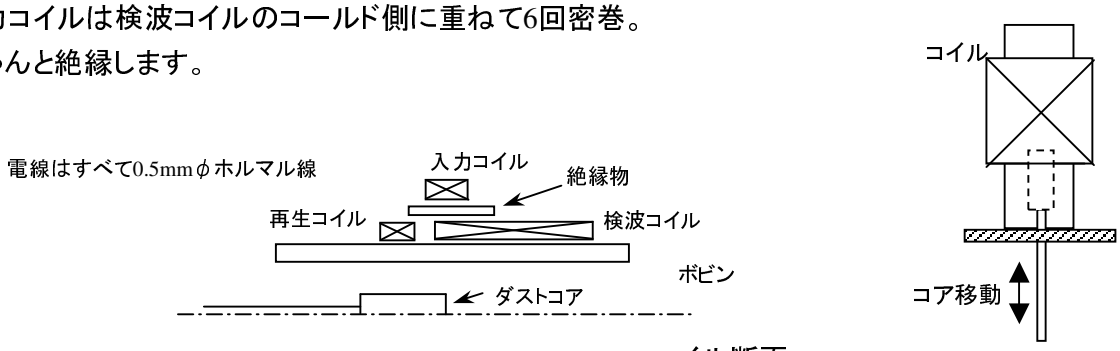
付2.　コイルの製作

付2．1　検波コイル

1)先ず目安で必要なインダクタンスのコイル(検波コイルと呼びます)を巻きます。
今回は直径25mmのタイトボビンがありましたのでこれに巻きます。
コアが必要ですので、ジャンクのコアも使いました。　コア入りのコイルなのでコアが少し巻線に掛ったところで必要なインダクタンスに合わせます。
LCメータがありますので測定しながら巻きます。 今回結果的に15回になりましたが、コアの材質ボビンの直径、巻き方(スペース巻、密着巻)等によって巻数が変わります。
また巻幅はボビンの直径と同じくらいにしました。
コアを適当に移動させてみたら、結果的に目標値のおよそ±10%程度になりました。
出来高払いです。

2)再生コイルはおよそ3mm位離れたところに3回密巻。

3)入力コイルは検波コイルのコールド側に重ねて6回密巻。
ちゃんと絶縁します。



コイル断面

4)コイルの巻数は巻数を決めるパラメータが多く、ボビンの径、巻き方(スペース巻、密着巻)等によって変わります。 一番重要な部品ですが、今回ジャンクの部品を使用したため、一義的に決まりません。 従って、

- 検波コイルはコアを調整して必要なインダクタンスになること。
  また、コアを移動してインダクタンスが可変できること。
- 再生コイルは検波コイルの1／5。
- 入力コイルは検波コイルの1／3。

程度をめやすにしてをスタートとしました。

5)今回はこのようなコイルをつくりましたが、コイルは単独で調整できる方が良さそうです。
つまり、プラグインコイルのように外せるような構造にすべきと考えます。

付2．2　アンテナコイル

1)アンテナから高周波増幅真空管に信号を渡すコイルです。

2)Qが高いほうがよいのでトロイダルコアに巻きました。

3)同調容量を　20pF(VC)+10pF(stray)=30pF　とすると　コイルのインダクタンスはおよそ16.7uHです。

4)T-68(アカ)に巻くとして、ALvalueは5.7(nH)なので、16.7uHでは54回です。

5)今回は54回でOKでした。 巻数は若干調整が必要な場合があります。

6)アンテナ側は　Zo/2　=　50Ω/2　=25Ω=>　0.56uH　位のインダクタンスがあればよいということになっています。　このコアに巻くと　0.56uHでは10回巻けばよい。
今回は少なめで6回巻いています。 理由はソレノイドに巻くと結合係数は0.5程度になりますが(実際は範囲がある)、トロイダルコアは結合係数が1に近いので巻き数を減らしてこの位にしてみました。　実はあまりよく分かりません。　本にもカットアンドトライを行えなどと書いてあります。

付. 3　真空管による感度の違い

　真空管によって感度等が変わるかどうかを試しました。

回路は図の通りです。　この定数は6AU6で調整したものをそのまま使用しました。

測定条件

・SSGの出力信号は-103dBm、1kHz・99%AM変調。 (-103dBというのは適度に小さい信号ということ)

・低周波出力電圧はスピーカーを接続して100mVppを目安にオシロスコープで観測。

・SG電圧はAF出力電圧(1kHz)が最大になった時の電圧を記入。 (AM受信)

感度最大のSG電圧はきわめてクリチカルです。 0.5Vも変われば出力振幅が1/5～1/10になります。

真空管によって感度最大の出力電圧は変わるのですが、不安定ですぐに発振に移行したり、受信周波数がずれていったりして実用的ではありません。

比較的安定な状態の低周波出力電圧は真空管によらず、6dB程度以内の差でほとんど一定でした。

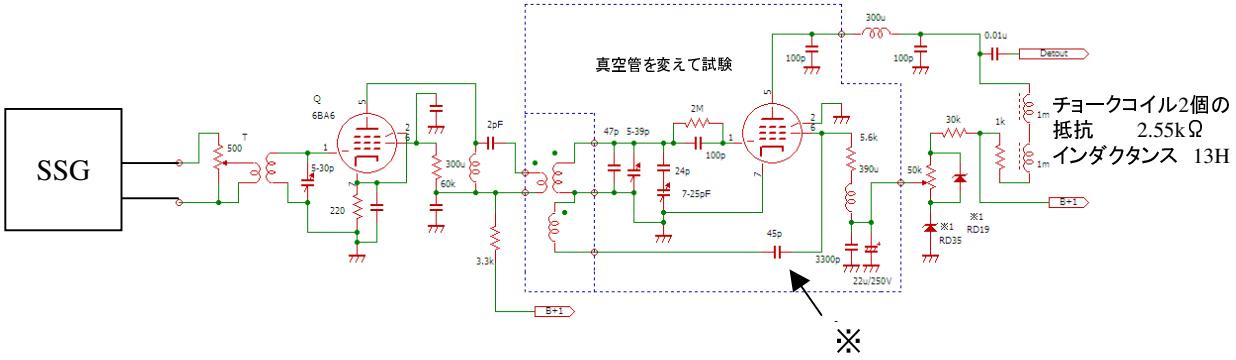
結果として、真空管の違いはほとんど感度(一定アンテナ入力に対するオーディオ出力)に影響しませんでした。 また、6BA6のようなリモートカットオフも6AU6などと有意な違いも見られませんでした。

従って今回は手もちのたくさんある6AU6を使うことにしました。

図中の※の帰還コンデンサを変えるとSG電圧やプレート電流が変わります。(このデータは45pFの時)

検波用真空管の違い　　B+:　204V

No.	真空管	Gm (μ℧)	SG電圧(V) (V)	プレート電流 (mA)	備考
1	6BZ6　①	8000	57.1	3.9	①と②は同じメーカー
2	6BZ6　②	8000	58.9	3.55	皆同じように動作する
3	6BA6	4400	37	2.07	出力電圧の違いは6dB程度
4	6AU6(T-9)	5200	58.9	1.6	Plate電圧　195～200V
5	6EW6	14000	122.5	5.81	No.　1,2,5はプレート電圧spec　over



同じ名称の真空管のばらつきを調べてみました。

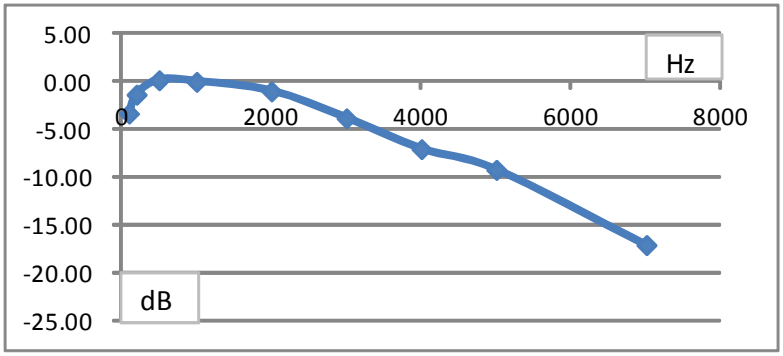
同じ名称の真空管のばらつき　　B+:　204V

真空管	識別	SG電圧(V) (V)	プレート電流 (mA)	備考
6AU6	N	37.2	0.91	適当にジャンク箱から取り出し。新品は無し。
	H	45.4	1.18	同じように動作する。ダイナミックレンジは不明。
	T-9	60	1.63	受信周波数は個体によって10kHz単位くらいでシフト。
	①	39.6	1.2	
	T	60	1.48	

付4.　AF周波数特性

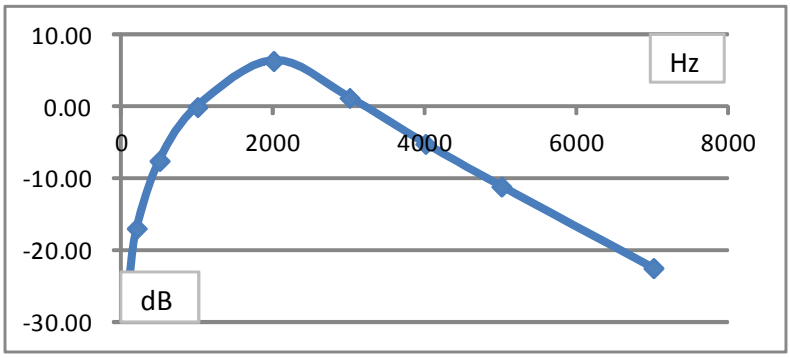
1)低周波入力　=>　低周波出力 周波数特性補正付き　outplate、outgrid
低周波VRに50Ωのアッテネータと終端を付けて電圧入力。 負荷は低周波出力Transに5Ω。
Att:　0dB　Range:　2mV*10

周波数(Hz)	In (mV)	Out (mV)	Gain	Normalize	F特　(dB)
100	2.4	2.7	1.13	0.68	-3.33
200	2.4	3.4	1.42	0.86	-1.32
500	2.2	3.7	1.68	1.02	0.17
1000	2	3.3	1.65	1.00	0.00
2000	1.7	2.5	1.47	0.89	-1.00
3000	1.6	1.7	1.06	0.64	-3.82
4000	1.5	1.1	0.73	0.44	-7.04
5000	1.4	0.8	0.57	0.35	-9.21
7000	1.3	0.3	0.23	0.14	-17.09



2)検波段　G1入力　=>　低周波出力　周波数特性補正付き
検波管のG1に50Ωのアッテネータを付けて電圧入力。 負荷は低周波出力Transに5Ω。
Audio　Full　Gain。　SG電圧　13.5V。 plate電流　1.73mA
Att:　30dB　Range:　10mV*10

周波数(Hz)	In (div)	Out (div)	Gain	Normalize	F特　(dB)
100	2.4	0.3	0.13	0.06	-24.30
200	2.4	0.7	0.29	0.14	-16.94
500	2.2	1.9	0.86	0.42	-7.51
1000	2	4.1	2.05	1.00	0.00
2000	1.7	7.3	4.29	2.09	6.42
3000	1.6	3.8	2.38	1.16	1.28
4000	1.5	1.7	1.13	0.55	-5.15
5000	1.4	0.8	0.57	0.28	-11.10
7000	1.3	0.2	0.15	0.08	-22.49



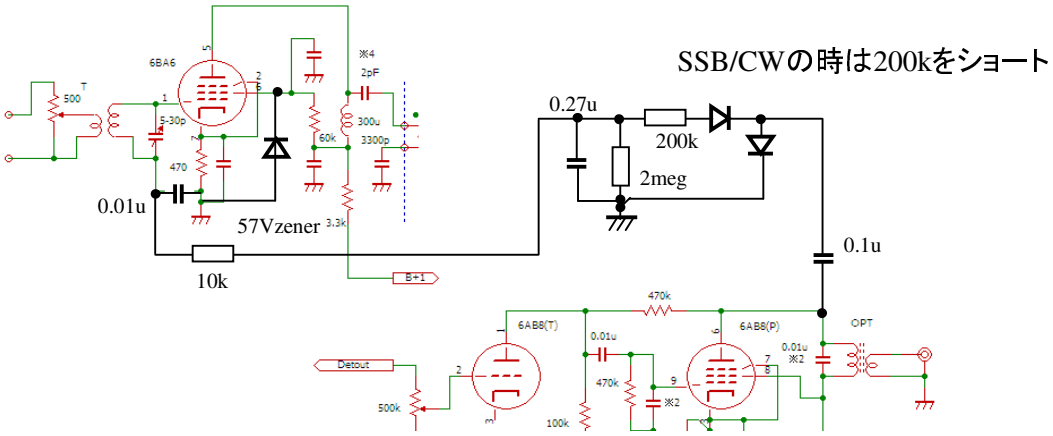
付　５．　AGCについて

　実験的にAGCをかけてみました。 Audio　AGCです。

こんな回路です。

AFゲインがAGCのループ内にあります。 また再生の状態によってループゲインや選択度が変わります。

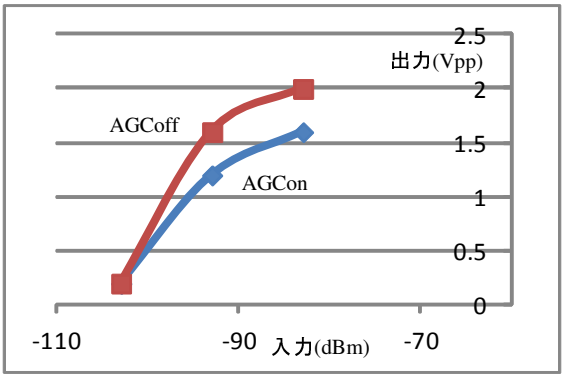
ということで、制御理論から言ったら論外のようなものですが、知らぬが仏でつないじゃいました。



データなど取れるようなものではないのですが、チャレンジしてみました。

入力はSSG1kHz99%AM、出力はスピーカ端子に5Ωを接続して、その両端をオシロスコープに接続。

入力（dBm）	出力(AGCon)（Vpp）	AGC電圧（V）	出力(AGCoff)（Vpp）
−103	0.2	−2.7	0.2
−93	1.2	−20.7	1.6
−83	1.6	−34	2



1.6Vppあたりから出力がサチュレーション。

RF，AFのゲインは最大。

データで見ると何だか効いているのかどうか何とも言えないような感じですが、実際に受信してみるとずいぶん違います。

・フェージングによる音量の変化が少なくなります。

・AM受信ではRFゲインをほぼフルゲインのまま効くことができます。

・SSB/CW受信でフルゲインでは信号内容は全く分からない（検波部の入力オーバーによる周波数の引っ張りおよびサチュレーションによる）状態でも、AGCをかけるとほぼ聞き取れるようになります。また、音節の間にもAGCの時定数が効いているのでゲインの変動が少ないため、引っ張り現象が改善されます。

・AGCをかけると、音が悪くます。 理由はわかりません。

・RFゲインの操作がほとんど無くなります。 ただし全く無くなるわけではなく、フルゲインでは歪む音声がRFゲインをしぼることによって比較的きれいに聞こえます。

・信号が無くなった時に、AGCが無い場合はスケルチをかけたように静かになりますが、AGC付きではゲインが上がってノイズが出てきます。

・AGCは歪みやゲイン操作の現象に対して有効だとは思いますが、再生受信機としては、良いのかなと思います。

・ちゃんと設計すると、それなりの動作をするような気がします。