

# 真空管アンプの設計と製作

JK6VKE 松尾 和宏

はじめに

私は高2のときに5級スーパーラジオ（真空管ラジオ）を製作した。当時はあの愛嬌ある形（ST管）が好きで、回路設計ができるわけでもなく、単にクラシックな部品で何かを作りたいという軽い気持で製作したのだが、いざ完成すると真空管が灯す光に強く心を引かれた。特にラジオを聞くというよりも、単にあの5本並んだST管から放たれる芸術的な灯火にみとれていたのを思い出す。真空管に関心を持ったのはこの時期からである。

現在の電子回路はトランジスタやICで構成されており、真空管そのものが姿を消してしまった。だが、最近になって真空管マニアが増えたために国産ではないが新たに製造を始めた企業もある。これは骨董品としての価値感覚ではなく、一度試聴すればだれもがその音質と美しさに心を引かれてしまうのは当然だと思う。

人間の耳は20Hz～20000Hz位の可聴周波数帯を持つ。現代のデジタル技術を取り入れた半導体アンプ等の場合にはこの周波数を忠実に再現するために良質の音として満足しがちである。だが終日音楽を聴いてみると明らかに違いが出る。半導体は少しの疲れと不快を感じることもあが、真空管の場合はそれがまったく感じられない。一見不思議であるが「科学的にも解明できる」と語る人もいる。音色は基本周波数とそれらが整数倍された高調波倍音の合成である。トランジスタも真空管に限らず増幅の段階で高調波歪みを微量発生するが、真空管の場合だと半導体にはない脳に安らぎを与える高調波を多く含むらしい。CDに録音するとき音をデジタルにサンプリングするがその際に基本波以外の高調波成分（22050Hz以上）やノイズはカットされてしまうために再生すると澄み切った美音に聞こえる。だが長時間聞くとやはり疲れてしまう。弦楽器を聞くと眠くなる。これは弦の振動に多くの整数倍高調波を含み、そして可聴周波数を超えた実際には聞こえない高調波が脳を刺激して人に安らぎを与えてくれると解釈する人もいる。そこで、このCDを真空管で再生したとすればどうであろうか。カットされた音源から擬似的に高調波倍音（高いハーモニクス）が加わり、さらに真空管特有の音色で人に安らぎを与える高調波成分が生成され、失われた本来の弦楽器の良さをよみがえらせることになる。現代のCDと70年代に姿を消した真空管アンプとの調和のとれた組み合わせがとてもおもしろい。

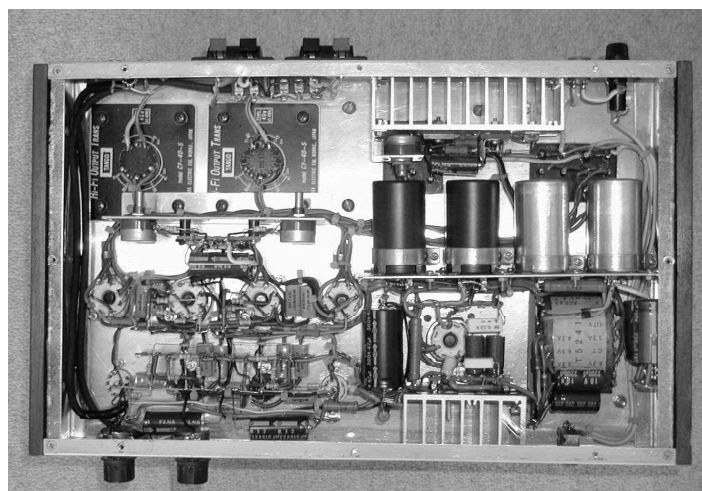
アンプを真空管の種類や回路方式別にいくつか設計製作してみたがどれもが真空管特有のすばらしい音質と音色を発揮してくれた。ここでは、特に設計段階で苦労と工夫を重ねたアンプとしては珍しい6080を出力管に用いた真空管アンプと2T24を出力管に用いた真空管アンプの設計製作を紹介する。

## < 6080 の設計・制作 >

6080 は、6AS7 の改良球で低電圧整流装置用の制御管として開発された双三極管であり、本来の使用目的から規格表にも示してあるように低電圧、大電流、低  $r_p$  の特徴がある。電源用としては最高なのかもしれないが、これをアンプとして設計した場合その内部抵抗の低さから三極管特有の音質とダンピングの良さが期待できる反面、プレート印可電圧の限界



値の低さと、利得の低さが問題となる。これらの理由からアンプとして利用するには問題が多い。この欠点を克服するために前置（電圧）増幅にかなり悩まされた、結論としては、6080 のプレート電位を 400V とし、カソード電位を 200 V とすることで、印可電圧を低くし、前置増幅での振幅を大きく稼ぐ案で制作した。また、印可電圧が低いために、負荷による電圧降下を最小限に抑えるためにトランジスタを一部採用した。結果は期待を上回るとても素晴らしい音色を発揮した。ただし、オーディオ専用管とは異なり少し強引な設計となった箇所もあるが、何とか特徴を生かした回路に組み上げることができた。



### 1. 設計仕様

電力増幅部：6080 の双三極を利用してプッシュプル接続とした。ただし、電源用に開発されたために内部抵抗が低く、3 極管の特徴を生かしたアンプとしては理想的であるが、反面利得やプレート印可電圧が低い等の問題点も多く高い電圧振幅を得るための電源回路での工夫と高い電圧振幅を得る前置増幅の設計が要求された。

電圧増幅部：終段とのデザインの調和を考えると G T 管が好ましく、6SN7 を選択した。プレート印可電圧も終段の 2 倍以上を確保できるため前置増幅としてはふさわしい真空管である。ここでは電圧振幅を稼ぐために電源部での細

工も必要で、結論としては終段のカソード電位を電源電圧の midpoint に設置することで、終段の 2 倍の印可電圧とすることで問題を解決した。

位相反転部：変成器を用いると簡単であるが、周波数特性の劣化や位相変位が大きいなどの弊害も大きいと考え、イギリスの Mullard 社で開発されたカソード結合型位相反転回路 (Mullard 型) を採用し、真空管に 1 2 A U 7 を使用した。欠点としては正と負の振幅の増幅度が若干異なってしまう。一般には問題とされないことも多いが、ここでは補正をかけて丁寧な仕様に仕上げた。

入力段増幅：オーディオ専用管として開発された 1 2 A X 7 を使用し、ここは、一般に用いられる電圧増幅回路とした。とくに何も工夫しなかった。

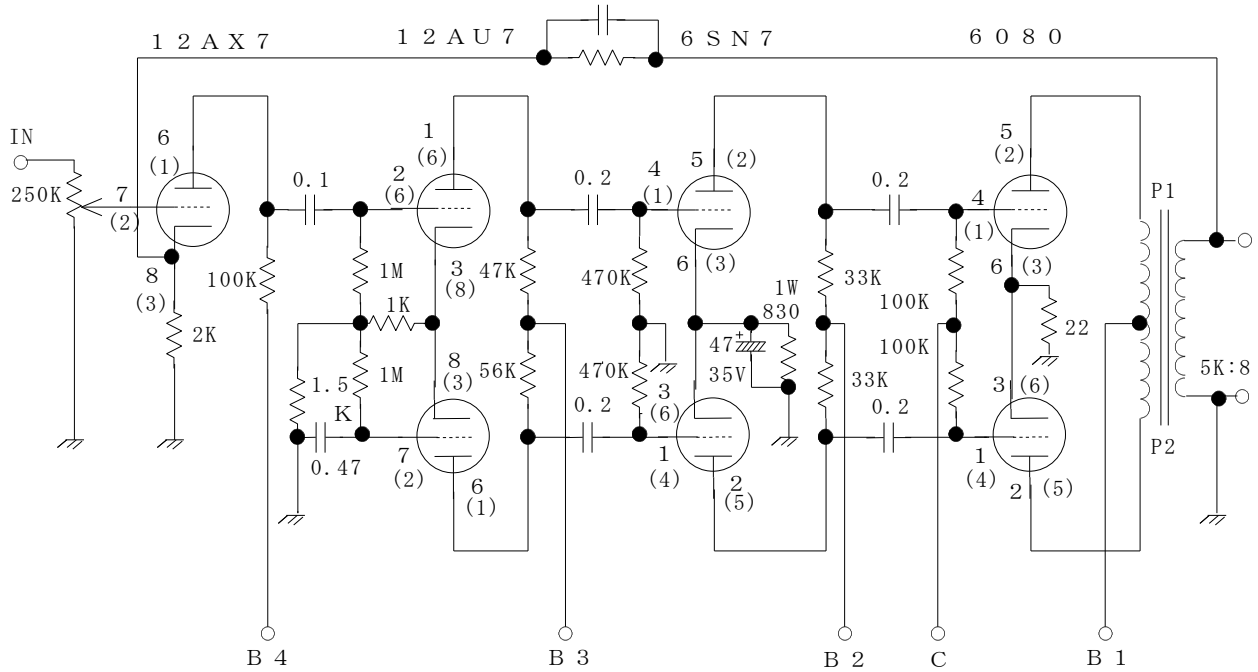
電源回路：終段に対して前段には高電圧が要求されるため 2 系統の電源が必要になった。また、整流にダイオードを使用しても良かったのだが、ダイオードは真空管に比べるとヒーター加熱を要しないために電源投入からの応答が速く各真空管に加わるプレート電圧が最大定格を越えてしまう。他に設計した回路にはダイオードを使用したためにミューティング回路 (遅延回路) を組み込んでいるが、ここでは 2 極管を使用することで、特に最大定格が低い初段と終段をプレートでのリーク等から保護した。しかし、手持ちの変圧器にセンタータップ付が無かったために 2 極管のみによる全波整流が不可能となり、負極にはダイオードを使用してブリッジ整流とした。

一般的には平滑回路にチョークコイルの臨界インダクタンスを利用したリップルフィルタが使用されるが、6080 の許容電圧が低く利得が小さいために電圧変動を極力抑える必要があった。また、効率の良い出力を得たいという願望と、3 極管の中でも特に内部抵抗が低くダンピングの良さが期待できる 6080 の特徴を引き出すためにも高い精度の定電圧が要求されると判断した。真空管アンプに半導体を用いることに若干の抵抗を感じたが、音質と効率を考慮し半導体 (トランジスタ) を使用した。ただし、電源部の内部抵抗による出力段への影響や、トランジスタの特性による真空管への影響や劣化を避けるために電源部の終段には大容量のコンデンサを使用して補った。

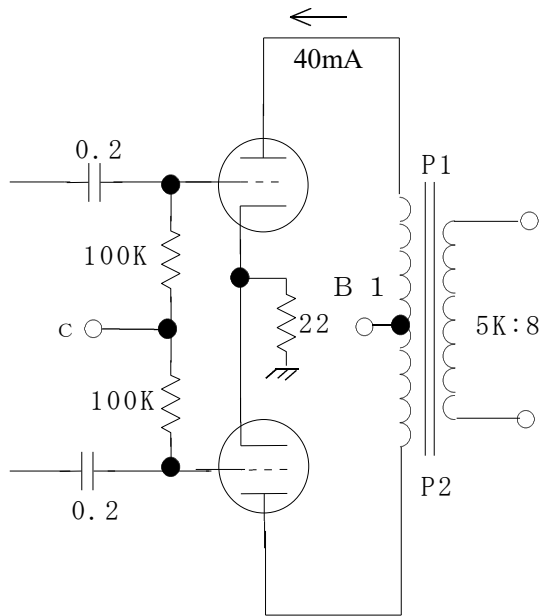
ヒーター電源は初段と位相反転部を直流点灯とし、回路は低電圧 IC (3 端子レギュレーター) を利用し、電流を稼ぐためにトランジスタを接続し、真空管アンプに多いハム音を抑えた。

## 2. 増幅部の回路

### 6080 MAIM AMP 設計 松尾 和宏



## 3. 電力増幅部の設計

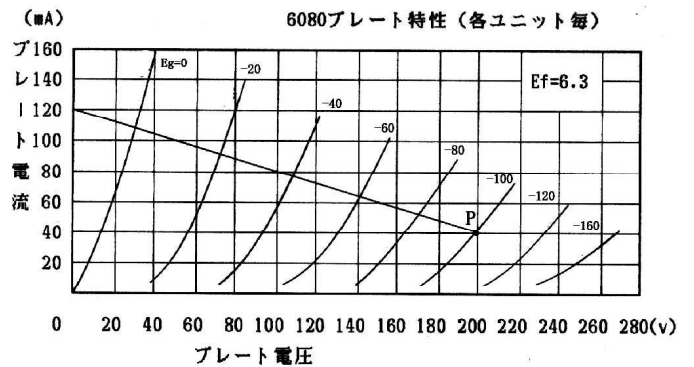


〈負荷〉

静特性から 5 [kΩ] が望ましいと考えて  
5 [kΩ] : 8 [Ω] に決定。

〈動作点〉

$I_p = 40$  [mA]、 $V_p = 200$  [V] に決定。



〈バイアス〉

固定バイアス回路を採用した。

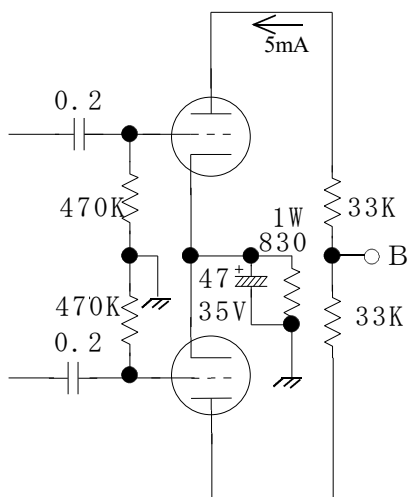
$R_g = 100$  [kΩ]、 $R_k = 200$  [Ω] とした。 $R_k$  は特に必要なかったが回路の安定を考

えて 2% 程度の負帰還をかけた。

〈結合コンデンサ〉

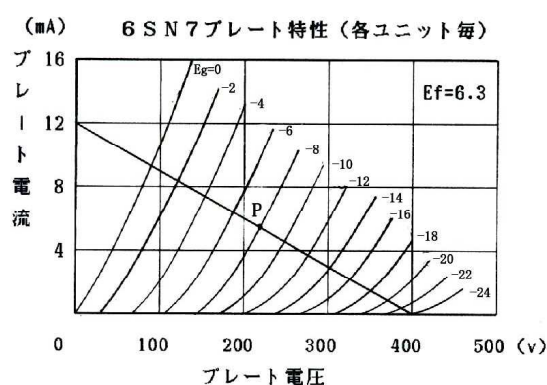
低域遮断周波数の目安を 10 [Hz] にすると、 $C=1/2 \pi f_L R_g=0.16 [\mu F]$  となり余裕を考慮して 0.2 [ $\mu F$ ] に決定した。このときの低域遮断周波数は同計算で 8 [Hz] となる。

#### 4. 電圧増幅部の設計



負荷

終段の最大出力電圧（振幅）を得るためには電源電圧を終段の 2 倍（400 V）が必要となる。



動作点

さらに終段で十分な振幅を得るために、負荷線は静特性より負荷を 33 [k $\Omega$ ] とし、 $E_g = -8 [V]$  に動作点を設定した。

これで終段を十分にドライブできる。

〈バイアス〉

自己バイアス回路を採用した。

カソード抵抗  $R_k$  を求めると、 $2 I_p = 10mA$ 、 $R_k = 8/10 = 800$  となり、 $R_k = 830 [\Omega]$  とした。

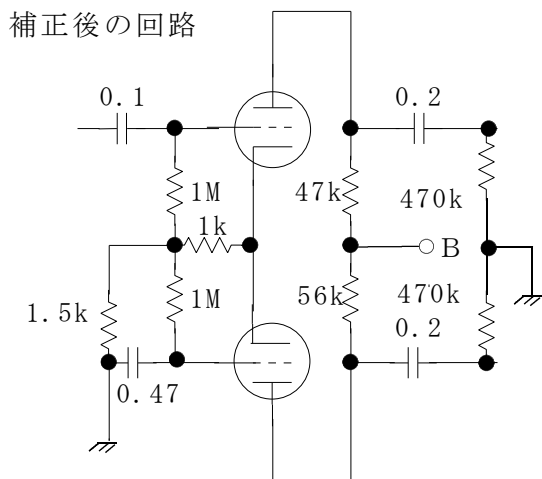
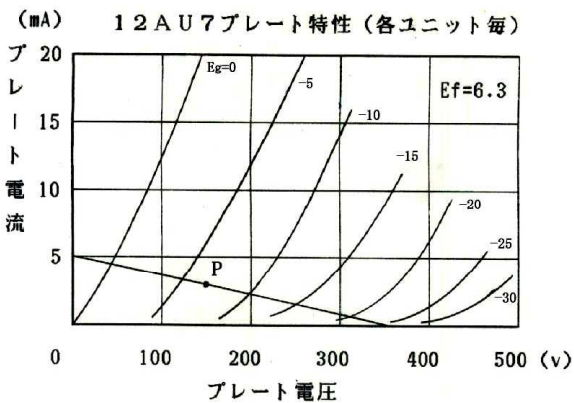
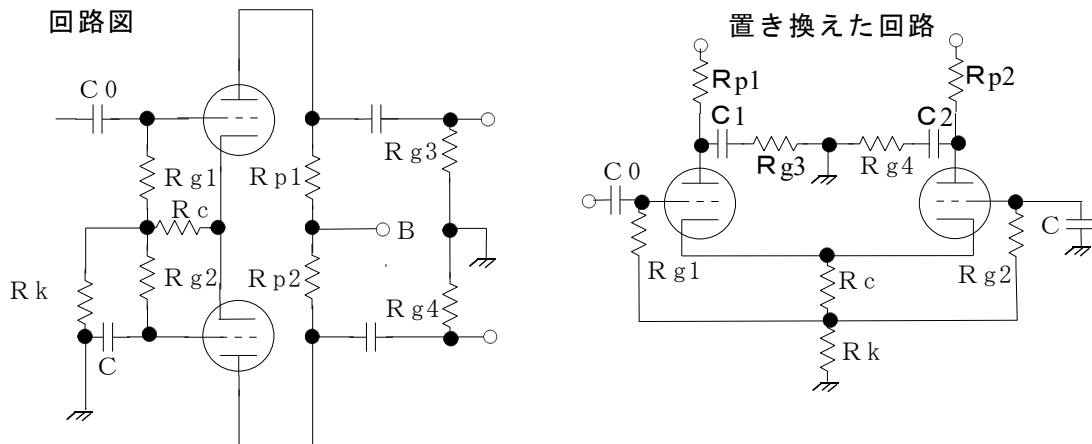
〈バイパスコンデンサ〉

$f_L = 2 (1/2 \pi C \times R_k) = 8 \text{ Hz}$  より  $C = 24 [\mu F]$  となるが、約 2 倍の値とし、 $C = 47 [\mu F]$  として余裕を持たせた。

〈カップリングコンデンサ〉

終段よりかなり小さな値でも良かったが十分な余裕をみて終段と同じ値の 0.2 [ $\mu F$ ] に決定した。

## 5. 位相反転回路の設計



ここでの目的は位相反転であり、電圧増幅度は無視した。仕様としては忠実な位相反転を中心に考えた。

負荷電流は静特性に示すように小さくした。

問題は電圧配分であり、カソード結合型は、お互いが差動で動作しているために  $R_k$  での電圧降下は大きいほどよい。また、この回路の出力電圧は 6SN7 をドライブするための 7 [V] 程度でよく、プレート電圧をさほど必要としないために  $V_{PK} = 120$  [V]、 $V_{RK} = 90$  [V] に配分し、 $V_{PK}$  をかなり大きくとった。

この場合、静特性に加えた負荷線よりプレート電流は約 3 [mA] となり、 $R_k$ 、 $R_p$  は  $R_k = 90/3 \times 2 = 15$  [kΩ]、 $R_p = (350 - (90 + 120))/3 = 47$  [kΩ] となる。

また、バイアスは、負荷線より  $-6$  [V] が必要で、自己バイアスの抵抗は  $R_c = 6/3 \times 2 = 1$  [kΩ] となり、一応定数は定まった。

しかし、 $R_{p1} = R_{p2}$  とすると、動作はするが、正負の振幅が異なるために忠実な位相反転としては動作せず、 $V_{o1} > V_{o2}$  になってしまう。

バランスの狂い  $m$  は

$m = (r_p + R_a) / (1 + \mu (R_c + R_k))$ 、 $R_a = R_{p1} R_{g3} / (R_{p1} + R_{g3})$  で算出できる。計算すると、

$r_p = 7.7$  [kΩ]、 $\mu = 17$  なので

$R_a = 47 \times 470 / (47 + 470) = 43$  [kΩ] であり、

$m=(7.7+43)/18 \times 16=17.6$  [%] となった。

これより  $R_{p2}$  を計算すると、

$R_b=43 \times 1.176=51$  [kΩ]、 $R_b=R_{p2}R_{g4}/(R_{p2}+R_{g4})$  より  $R_{p2}=R_{g2}R_b/(R_{g2}-R_b)$  であり、

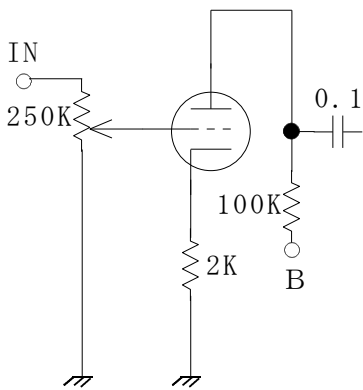
$R_{p2}=470 \times 51/(470-51)=57$  [kΩ] となり 56 [kΩ] を使用した。

カップリングコンデンサは十分余裕をみて 0.1 [μF]、

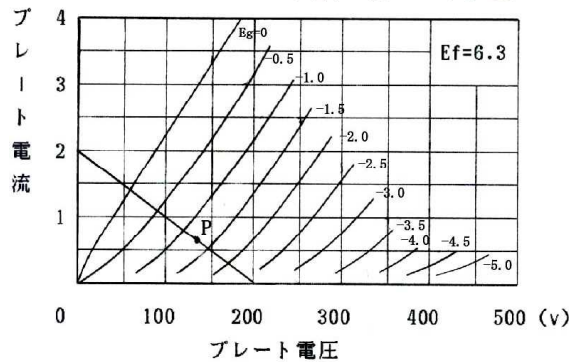
一方 C はグリッドを交流的にアースしている関係でさらに大きい 0.47 [μF] を使用した。

## 6. 入力段増幅回路

入力段は一般的な回路方式を用いた。



(mA) 12AX7プレート特性 (各ユニット毎)



電源電圧を 200 [V]  
 負荷抵抗 100 [kΩ]  
 として静特性に負荷線  
 を記入した。動作点は  
 大きな振幅を必要とし  
 なかったために  $I_p$  を中  
 央より低めの点とし、  
 $R_k$  は静特性より

$R_k=1.3/0.65=2$  [kΩ] に決定した。

入力の可変抵抗 (ボリューム) は人間の耳の音圧が対数特性であることを考えて 250 [kΩ] の A 型を使用した。

## 7. 負帰還回路

設計者によっては真空管の低  $\mu$  を利用して無帰還アンプに設計する人もいるが、私自身が中域が強調された音を好まないために全体の利得を上げて若干の負帰還をかけることにより周波数特性が広領域となるように設計した。

回路全体の電圧増幅度：出力を 10 [W]、入力を自作プリアンプからの 1/2 の入力

$V_i=0.5$  [V] に見積もると、

$$A_v=(10 \times 8)^{0.5}/0.5=18 \quad G_v=20\log 18=13 \text{ [dB]}$$

12AX7 での増幅度 : 負荷線より  $140/2.5=70 \quad G_v=20\log 70=37$  [dB]

6SN7 での増幅度 : 負荷線より  $310/24=13 \quad G_v=20\log 13=11$  [dB]

6080 での増幅度 : 負荷線より  $180/100=18 \quad G_v=20\log 18=13$  [dB]

出力変成器での増幅度 :  $(8/5000)^{0.5}=0.04 \quad G_v=20\log 0.04=-14$  [dB]

全体では  $A_{vo}=70 \times 13 \times 18 \times 0.04=655 \quad G_{vo}=20\log 655=28$  [dB]

帰還抵抗  $R_f$  は、

$$A_v=A_{vo}/(1+\beta A_{vo}) \text{ より } \beta=(A_{vo}-A_v)/A_{vo}A_v=655-18/655 \times 18=0.05$$

$$\text{一方 } \beta=R_k/(R_k+R_f) \text{ より } R_f=R_k/\beta -R_k=2/0.05-2=38 \text{ [kΩ] となり、}$$

実際には負帰還を若干浅めにとり 47 [kΩ] とした。

ここで決定した定数で実際の増幅度を計算すると

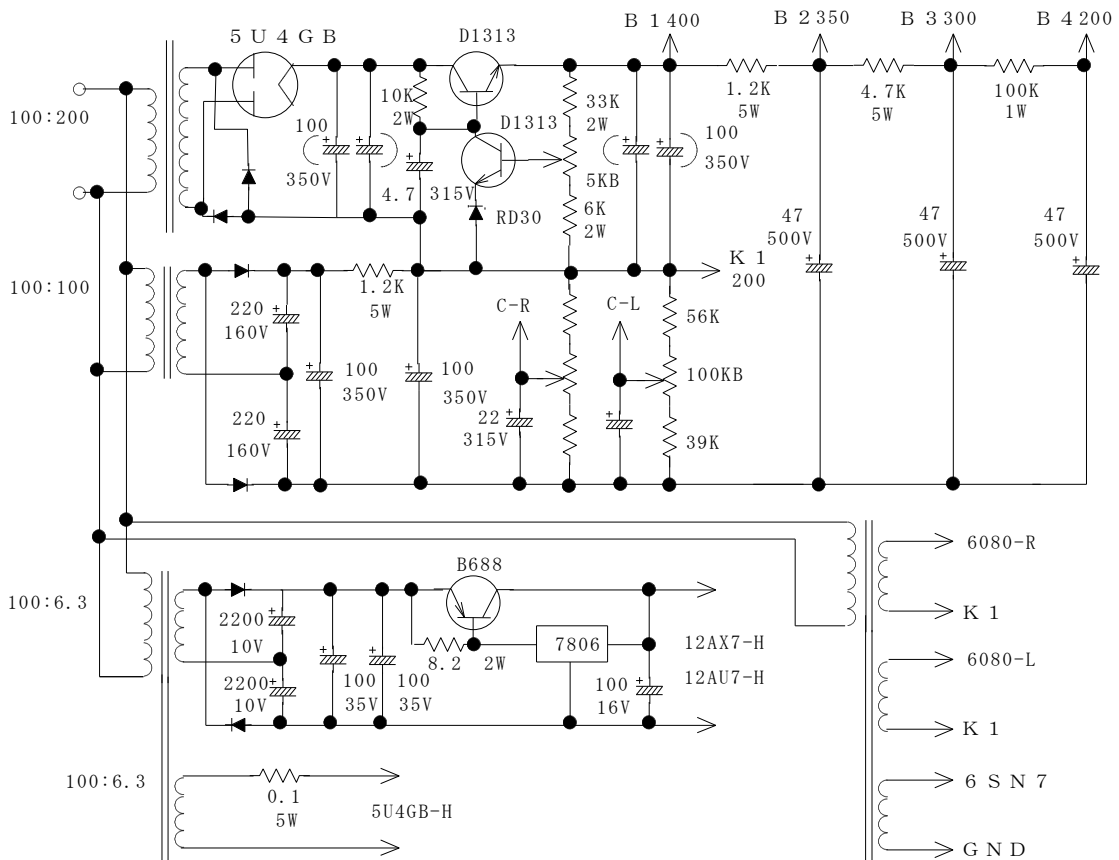
$$\beta = R_k / (R_k + R_f) = 2 / (2 + 47) = 0.041$$

$$A_v = A_{vo} / (1 + \beta A_{vo}) = 655 / (1 + 0.041 \times 655) = 23.5 \text{ より}$$

$$V_i = (10 \times 8)^{0.5} / 23.5 = 0.38 \text{ [V] となり}$$

入力電圧が約 0.4 [V] のときに目的の 10 [W] が出力される。一般に CD プレイヤは 0.5V 程度なので十分である。

### 8. 電源回路の設計



交流 200 [V] を 5U4GB で整流し、2 個のトランジスタ (D1313) で電圧の安定化を図り、6080 の P-K 間に安定した電圧を供給している。また、出力を最善に保つために可変電源とした。

前段にはさらに高い電圧が要求されるために、100 [V] の交流電圧をダイオードで倍電圧整流平滑し、これを終段のカソード電位とすることで約 400 [V] の電圧を B 電圧として得ている。バイアス用電源はこれを分圧して供給した。

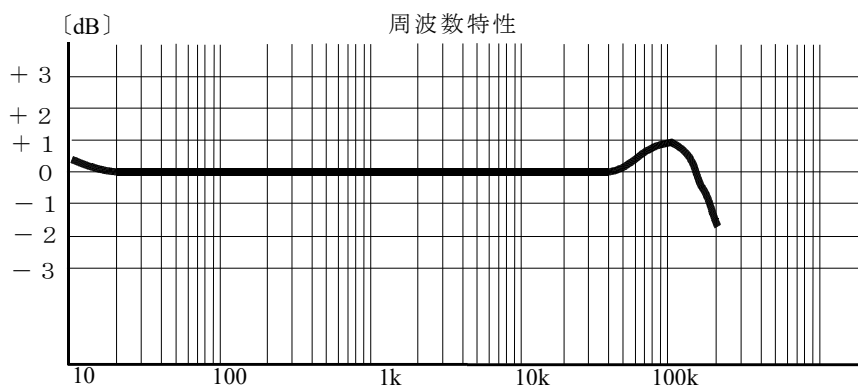


ヒーター部は 12AX7 と 12AU7 を 7806 の出力を 2SB688 で電流増幅して直流点灯してハム音を抑えた。、その他の真空管は電流消費が大きいためすべてを交流点灯としたが、利得が低いためにハム音の問題にはならなかった。実際にスピーカーを接続して試聴したが可聴範囲ではハム音を聞き取ることができなかった。

## 9. シャーシ（筐体）

シャーシは、真空管を露出させる構造とし、市販されてものを利用して良かったが希望のサイズや配置のものがなく、1.2 ミリ厚のアルミ板を板金加工して自作した。前面はアクリル塗装に文字をレタリングし、真空管面（上面）には銅箔を接着加工した。

## 10. 周波数特性



周波数特性は出力を 5 [W] に設定して測定した。低域及び高域の遮断周波数を ± 3 [dB] に考えると、可聴周波数を遙かに超える特性となり、満足のいく特性となった。

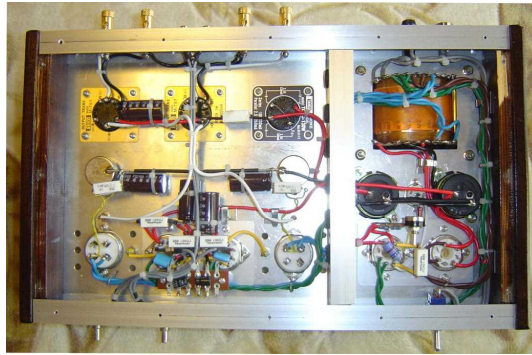
## < 2 T 2 4 の設計・制作 >

2T24（米国名 3C24）はトッププレート、サイドグリッドの直熱 3 極管で、送信機の変調管や送信管として開発され、このタイプでは最小の球である。小柄ではあるが、フィラメントでの消費電力は 19 W（6.3 V、3 A）と大きく、プレート電圧も数千ボルトが必要なため、一般には扱いにくい真空管である。米国では 1940 年代位に軍用の送信管として開発されたようだが、私が使用した真空管は J R C（日本無線）が送信管として純粋に製造したものである。



アンプとして利用するには設計困難な真空管であるが、送信管をアンプとして利用したその音質には皆が感動する。この真空管においては特に期待をこめて設計した。真空管愛

好家としては、オーディオ専用管で設計製作するのも楽しいが、アンプとしての球探しよりも、少々強引だが、



球に合わせて回路を設計するのもおもしろい。また、真空管の良さは音だけではない。それぞれの真空管には個性があり、どれもに魅力を感じる。今回使用した 2 T 2 4 は小柄ながらも直熱送信管特有の特徴をもち、フィラメントにはトリタン（二酸化トリウムを含有したタングステン）が使用されているために白熱電球のような強い光を放つ。さらに赤色させることで不純ガスを吸収するようにできたプレート電極からの光。また、電極とガラスの熱膨張率の差を解消するために用いたウランガラスの輝きはとても美しくまさに芸術を感じさせられる。

## 2. 設計仕様

電力増幅部：通常は数千Vの高圧を要するが、現実的に考えた場合、コンデンサの耐圧等が問題となる。高耐圧のコンデンサは現在でもオイルコンデンサ等があるが、容量が小さく高価なためあまり実用的ではない。またかなり危険が伴い絶縁対策も厳しくなる。耐圧が 500V 未満であれば現在の電子部品でも簡単に代用できるため、かなり強引な設計にはなるが、450 V で設計した。通常はグリッドに負のバイアスを加えてプレート電流を制御するのが一般的であるが、高電圧使用の真空管はフィラメントとグリッドの間隙が広いためにこのように低い電圧では制御がとても困難である。送信管の場合は頑丈でグリッド電流にも耐えうる構造である。その特徴を生かして、正のバイアスを加え、電流ドライブとして設計してみた。（大出力は期待できない）

ドライバ部：出力管のグリッドに正の電圧をかけたために、グリッド電流が流れることになる。そのためには、当然そのドライブの負担も大きくなるために、大きなドライブが必要とされ、それなりの電力増幅が求められる。結合方法についても随分悩んだが、ダイナミックカップリング方式を採用することで解決した。そのドライブに 6 E M 7 を使用した。この球は単体でもアンプとして使用できる。また、High  $\mu$  と Low  $\mu$  の三極部をを持つ双三極管で、この Low  $\mu$  側をドライバとして使用した。

入力増幅部：ドライバ部に 6EM7 を使用したためにその High  $\mu$  側を電圧増幅回路としてそのまま使用した。実に便利な真空管である。

電源回路部：整流部を2極管にすべきかダイオードにすべきか悩んだが、今回はすべてを真空管で統一した。また、ドライブをダイナミックカップリングにしたために電圧の変動が許されない。これは出力の不安定につながるために、回路の安定化を考慮し、定電圧電源回路とした。基準電圧にツェナーダイオードを使用するのが簡単だったが、あえて真空管にこだわり定電圧放電管を使用した。これは私にとって少し冒険であったが、計算通りに放電し、安定した定電圧が得られた。

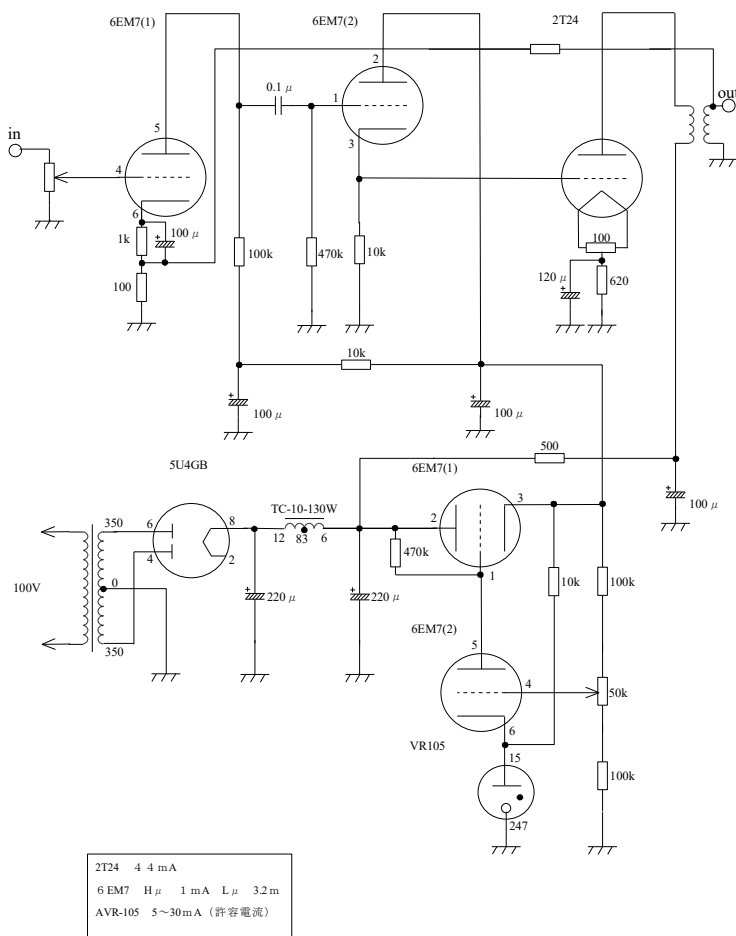
シャーシ：シャーシはホームセンター等にある2mm厚のアルミ板を加工し、側面板には木材を着色し、表面をアクリルで仕上げで使用した。

電極：2T24はトッププレートとグリッドにジュメット線があるが、専用コネクタの持ち合わせがなかったので通常のプレートキャップ(直径6mm)が使用できるようにアダプタを真鍮丸棒の旋盤加工で自作した。



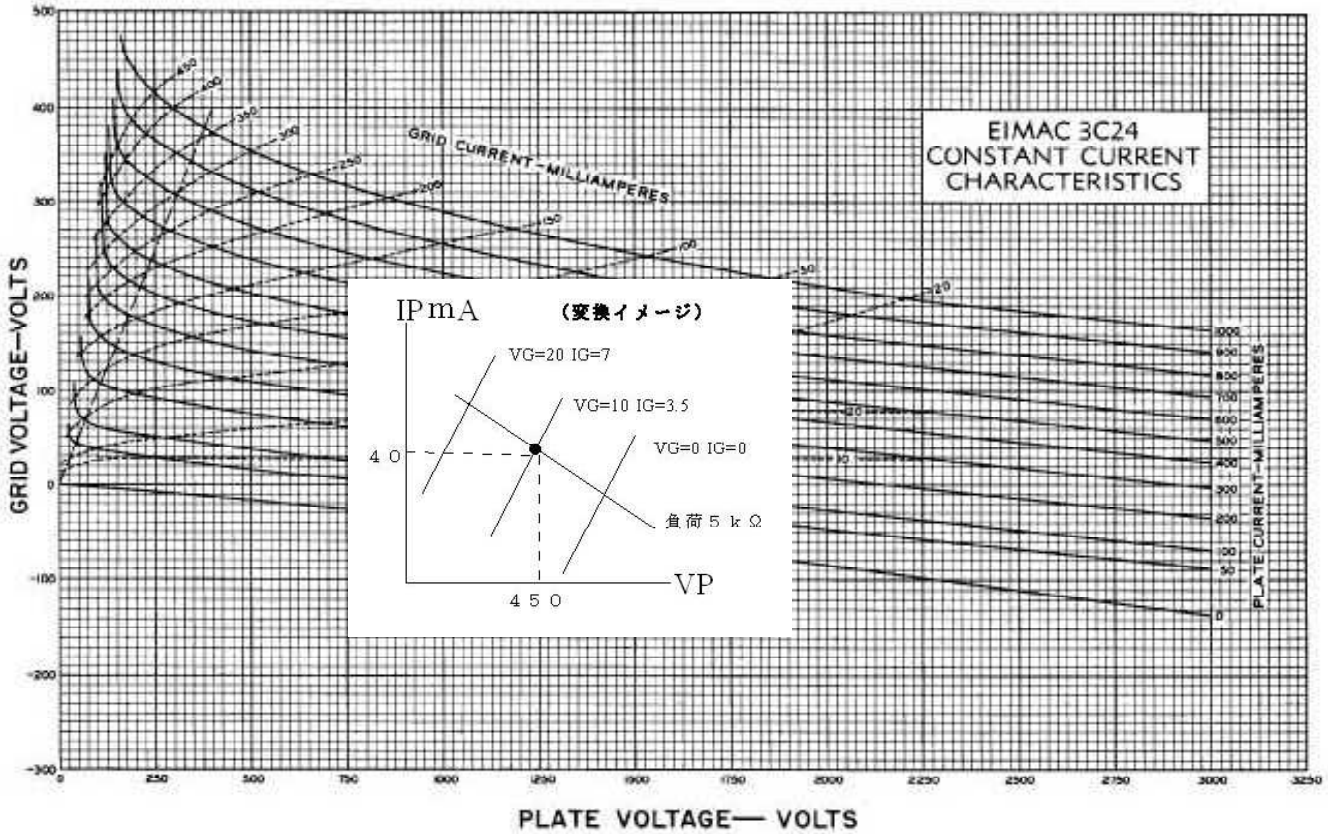
右写真の矢印部が自作端子。

全体の回路図



### 3. 電力増幅部の設計

次に 2T24 の特性を示すがアンプ製作向けのグラフではない。強引に低圧で、しかも低周波増幅として設計するために仕方がないが、見やすくするために必要な部分をイメージ的に抜き出してみた。

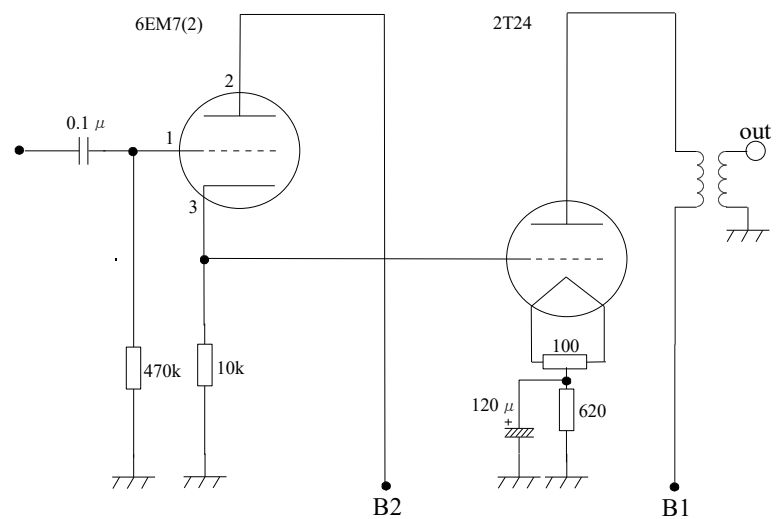


かなり誤差も多いと思うが三極管イメージに変換すると、 $\Delta I_G = 7 \text{ mA}$  のとき  $\Delta V_G = 20\text{V}$ 、 $\Delta I_c = 20 \text{ mA}$ 、となり  $V_G = 10\text{V}$ 、 $V_p = 450\text{V}$  で使用することになる。

100 Ω の可変抵抗は、直熱管を交流点火したためにハムバランスとして使用。

ドライバの静特性よりカソードの電位を約 40V 付近で使用するためにはその電流から使用抵抗は 620 Ω となった。

ドライバのカソード抵抗は本来不要であるが、終段を大きくドライブした場合に

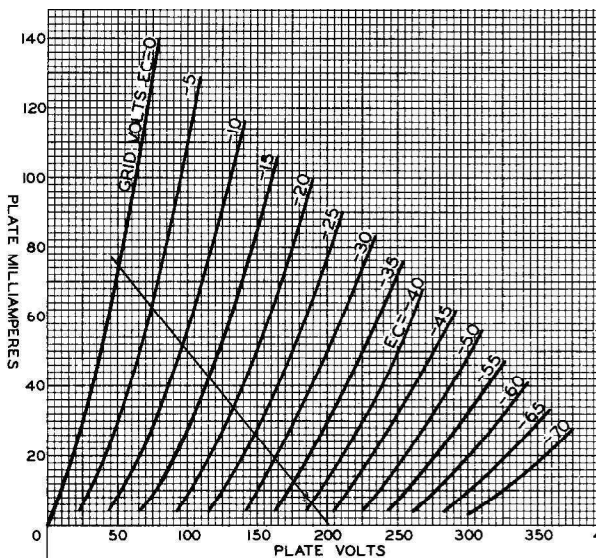


( $\Delta V_G > 20V$  のとき)  $V_G$  が負の値となり、その結果グリッド電流がゼロとなるために、6EM7 が遮断してしまう。カソードホロワ的な回路になるが、保護と回路の安定を兼ねてカソードに  $10\text{ k}\Omega$  を入れた。つまり、終段の入インピーダンスは  $\Delta I_G = 7\text{ mA}$  で  $\Delta V_G = 20V$  なので約  $3\text{ k}\Omega$  となり、終段のカソード負荷はその並列で約  $2.3\text{ k}\Omega$  となる。

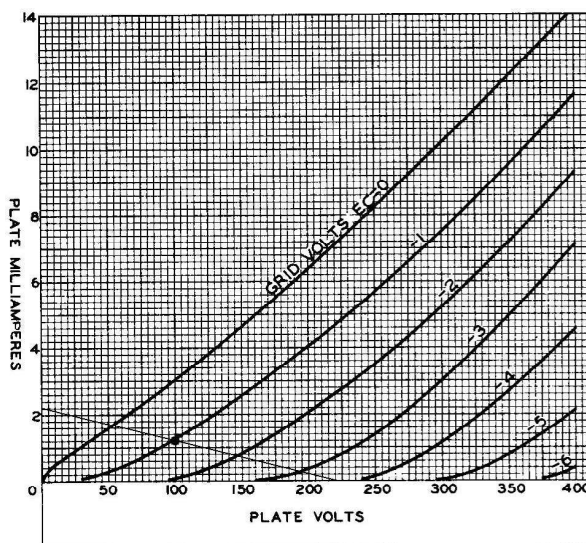
このときのカソード電流は、電位が  $37V$  なので抵抗に  $3.6\text{ mA}$ 、終段グリッドに  $3.5\text{ mA}$  で合計約  $7\text{ mA}$  となる。負荷線を記入すると右図のようになる。

$V_{PK}$  が約  $185V$  となるので、カソード電位を加えて電源電圧 (B 2) を  $220V$  に設定した。 $470\text{ k}\Omega$  は自己バイアス抵抗である。

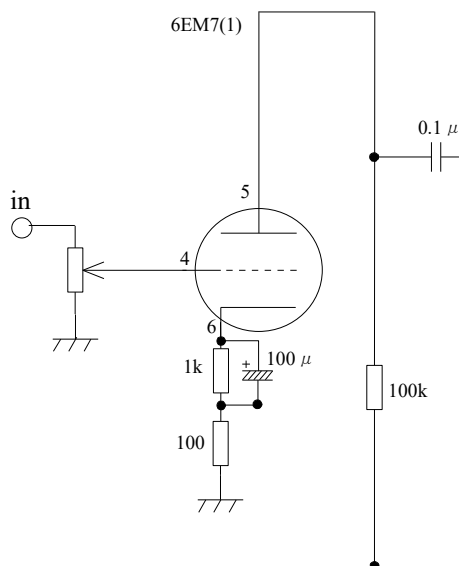
6 EM 7 Low  $\mu$  側



6 EM 7 High  $\mu$  側



#### 4. 電圧増幅部の設計



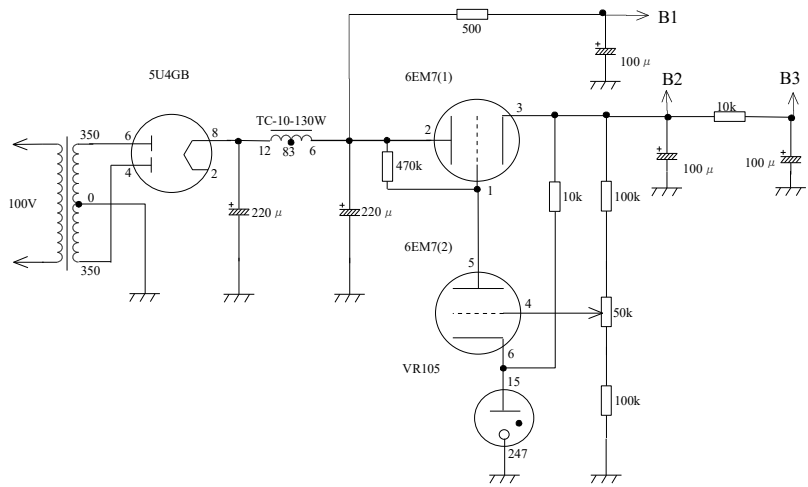
これは一般に使用される電圧増幅回路で、特に工夫した点はなく、負荷抵抗の値を  $100\Omega$  として静特性に負荷線を記入すると図のようになる。ただ、電源電圧は Low  $\mu$  側の電圧に合わせたために  $220V$  とした。自己バイアス回路になるので、カソード抵抗は負荷線より求めると、電流が  $1\text{ mA}$  のとき  $V_G = 1\text{ V}$  となるので、約  $1\text{ k}\Omega$  となる。 $100\Omega$  を直列に入れているが、これは負帰還用の抵抗として使用した。 $100\mu\text{ F}$  のコンデンサは、交流成分をバイパスしている。また、入力を可変するために  $250\text{ k}\Omega$  のボリュームを使用し、特性は音量が耳に比例 (対数) するように A 型ボリュームを選択した。 $0.1\mu\text{ F}$  は次段とのカップリングコンデンサである。

#### 5. 電源回路の設計

全体の電源回路は次のようになる。

整流は双2極管を使用し全波整流とした。B1（2T24の電源）は一般的な220 $\mu$ Fとチョークコイルの $\pi$ 型回路とした。

B2（6EM7の電源）は低電圧放電管（VR105）を基準とした定電圧電源回路を組み、6EM7を使用して設計した。B3はさらに100 $\mu$ Fと10k $\Omega$ で $\pi$ 型のリップルフィルタとした。



#### 〈定電圧回路の詳細〉

定電圧放電管の特性は

放電開始電圧 = 120V

電極間電圧 = 105V

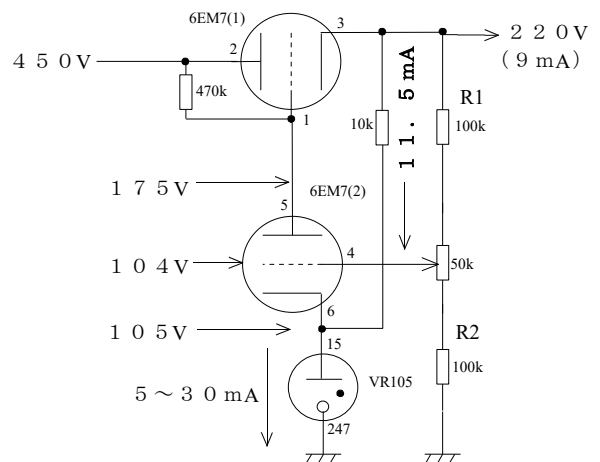
許容放電流 = 5 ~ 30 mA である。

回路を安定して動作させるには放電電流をこの範囲に収めなければならない。この安定電流を得るために出力から10k $\Omega$ の抵抗を通して11.5mAをブリーダさせた。

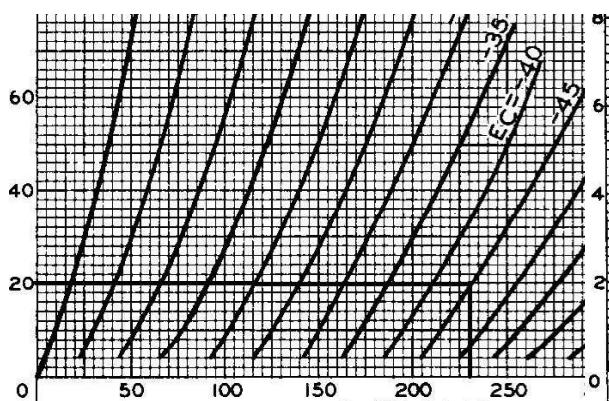
出力電流はドライバの3.5mAと電圧増幅部の1mAが2チャンネル分あるので合計mAとなる。6EM7での負荷はこれに放電管の電流が加わり約20mAとなる。放電管の最大許容電流を考えると約300Vまでの可変が可能となる。電源回路の入力が約450Vで出力が220Vなので、6EM7(1)の $V_{pk} = 230V$ となり、静特性より

$V_{GK} = -45V$ となる。

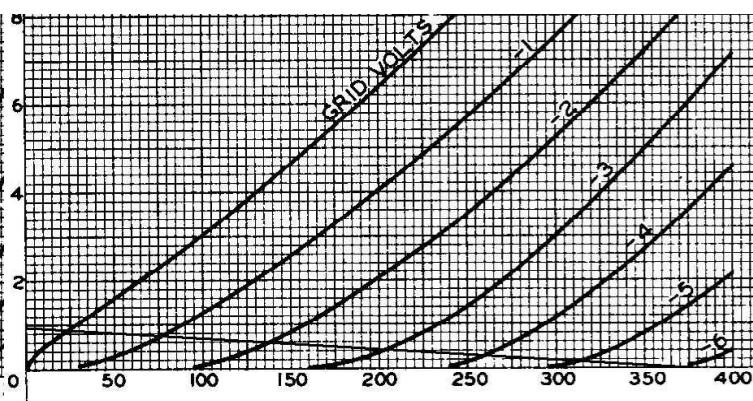
6EM7(2)ではプレートの電位が175V、カソード電位が105Vなので $V_{pk} = 70V$ となり、プレートの負荷（6EM7(1)のグリッド電位を得る抵抗）を470k $\Omega$ に設定したので静特性を記入すると上図のようになる。この特性から $V_{GK} = -1V$ となり、グリッドの電位は104Vとなる。出力を検出する抵抗はまず $R1 = R2 = 100k\Omega$ とし50k $\Omega$ の半固定抵抗を使用した。こうすることで出力電圧を220Vを中心に微調整可能である。半固定抵抗の固定位置は計算上18k $\Omega$ 付近となる。



6EM7 (1)



6EM7 (2)



おまけ

ここでメイン（パワー）アンプを紹介したが、機器によってはプリアンプも必要となる。



自作の真空管プリアンプを簡単に紹介する。

このアンプは 12AX7 を 8 本 使用し、イコライザ部（LPレコード用）に 4 本とフラットアンプに 4 本を使用している。回路方式は SRPP で周波数特性も良く、高域では可聴周波数の 75 倍である約 1.5GHz までの再生能力を持つ。ケースは放熱性と外部からの振動を避ける厚めの 3 mm アルミを板金加工した。写真は天板を外した状態である。

おわりに

今回紹介した真空管アンプは、特徴や個性が強く、本来の目的と異なる強引な設計になったが、オーディオ専用管の 2A3 や 6BM8 等も制作している。いずれも良い音質ではあるが、設計する側としては個性が強い真空管であるほどおもしろい。特に 2T24 みたいに高圧で使用するべき真空管を低圧で使用する。しかも電圧増幅が常識であるはずの真空管を電流ドライブするなど、ミスマッチを常識化するのもおもしろい。

この原稿は自分の趣味から真空管に偏りすぎた内容になってしまったが、半導体を批判しているわけではない。実際に半導体アンプも制作している。たしかに真空管は魅力的で素晴らしいが、半導体が真空管に劣るとも思わなし、それなりの良さもある。ホームページや雑誌等で両者を比較した議論もみかけるが、結論は個人の好みにあるのかもしれない。ただ、急激な時代の変化の中で古きものから新しいものへの転換が速く、貴重なものが失われてしまっているような気がする。私にとっての真空管は如何に電子技術が進歩しても代替品はあり得ないくらいの貴重な存在であると考えている。事実真空管アンプには、心を癒してくれる優しさと美しさがある。