EL34(T)パラ PP モノーラルアンプ

2023.6 木下順二@目黒区

特徴：①強力なカソフォロ直結ドライブにより出力 60W を実現。
②3 次歪の打ち消しの導入。
③ヒーター制御バランス回路の採用。
④チョークインプット平滑回路など低雑音化。

経緯：1993 年に「平凡な部品で非凡なアンプをつくる」という目標でスタートし、2000 年に完成。

解説：

① 強力なカソフォロ直結ドライブにより出力 60W を実現

3 極出力管のプッシュプルで 50W の出力を得るという目標を立てたのであるが、純粋な 3 極管となると、有名な WE-300B で 40W 程度、国産では 50CA10 で 30W、8045G なら 60W 出るが、すでに入手は困難であった。そこで、多極出力管の 3 極管接続も候補に含め、EL34 の 3 結パラ PP を選択してみた。通常、EL34 の 3 結パラ PP では 30～40W くらいの出力であるが、出力管のグリッド電圧を＋領域まで振り込む AB_2 級動作にしてやれば、通常の AB_1 級に比べて 1.5 倍くらいの出力アップは固いので、十分達成可能だと考えた。

EL34 は 3 結 PP だと、5kΩくらいの負荷が普通である。パラ PP とすることで、2.5kΩの出力トランスが欲しくなるのであるが、市販品にはなかった。5kΩの出力トランスを 1/2 のインピーダンスで使うことにして、２次側の 16Ω端子に 8Ω負荷をつなぐことにした。このような使い方をすると、低域では扱える出力が 4 倍になり、特性もすごく良くなるが、高域特性には暴れが出たり帯域が狭くなったりすることが多い。損失も増加する。XE-60-5 の場合、インピーダンスは 2.6kΩ、損失は-0.42dB となった。最初、12AU7 によるカソフォロ駆動を予定していたが、あまり出力が増加しなかったので、強力な 5687 を各出力管に 1 ユニットずつ割り当てることにした。これにより、60W の出力を得ることができた。

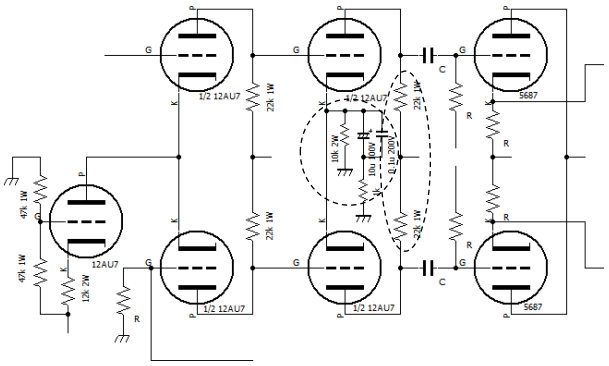
② 3 次歪の打ち消しの導入

PP 動作によって、２次歪などの偶数次の歪は打ち消されるのだが、２次歪を合成することで発生する 3 次歪はなくならない。３次歪には波形をとがらせる位相と波形をつぶす位相があって、３極出力管では波形をとがらせる位相、多極出力管では主に波形をつぶす位相の３次歪が発生する。

PP における 3 次歪の少ない設計例として、武末数馬氏の完全プッシュプルアンプと、黒川達夫氏の高域特性重視の PP アンプに着目した。武末アンプはドライブ段が差動でないため、シングルアンプのように出力段とドライブ段の間で２次歪の打ち消しが起こっており、それによる３次歪を低下させている。また、黒川アンプでは、高域特性改善のためにドライブ段の負荷抵抗を極端に低い値としており、そのために前段で波形をつぶす位相の３次歪を発生して、出力段の３次歪を打ち消している。

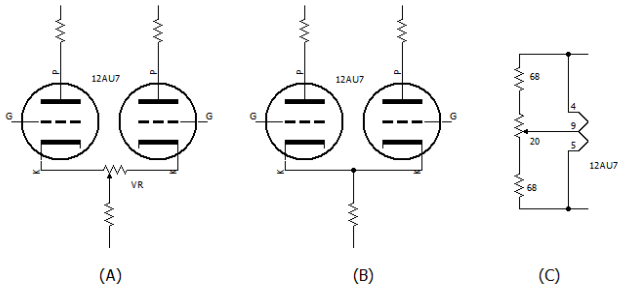
武末アンプと黒川アンプの中間的な方法を考案したのだが、これは実は簡単である。初段－位相反転段を２段差動増幅とし、２段目の交流的カソード抵抗を小さくするだけである。これによって、２段目

の差動増幅による２次歪みのバランス効果が少なくなり、武末アンプのように出力管に２次歪みの多く含まれた波形が入力されることになる。また、差動増幅２段目のプレート負荷抵抗も小さめに選んでおくと（ここでは 22kΩ）、黒川アンプのように３次歪みを多く含んだ波形が出力管に入力されることになる。前段の回路は右図のようになる。差動増幅２段目のカソード抵抗が 10kΩ だけであれば普通の差動増幅だが、これにバイパスコンデンサと抵抗 1kΩが並列に接続されているため、交流的には 900Ω くらいになる。これにより差動効果を殺し、普通のカソード接地増幅器に近い動作にして２次歪みを発生させるのだ。この歪み打ち消し制御は、並列の 1kΩ の値を変えるだけでよいので、調整の自由度が大きいのが特長である。



③　ヒーター制御バランス回路の採用

２段差動増幅を採用した本機の場合、AC バランスは特に調整の必要はないのだが、DC バランスは調整する必要がある。普通、差動増幅段の DC バランスは図(A)に示すようにカソードに可変抵抗を入れて調整する。しかし、この回路ではカソードに直列抵抗が入って性能が悪化してしまうし、何よりも信号が可変抵抗の接点を通ることになる。そこで、考案したのが図(B)の回路である。信号系にはどこにも調整機構は入らないが、図(C)に示すようにヒーター電圧を制御することで左右ユニットの特性を合わせる。これが、ヒーター制御バランス回路である。ヒーター電圧は±10%程度変化させることが可能である。この調整回路は、何しろ温度で制御するもので調整の効きがにぶいのが欠点である。また、ヒーターの中点が取り出されている球で、低雑音用としてカソード温度を低めに設定している球のみ、調整が可能なのだ。

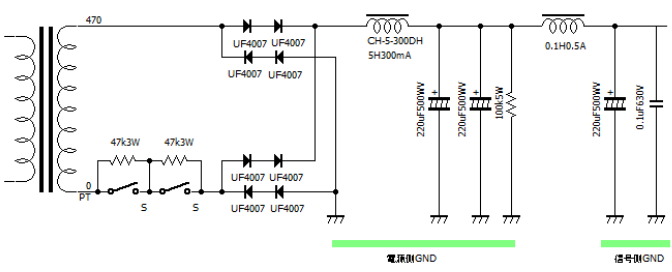


12AX7/12AU7/12AT7 などは最もこの方式に適した球と言えるであろう。１段目のみならず、２段目の差動増幅段にも採用してみたが、なかなかスムーズに動作する。

④　チョークインプット平滑回路など低雑音化

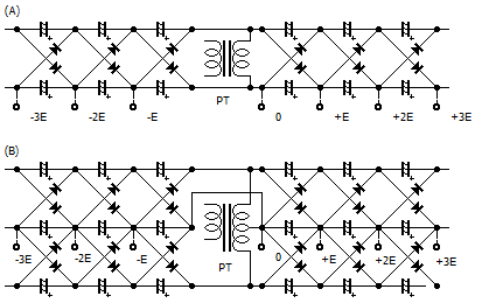
本気の電源部の最大の特徴は、全ての電源にコイルを入れていることだ。信号部への電源供給において、電源部の GND と信号部の GND を分離し、ホット側はコイルで分離している。これによって電源側から混入するノイズをシャットアウトするためである。

まず、出力段の電源供給について説明しよう。出力段への供給電源はチョークインプット平滑回路を用いている。チョークインプットはダイオードに常に電流が流れ続けるため、その内部抵抗は電源トランスの巻き線抵抗とチョークコイルの直流抵抗の和に等しい。これに対して、コンデンサーインプット平滑回路ではダ



イオードに断続的にしか電流が流れないため、内部抵抗も巻き線抵抗の和よりもずっと大きくなるし、パルス性の雑音を発生しやすいのだ。従って、チョークインプットの方が優れているわけである。ただ、ダイオード整流の場合、スイッチ投入直後には高電圧を発生してしまうので、真空管がウォームアップするまでの間、タイマーリレーを使って供給電圧が低くなるようにしている。

次に前段の電源部についてであるが、初段が±150V 程度、２段目は 330V 程度、カソードフォロワー段は±150V 程度が必要である。これをまとめて電源トランスの一つの巻き線から取り出したい。もちろん、内部抵抗もリップル電圧も低くしたいのである。複数の電圧を効率よく取り出すには、多倍圧整流回路を用いるとよい。両波整流で±n 倍圧の電圧を全て取り出せる回路を考えてみた。まず、図(A)は片波整流で±E、±2E、±3E、…の電圧を取り出す回路、図(B)はそれを両波整流に拡張したものである。片波(A)で±E を取り出す回路は普通両波倍電圧整流と呼ばれているが、+E と-E を別々に取り出せば片波整流なのである。両波(B)で±E を取り出す回路はブリッジ整流に他ならない。本機では(B)の両波倍電圧整流を用いている。

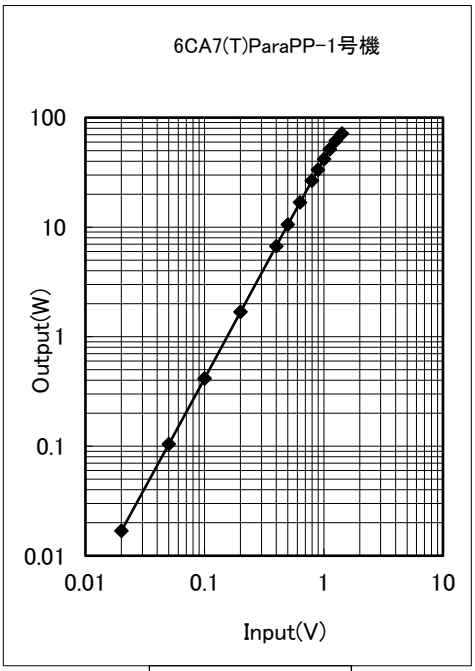


本機は低雑音を狙ったのであるが、アースポイントは３点アースとしている。パワーアンプに外部から接続されているコードの数は、入力コード、スピーカーコード、電源コードの３本である。現代のように高周波の誘導雑音に囲まれていると、コードはアンテナとして働き、不要雑音を拾ってしまう。従って、コネクターのそばで、速やかにアースをシャーシーに落としてやる必要がある。また、シャーシーはアルミ製とすることで、余計な電位差を生じないようにしている。

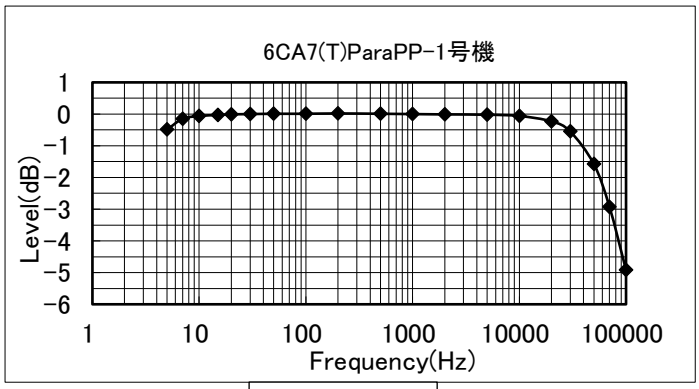
特性：

入出力特性を見ると、1.3V 程度の入力で最大出力となる。雑音は無補正で 0.1mV 程度と十分低い。歪率特性を見ると、40W 付近でカーブに段が付いて、ここから３次歪の位相が逆転していることが分かる。周波数特性を見ると低域特性は非常に良いが、高域は 70kHz 程度までと少し物足りない特性である。8.7dB の NFB によって、D.F.は全帯域で 4.6-4.7 である。

項目	１号機	２号機
最大出力(3%歪)	60W	60W
雑音(無補正)	0.082mV	0.121mV
周波数特性(-3dB)	1.2Hz～68kHz	1.2Hz～72kHz
D. F.	4.6	4.7
サイズ	370×255×190(H)mm 15kg	

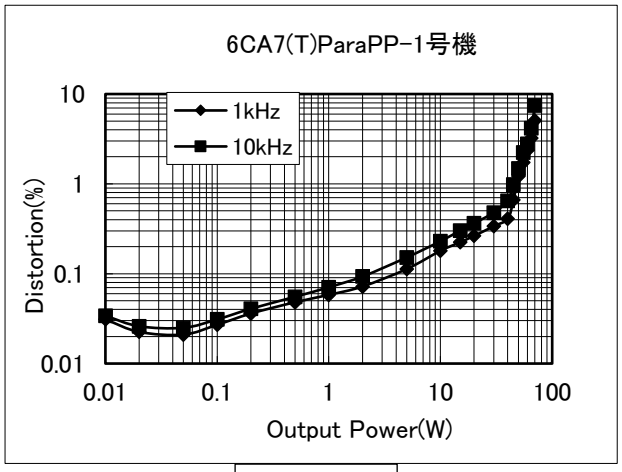


入出力特性

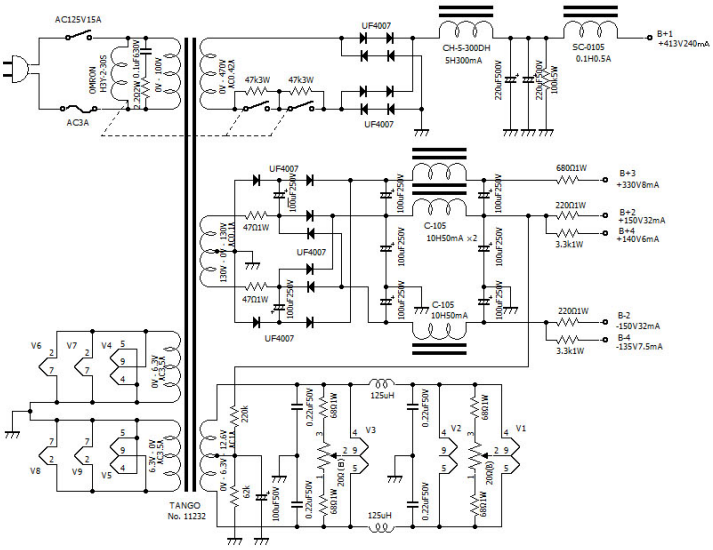


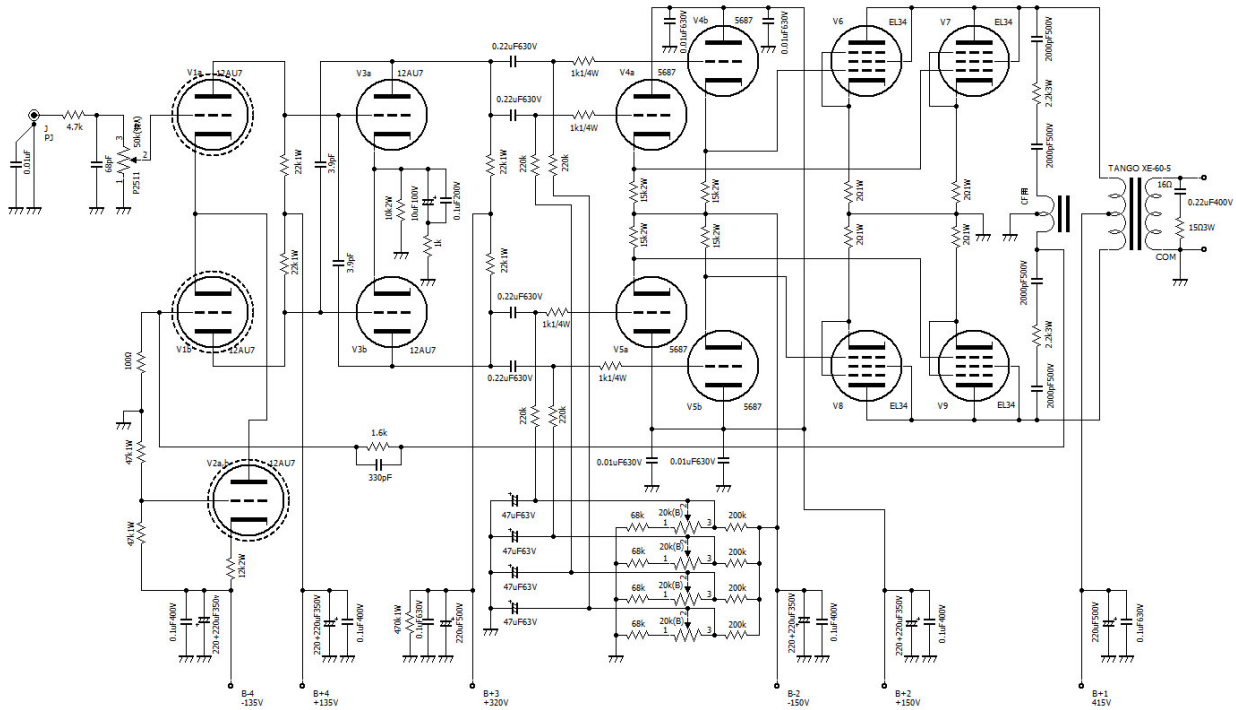
周波数特性

以下に全回路図を示す。



歪率特性





http://www.asahi-net.or.jp/~up2j-knst/tube/tb-amp2.htm　（右上 QR コード）