

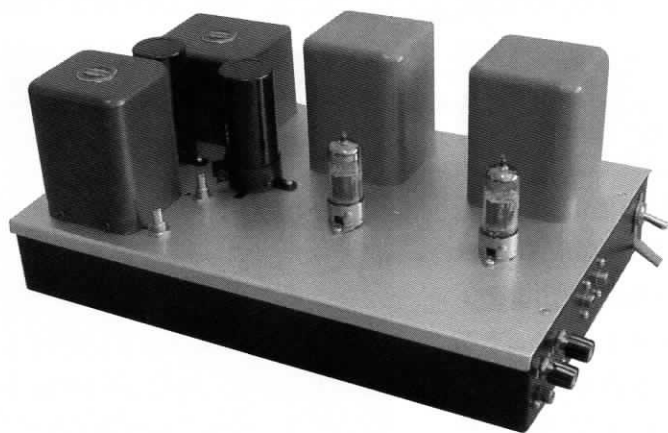


手に入れやすい真空管で作る

ラインコントロールアンプ の設計・製作

【設計編】

落合 萌 OCHIAI Moyuru



本誌7, 8月号のマルチユース真空管ラインコントロールアンプは6EM7を使用している。そのため電源回路を工夫したのだが複雑になったようだ。今回は6EM7の代わりにTV用に大量に作られ、電源電圧を高く設定できるメリットがある12BH7Aを起用。本機に似合うサン・オーディオ特注の電源トランスSPT-P1を見つけた。簡単な2段増幅回路だが、出力トランスはタムラ製作所のF-475を使用し、ローカルなカソード帰還を利用して実効値最大出力電圧は約8V_{rms}を得ている。

本機は、パワーアンプ用の部品を使い、パワーアンプの回路構成を採用した真空管ラインコントロールアンプである。

6EM7GT (以下、6EM7) を起用したコントロールアンプは、すでに本誌本年7, 8月号でご報告

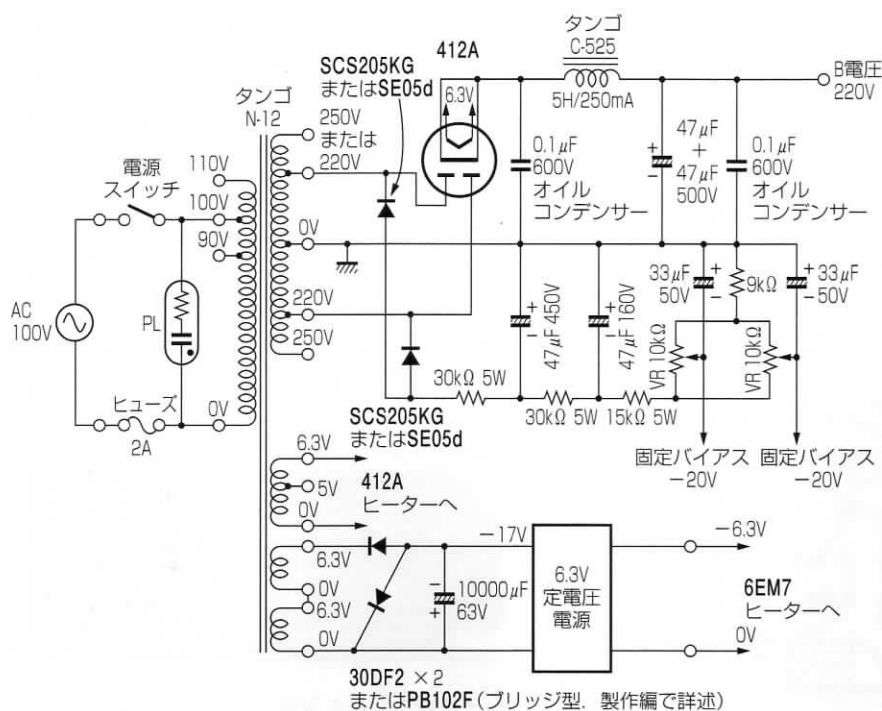
した。ところがこれ、なかなか作りにくかったようで、読者の方々からいくつかの質問をお寄せいただいた。とりわけ電源の実装に関しては、まず部品の購入で手を煩わせてしまったようだ。

設計時において部品の入手が楽

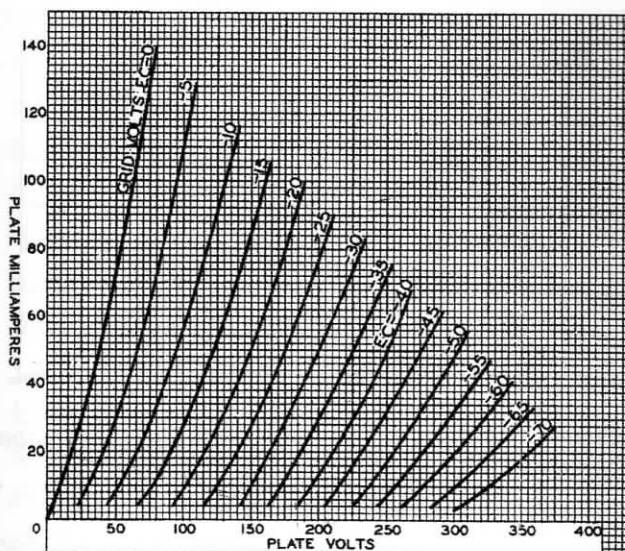
だと思われた、真空管TV全盛期のころ、手ごろな価格で品物も多く出回っていたはずのそれらが、もうほとんど見当たらなくなっていたことも作りにくさの理由であった。

そのようなこともあろうかとは思ったのだが、その想いは設計した回路には生かされなかったようだ。せっかく集めたパーツの規格が多少ずれていた場合の調整や設計のアレンジが、たとえかなりの回路設計の達人であっても、なかなかタフであることは、自分の場合を振り返ってみれば確かにその通りであろう。

図1は、本誌7月号のラインコントロールアンプの電源部分だ。電源部分は多少込み入っていて、B電源+固定バイアス用C電源+6EM7用安定化A電源から成っている。これでも十分に作りにくいのだが、A電源は半導体による。真空管アンプにしかなじみのない方々にとって、この半導体



【図1】 本年7月号のラインコントロールアンプの電源回路



【図2(a)】 6EM7 Unit No.2 の E_p - I_p 特性 (RCA receiving tube manual より)

による制御器の製作はかなりの壁になったであろう。

すべての作りにくさは 6EM7 にあった

じつは、図1は旧タンゴのパワートランス N-12 があっての回路で、これを 6EM7 に合わせたものだったのだ。6EM7 は、もともとオーディオ用を視野に入れて開発された真空管ではなかった。110° ブラウン管 TV の垂直用発振、増幅用に開発されたという経緯を持つ。

出自を同じくしたり、たまたま白黒 TV の垂直用に使えたり、それで開発されたものの、12BH7A や 6SN7GT のような使用目的がまだはっきりしない時代に開発された真空管は応用範囲がかなり広いのだが、6EM7 は違う。

それがよくわかるのは、双3極管であっても 12AU7、12AX7 や 12BH7A、6SN7 などのように同じ特性の3極管を封入したものではなく、Unit No.1 と Unit No.2 はまったく特性が異なることである。

このことは、真空管の目的が絞られていることによっている。こ

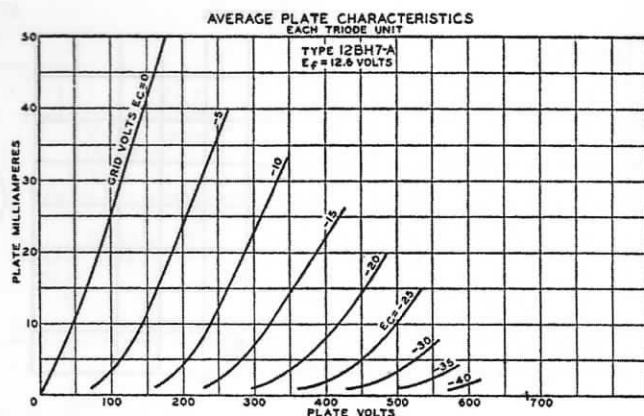
れは、オーディオ用に使って都合のよいこともある。しかし、その欠点があからさまに出るのを避けたのが本誌7、8月号の応用例である。

ご紹介した製作例、つまりトランス出力方式に限ってだが、もちろん、そんなことは承知のうえの試みでもあるのだが、特性の良さと音質の自然なことを狙うには、いささかこの真空管に関する制限がきつすぎた。しわ寄せが電源にきたのだ。それで、工夫をしたのが7、8月号のアンプだった。その結果、作りにくくなってしまったのかもしれない。

図2(a)は、出力段に用いた 6EM7 の Unit No.2 の出力特性図だ。図2(b)は 12BH7A のそれだ。同じく7月号で参考試作回路に使った図3(a)の特性を持つ 6CG7 もここでは使いにくい。6CG7 と同一特性ながら、6SN7GT (図3(b)) ならよい。

6EM7 は高い B 電源電圧での使用はできないのだ

本誌読者の方々は、この手の電力増幅段を設計したり、読み解くことができるだろう。これらの特



【図2(b)】 12BH7A の E_p - I_p 特性 (RCA receiving tube manual より)

性図を比較すれば容易に理解できるように、12BH7A や 6SN7GT は使いやすい上にアンプの特性も出しやすい。6EM7 や 6CG7 では E_p が低すぎたのである。

アンプに月並な特性を期待するだけなら、ここでの話は特段の意味を持たない。とくに考えずに当たり前に設計ができるし、当たり前の特性も出る。また、出力端にコンデンサーを用いるやり方のアンプであれば、なんら問題はないことも申し添えておこう。

12BH7A を起用しよう

問題の一つに、6EM7 の入手難もあったようだ。そう、TV 用に大量に作られたはずだが、12BH7A と異なり、はっきりしたコンセプトの下に作られたことが 6EM7 の用途を狭めた。TV の変遷とともに、補修用の役割を終えると急速にその数を減らし、今日に至っているのだろう。

本機は OPT を使うのだが、電圧増幅が主目的で、パワーアンプ並みの電力はいらぬ。しかし、図2(b)を眺めればすぐわかるように、6BX7GT ほどではないにしても、この 12BH7A は規格内で、小さいながらもしっかり電力増幅の役割も担えるのだ。



いる。ローカル NFB、ここではカソード NFB のことだが、このメリットは、動作点を無帰還で精査しているので、たいした効きはなさそうだが、きわめて安定にかけられているため聴感上の音質を保証するための、いわば保険のような役割を持たせたつもりだ。

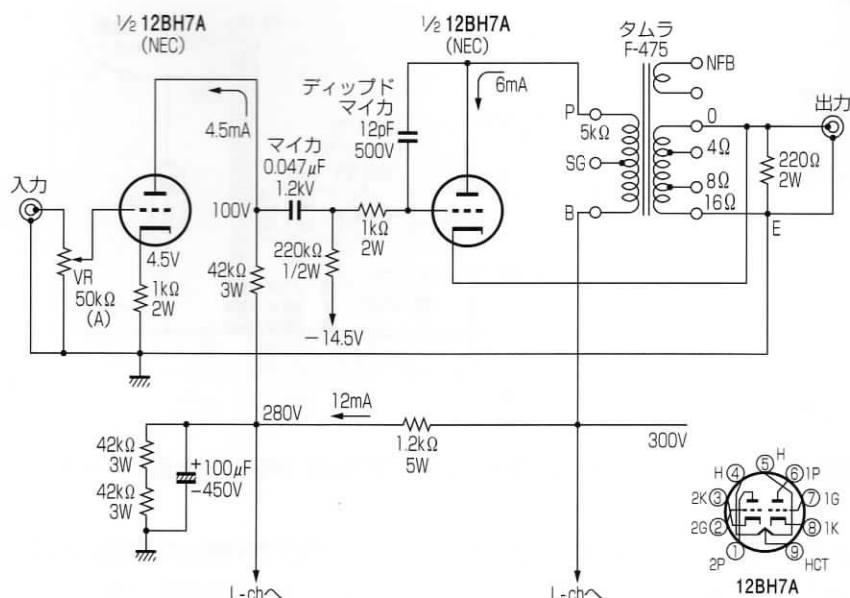
これがオーバーオール NFB となれば、とくにループ内にコイルを含む回路系では、見える範囲の位相変移のチェックはせねばなるまい。

定量的な特性を出しておこう。トランスが使われていることと、補機としてカソード帰還が使われていることから、トランスに関する基本的知識と等価回路を描ければきわめて容易に本回路の解析はできる。しかし初学者が、本気で特性を計算するとなると、公式を導き（実用的な筋道の立った内容の解説書はないことを申し添えておこう）、数値を代入すると言った退屈な算術をせねばならず、許された誌面ではどうてい理解していただけないであろう。結果だけをすくっておこう。

図 4 では、OPT 1 次側までで約 34.6dB のゲインが得られるが、もちろんゲインだけではだめで、ここでは電圧振幅も確保せねばならない。実効値最大出力電圧は約 8V_{rms}。入力感度は 2.6V_{rms} と試算できる。

この部分は OPT との関係は深い。OPT の F-475 については、次回に詳述する。NFB 端子は使わない。

出力端に出力トランスを使うかコンデンサーにするかは、迷うところだ。どちらも音質に与える要素を持つ。出力段がカソードフォロワーかカソード接地かでも、さらに NFB の種類によっても議論



【図4】本機増幅部の回路（デカップリングを含む）

は大きく分かれる。

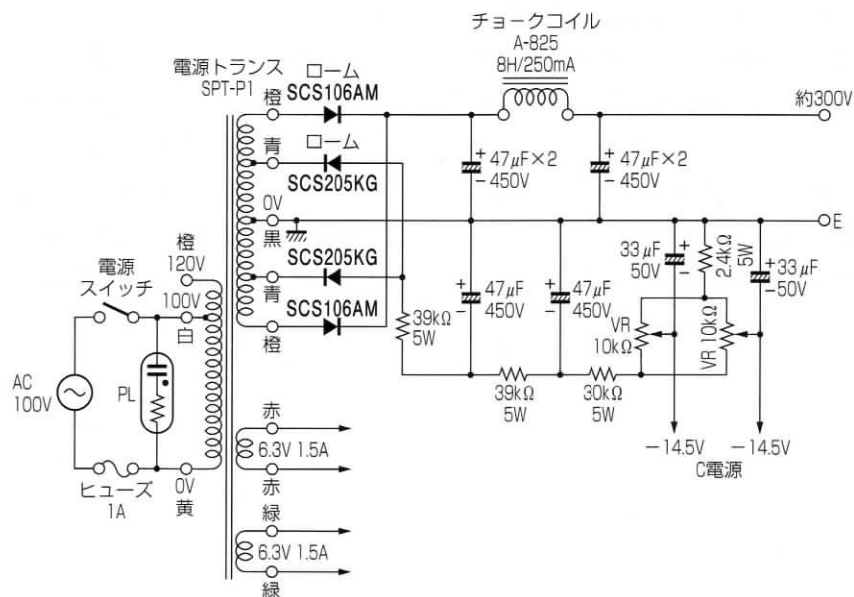
本機では、大容量コンデンサーによる出力信号の音質のスポイルを避けて OPT を採用したのだ。それに伴い、検討しておかねばならぬ事柄がある。低域カットオフ周波数のチェックである。出力トランス 2 次側でのインピーダンスマッチングの確認だ。-3dB が 20Hz 以下であれば問うところではない。本機は、~15Hz で問題

はない。

12BH7A のヒーターは直流点火をしなかったが、もし気になる場合には直流化も容易にできる。ヒーター電圧は 6.3V 端子を使い、電流は 0.6A。両チャンネルの真空管は、それぞれ別々の電源端子から供給した。

電源回路の設計

図 5 が本機の電源部で、トラ



- (a) 橙色端子は、図4のレーティングでDC 270V、30mAで、ここでは電流量も考えて約300Vとしている。
- (b) 青色端子は、図4のレーティングでDC 230V、30mAで、ここでは電流量も考えて約250Vを見込んだ。
- (c) VR 10kΩはBタイプ、2Wのものでコスモス製。

【図5】本機電源部の回路



用ができなくなった場合はどうなのだろう。

ヒーターのエミッションが不足していくことにより、バイアス電圧を固定したとしてもプレート電流は減少の一途をたどり、動作点も変わり、使い物になるまい。こんなとき、バイアス電圧を低くしてプレート電流を復活させようとしてもダメだ。

われわれが使っていたハードウェアが正常な状態からずれて寿命を迎えるのは、ほとんどこのケースで、エミッションの減少が引き金になるといわれている。こんな場合では、自己バイアスも固定バイアスも何の防護策になるまい。

アンプが仕上がって調整段階に入ったときが最も危険で、パーツの規格や数値をはじめとした配線の間違い、なかでも、電解コンデンサーやダイオードに代表される極性のある部材で起こる、極性を反転した配線ミス。これらはすべて人為的ミスだ。

甚だしいのは、電圧の値はともかく、±の取り違えで、これもどのような方式のアンプにとっても致命的である。

では、固定バイアスが避けられるのはなぜか。

電力管の動作点の選択調整時のトラブルの恐れである。

かなり精密な作業を強いられる間だ。筆者は確か、固定バイアスの真空管アンプしか手がけた記憶はない。だから、その昔、真空管が加熱して、そのベースとガラスの間から煙を出したこともあったし、プレートの桜色も観ている。

すべては不注意に起因している。調整時に両チャンネル同時に電圧をかけてしまい、片チャンネルに意識を集中している間に他方のチャンネルの注意がおろそかになり、

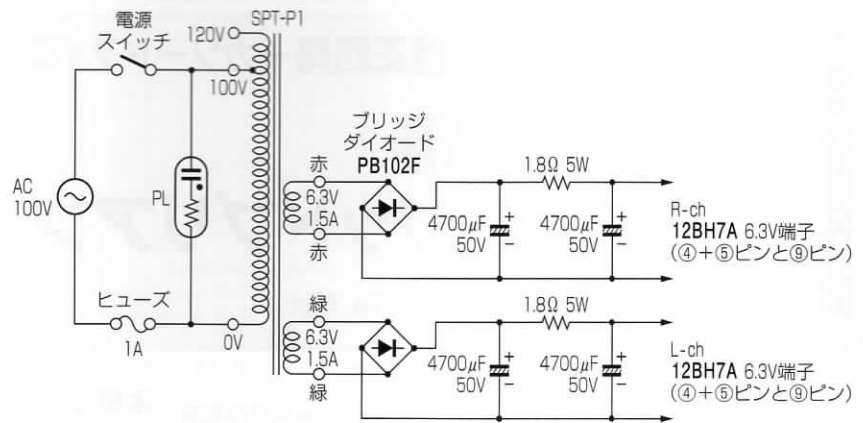


図8 ヒーター直流点火回路

不都合が起きている、たまたまそれがバイアスが浅くて、電流が流れすぎて、最大損失を超えてしまった場合がほとんどだった。

こんなときには、自己バイアス方式では全損とまで行かずに済む。これは大きいメリットである。

それ以外に固定バイアスを避ける理由は何なのだろう。

それが真空管のグリッドリークの問題なのだ。当該真空管に限って製造の不具合や不適切な取り扱いのそれで、たまたま起きた人為的トラブルだったのなら、同種の真空管の交換で済む。

それが使用した真空管に共通の特性なら、真空管の種類を換え、これはもう設計からの変更となるが、上にも述べたように、このような事故は試作・調整を慎重に注意深くしていればすぐに知れるし、避けられるはずだ。

電氣的、物理的特性は圧倒的に固定バイア스에優位性がある。動作点が動かないという特徴は、たいした意味を持つ一つの例だ。設計での推定通りの、極限までの特性が出る。それにともない、音質の自然感も音の描写力も圧倒的なスケールとともに満足させてくれる。これも固定バイアスのアンプの際立った長所といえるだろう。

固定バイアスでは、それが設

計理論に忠実なだけに、正常に働く広い領域と物理的に働くはずのない、それとはデジタル的に一線を画す律儀さがある。自己バイアス回路では、出力が増すとともに徐々に動作は外れ始める。われわれは、そのような変化には違和感を感じにくい。そのため、あたかも設計通りの動作をしているものと思ひ込む。

音の定量化にデシベルという計り方が設けられている。これは、人の感性が緩やかな変化に対してなじみやすく、音の変化の大きさに対してもその音量が、たとえばリニアで倍になっても、耳では倍と感ぜない。人の感性と電氣的量の間の折り合いを付けるため導入された表現がデシベルなのだ。特性に問題があっても、耳はそれをつかみにくく、いかにも正常な領域でリニアに音が出ているかのごとく勘違いするのであろう。

自己バイアスにしても、固定バイアスであっても、トラブルは人為的な原因によるもので、特性や音質の相違以外に差がありそうにないだろう。

さて、ヒーターの直流点火用の回路を図8に書き出しておこう。

次号では、製作について解説しよう。