

トランス付コンデンサ・ヘッドフォン用ドライブ・アンプの製作

製作★別府俊幸

●本文製作記事参照

●ヘッドフォンはフォンテックリサーチ製を使用。

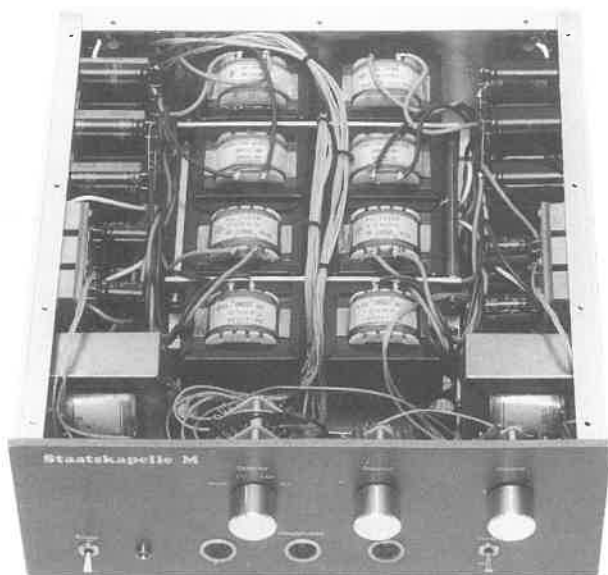


●各段ごとに独立電源方式を採用している。PTはTANGOの特注品。

昇圧トランスつきコンデンサ・ヘッドフォン用 ドライブ・アンプの設計と製作

左右各段独立電源
トランス方式

別府俊幸



●中央の8つはチ
ョーク、電源ト
ランスはこの下
に入っている

り込み、ある波長では強められ、ある波長では弱められます。また、耳介の突起など耳の形に起因する反射もあります。このため、音圧がある波長では増加し、ある波長では低下します。これらの信号の変化を脳が捕らえて、音源の位置を「前方」と推定します。右の耳に左の耳よりも0.1 msec早く音が聴こえたという情報も、左右の弁別に役立てられてはいますが、音源が前方にあるのか頭の中にあるのかの推定にはほとんど用いられていません。その証拠に第1図の2つのスピーカ配置はどちらでも（スピーカ間の距離が同じであれば）、左右のスピーカから左右の耳への信号到達時間差は変わりません。

不思議なことに、録音された信号をそのままに鼓膜に伝えたのでは前方定位は生じません。再生時に“前方にある”スピーカから空気の振動を発生させ、頭のまわりの空間で空気圧力変化を生じさせることによって、音源があたかも前方にあるような錯覚を生じさせているのです。ちなみに、録音された信号をそのままに鼓膜に伝えるシステムとは、ヘッドフォンです。

余談ですが、三角形の頂点にスピーカを配置するのが正しいとか、スピーカの間隔を広げるとよいとか、その逆で狭くするとよい、などの話があります。特定の配置を奨められる方々は、

ヘッドフォンではなぜ頭内定位するの

「スピーカは前方に音源が定位するけれども、ヘッドフォンは頭の中に音源がある」とは、ヘッドフォンよりもスピーカが優れていると主張する人たちが最初に口にする見解です。で、事実そのとおりです。

しかし、そう感じるメカニズムについては、ほとんどの人が誤解されているようです。

スピーカ聴取時に音場が前方（スピーカのある方向）に展開される理由は、まぎれもなく、前方にスピーカがあるからです。録音マイクの前に音源が位

置していたからではありません。室内（屋外であっても同じです）設置されたスピーカから放射された音が空間を伝播し、両方の耳に到達することによって、あたかも前方に音源が位置するような錯覚を生み出します。その証拠に、スピーカが真横に位置していれば、音源が前方にあるようには感じません（第1図）。録音された信号がスピーカから放射されて、初めて前方定位なる感覚が生じます。

（前方にある）スピーカから放射された空気の振動は、鼓膜に達する以前に頭および耳の周囲で特有の変化を生じます。耳が頭の真横に位置しているために、前方から到達する音は頭を回

例外なくその配置が他の配置に優るとの信念を持っておられるようですが、どの配置にしたところで、スピーカと頭の相対的な配置が変化するだけです。どの配置を採用しようとも、録音現場の正しい方向感覚を得ることはできませんし、どの配置が絶対的であるともいえません。所詮、自分の好きな配置であるだけです。しかし、誤解されてはいけません。自分の好みに合う配置こそいちばん好ましいのです。

繰り返しますが、音場の再生において、スピーカはヘッドフォンに対して何の優位性も持っていません。そのような錯覚を生じさせているだけです。

余談ついでにもう一つ余談ですが、録音信号から余韻というか反射成分とかを作り出し、後方、あるいは側方に置いたサブスピーカから放出させる方式があります。これらの方式を奨められる方々は、次元の違う世界が生じるかのようにいわれますが、2チャンネル・ステレオだから2つのスピーカから再生する方式が正しいとの信念だけで否定されている方々を別としても、残響作成器付きの音を毛嫌いされる方々もいます。

しかし、毛嫌いされる方々であつても、無響室で聴いているわけではないのですから、かならず反響音が付帯した状態で聴いていることになります。どちらにしても本質的な差はなく、木や石の壁で音響的に残響を作り出すか、電気回路やデジタル IC の中で残響を作り出すかの違いでしかありません。どちらにしたところでノイズです。信号に含まれていなかった成分なのですから、ノイズです。電気的に作り出したノイズは悪くて、音響的に作り出したノイズはよいなどというのも、かなり無理がある感じです。

ちなみに、残響を付帯させることなく、録音された信号をそのままに鼓膜に伝えるシステムとは、ヘッドフォンです。

ところで、録音された信号をそのままに鼓膜に伝える真の意味での Hi-Fi 再生であるはずのヘッドフォンで

すが、頭内定位してしまいます。実におもしろい現象です。

それでは、“録音現場で得られる鼓膜振動と同じ振動”を再生時に得ることは不可能なのでしょう。

結論からいってしまえば“普通”の録音では不可能です。可能な方法は唯一つ。ダミー・ヘッドで録音してヘッドフォンで再生する方法です。ダミー・ヘッドは、われわれの頭の周囲で発生する空気圧力の変化をマイクのまわりでも発生させる仕掛けだからです。

しかし、そんな CD は皆無です。

ヘッドフォンでの再生

さて、ここまでは一般的に通用する議論でしたが、ここからは独断と偏見の世界に没入します。

ヘッドフォンでは音源が後頭部に定位するといわれ、確かにほとんどの場合、私でもそう感じるのですが、これはヘッドフォンという方式そのものに原因があるとは考えていません。

スピーカも、ユニウェーブ構成として帯域分割によるひずみを減らし、デッド・マスによる不要振動対策を施すことにより振動板にまわりついていた音が広がり、音場再生能力が高められます。スピーカで再生する以上、かならずスピーカから発生する不要音が音楽信号につきまとい、脳細胞が、不要音の発生する位置に何かがあるように感じ取ってしまうと考えられます。ですから、これらの不要音を取り去せば取り去るほど、スピーカの位置に何らかの音源があるとは感じられな

くなる、と理解しています。

ヘッドフォンも同様で、耳のごく近くで不要音を出す物体があるために、しかも、左右の耳のすぐ近くにあるため、脳細胞がどこか外側に音源を特定できず、頭の中に音源を作ってしまうと考えています。でなければ、振動系をよくし、アンプの分解能を向上させるにつれて、定位が広がり、かつ明確となり、後頭部から前頭部へと音源が移動するように感じられる現象は説明できません。

残念ながら頭の周囲での回折効果がないために、スピーカほどには前方に感じられません。しかし、一方では、スピーカ配置に起因する「ひずみ」がないだけに、音源の位置はスピーカよりも明確に感じることができます。

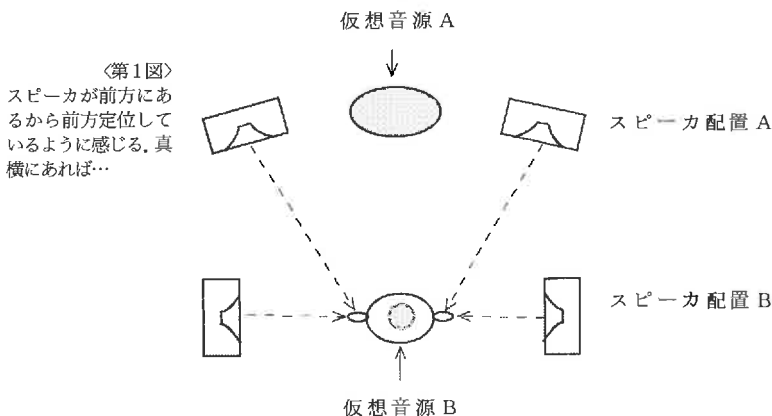
もともとスピーカに比して駆動する空気容積が小さくすみ、振動板の動きがより正確にコントロールされるため、明解な音がするのがヘッドフォンの特徴です。

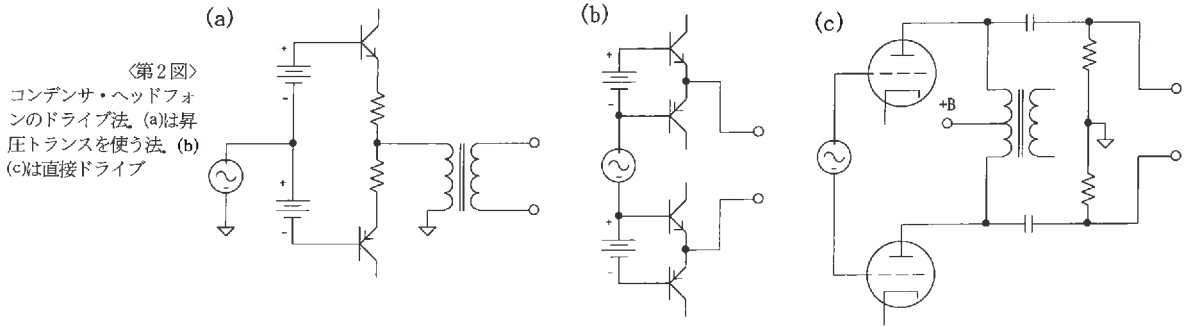
それだけに、アンプのクオリティもはっきりと聴こえてしまう弱点を持っているのです。

ヘッドフォンのドライブ

コンデンサ・ヘッドフォンは、アンプの負荷として見ればわずか数 10 pF のキャパシタンスにすぎません。ドライブにパワーは必要ありません。しかし数 100 V の信号電圧を要します。

一般的なドライブ方法は、パワー・アンプに昇圧トランスを用いるものでしょう(第2図a)。





の昇圧トランスを使用していました。ちなみに、これには球の OPT の 1 次 2 次を逆にすれば使えます。が、OPT の素性が実によく聴こえてしまいます。

高圧を発生できるアンプがあれば、トランスを省略できます。BTL 接続のダイレクト・ドライバを製作したこともあります(第2図(b))。しかしこの方法、トランスの音がしないことはありがたいのですが、高耐圧トランジスタによいものがなく、音質面では(a)での昇圧トランスに及びません。試みた限りすべての高耐圧トランジスタは、キシキシとした瘦せた音であり、特徴

的な音がつく点ではトランスの比ではありません。

石がだめなら、球がある。しかも高電圧小電流は球の得意とするところで、球を使うとなると、たとえばプレート電圧をキャパシタ・カップリングで取り出す方法があります(第2図(c))。が、これまたスピーカを介さないだけにストレートに球の音が聴こえてしまいます。好きな人にはあばたもえくぼでしょうが、嫌いな私にはえくぼもあばたの、あの、何にでもピーンまわりつく音です。音の輪廓をなくし、音場の広がりも音源も不明確にしてしまい、平面的でペシャっとした音、と

もいわれます。私はあの音が苦手です。

さて、高耐圧トランジスタにしても球にしても、増幅素子に依存する音を消すことができればよいのですが、残念ながらその手だてがわかりません。

ですが、ダイレクト・ドライバとトランスを比較しますと、音の伸びやかさに関してはトランスが劣勢であることもわかります。特有の、ダイナミック・レンジを圧縮された傾向がトランスにはあります。

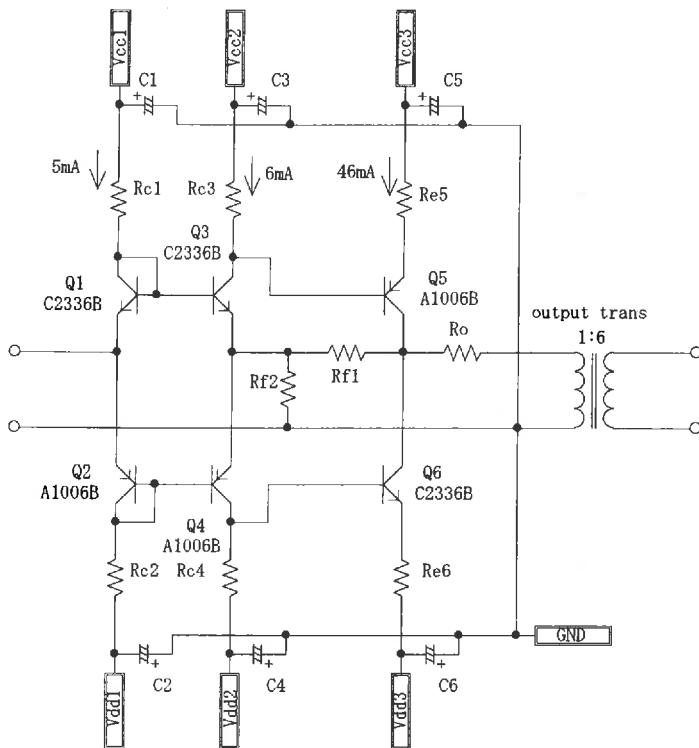
その、トランス特有の音は、巻線比が大きくなればなるほど顕著になります。10k:8Ωのトランスよりは、5k:8Ωの方が、音の伸びに関しては優れます。トランスレスにすると、これがスカッと伸びます。

とすると、アンプの出力電圧を上げ、トランスの巻数比を下げる工夫は効果があるかもしれません。

回路の構成

常用のヘッドフォンは、フォンテックリサーチ社 K 型です。ユニークなトリプル・ドライブ方式とアコースティックなフィードバックを採用したヘッドフォンで、従来のコンデンサ型のイメージを変えてしまったほど、厚みのある低域を聴かせてくれます。弱点は低効率。同社の M 型や他社のヘッドフォンに比べ 6 dB は効率が落ちます。ドライバの出力は 450 V_{rms} は必要です。

出力段のトランジスタは A 1006 B/C 2336 B に決めてかかります。クラス最高の音質ですし、ありがたいことに 250 V もの V_{CEO} を持ちます。プッシュプルにすると、±110 V の出力



第3図 本機の基本回路と動作電流。1:6の昇圧トランスを使う

が望めそうです。実効値で $78 V_{rms}$ ですから、1:6の巻数比があれば実用になりそうです。

第3図に本機の構成を示します。トランスインピーダンス・アンプです。

Q_1 と Q_2 のエミッタから入力された信号は、ダイオード接続された Q_1 と Q_2 を通過して Q_3 と Q_4 のベースに現われます。 Q_1 と Q_2 の役割は、 Q_3 と Q_4 のバイアス電源です。 Q_3 と Q_4 、 Q_5 と Q_6 は、それぞれエミッタ接地増幅器です。実質的に2段のエミッタ接地プッシュプルです。 Q_1 と Q_2 はダイオード接続されていますから、ゲインはありません。 Q_3 と Q_4 の2段目のゲインは大ざっぱに R_{c3} /エミッタ抵抗(ここでは R_{e1})です。また、出力段のゲインは、負荷抵抗/エミッタ抵抗と近似できます。フィードバックは Q_3 と Q_4 のエミッタへ戻します。

電源電圧は、100V:100Vの電源トランス(120Vの巻線がある)を用い

れば、120Vが得られそうです。チョーク・コイルでのドロップを見越して115Vと仮定します。これで105 V_{p-p} の出力電圧が得られるはずですが。

負荷インピーダンスを1.2k Ω として105 V_{p-p} の出力電圧をA級動作で取出すとしますと、 Q_5 、 Q_6 には53mAのアイドリング電流が必要です。 Q_3 、 Q_4 には経験則より1/10以上流してやることにします。 Q_1 、 Q_2 は Q_3 、 Q_4 にバイアス電圧を与える働きがありますが、それぞれ同じ V_{BE} が加わることもなります。 V_{CE} が同じであれば I_C も同じになりますが、片や0.8V、片や110Vです。 I_C も20%以上異なるでしょう。ですから、 Q_1 、 Q_2 には5mA供給することにします。

$$R_{c1} = 115 V / 5 mA = 22 k\Omega$$

次に、 R_{c3} での電圧降下を1.5Vとしますと、

$$R_{c3} = 1.5 V / 6 mA = 240 \Omega$$

Q_5 と Q_6 に53mA流すためには、

$R_{e5} = (1.5 - 0.7) V / 53 mA = 15 \Omega$ と計算されましたが、テスト回路を組んだ計測値から修正し、また、各段独立電源による電圧差に対応するために変更し、さらに、終段の電流を下げましたので、最終的な値は第4図のようになりました。

アンプはインバータ接続としたかったのですが、どう計算してもゲインが足りませんので、ノン・インバータ接続としました。

第4図の回路の問題点は、負荷インピーダンスによってゲインが変わることです。出力にエミッタ・フォロワを加えて使えば問題は $1/h_{fe}$ に圧縮されますが、音も $1/h_{fe}$ に圧縮されてしまうとの思い込みで手足を縛られています。増幅段を減らせるメリットも減らしたくありません。

むずかしい出力トランスの設計

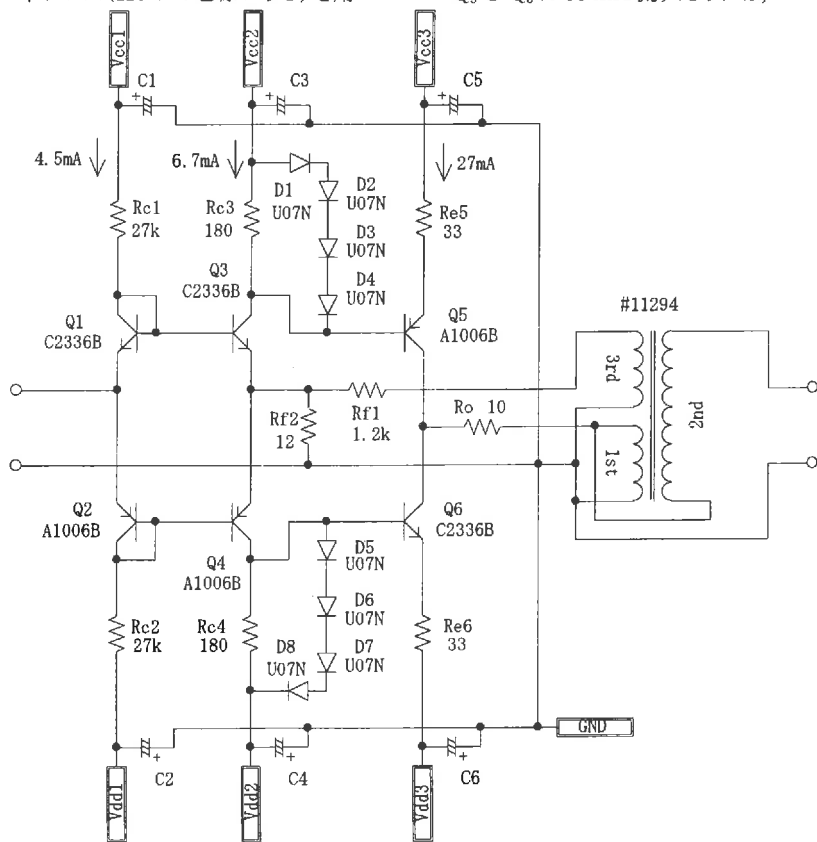
ところが、トランスには困難な要求を突きつけることになってしまいました。トランスをわかっていない私が出した要求は、

1. 巻数比は1:6
2. 最大出力は450 V_{rms} (20Hz)
3. 1次(ドライブ)は200 Ω 程度
4. 2次(負荷)はオープン
5. 1次インピーダンス1k Ω 以上を確保
6. インピーダンス特性はできるだけ平坦(できれば20kHzまで)
7. コアの大きさは \bigcirc 以下(最終的なサイズより小さいものを指定していた)

でした。

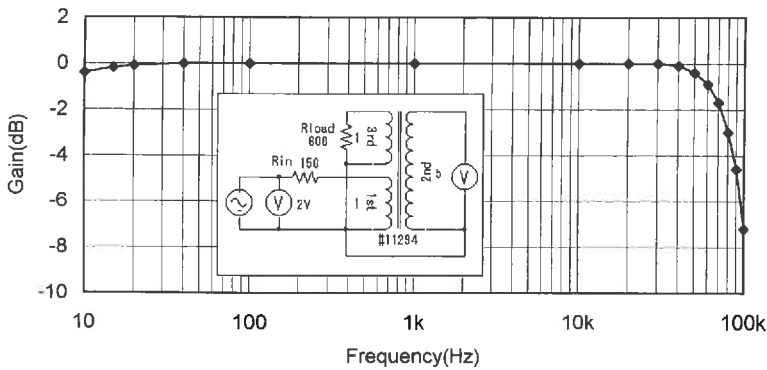
運動性能をよく、最高速度を上げて、離発着距離を短く、機体を大きくしないで航続距離を伸ばし、強力な兵装を、それも非力なエンジンしかないのに要求したこの国の60年前の戦闘機の仕様と同じく、見る人が見れば、互いに相反する条件が並んでいるのだそうです。

トランスの低域インピーダンスは巻線インダクタンスに支配されます。ところが、巻数を大きくすればするほど

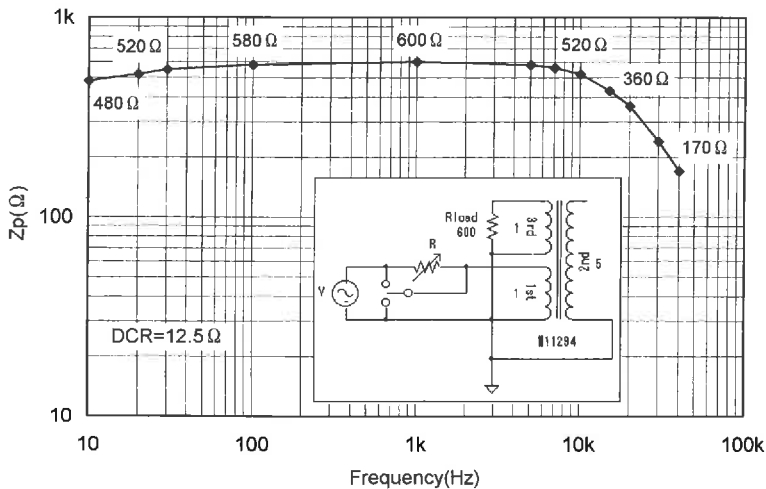


C1-C6: SME160V100 μ F

〈第4図〉本機のアンプ部回路図



〈第5図a〉 タンゴ No.11294 昇圧トランスの周波数特性



〈第5図b〉 タンゴ No.11294 のインピーダンス特性

線間のストレー・キャパシティが増え高域インピーダンスを制限されてしまいます。つまりは、低い方を伸ばそうとすれば高い方が犠牲となり、反対に高い方を優先すれば低い方が伸びなくなります。

インピーダンスが低ければ巻数も少なくてよいのですが、巻数比から2次側では36 k Ω となり、どちらかといえば高インピーダンスです。また、巻線が低インピーダンス(4 Ω とか8 Ω)でシャントされていればインピーダンスの山は潰れ、平坦な特性となりますが、2次オープンではそれも望めません。20 kHzで1 k Ω は、低域を犠牲にしあとしても不可能な数字だそうです。

一方、最大出力ですが、負荷に電力を供給しないのだからコアは小さくてよいだろうなどと軽く考えていましたが、巻数と電流とコア(材質と断面積)によって磁束強度が決まりますが、その磁束で飽和しないだけのコア・ボリ

ュームが必要です。要求した値とコアの大きさでは、これまた不可能なのだそうです。で、最大出力を大きくするためにコアを大きくする手はあるのですが、その時、(ターン数は同じでも)巻線が長くなりますから、高域特性にはかならずしも有利ではないようです。

平田電機の鈴木技術部長に教わった骨子は以上のとおりですが、それでも“何とかしてよ”とお願いし、仕様もいろいろ妥協し、途中、巻数比を変えたり3次巻線が加わったり(これも、3次巻線を設けて低インピーダンスでシャントすれば、Z特の高域が伸ばせるだろうとの考えでお願いしたのですが、3次巻線の分、余分に巻線が増えることになり、思惑どおりにはことは運びませんでした)、と3度も試作を繰り返していただき、出来上がったトランスがNo.11294(第5図)です。

設計上は3次巻線の負荷インピーダ

ンスを600 Ω としましたが、使用時には1.2 k Ω にしました。その状態でのインピーダンス特性を第6図に掲げます(ここでは特性図に示した測定回走を用いましたので、1次巻数がドライブ側のインピーダンスでシャントされる形となり、厳密なインピーダンス特性ではありません)。

出力トランスの接続法

さて、トランス接続ですが、考えて見れば2次側をフローティングする必要はありませんので、第7図に示す6とおりを考えつきます。

聴感的には(a)の1:5で使用するのがベストでした。2次巻線を直列に接続した(b)1:6、(c)1:7を試みますと、昇圧比を上げるにしたがってキシキシしたきつい音が顔を出します。それでも1:5と1:6の差に比べ、1:6と1:7の差は大きく、このインピーダンスでの限界のようなものを感じます。巻数比を大きくすることの功罪を改めて聴かされた思いがします。

第8図に巻数比によるF特の変化を示しますが、1:5と1:7を比べたところで20 kHzで1 dBの違いでしかありません。とてもあれだけの音の差を生み出している要因とは考えられません。

次にNF巻線を使用しますと、これが漸然よい。音のアバレが抑えられ、その上に透明感がグッと増します。1:6のNFあり(e)は1:5のNFなし(a)をはるかに凌駕します。なお、1:5のNFあり(d)がベストです。しかしNFを使えば1:6でも使えることにします。

ここで2次巻線(5倍)を1次側に接続するか(e)、3次側に接続するか(f)でも結構な差があります。1次側に接続した方がDレンジが広がりますが、この両者、F特に変化は観測されません。

保護回路

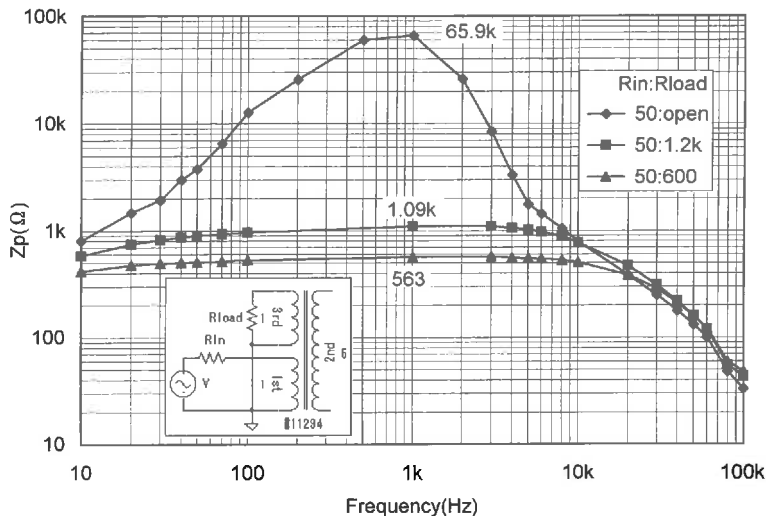
試作回路で動作しました。音も出ます。いい音です。

が、困ったことにトランジスタ (Q_5 または Q_6) がつきつきと昇天します。普通に聴いていると動いているのですが、過大入力があったりとか、入力の接続ケーブルを外したりすると(テスト中はクリップで留めていたのですが、何かの拍子にクリップがはずれる)、音もなくパッケージにクラックが生じ、中から黒い充填物がしみ出てきます。直感的に終段のアイドルングを 30 mA に下げましたが、やはり破損します。

結論から申し上げますと、トランジスタの限界を考えずに設計したのが敗因でした。

負荷インピーダンスは 1 k Ω と決めてかかって設計しましたが、周波数が高くなると低下します。計算しますと、トランジスタの安全動作領域 (ASO) ぎりぎりです(第 9 図)。また、同図に示されるように、アイドルング電流を下げたところで ASO ぎりぎりに変わりありません。負荷インピーダンスの低下に対応するためには電流制限回路が必要なようです。

うまい手はないものかといろいろと考えましたが、先んずれば人を制す、ではなかった、電圧を制すれば電流を制すで、 Q_5 および Q_6 のコレクタ電流



〈第 6 図〉 R_{in} 50 Ω のときの 3 次巻線負荷のちがいとインピーダンス特性

は、 V_{BE} によって決まります。これを一定値以下に制限すればよいのです。ダイオードでリミットしてみます。第 4 図の D_1 から D_8 です。

さて、ここにはツェナー・ダイオードを使う方法も考えられます。しかし、ばらつきを考慮しますと、希望する電圧に合わせるための選別が必要となりそうです。ダイオードを順方向で用いれば、ばらつきも少なくてもよいのではと考え、手持ちの何品種かを測定してみますと、U 07 N を 4 本シリーズで使えばよさそうです(第 10 図)。しか

も、ばらつきも大きくなく、無選別で使用できそうです。第 11 図にシミュレーション結果を示しますが、低インピーダンス負荷時にも Q_5 と Q_6 のコレクタ電流は約 150 mA に制限されることがわかります。加えて、ありがたいことにソフト・リミッタです。

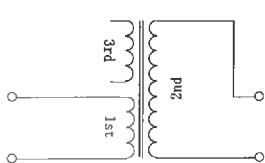
保護回路を加えてから、トランジスタの破損はありません。このアンプも製作してから 3 年以上使用していますが、ノン・トラブルです。

電源回路

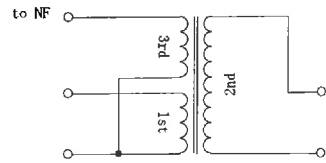
迷うことなく左右各段独立電源トランスです(第 12 図)。その効果を聴かれた方に説明は不要でしょう。もちろん電圧安定化回路は使用しません。チョーク入力の LC フィルタです。

電源トランスは当初 100 V : 100 V

(a) 1:5

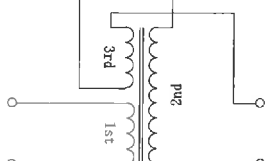


(d) 1:5 (NF)

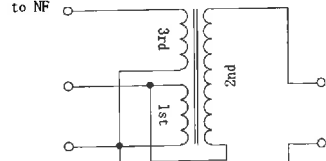


◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種

(b) 1:6



(e) 1:6 (NF)



◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種

◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種

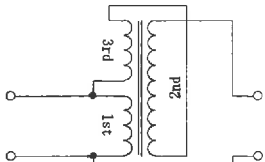
◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種

◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種

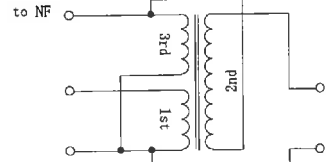
◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種

◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種

(c) 1:7

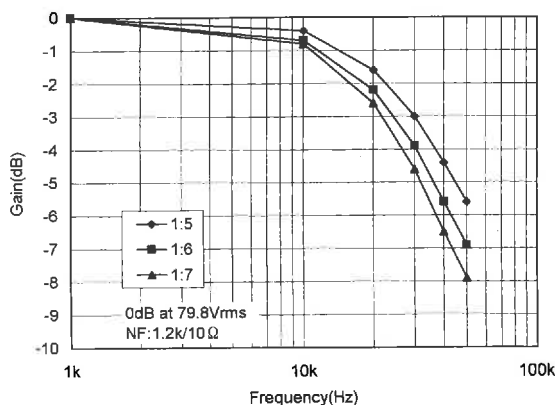


(f) 1:6 (NF)

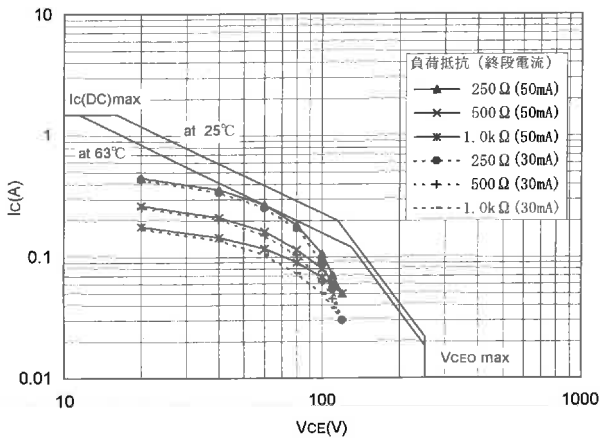


◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種

◀〈第 7 図〉
出力トランス
の接続法 6 種



〈第 8 図〉巻数比による f 特の変化



〈第9図〉 A 1006/C 2336の安全動作領域と負荷抵抗を変えたときの V_{ce} I_c 特性。250 Ω 負荷時はASOぎりぎり

を使用してテストしていましたが、電源電圧をトランジスタの耐圧いっぱい引き上げるため、10 VA、100 V : 130 Vを野口トランスに特注しました。チョークも130 Vをチョーク・インプットで使える品物がなく、平田電機に特注しました。

ここで V_{ce1} 、 V_{d1} は試聴の結果、チョークあるなしの差をほとんど感じませんでしたので、コストの低い方を選びました。27 k Ω と高抵抗が入るためでしょうか。

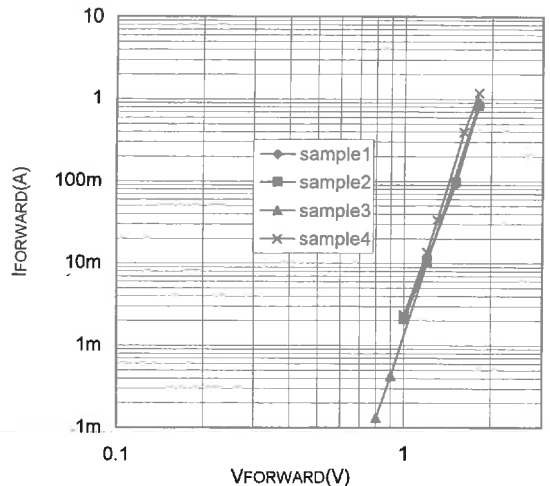
最終的には電源トランスの容量から、出力段のアイドル電流を26 mAまで下げることが余儀なくされました。バラック時は共通電源で試していましたので、アイドル電流50 mAでも聴いていますが、音が違ったように

は感じませんでした。

A級動作でなければスイッチングひずみが出る、と頭から信じていましたが、AB級でも直線性の悪化はないようです。NFもかかっていますし、耳に聴こえないのだからと、気楽に考えています。

入力セレクトとアッテネータ

入力にはセレクト・スイッチとアッテネータを設けました。入力部の回路を第13図に示します。セレクト・スイッチは4回路として、GND側も同時に切り換えます(再生に使用していない)。余分な機器が繋がっている、GNDによけいなノイズが流れ込みます。という説明(私は信じていない)にしておきますが、何にしても音は変わ

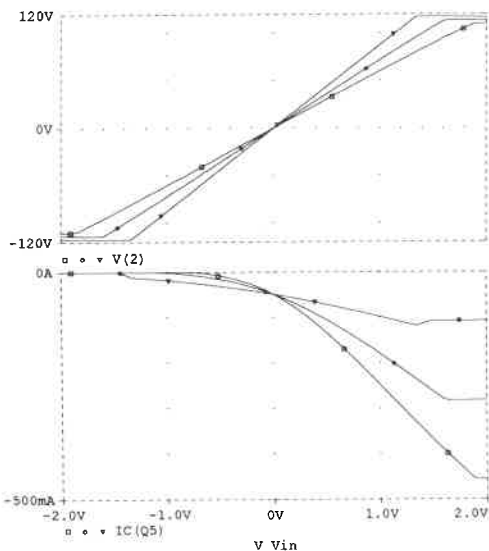


〈第10図〉 U 07 Nの順方向電圧対電流特性。4つのサンプルともまず揃っている

ります。アッテネータは左右独立としてバランスをなくした方が、コスト的にも音的にもベターですが、操作性が悪くなります。迷いましたが、よいスイッチを手に入れたので、バランス+左右連動ネットワークとしました。

ネットワークは-2 dBステップで、0~-18 dBまで絞り、最小は- ∞ としました。入力インピーダンスは約600 Ω です。抵抗はスフェルニースのYMA-22を用いましたが、デール(NS-2 B)でもよいでしょう。どちらにしても巻線抵抗は抵抗値が高いほど悪くなります。

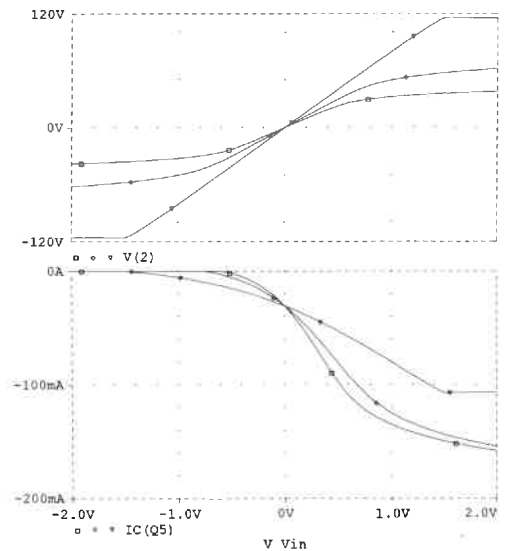
バランスは-0.5 dBステップで-2 dBまでとしましたが、モノラルにしたときに減衰幅が半分になってしま

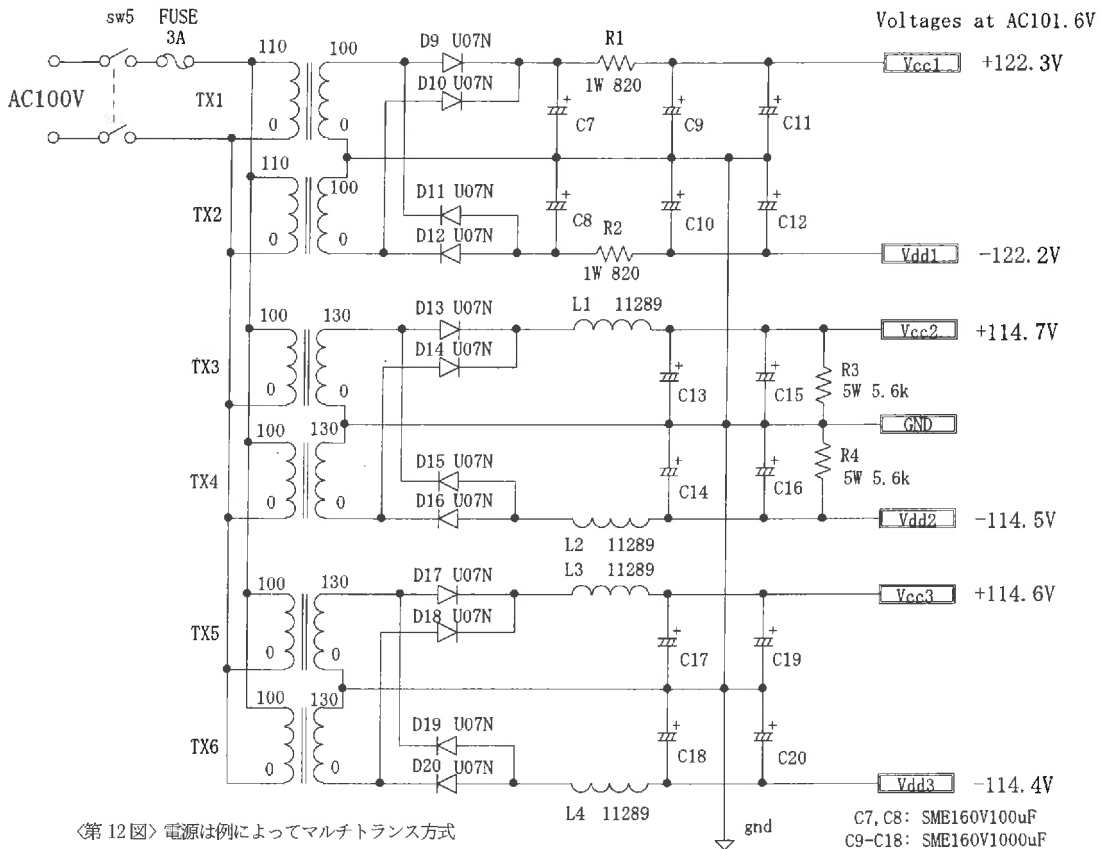


〈第11図〉 電流制限回路の効果(シミュレーション)。上段が出力電圧、下段が Q_5 のコレクタ電圧。負荷は
□ 300 Ω
◇ 600 Ω
▽ 10 k Ω

◀(a) 制限回路なし

(b)▶ 制限回路あり





〈第12図〉電源は例によってマルチトランス方式

ますので、 -0.8 dB ステップくらいの方がよかったように思います。石塚氏式の構成としましたので、バランスを回すと入力インピーダンスが若干上昇しますが、問題ではないでしょう。あの構成は、インピーダンスを変えないために T 型ネットワークとするしか考えられない硬直した私の頭では考えつかない、実にうまい発想です。

ステレオ/モノラル切り換えスイッチは、クラシックを聴かせるヘッドフォン・ユーザーには必需品でしょう。ポピュラー系はウォークマンで聴くことを考慮しているためでしょうか、まず問題はありません。が、クラシックでは左右の音量差のあるおかしな録音が少なくありません。

だいたい、演奏会場に出かけて左右の耳に入ってくる音量に差があるわけがありません(嘘だと思ひの方は、騒音計を 20 cm 水平に移動させて何 dB の差があるかお調べください)。それなのにたくさんのマイクを“林立”させ、

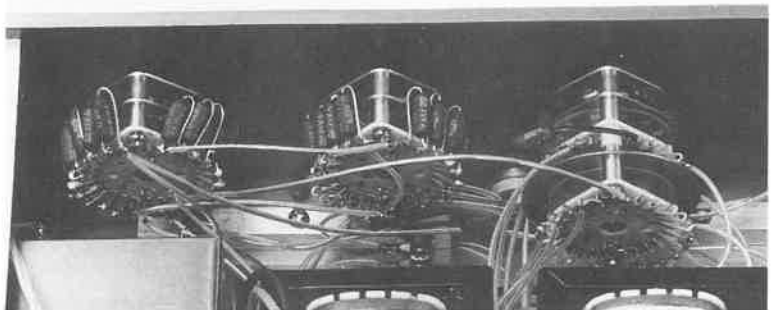
それぞれのマイク出力を左右のチャンネルに不均等に分配して“定位”を作る出そうとするからおかしな音になるのです。

で、第一ヴァイオリンは左に位置しているから左のチャンネルのレベルを高く、右のチャンネルのレベルを低く分配します。ヴァイオリンのパートだけが演奏する瞬間にどう聞こえるかは明らかでしょう。ホールの最前列の真ん中の席に座っていたとしても、左右の耳に到達する音量差は、頭での回折効果

に起因する変化分ではしかありません。この程度の簡単な話でさえもわからない人たちが録音に携わっているのですから、クラシック音楽界は、実に不幸な状況といわざるを得ないでしょう。

脱線しました。録音が悪くても演奏がよい CD がある以上、なんとか最良の状態で聴きたいと思います。なお、ここは小抵抗でつないで、何段階かのクロストークを作る手もあります。

セレクトクとアッテネータにはセイデンの SD-43 NEG を使用しました。同



●セレクトクおよび ATT のスイッチはセイデン、抵抗はスフェルニース

社のSD-32 NEG (このスイッチもT社やF社の測定器用スイッチよりよかったです)と比べて、音の輪郭がくっきりとし、ざらつきが少なくなります。接点の材質は同じものだと思いますから、構造が効いているのでしょうか。

なお、本機と同じつまみを使われる場合には、スイッチの軸長を2mm短くご注文ください。

で、さらに上をご希望の方には、SD-45 NEGがあります。SD-43と比べても、より明確な音です。スイッチを聴くときには、(直接半田付けした)直結の音と比較するのですが、その差はわずかです。SD-32と直結の音の差を1とすれば、SD-43と直結の差は0.3、それがSD-45と直結は0.1に感じられます。ただし値段もSD-43の3倍です。

ステレオ/モノラル切り換えスイッチは音に関係しません。なんでもよいのでしょ。

使用部品

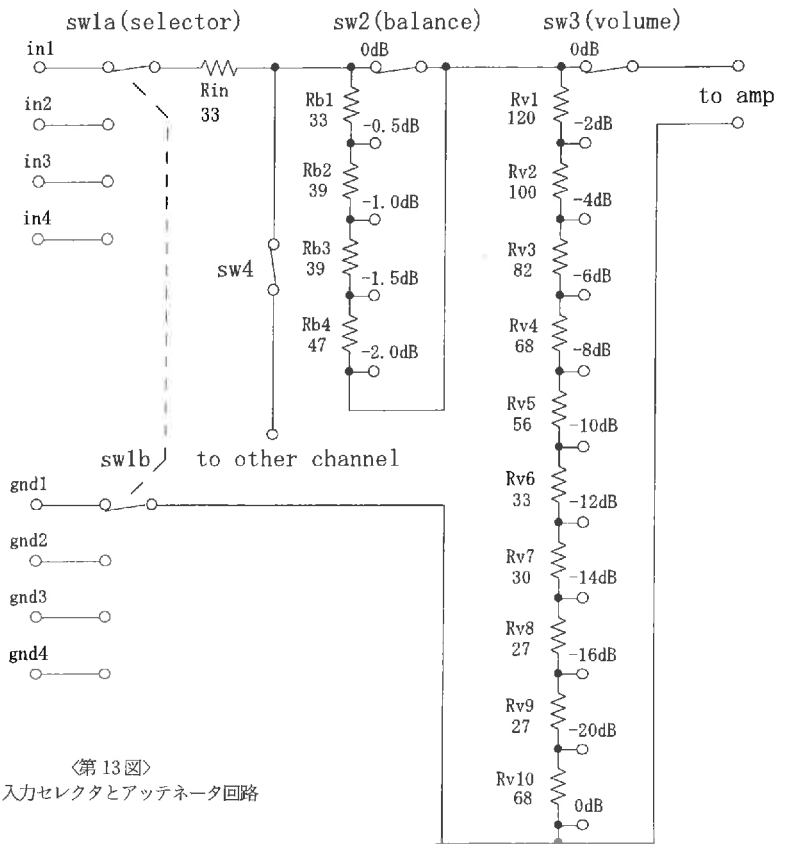
第1表に本機の使用部品を示します。

半導体は指定品種以外不可です。耐圧もさることながら、音の点で代替品はありません。電源トランス、チョークも指定品を用いてください。指定外のものでは電圧調整が必要になるかも

しません。

抵抗はYAMがよいでしょう。中でも、NF抵抗(=負荷抵抗)は、他品種を使うべきではありません。R_nは連続定格出力には2Wでは容量不足ですが、ミュージック・パワーで焼けることはないでしょう。

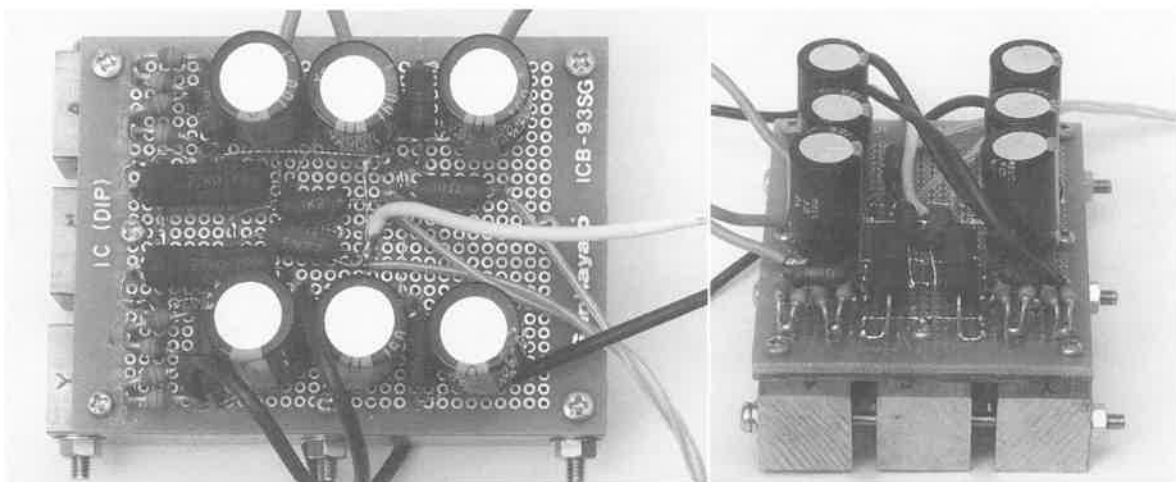
ケミコンは160Vの耐圧が必要です。が、幸いなことに“オーディオ用”と銘打った品物はどれもこれも100Vの耐圧までしかありません。さらに、ありがたいことに“オーディオ用”以外でも耐圧100Vを越えるシリーズは、あまり秋葉原に在庫されていま



〈第13図〉
入力セレクタとアッテネータ回路

品名	部品番号	メーカー	形式	数量	トランジスタ	Q2,4,5	NEC	A1006	6
ケース				1	Q1,3,6	NEC	C2336	6	
電源ケーブル			100V15A	1	シリコンシート		T0220用	12	
ケーブル止め			8mm	1	抵抗	Rc1,Rc2	デール NS-5(5W) 27k	4	
スイッチ	SW1	セイデン	SD43NEG 2-4-6 30°	1	Ro	スフェルニース	YAM-22 10	2	
	SW2,3	セイデン	SD43NEG 1-2-11 15°	2	Rf2	スフェルニース	YAM-22 12	2	
	SW4	フジソク	8C1011	1	Rv8,9	スフェルニース	YAM-22 27	4	
スイッチ(電源)	SW5	フジソク	8C2011	1	Rv7	スフェルニース	YAM-22 30	2	
RCA端子			スーパートロンIP	8	Re5,Re6,Rin,Rb1,Rv6	スフェルニース	YAM-22 33	10	
つまみ			MF25S	3	Rb2,3	スフェルニース	YAM-22 39	4	
出力コネクタ				3	Rb4	スフェルニース	YAM-22 47	2	
ネオンランプ		サトー	ZN45R-G	1	Rv5	スフェルニース	YAM-22 56	2	
ヒューズ			3A	1	Rv4,10	スフェルニース	YAM-22 68	4	
ヒューズホルダ				1	Rv3	スフェルニース	YAM-22 82	2	
端子台		サトー	T10P	2	Rv2	スフェルニース	YAM-22 100	2	
電源トランス	TX1,TX2	PowerMax	PM5WS	4	Rv1	スフェルニース	YAM-22 120	2	
	TX3-6	PowerMax	100V:130V	8	Rc3,Rc4	スフェルニース	YAM-22 180	4	
チョークコイル	L1-4	タンゴ	#11289	8	Rf1	スフェルニース	YAM-22 1.2k	2	
出力トランス		タンゴ	#11294	2	R1,2		1W 820	4	
基板		サンハヤト	ICB93S	4	R3,4		5W 5.6k	4	
ベーク板			200*100*2t	1	キャパシタ	C1-8	ニッケミ SME160V100uF	16	
真鍮棒			20*20 l=100	6		C9-20	ニッケミ SME160V1000uF	24	
ダイオード	D1-D20	日立	UO7N	40					

〈第1表〉コンデンサ・ヘッドフォン用アンプの使用部品一覧表



●アンプ部を上面から見たところ。振動防止用に100×20のシンチュウ棒を3本使ってトランジスタをしめつける

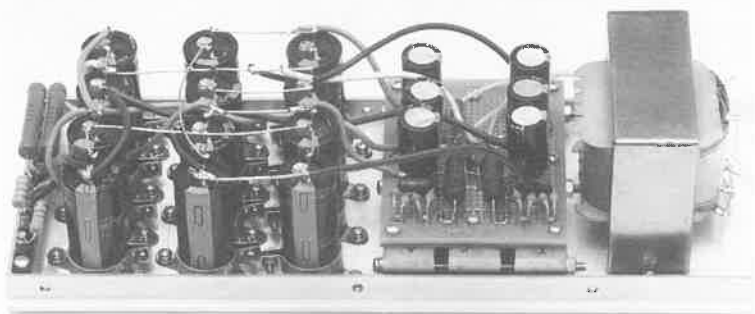
ん。加えて、経験的にケミコンは耐圧が高いほどよい音がするので、まあ、それほど違わないだろうとアンプ基板用にはニッケミ SME 160 V 100 μ F を選びましたが、電源電圧を下げた状態で NUM の 100 V 品と比べると、かなりボケッとしたモヤッとした音です。が、電源電圧を 100 V 以下に下げて出力トランスの巻数比を高くすることを考慮しなければならないほどの差ではありません。

電源には SME 160 V 1000 μ F を選びました。が、同じ SME の名前がついていても、ネジ端子品とは大差ある音です。今後の検討が必要なようです。

アンプ基板、また入出力コネクタからスイッチ、基板への配線は藤倉の 1.5 D-QEV の心線だけを使用していますが、この線に執着しているわけではありません。シールド線でなければよいでしょう。余談続きにまた余談ですが、よほどのことがない限りシールド線を用いるべきではありません。とくに金属ケースの中にあってシールド線を使わなければハムを引くようなアンプは、配線に問題があると考えべきでしょう。

その他の電源の配線には 0.5 \square の普通の耐熱被覆線、ケミコンの端子の間は 0.8 mm のスズメッキ線を、電源ケーブルも普通のプラグ付き 2 芯です。

入力 RCA にはスーパートロンを



用いました。

組立て

アンプ基板は写真に示すように、3本の 20 \square × 100 mm の真鍮棒でトランジスタを挟み、部品足の真鍮棒に接しないようベーク板を敷き、穴あき基板 (サンハヤト ICB 93) を 2 枚重ねます。以前に \yen 598 アンプ ('95 年 5 月号参照) で用いた方法ですが、実はこちらがオリジナルです。

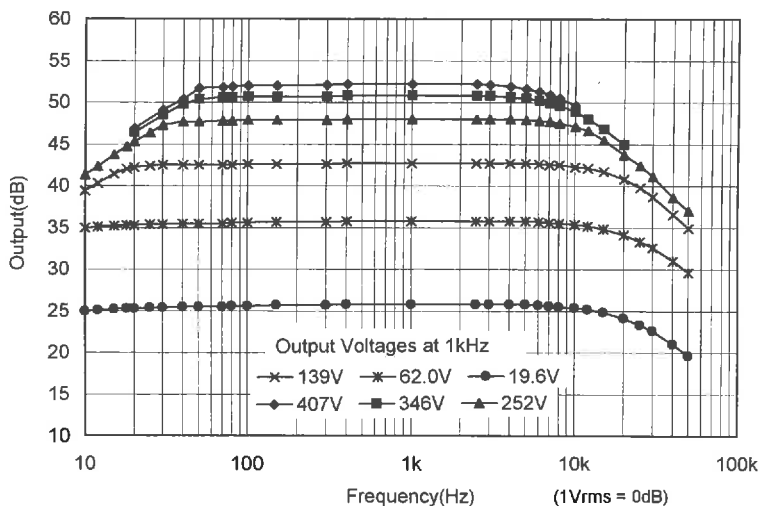
穴あき基板はレジスト面が上向き、つまり部品を取り付ける向きになります。1 枚でもよいのですが、2 枚とすると部品の足がそれだけ深く差し込め、組立てが楽になります。ちなみに、サンハヤト ICB 93 にはガラスエポキシとベークの 2 種類がありますが、音の差は感じられません。組立て上はガラスエポキシの方が部品がしっかり止まり、気分がよろしい。

ベーク板はユニバーサル基板に重ね

て、ねじ穴とトランジスタの足の穴を開けます。部品は中心部から順に取り付けます。バスコンの足をあまり短くしすぎると半田ごてが入らなくなりますので、注意してください。部品を取り付け終わったら電源、入出力などの線を先に取り付けておきます。

ケースは 320 (D) × 300 (W) × 5 t のアルミ板を用い、側板と裏板は 115 mm 幅のコの字チャンネル (タカチ AE-119) を必要な長さにカットしています。フロント・パネルは 320 × 116 × 5 t を特注しました。しかし写真をごらんになればわかるように、トランスの上にチョークを横倒しにして並べなければならず、組立てが面倒です。たと 15 mm 高くしてトランスとチョークを縦 2 段に配置できる高さとしたほうがよかったですと感じています。

アンプ基板、出力トランス、ケミコン、プリアゲ抵抗は、側板に並べて取り付けました。組立ては容易です。側



〈第 14 図〉本機の周波数特性

板はヒート・シンク兼用です。調整時には側板を横にすれば OK。うまい構造を考えたとき悦に入っていました。が、考えて見れば底板の幅をあと 60 mm 広くしてやれば、すべて 1 枚の板の上に並びます。その方が、もっと楽に組み立てられたでしょう。

天板と底板には、適当に放熱穴をあけます。基板周囲、プリアンプ抵抗周囲にのみ開けましたが、結構電源トランスも発熱します。トランス周囲にも開けてください。

フロント・パネルのアッテネータ・スイッチは、あらかじめ配線してから取り付けます。

ケースの足は、φ 40 の真鍮棒を 20 mm にカットしたものを東急ハンズで見つけましたが、デザイン的には

φ 50 の方がよかったと反省しています。エポキシで接着し、底面側は 1 mm のコルクを貼っています。

配線材は 1 色でしたので、油性のペイントマーカーで印を付けました。が、こんなことをするよりも多色の配線材を用いた方が楽になります。

ケースへの GND は、左右それぞれケミコンの中心からそれぞれの側板に接地します。左右を別々のアンプと見れば 1 点 GND ですが、全体として見れば 2 点 GND です。

電源の GND とアンプ基板の GND を結び、入力端子の GND はアンプ基板へ接続します。出力トランス、ヘッドフォン端子への GND ラインも、アンプ基板から引き出します。

調整

アンプ回路図 (第 4 図) に各点の電流を、電源回路図 (第 12 図) に AC 101.6 V 時の DC 電圧を記しましたので、参考にしてください。高圧ですので、くれぐれもショートさせないようご注意ください。テスターのリードは先端が 2 mm くらい出るように残して、絶縁チューブをかぶせます。

最初は、片方のチャンネルの電源のみ供給します。

スライダックをお持ちでしたら、DC 電圧を確かめながら徐々に AC 電圧を上げます。なければ、AC プラグを 1 秒くらい差し込んで抜いて、DC 電圧の極性が合っていることを確かめます。次に V_{cc2} または V_{dd2} テスターが 2 台あれば両方をモニタリングしながら、AC を供給します。

$A_{cc2,3}$ と $V_{dd2,3}$ は A 1006/C 2336 の耐圧に近いので、絶対に 120 V を越えないようにしてください。

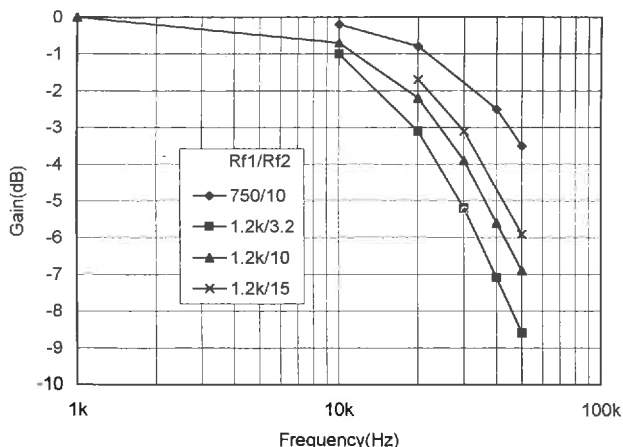
各部の電位を測定し、第 12 図に近い値であれば OK とします。

次に、他のチャンネルについて同じ手順を繰り返します。

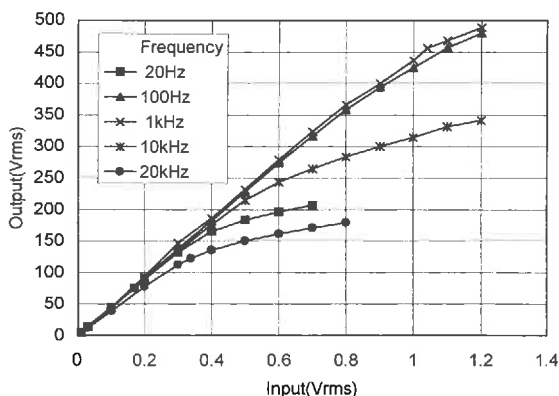
アンプの出力 (トランスの 1 次巻線の端子) をオシロスコープで観測し、100 mV 以上の DC 電圧や発振がないことを確認します。電流が第 4 図の ±20% くらいあれば OK です。

電気特性

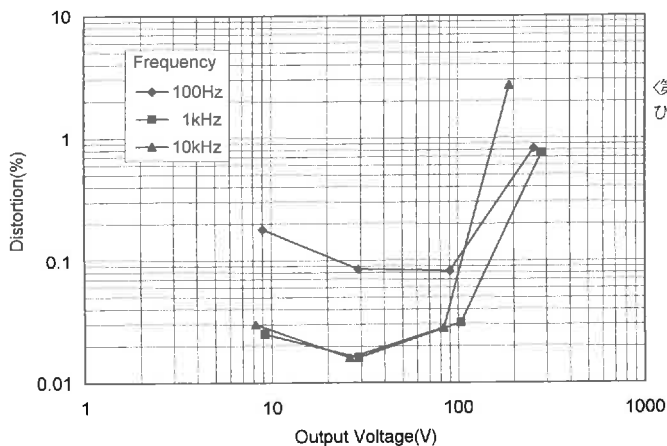
第 14 図に本機の周波数特性を示し



〈第 15 図〉帰還抵抗による高域の変化。出力は 80 V_{rms}



〈第 16 図〉入出力特性。周波数によって違うのは f 特と同じ



〈第 17 図〉
ひずみ率特性

ます。帯域幅に不足はありませんが、出力レベルによって F 特の変化があります。出力 139 V_{rms} では 20 Hz で -0.5 dB, 20 kHz で -1.9 dB と良好ですが、346 V_{rms} では 20 Hz で -4.4 dB, 20 kHz で -5.9 dB と狭くなります。ここで、低域側のゲイン低下は出力トランスのコアの磁気飽和によるものと考えられます。このトランスの定格出力は 336 V_{rms}, 50 Hz です (346 V_{rms} の 50 Hz では -0.4 dB の低下です)。それ以下の周波数では理論的に -20 dB/decade の割合で最

大出力が低下するはずですが、はっきりとその傾向を示しています。

また、高周波側でのゲイン低下は、出力トランスのインピーダンス低下に起因するアンプのゲイン低下と考えられます。252 V_{rms} 以上の出力でレベルに反比例して帯域が狭まっているのは、出力段のドライブ能力が不足しているためと考えています (後述)。

第 15 図に帰還抵抗による高域特性の変化を示します。R_{f1} を 1.2 kΩ に固定して R_{f2} を 3.2, 10, 15 Ω と変化させますと、帰還量を大きくするに従

って F 特が改善されることがわかります。ところが同じ帰還量でも、R_{f1} を小さく (750 Ω) するとずっと F 特がよくなります。これは R_{f1} が帰還抵抗としてだけでなく、トランスの負荷抵抗としても働いているのです (トランスの設計値である) 600 Ω まで下げるともっと改善されます。が、最大出力とゲインの兼ね合いから R_{f1}/R_{f2} を 1.2 k/12 Ω に決定しました。ちなみに、音的にも R_{f1} を小さくした方が良好です。

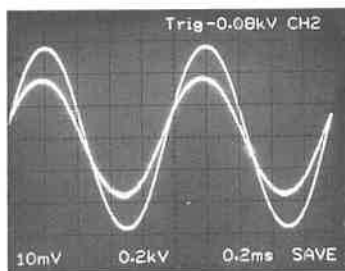
第 16 図に入出力特性を示します。1 kHz, 1 V_{rms} 入力で 437 V_{rms} の出力です。1 kHz でのクリッピング・ポイントは 456 V_{rms} (1.04 V_{rms} 入力時) です。電流リミッタによる直線性の悪化は、入出力グラフの上では観測されません。

第 18 図にひずみ率特性を示します。ひずみ率計の最大入力が 300 V_{rms} までしかありませんので、それ以下で計っています。10 kHz の 190 V_{rms} でのひずみの増加理由は、出力波形が物語ってくれるでしょう。

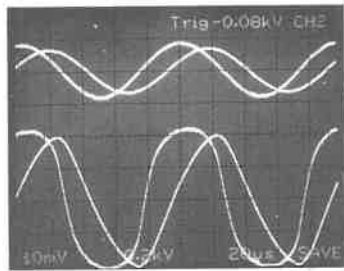
その出力波形を写真 A(a)~(e) に示します。

(a)は、1 kHz, 400 V_{rms} 出力時のヘッドホン・アウト端子での電圧波形とトランス 1 次側の入力電流波形です (改めて述べるまでもありませんが、1 次側の入力電圧波形は、出力電圧波形と相似です)。大きい方が出力電圧波形、小さい方が入力電流波形です。どちらも良好な正弦波です。わずかに電流波形の位相が進んでいる (向かって左側にずれている) のように見えますが、トランスのインピーダンスの山(無

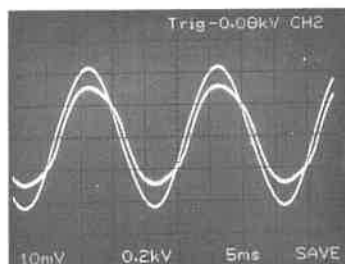
▼《写真 A》出力電圧 (rms) 波形とトランス 1 次巻線電流波形



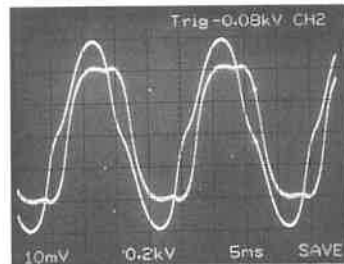
(a) 1 kHz/400 V (大きいのが電圧)



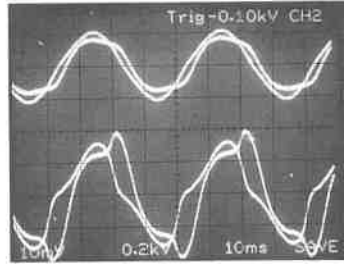
(b) 10 kHz/100 V, 280 V (遅れているのが電圧)



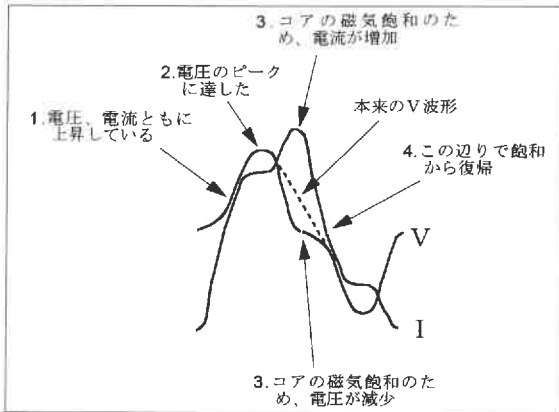
(c) 50 Hz/300 V (位相が進んでいる方)



(d) 50 Hz/400 V (位相が進んでいる方)



(e) 25 Hz/150 V, 200 V (位相が進んでいる方)

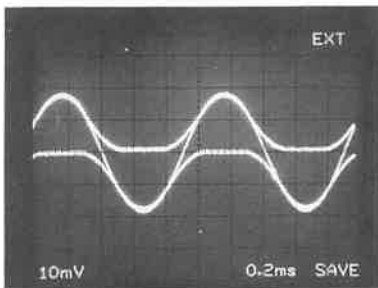


〈第18図〉
写真A(e)の下段の波形
の説明

負荷時)の左側では電流の位相は遅れ、右側では進みます。電氣的に当然のことです。

それでは、高い方から見てみましょう。(b)は、10 kHzでの出力電圧と入力電流です。どちらも左に寄っている方が電流波形です。上段は100 V_{rms}、下段は280 V_{rms}出力時です。上段では電圧、電流波形とも良好ですが、下段では電流波形は頭を押さえられて方形波に近づいたような形となり、電圧波形は三角波様になっています。(a)図の1 kHzと同じレンジで観測していますが、1 kHzでは電圧波形の方が振幅が大きく、こちらは電流波形のピークの方が高くなっています。インピーダンスが下がっているのですから、当然といえば当然です。

289 V_{rms}では電流が頭打ちとなっていますが、出力段の電流供給能力の限界です。このため、トランスの巻線間容量にある速度以上で電荷を供給できなくなり、電圧波形の立ち上がり速度が制限されます。まさにスルー・レートを制限された状態です。第14図



《写真B》1 kHz, 400 V出力時のアンプ出力電流(中)、V_{cc3}の電圧(上)、電流(下)

のF特の出力電圧252 V_{rms}以上で帯域が狭まる原因も、以上のように説明可能と思われる。

次に、低い方の観測波形ですが、(c)は50 Hz, 300 V_{rms}出力時です。電圧波形は良好ですが、電流波形の立ち下がりに肩ができ始めています。また、電流波形の位相が少し遅れています。トランスの特性が左下がり、つまりインダクタンスが支配的な周波数であることがわかります。さらに出力を400 V_{rms}まで高めると、(d)のように電流波形は頭打ちとなり、同時に電圧波形にゼロクロスひずみのような曲がりが生じてきます。

周波数を半分の25 Hzに下げますと、半分の出力電圧で同様な電圧、電流波形が観測されます((e)上段)。25 Hzで出力を200 V_{rms}まで上げますと(下段)、波形ひずみはより顕著となります。(e)図下段の波形は、第18図でおわりのように、

- ①電圧、電流ともに上昇し、電圧の振幅のピークに達した直後、
- ②コアの磁気飽和が始まり、インダクタンスが減少するために電流は上昇、電圧は降下し、
- ③電流がピークに達した後、
- ④電流が減少して磁気飽和からも復帰し、電圧波形が電流波形に近づく。

以上のサイクルを繰り返していると考えられます。(e)図上段の25 Hz, 150 V_{rms}での電流波形の肩③も、コアが磁気飽和に達するためにインダクタンスが減少、電流が増加していると考えられます。より大きなサイズのコアを用いて

トランスを作れば低域特性を稼げるのかもしれませんが、今回はこれでよしとしましょう。

写真Bは1 kHz, 400 V_{rms}出力時のアンプの出力電流(中央)、[V_{cc3}]点での電流(上)、[V_{ads}]点での電流(下)です。上下の波形は、パソコンが入りますので、厳密にはQ₅、Q₆のコレクタ電流とは異なりますが、AB級として動作していることがわかります。また、出力電流の直線性も良好です。

おわりに

製作記の最後には、ごちゃごちゃと自己満足(自己弁護?)の弁を並べてるのが通例ですし、筆者にしてもうぬぼれの独白を好き勝手にいいたい放題書ける部分です。そのうえ最初に読んでいただける一節なのですが、どうも書きづら。

特性もまだまだ改善しようがありそうですし、ケミコンも追い込まなくてはいけないのですが、する気が起きません。私の場合、音をよくしようとするのではなく、何か不満があるからいじらずにいられなくなるのですが、今のところ、いじる気になりません。ここ3年間のリファレンスです。

以前に製作したダイレクト・ドライバの周波数特性は、本機よりぜんぜん良好でした。が、本機の音を聴いたとたん、解体処分と相成りました。あらためて述べるまでもありませんが、周波数特性での音のよし悪しなど測れません。また、それまで使用していた昇圧トランスもお蔵入りとなりました。一度知ってしまうと、巻数比の大きな音が聴こえてしまいます。のったりとした、もやっとした音です。

末尾になりましたが、出力トランスの試作にあたりたいへんお世話になりました平田電機製作所の鈴木道夫氏、ノウハウを余すところなく教えてくださいました氏家高明氏に深く感謝いたします。