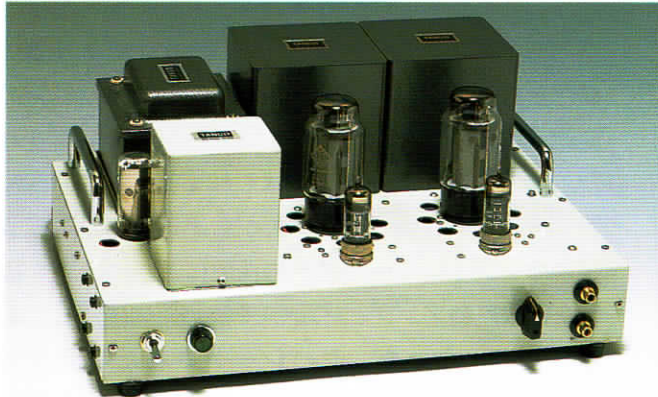


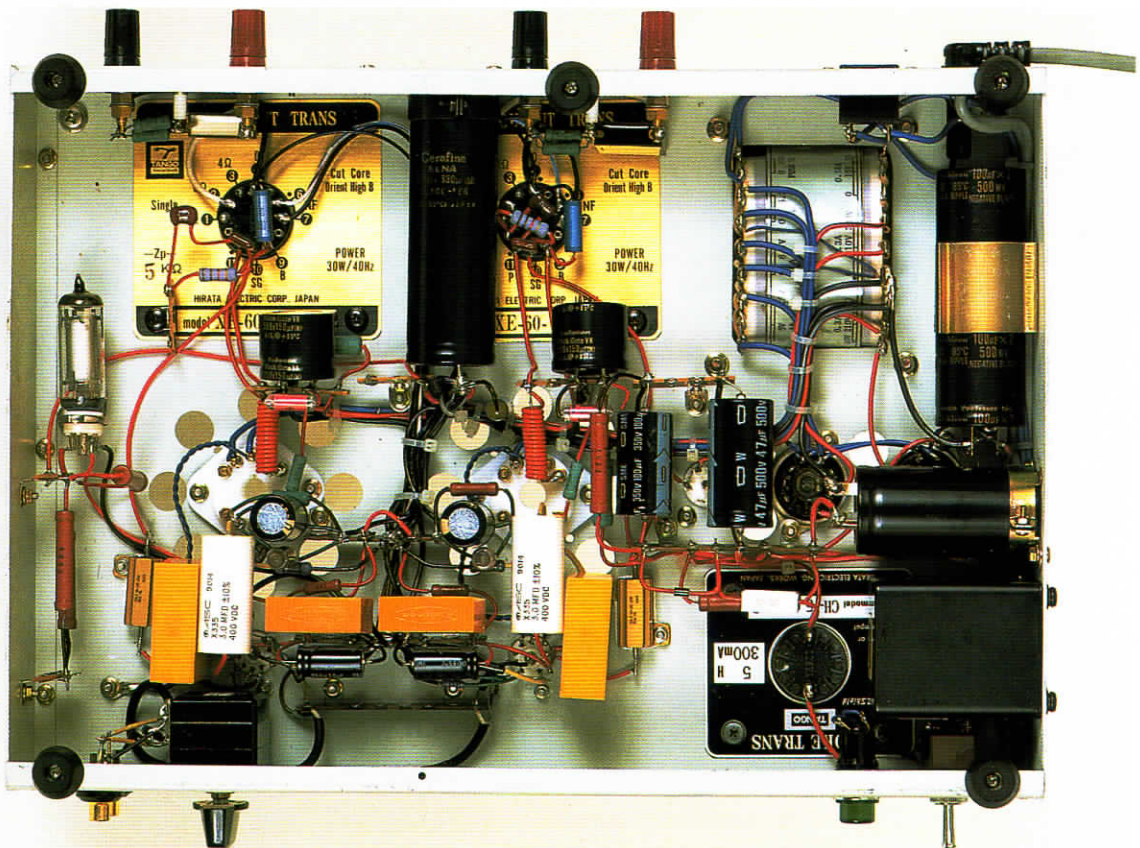
OPTのSGタップを利用したP-G帰還で高DFを実現

## EL156シングルパワーアンプ

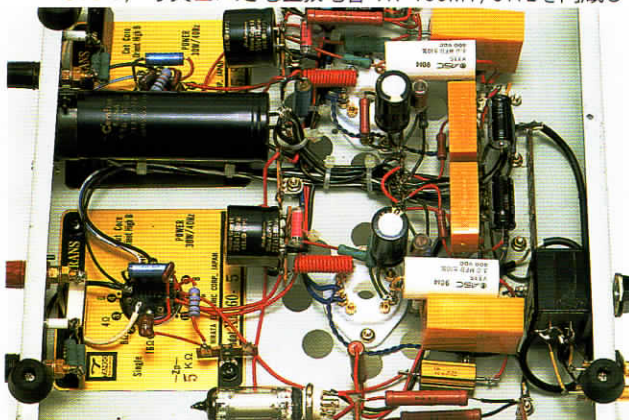
黒川達夫 Kurokawa Tatsuo



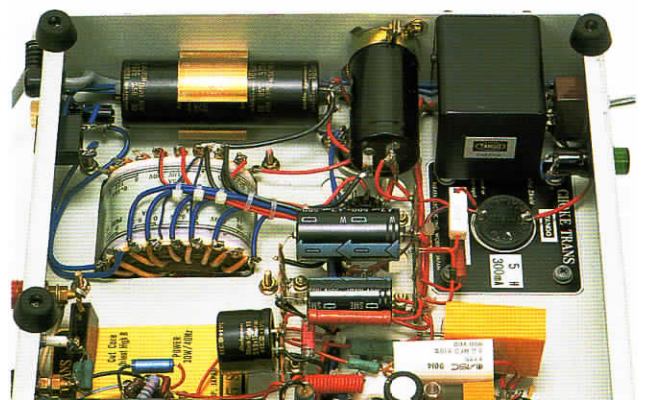
入手の難しい高価な出力管でアンプを製作する場合、2本ですむシングル、そして無理のない動作設定がまず基本といえる。今回は出力管にテレフケン（Telefunken）のEL156を採用し控えめの運用で出力10Wのアンプとした。出力のとれる多極管シングルで弱点となる低いダンピングファクターを改善するため、本機ではOPTのSGタップから初段プレート負荷を取り出し、出力管にP-G帰還をかける方式を採用。5dB以下のループNFBで13.2の高DF値を得ている。



'95年11月号機のシャーシ、電源部、トランスを流用して増幅部を新規製作。初段の5極管12GN7AのSG電圧を安定化するため、写真左に定電圧放電管VR-150MT/0A2を内蔵している



LRチャンネルの間に立ラグを設け、初段、出力段ごとにデカップリングのアースをまとめ、共通インピーダンスを軽減

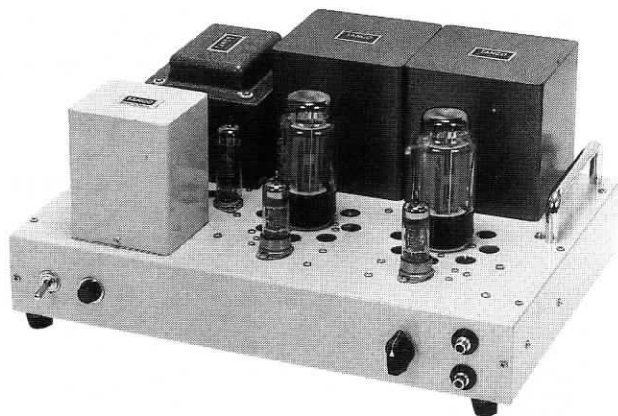


主B電源に加え12GN7AとEL156のSG電源を別系統で設置し干渉を防いでいる。ケミコンはシャーシ上に出さず内蔵とした

OPTのSGタップを利用したP-G帰還で高DFを実現

# EL156シングルパワーアンプ

黒川達夫 Kurokawa Tatsuo



EL156 シングルアンプでは OPT に100mA 以上のプレート電流を重畳するため、充分な低域特性を確保しにくく作例が少ない。筆者は'95年11月号で、コアギャップを拡げ許容直流電流を増加させた OPT、タンゴ XE-60-5SNF-2を用いて伝統的な2段増幅のシングルアンプを発表したが、ダンピングファク

ターを実用範囲に上げるため17dB のループ NFB を施す必要があった。今回は前作のシャーシ・電源部・OPTを流用、P-G帰還回路で再製作し5dB以下のループNFBで13.2のダンピングファクターを得ている。P-G帰還アンプは'93年8月号のKT66と'94年5月号のKT88 が既発表であり、参照されたい。

## シングルアンプの 栄光と宿命

シングルアンプは製作が簡単で、また比較的良好な成績が当たり外れなく得られる特徴があり、昔から初心者入門用アンプの典型となってきました。また最近では、スイッチング歪みがないことなど、一層の積極的な特徴が見出され、比較的単純なゆえに実は奥の深い形式としてベテランに評価されるに至っています。

一方、シングルアンプはそれらのメリットがある反面、出力がどうしても小振りになる傾向があります。この改善のために出力の大きい多極管を用いると、ダンピングファクターが0.1程度になりまとまった音になりませんし、片や3極管シングルでは300Bや211などの大型管を除いて3~4W程度しか望めないことなどがあ

り、オールラウンドの決定打に欠ける側面がありました。

今回はビーム出力管の貴公子、テレフンケン EL156 を起用して、チャンネルあたり約10Wの出力を確保しながら約13という高いダンピングファクターを備え、近代的設計のスピーカーシステムにも適性を持つアンプを製作しました。なおこのアンプは昨年10月のオーディオフェアでMJのイベントに出品したのですが、CRの値や動作点が当時より大幅に改良されています。ご一読下さい。

## いくつかの製作例から

小生はこれまでいくつかのシングルアンプを発表しましたが、なかでも印象に残っているものはKT66 シングルとKT88 シングルです。両者とも出力管に電流増幅動作をさせることにより、真空管アンプでは困難な高いダンピング

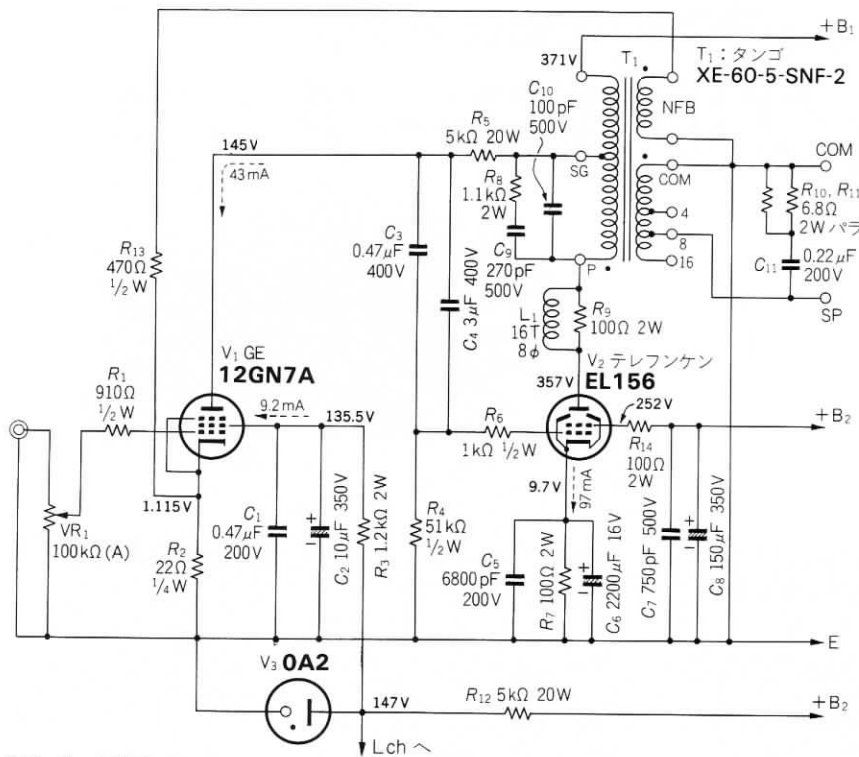
ファクター値を実現したものです('93年8月号と'94年5月号に掲載)。通常的设计手法によるアンプに比較して全雑音歪率は高いものの、偶数時高調波を主体とする歪率特性から大変聞きやすい音になっていました。

しかし、一方で伝統的な回路手法によるアンプも捨て難いものがあり、一昨年'95年11月号に発表したEL156 シングルは、EL156の元来備わった優れた特性から大変素直なアンプとなっています。今回はこれら両者の長所を掛け合わせる設計を試みました。

なお、本機は先のEL156 シングルアンプの発達型として製作しましたので、シャーシ、トランス類などを含め、基本的部品は共通になっています。

## 増幅回路

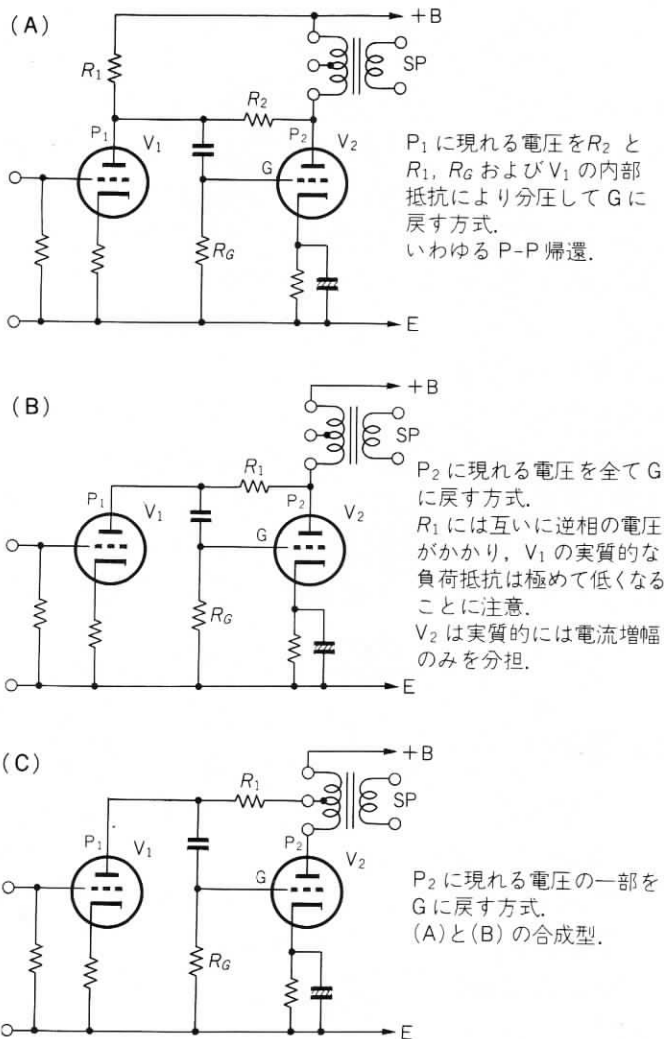
図1に増幅回路を示します。思



【図1】増幅部回路

想的には図2(A)に示す5球スーパーなどの音質改善に用いられていたP-P帰還の発展型図2(C)と解釈できるものです。(B)のように $R_1$ を出力管のプレートから引き出せば、文字通り100%帰還となりますが、 $V_1$ の負荷が低くなり過ぎて偶数次歪みがかなり増加することになります。そこで出力トランスのSGタップを活用して、そこから帰還する形式(C)をとっています。これによりダンピングファクターの改善と歪みのバランスポイントを探しています。

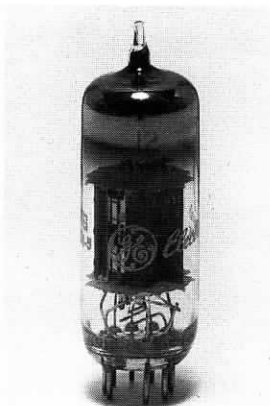
さてこの形式のアンプは、ほぼ初段のみでアンプ全体の利得を稼ぐことになり、多極管のなかでも高ゲインの球と回路が必要となります。一方、ループNFBをかける観点からは初段にはできるだけ良好な高域特性が望ましく、従って負荷抵抗はある程度下げて運用する必要があります。数MHzに



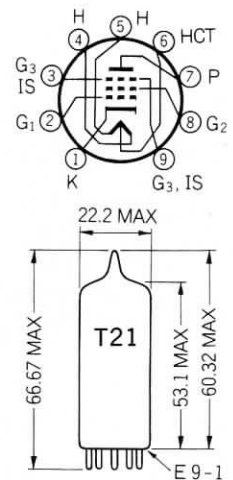
【図2】本機の回路に至る各方式

【表1】12GN7Aの規格とピン接続

映像増幅用5極管	
ヒーター電圧/電流	12.6V/0.3A
	6.3V/0.6A
最大プレート電圧	400V
最大プレート損失	11.5W
第1グリッド抵抗	250kΩ
最大ヒーター・カソード間電圧	±200V
動作例	
プレート電圧	250V
第2グリッド電圧	150V
カソード抵抗	56Ω
プレート電流	28mA
第2グリッド電流	6.5mA
相互コンダクタンス	36mS



初段のHi-Gm 5極管12GN7A。本機ではGE製を使用



## シャシー設計とソケット

これも「前回そのまま活用組」の部品となります。基本はリード

の穴なしアルミシャシーS-2型を図5に従って加工し、スプレーしたものを使っています。EL156のソケットは図6に掲げる山本音

響工芸(株)のテフロン樹脂削り出し品を使用しています。かれこれ2年以上使っていますが全く問題なく、寸法精度や機械的強度も高く、安心して使えます。

12GN7Aのソケットはシールドケース用のハカマの付いたものをそのまま使います。これは12GN7Aの発熱量が11W強になり、シールドケースを被せると放熱に無理が出ますが、一方で球の下部は誘導を受けやすくシールドが欲しいことから、有り難く残してあります。

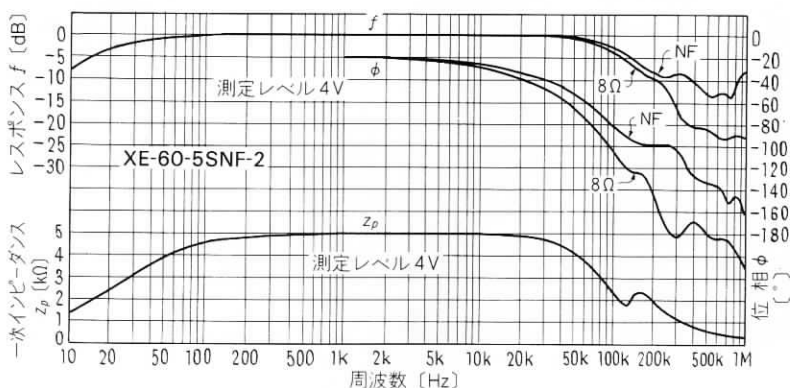
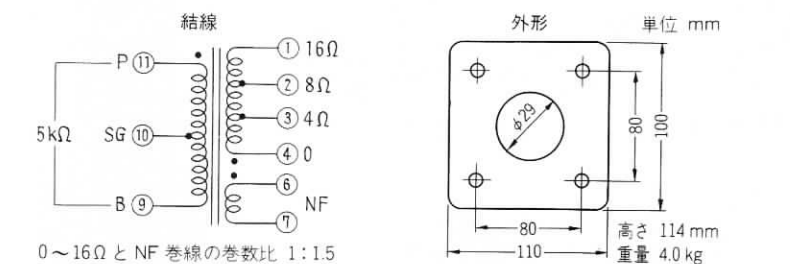
## NFBなしの基本的特性

本機は最終的に出力トランスの2次側からループNFBをかけて使います。安定したループNFBとするためには裸の特性が良好でなければならず、定石ですがまずは成り行きでどの程度かを確認することになります。

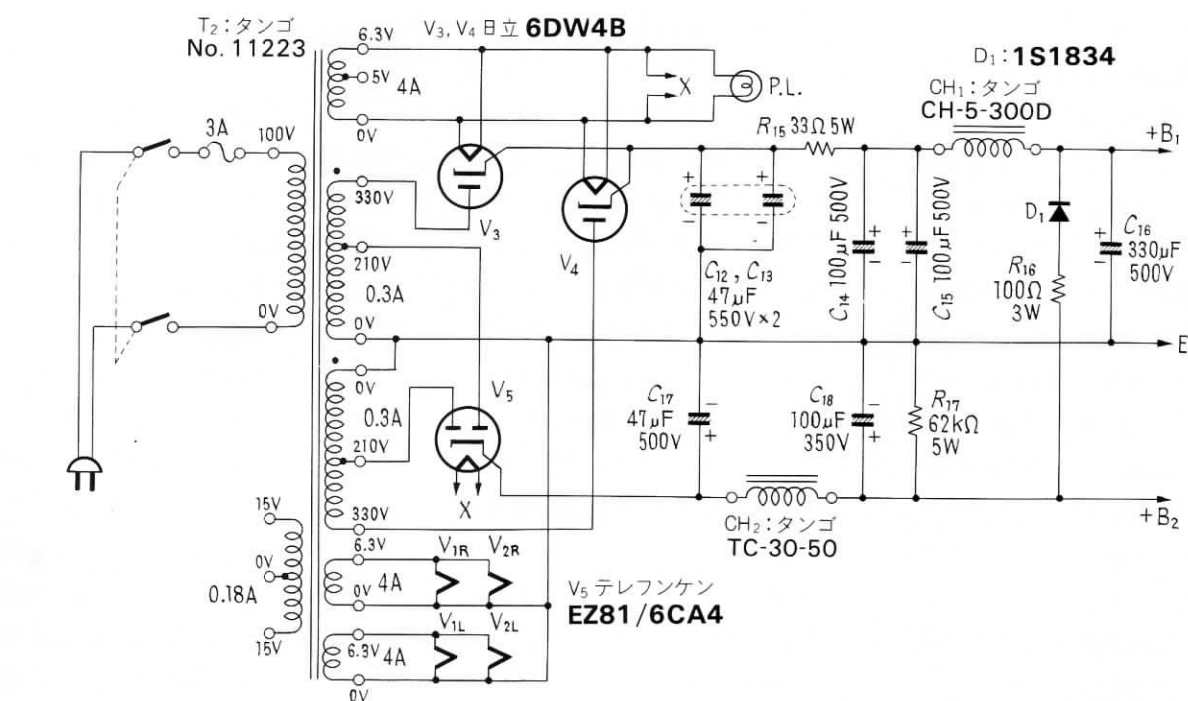
全雑音歪率は図7をご覧ください。歪みは出力の増加に伴って一直線に上がっていくタイプで、パターンは両チャンネルとも良く似てい

[表3] タンゴ XE-60-5SNF-2の規格

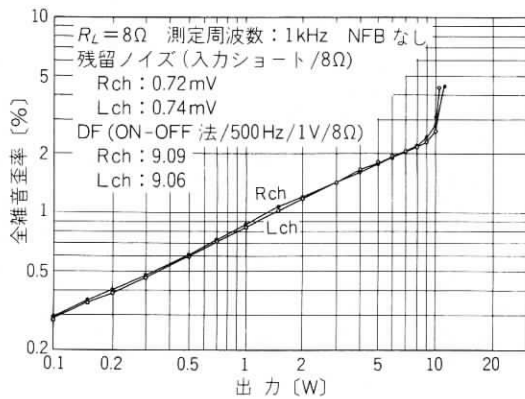
コア	オリエントHi-Bカットコア
出力	30W (40Hz)
周波数特性	30Hz~70kHz (-2dB, $r_p=Z_p$ , 入力4V, DC120mA)
1次インダクタンス	1mW時 19H, 最大21H (50Hz/DC120mA)
1次許容DC電流	140mA
電力損失	0.21dB (16Ω)
1次直流抵抗	130Ω (20°C)



[図3] タンゴ XE-60-5SNF-2の特性



[図4] 電源部回路

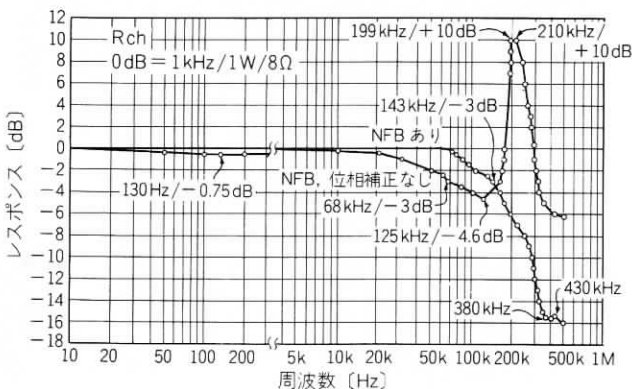


【図7】 無帰還時の全雑音歪率特性

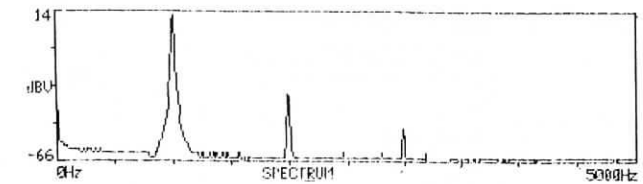
を前提にすれば、少々「ループNFBは受け入れられるアンプ」というところで、それほど余裕はありません。

### 周波数特性

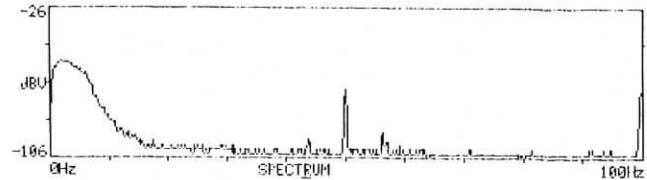
Rchで代表した周波数特性を図12に示します。ループNFBをかけず、従って一切の位相補正を行っていない状態では、高域ではっきりとした谷と山のある特性を示します。高域では20kHzくらいから徐々に下がりはじめ、125kHzで一旦谷を形成したあと、199kHz~210kHzで+10dBの山を形成します。500kHz以上の領域でも一声ありそうですが、発振器のレンジ外で測定できず我慢しています。低域は130Hzで0.75dBと、若干レスポンスが下がりますが、それ以下の周波数では回復し、20Hzあたりではもとに戻る特性となりました。



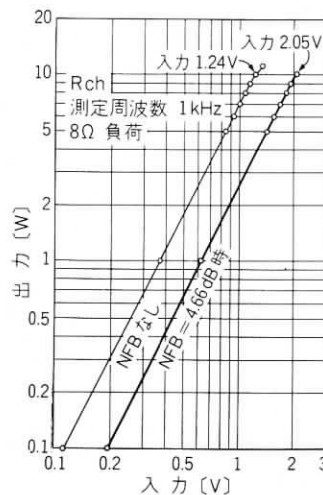
【図12】 Rchの周波数特性



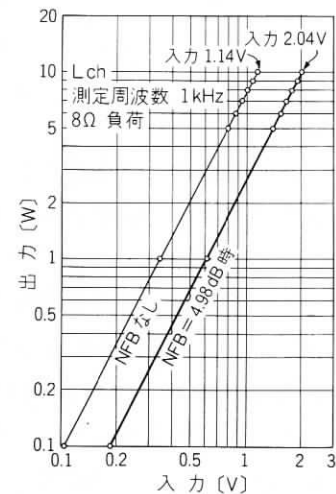
【図8】 無帰還, 1kHz/1W/8Ω時における歪みパワースペクトラム



【図9】 無帰還時の残留雑音パワースペクトラム (入力ショート, 8Ω負荷)



【図10】 Rchの入出力特性

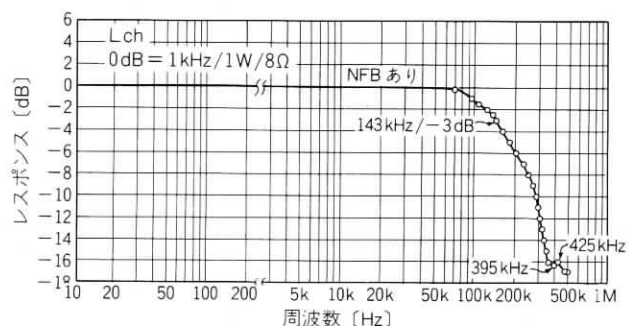


【図11】 Lchの入出力特性

出力トランスのSGタップは1次巻線の48%前後のところから機械的に引き出されているもので、特性の規定はありません。本機の初段の周波数特性はこのSGタップに信号電圧が重なるもので、従って若干ユニークなものとなるのもむべなるかな、というところ

です。このような周波数特性は既に前述のKT88シングルアンプで経験したところであり、あわてる必要はありません。おもむろに位相補正に取りかかろう、というところです。

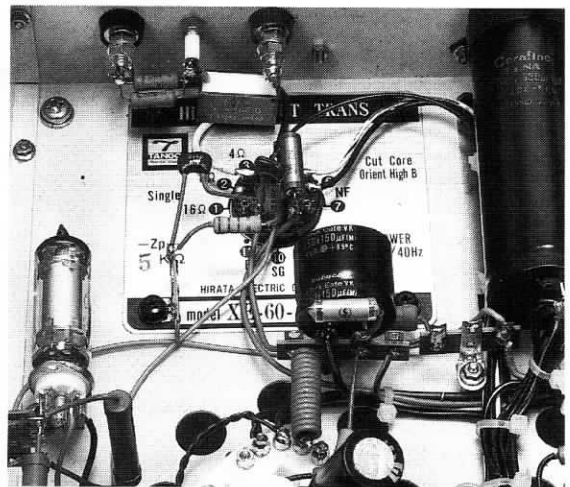
時間の都合でLchは後述するループNFBをかけた後のみの測定となりましたが(図13)、ループ



【図13】 Lchの周波数特性



増幅部のワイヤリング。写真中央に二つ見えるラグ板のセンターに初段アース、出力段アースを各々いったんまとめた後、電源の330 $\mu$ F500Vに集中させている



OPT 1次側の位相補正CRはOPTの端子を利用して固定。EL156のプレートには最短距離でL付きの100 $\Omega$ を挿入する

## 全雑音歪率のようす

LR 両チャンネルの全雑音歪率は図14, 15のとおりとなりました。

最小歪率は最小出力時であり、0.2%前後となっています。その後ほぼ出力に対し直線的に増加し、5Wで1%、最大出力直前では2%弱という結果となりました。左右で本質的な差は見られず、また90Hzが1kHzや10kHzより心もち悪くなっていることも共通です。Rchの10kHzがやや早めにダウンしているのは、ストレー容量の影響か出力トランスのアンバランスによるものと考えられます。

歪みの内容ですが、図16~20のFFTによるパワースペクトラ

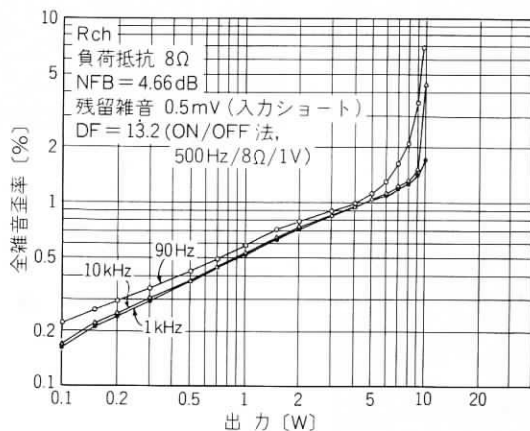
ムご覧下さい。Rchでは1kHz/1W/8 $\Omega$ では第2次高調波が主体であることがわかります。5Wでは3次の寄与が増えてきますが、第2次が支配的です。8Wのパワースペクトラムは、端子信号電圧が高すぎて直接測定できず、オーディオアナライザの観測端子から出力される原信号リジェクト信号の観測となっています。2次と3次がほぼ等しくなっていることがわかります。4次、5次も出始めており、そろそろいっぱいかな、という見立てです。

図19のとおり90Hz/5Wも観測しましたが、1kHzと大きな差は見られません。Lchも観測しましたが、ほとんど同一結果でした

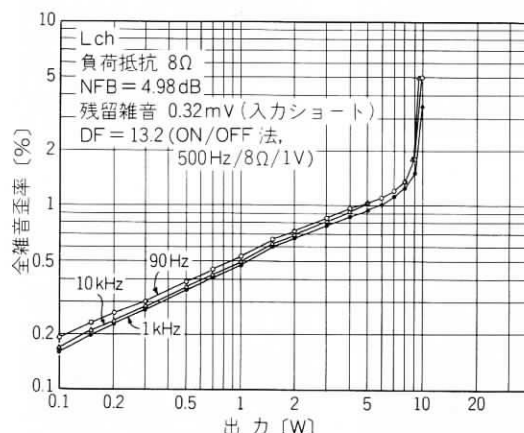
ので図は省略します。これらを総合しますと、通常のアンプと同様、出力増加とともに歪みが増えますが、当初は第2次高調波のみであり、これに徐々に第3次が加わるもので、ここに聴きやすさのポイントがあるように思います。

## ダンピングファクターと入出力特性

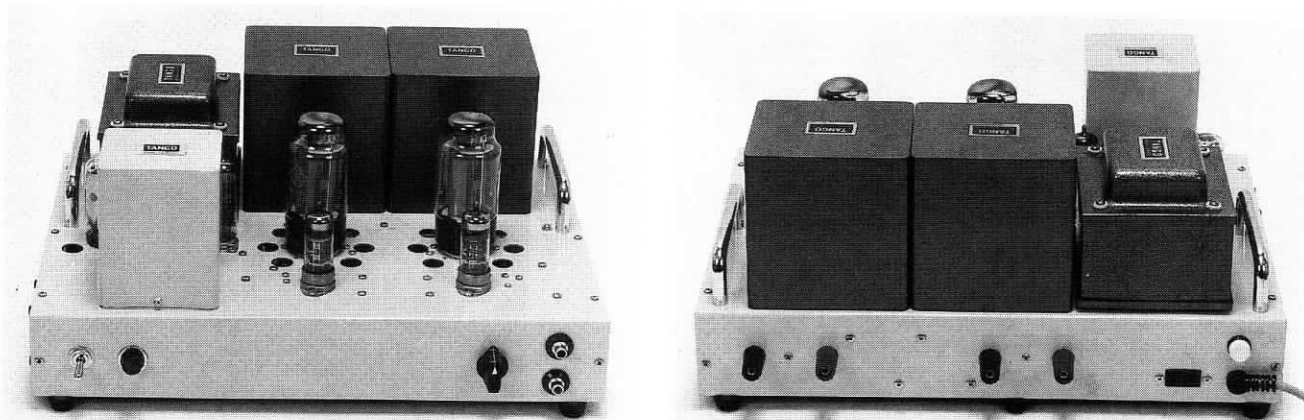
ダンピングファクターは、ON-OFF法500Hz/1V/8 $\Omega$ による観測で、両チャンネルとも13.2という高い値になりました。これはNFBを十分にかけた3極管プッシュプルアンプでも容易に実現できるものではなく、本機の構成によるところが大きいものと思



【図14】 Rchの全雑音歪率特性



【図15】 Lchの全雑音歪率特性



シャシーとチョークをアイボリー塗装で仕上げ、EL156のイメージに合わせた重量級アンプとなった。発熱の多い初段は、シールドケースのハカマ部分のみ残し、下部の誘導を防いでいる

出てくるものと推定できます。C<sub>2</sub>を増やすことはV<sub>3</sub>の放電開始時のラッシュカレントを増大させますので、この理由では10 $\mu$ F以上にはしたくないところで、現況図1の状況で妥協しています。改善自体は難しいものではなく、VR-150-MT/0A2による安定化回路をチャンネル別に用意すれば良く、近い将来この点だけは改善したいと思っています。

## 本アンプの特色と他機との比較

'94年5月号のKT88アンプとの比較では、本機は回路形式でほとんど同じであるにもかかわらず、歪みは1/2、内容も第3次高調波が一層少ないものになっています。ダンピングファクターは、KT88では3.7前後であったものが本機では13.4と、これは比較になりません。

KT88アンプのほうが優れているところはクロストーク特性で、10Hzと50kHzの両観測端で若干

ノイズレベルを上回る程度です。また10kHzと50kHzの方形波応答で、KT88アンプのほうがややおとなしいものとなっています。一方、容量負荷に対する安定性はEL156のほうがベターです。

これらの差異の原因ですが、KT88アンプのクロストーク特性の良さはB巻線段階からチャンネルごとに別電源を用意したことが役立っています。その他はいずれもEL156の素質の良さが大きくものを言っていると思います。

'95年11月号のEL156アンプとの比較では、出力と入力感度は'95年11月号のコンベンショナルな設計のものが良好で、出力は12W/ch、その時の入力約800mVとなっています。歪率も1W時で本機が0.5%内外のところ0.08%となっています。歪みの内容も偶数次高調波が支配的である点は共通ですが、大きく違うのはダンピングファクターで、こちらは本機が約2倍の高値となっています。

安定性はますます良い勝負の趣

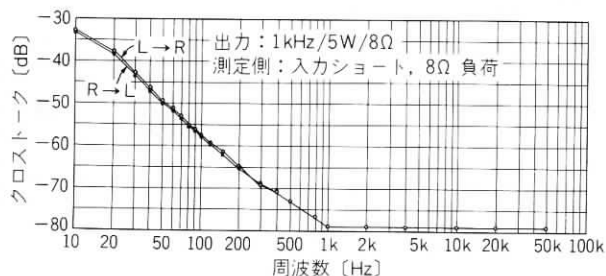
です。どちらが魅力的かは難しいのですが、前作は17dBのループNFBがかかっているためか、比較すると音に重厚さとトロ味があり、このあたりが好みの分れ目だと思います。本機はおもねったところのない、目鼻立ちのハッキリしたしかも化粧臭さのない音という性格で、またシャープさを感じさせるところがあります。低音の締りは本機に一日の長があります。

## おわりに

設計製作記は以上ですが、ここで気付いた点や得られた仮説をまとめると、次のようになります。

- (1) 全雑音歪率は、ある程度以下になると数値の低下そのものの意義は少なくなり、歪みの内容やダンピングファクターなど、その他の要素が音に大きな影響を与える可能性がある。
- (2) 出力トランスの素性や特性が最終的な音の上で重要であり、本当はSGタップについても特性管理された良いものが欲しい。
- (3) 一般的にアンプの電源部にはまだまだ改善の余地が多く残されている。

これらを通じ、今回は「何をいまさら」と言わず、一層精進していくべきことを改めて学んだところです。



【図21】  
クロストーク特性