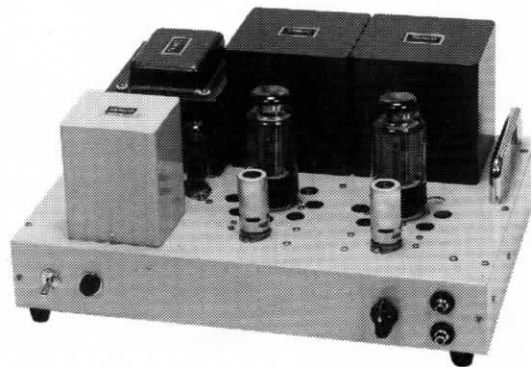


裸特性とスタガリングを吟味し17dB強のNFB下で安定性を確保

EL156シングルパワーアンプ

黒川達夫 Kurokawa Tatsuo



名球 EL156 も市場に見かけなくなって久しい。そこで、大切な出力管の無理ない動作と NFB 時の安定動作を考慮に入れ、オーソドックスな 2 段増幅アンプをまとめてみた。多極管シングルで実用となるダンピングファクターを得るには 20dB 近い NFB が

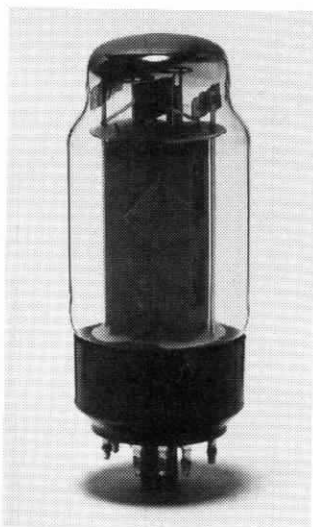
必要となるが、本機では 17dB 強のループ NFB を安定してかけるため、無帰還時の周波数特性ができるだけ素直になるよう工夫している。また、余裕ある電源構成とし、出力管の SG 電源も独立させるなど、セパレーションの向上にも検討を加えた。

何の世界にも華のある存在があるものです。管球アンプでは、WE300B やテレフンケン EL156 がまさにそれではないでしょうか。EL156 は独テレフンケンの業務用出力管として生まれました。30年ほど前、本誌に EL156 プッシュプルを終段とするノイマンのカッタ

ーレースドライブ用アンプが紹介され、流麗な姿と 160W 以上の出力に「レコードの向こう側という次元の違う世界」を感じたことは、今でも鮮やかな記憶です。

WE300B が東の横綱とすれば、EL156 は正に西の正横綱ではないかと思います。一回は作るチャン

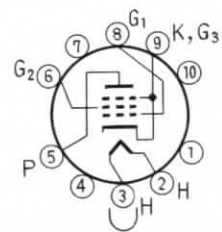
スを得たい球の一つで、読者諸兄のなかにも「そのとき」のため、密かに穏やかならぬ物量を隠匿されている方もいるのではと思います。今回はこの EL156 シングルの中心に、伝統的な構成の 2 段回路を骨格として、寿命なども考え手堅くまとめたシングルアンプを製

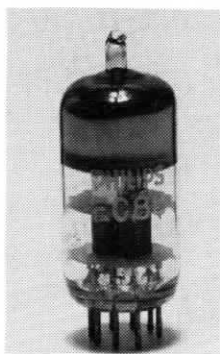


業務用出力管として一世を風靡した独テレフンケン EL156

低周波電力増幅用 5 極管		
ヒーター電圧/電流	6.3 V/1.9A	
最大プレート電圧 (カットオフ時)	1600 V	
最大プレート電圧	800 V	
最大プレート損失	50 W	
最大スクリーングリッド損失	8 W	
カソード直流電流	180 mA	
グリッド回路抵抗	100 kΩ	
最大ヒーター・カソード間電圧	50 V	
相互コンダクタンス (概略の計算値)	18.8 mS	
A.S 動作例		
プレート電圧	350 V	450 V
スクリーングリッド電圧	250 V	280 V
カソード抵抗	60 Ω	90 Ω
負荷抵抗	4 kΩ	3.8 kΩ
入力グリッド電圧	6 V	8.5 V
無信号時プレート電流	120 mA	112 mA
最大信号時プレート電流	116 mA	108 mA
無信号時スクリーングリッド電流	15 mA	17 mA
最大信号時スクリーングリッド電流	24 mA	25 mA
出力	15 W	24 W
高調波歪率	8 %	7.5 %

【表 1】 EL156 主要規格

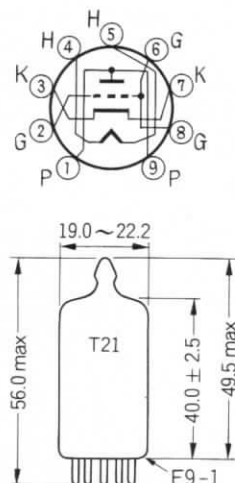




EC86/6CM4
本機はミニワット（フィリップス）を使用

【表2】 EC86/6CM4 規格

UHF 発振増幅用高増幅率単3極管	
ヒーター電圧/電流	6.3 V/0.175 A
最大プレート電圧 (カットオフ時)	550 V
最大プレート電圧	220 V
最大プレート損失	2.2 W
最大グリッド負電圧	-50 V
カソード直流電流	20 mA
グリッド回路抵抗	1 MΩ
最大ヒーター・カソード間電圧	±100 V
動作例	
プレート電圧	175 V
グリッド電圧	-1.5 V
プレート電流	12 mA
相互コンダクタンス	14 mS
増幅率	68



作いたしました。ご一読ください。

テレフンケン EL156

EL156 は、表1に解説されるとおり、プレート損失50W、最大プレート電圧800Vと、カラーテレビ用水平出力管を上回るスケールの出力管です。

さて、ビーム4極管か、5極管かという問題ですが、外部から電極構造を観察する限り、スクリーングリッドとコントロールグリッドのピッチが異なっており、ビーム4極管の一つの特徴がありません。しかし5極管の特徴であるサブプレッサグリッドがなく、かわりにビーム形成電極の位置に4本のニッケルステムが置かれており、5極管というにはグリッドの数が足りない感覚です。

E_p-I_p カーブからですと、ちょうどビーム4極管と5極管の間のような風情で、「独自の路線に行く」ものと推察しました。薄えんじ色のプレート材料と合わせ、なにやら工夫が込められているようです。

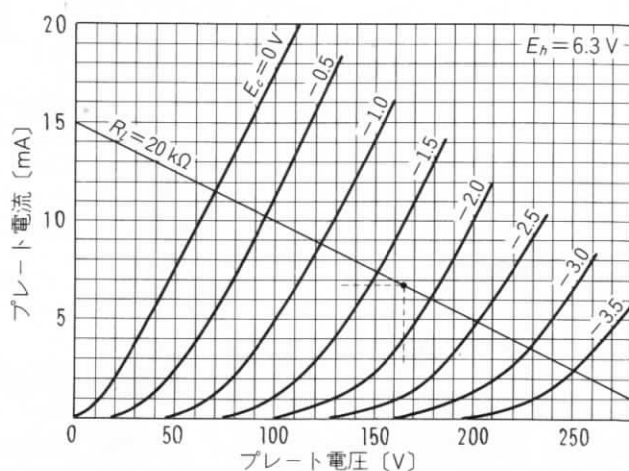
EL156 の特性の中で目立つものは18~19mSと極めて高い相互コ

ンダクタンスを備えながら良好な直線性を備えていることです。入力は6~8Vで十分であり、比較的簡単な前段アンプを用意するだけで本格的なシングルアンプを製作することができます。

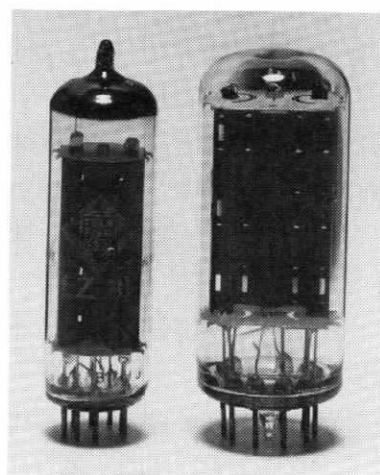
出力はシングルでも20Wという例外的な大出力が取り出せるよう紹介されていますが、出力トランスの損失や寿命の点から考えると、15W以上は欲張らないほうが良いようです。

ミニワット EC86/6CM4

EC86 はレトマ名を6CM4といい、6DJ8などと同様のフレームグリッド構造を持つ、9ピンMTタイプの高増幅率単3極管です。元

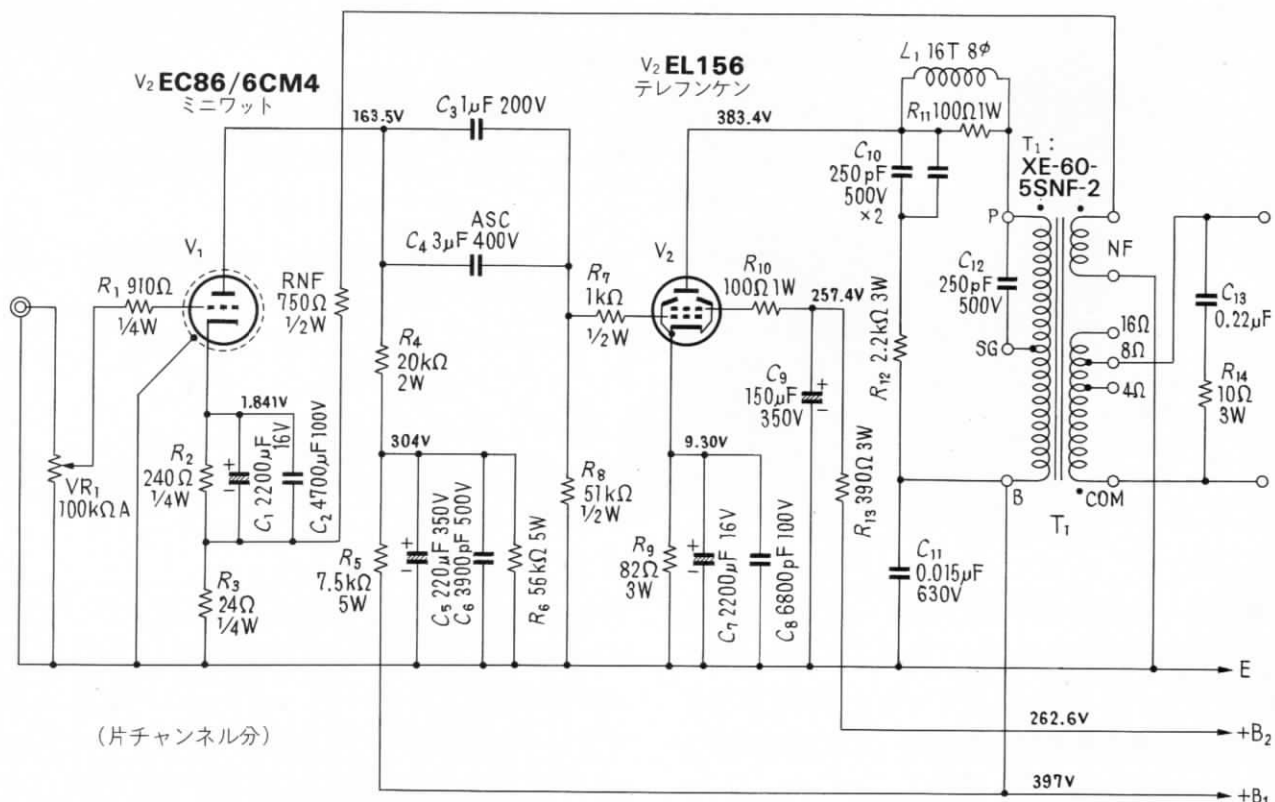


【図1】
EC86/6CM4の
プレート特性



B電源整流のTV用ダンパー管 6D W4B (右) とSG回路電源整流の EZ81/6CA4

来はUHF帯のグリッド接地方式の高周波増幅や自動振の周波数変換用に開発されたものです。



【図2】増幅部回路

特性は表2に紹介するとおりです。特徴は内部抵抗が4.9kΩ(計算値)と比較的低いにもかかわらず、増幅率が68もあることです。また図1に示すとおり直線性が良いことも優れた点の一つです。

一方で欠点もあり、グリッドを接地し、カソードに入力して使う設計ですので、グリッドが管内でシールドを担った格好になっています。したがって、通常のカソード接地形式で使用すると、外部から雑音を拾ったり発振を起こすなど、並の3極管に比べ気難しいところがあります。このため、シールドケースやグリッドに直列に入力抵抗を入れるなど、十分な発振雑音対策が必要です。

良く似た球にEC88/6DL4やEC80があり、EC86同様にオーディオ用に使用できます。

典型的な2段増幅回路

本機の回路は図2に示すとおりで、本質的には単純な2段増幅多極出力管シングルアンプです。多極管のシングルは、原理的に20dB近いNFBをかけないと十分なダンピングファクターが得られず、ボンついた音の実用性に乏しいアンプになってしまいます。

本機もそのひそみに倣い、18dB弱のループNFBをかける伝統的構成のアンプを目指しました。一方、生なりの特性、とくにNFBをかける前に問題となる周波数特性をできるだけ素直なものにするよう、次のような回路上の工夫を行っています。

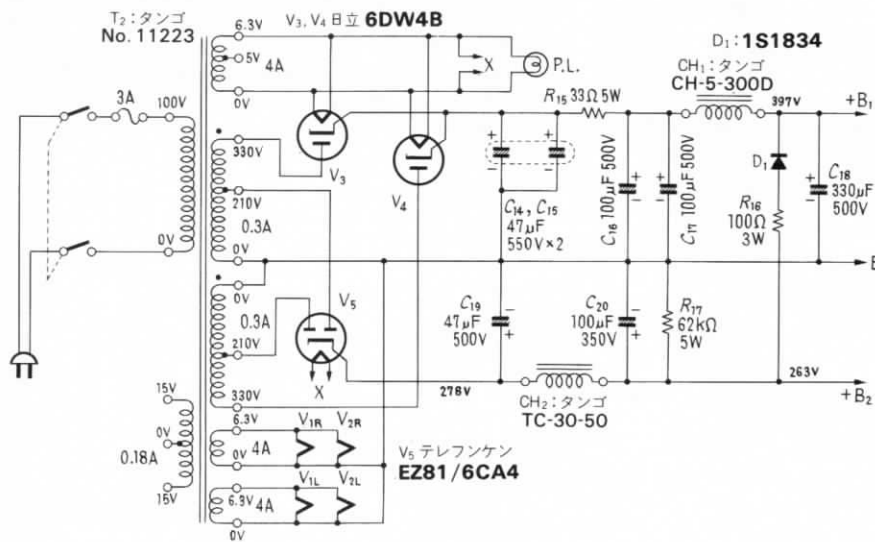
(1) V1 EC86の動作設定

V1の動作は、直線性が良いという長所を生かすために、十分電流を流して使います。小生は歪みの

点からはロードは内部抵抗の概略3~7倍くらいが最善と考えており、本機ではロード抵抗(R1)は20kΩ、B電圧を300V、プレート電圧160V付近、同電流7mAとしました(図1参照)。発表されているA1級動作よりは大きめですが、定格内に収まります。

ロードラインから解釈できることは、入力0.5Vの変化で30V以上の出力が得られることで、利得は交流負荷となるEL156のグリッドリーク抵抗によって若干低下するとしても、1段で50倍(34dB)前後のゲインが期待できることが分かります。EL156の所用入力はAC約7Vですから、AC1V以下の入力でフルパワーとなる利得を目指した場合、前段の利得はわずか7倍(約17dB)で済みます。

EC86との組み合わせでは実際の利得と所要利得の差の17dBが



【図4】電源回路

C_2 , C_5 , C_8 としてケミカルコンデンサーと並列にフィルムコンデンサーが配置されています。ケミコンそのものでも 1MHz 位までは十分バイパス効果がありますが、多目な NFB による高域の安定性低下を避けるため、高域特性の良いコンデンサーをパラレルにしています。

(3) 出力段の動作は控え目に設計

出力段は動作例などから検討し、プレート電源電圧に 400V、スクリーングリッド電圧に 250V を与え、プレート電流として 105mA 程度を流すシングル接続で使います。許容損失の 8 割程度の余裕あ

る使用法であり、長期間の使用にも万全を期したものとしました。

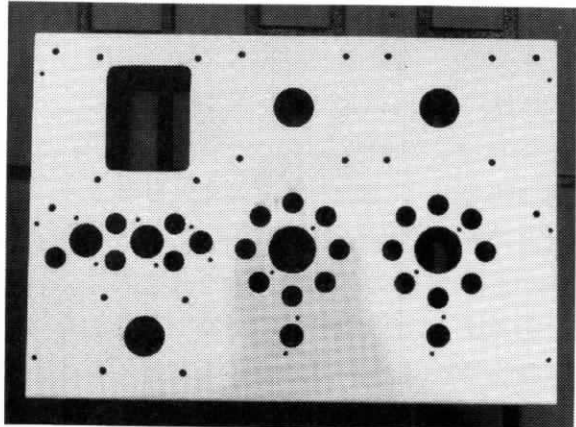
必要なバイアスは -9V 前後ですが、 A_1 級動作でありプレート電流の変化は大きくないので、自己バイアス動作が使えます。相互コンダクタンスが高い球であり、長期安定な動作確保の点からも自己バイアス動作のほうが好都合です。実際には 82Ω の酸化金属皮膜抵抗による自己バイアスとしました。

なお、今回使用した EL156 のプレートはこの条件でも暗所でそれとわかる程度わずかに色がつきます。これ以上の損失を与えるには十分な注意が必要です。

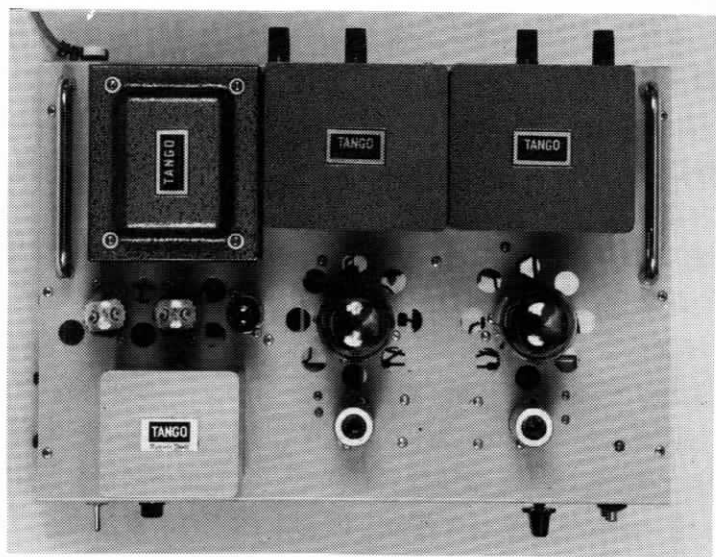
出力トランスは、XE-60-5SNF のコア・ギャップを拡げ 100mA 以上の重畳電流にも歪率の悪化が見られない構造とした XE-60-5SNF-2 を用いました。特性は重畳電流 120mA で規定されており、1 次インダクタンスは 19H~21H と大きくとられています。詳細な規格と特性は、表 3 と図 3 に示すとおりです。

余裕をもたせた電源回路

プレート供給 B 電源として 400V/250mA 程度、またスクリーングリッド用 B 電源としてレギュレーションの良い 250V/30mA 程度が必要です。本機の電源トランスには、以前、将来の EL156 シングル製作用として平田電機にお願いして巻いていただいた No. 11223 を使いました。巻線電圧は図 4 の



穴開け加工とアイボリー塗装の終わったシャーシ

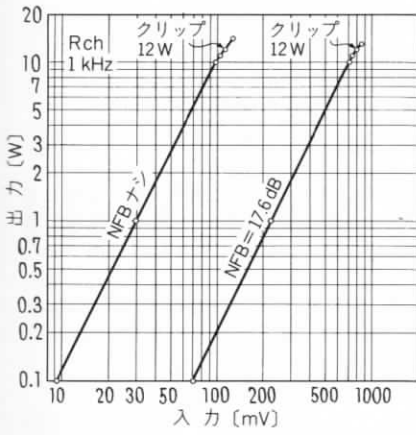


シャーシ上面の部品配置。ブロックケミコンと EL156 の SG 電源用チョークを内部に収容し、シャーシ上の部品点数を減らしている。とくにケミコンは真空管の輻射熱の心配がなくなり、寿命の面でも有利

シャーシと左側面。フーパーコンタクトケミコン。オーディオコンデンサー。

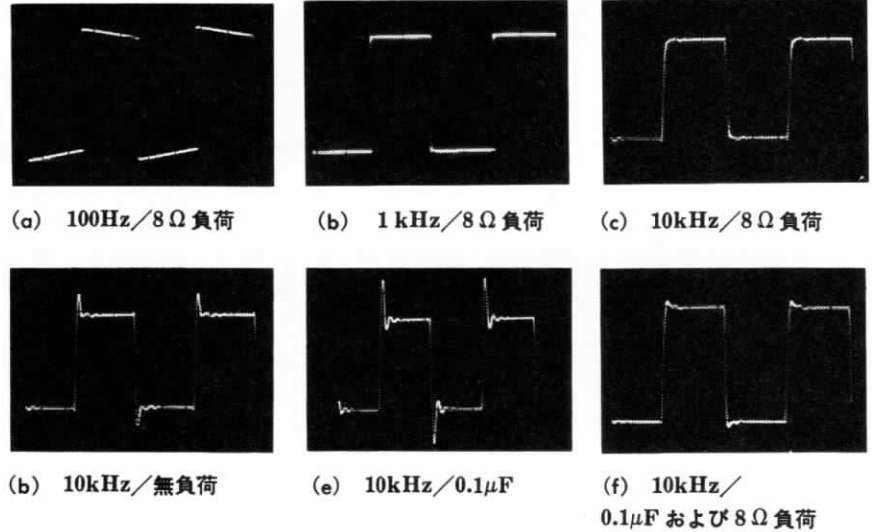
電源は真空管。図 3 になった。

2 段オーディオコード。

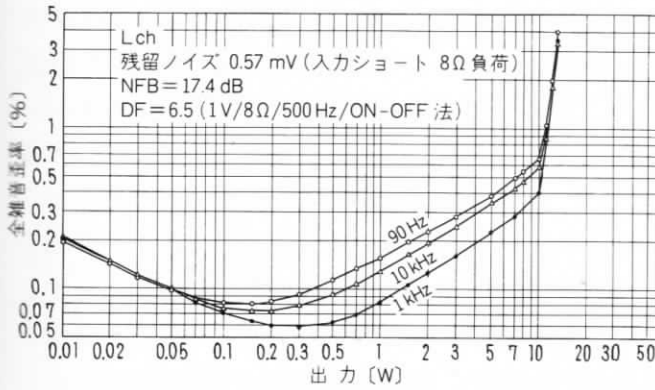


【図9】 入出力特性

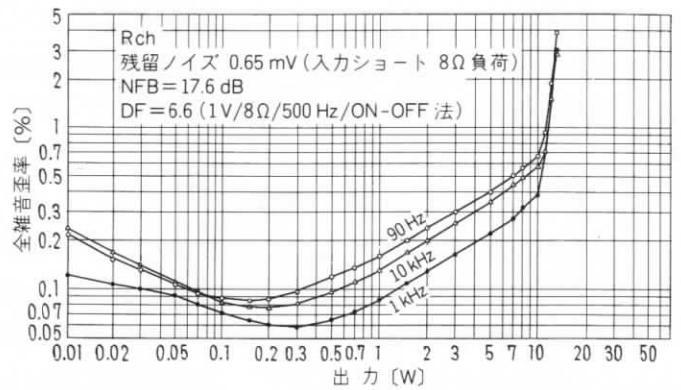
方形波応答写真 (出力1V)



【図10】 歪率特性 (NFBあり)



(a) Lチャンネル



(d) Rチャンネル

山谷はありません。低域は10Hzまで十分レスポンスがあります。100Hzを中心にわずかな低下(0.1dB)が観測されましたが、その他の特性や低域安定性などで問題はありませので、このままとします。

過渡特性は方形波観測写真により示します。抵抗負荷の場合、10kHzでほぼ原形を保っており、高域は100kHz付近まで素直な特性であることがわかります。負荷開放、純容量性負荷、容量/抵抗負荷いずれの場合も発振には至らず、実用状態に近い写真(f)の条件でほぼ原形を再現しています。

欲を言えば、(e)の純容量性負

荷の状態の高域ピークを下げたいところですが、今回はNFB量が多いこともあり、NFBアンプとしては平均以上のレスポンスを示す(f)の状態合格としました。

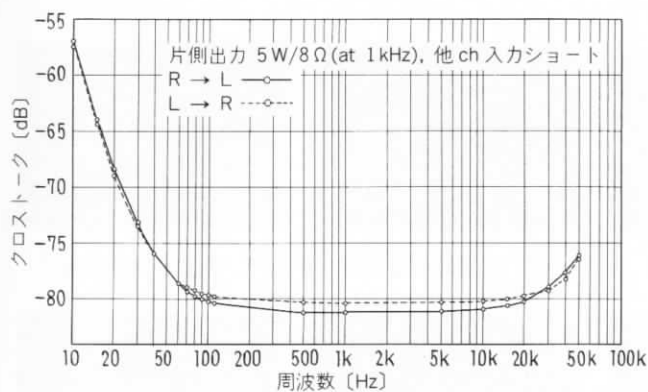
(2) 入出力特性とダンピングファクター

図9にRchの特性を示します。最大出力は12Wで、このときの所要入力788mVです。クリッピングは片方の頭がつかえるタイプのもので、ソフトクリップタイプです。ダンピングファクターはNFBの御利益十分で、ON-OFF法で6.6/Rch, 6.5/Lchとなりました。結果として、入力感度がやや高いこともあり、CDへのダ

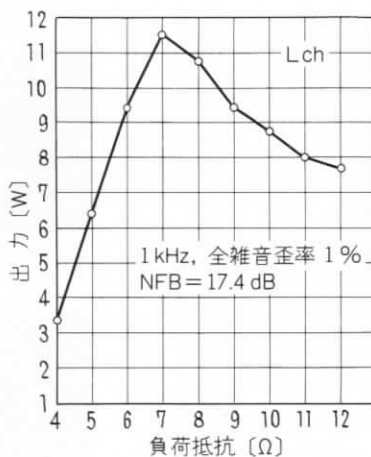
レクト接続などに使いやすいアンプとなりました。

(3) 全雑音歪率 (NFB時)

図10(a)(b)にNFBをかけた全雑音歪率を示します。最低歪率は0.3W時0.05~0.06%です。NFBが約18dBかかっていますので、これは順当というところです。残留雑音は0.5mV前後にまで落ちました。歪みの内容をFFTで観測しますと、1W付近では第2次高調波がほとんどであり、出力とともに徐々に第3次高調形成分が増えますが2次を上回ることはなく、そのまま最大出力となります。このへんがシングルアンプの音色上の特徴を形成しているように思



【図11】 クロストーク特性



【図12】 負荷抵抗対一定歪率出力特性

います。

(4) クロストーク

クロストーク特性は図11のようになりました。100Hzから20kHzまでは残留雑音レベルです。低域は電源部が両チャンネル共通であることから左上がりの特性となっていますが、12Hz以上では60dB以上のセパレーションがあり、十分満足のできる特性と思います。

(5) 負荷変動に対する出力特性

負荷抵抗を変数とし、全雑音歪率1%に達した出力をプロットすると図12のようになりました。多極管シングルアンプでよくある

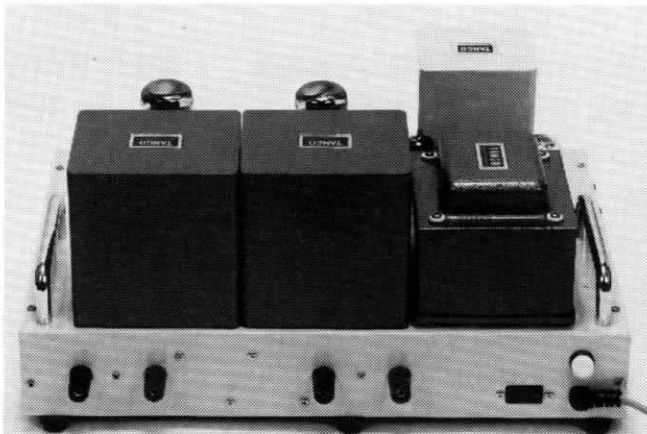
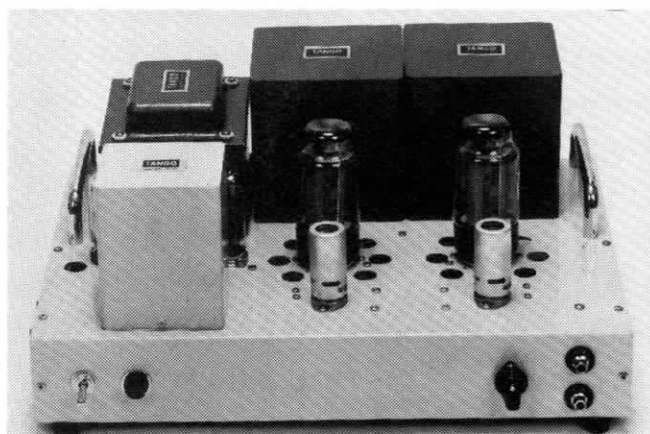
特性で、8Ωスピーカーに対し、本機の出カトランス1次インピーダンス選択が妥当だったことが分かります。

ヒアリングからの印象

多めのNFBをかけたアンプは本当に久し振りに聴くことになりました。音が厚めに出てくる印象で、ベースにしっかりバターとクリームを使ったコクのある料理という風情です。30年くらい前の話になってしまいますが、あまり基礎特性が芳しくないところにガミガミNFBをかけ、結果として音が痩せ、しかも若干ギラつくアン

プが少なくありませんでした。しかし時代の進歩とはありがたいもので、トランス類や回路に十分滋養をめぐらせた結果、昔のイメージからのアラ探しとは無縁の、音楽の聴けるアンプになりました。

入力感度が高い4極管、5極管は、どうも欧州の最も得意とする分野のようです。今後も可能性を探って行きたいと思います。



名球 EL156 とタンゴ XE-60-5SNF-2 の組み合わせで精悍な面構えとなった。チョークはシャーシのアイボリーに合わせて塗装