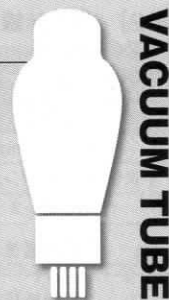


入手しやすい出力管で新型ファインメットトランスをドライブ

E80Lプッシュプル ステレオパワーアンプ

長島 勝 NAGASHIMA Katsu



2014年12月号に続いて春日無線変圧器製のファインメットコアトランスを採用したアンプを製作した。今回はオールMT管のプッシュプルで、出力管には、SQ管E80Lを採用。初段と位相反転段には6DJ8系双3極管を使用したカソード結合位相反転回路を採用した。試作時にウォーミングアップ時間の差によりECC88を1本破損してしまったので、ダイオードによる保護回路を設けて対策している。出力は約6.5W (1kHz)。ファインメットコアの繊細さと、プッシュプルの豊かな低音を併せ持ったアンプに仕上がった。



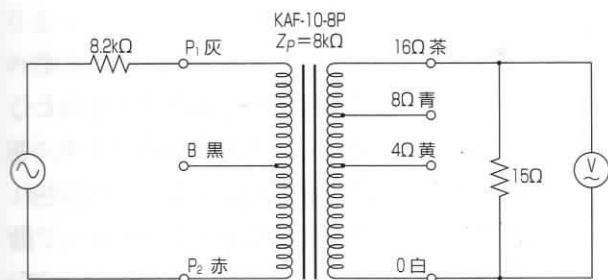
本誌2014年12月号掲載の「71A シングルステレオアンプ」に続いて、春日無線変圧器製のファインメットコア使用出力トランスを使ってアンプを作りました。今回はプッシュプルアンプです。

今回のトランスは試作品を譲り受けたものなので、トランス本体には試作番号「L583」が表示され

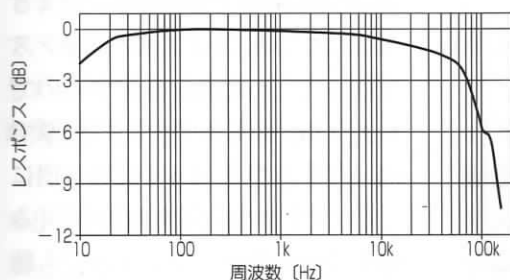
ていましたが、同一仕様の製品版 KAF-10-8P (税込18,900円) と同じ物です (写真1)。

春日無線変圧器で特性図は見せてもらいましたが、公表されていないので、簡易測定をしてみました。測定回路を図1、周波数特性を図2、諸特性の実測結果を表1に示します。

このクラスのプッシュプル用ファインメットコア出力トランスをインターネットで探したところ、ノグチトランス販売とアンディクス・オーディオからも発売されているようです。しかし、ある程度の規格がわかるのはノグチトランス販売のものだったので、春日無線変圧器とノグチトランス販売の製品

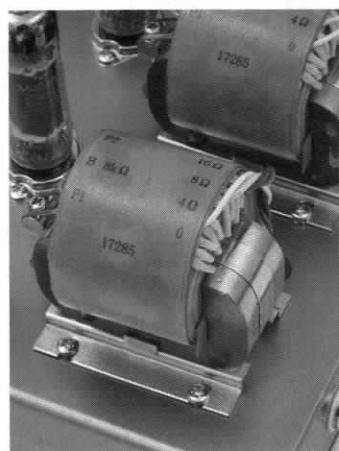


【図1】 KAF-10-8Pの特性測定回路



【図2】 KAF-10-8Pの周波数特性

【写真1】 春日無線変圧器初のファインメットコア使用プッシュプル用出力トランス (写真は試作品)。リード線引き出し型で、ケースは付属していない。直接高圧に手が触れる構造にはなっていないが、2014年12月号の71Aシングルアンプ同様に、ケースを設けたほうが安全だろう



【表1】 KAF-10-8Pの実測結果

| 1次側電圧 (V) | 巻線抵抗 (Ω) | 2次側電圧 (V) | 巻線抵抗 (Ω) | 巻線比 | 1次側抵抗 (Ω) | 電力損失 (dB) |
|--------------------|----------|-----------|----------|------|-----------|------------|
| P ₁ (灰) | 366 | 16Ω (茶) | 0.138 | 1.22 | 21.739 | 8504 -0.51 |
| B (黒) | | 8Ω (青) | 0.097 | 0.90 | 30.93 | 8879 -0.65 |
| P ₂ (赤) | | 4Ω (黄) | 0.069 | 0.64 | 43.48 | 9137 -0.82 |

[表2] 春日無線変圧器とノグチトランス販売のプッシュプル用ファインメットコア出力トランスの比較

| メーカー | 春日無線変圧器 | ノグチトランス販売 |
|-----------------|--|--|
| 型番 | KAF-10-8P | FM-5P |
| サイズ [mm] | 71×51×65 | 68×50×48 |
| 1次側インピーダンス [kΩ] | 8 | 10/20 |
| インダクタンス [H] | 60 (50Hz) | 140 (100Hz) |
| 最大電流 | 70mA (1本分) アンバランス1.5mA | 80mA (2本分) アンバランス5mA |
| 直流抵抗 | P ₁ -B 210Ω P ₂ -B 170Ω | P ₁ -B 189Ω P ₂ -B 189Ω |
| 定格出力 [W] | 10 (70Hz～50kHz) | 5 (70Hz) |
| 周波数特性 | 80Hz～50kHz (8kΩ/16Ω, -0.5dB) | 15Hz～55kHz (10kΩ/8Ω, 1W, -3dB) |
| 2次側インピーダンス [Ω] | 4/8/16 | 4/8/16 |
| 直流抵抗 [Ω] (8Ωにて) | 0.8Ω (テスターによる実測) | 0.56Ω (公表値) |
| 備考 | SGタップなし | SGタップあり 20kΩとしても使用可能 |
| 税込価格 | 18,900円 | 15,100円 |



[写真2] 出力管 E80L。箱とプリントはムラードだったが、本体にはフィリップス製を示すエッチングコードがあった

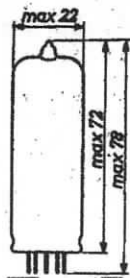
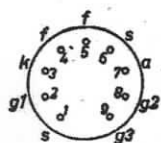
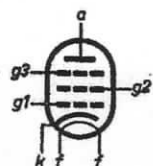
SQ PHILIPS E 80 L

OUTPUT PENTODE for use in professional equipment (life longer than 10 000 hours)
 PENTHODE DE SORTIE pour utilisation dans l'équipement professionnel (durée plus longue que 10 000 heures)
 ENDPENTODE zur Verwendung in professionellen Anlagen (Lebensdauer länger als 10 000 Stunden)

Heating : indirect by A.C. or D.C. series or parallel supply
 Chauffage: indirect par C.A. ou C.C. alimentation série ou parallèle
 Heizung : indirect durch Wechsel- oder Gleichstrom; Serien- oder Parallelspeisung

$V_f = 6,3 \text{ V}^1)$
 $I_f = 0,75 \text{ A}^1)$

Dimensions in mm
 Dimensions en mm
 Abmessungen in mm



Base, culot, Sockel: Noval

[図3] E80Lの規格 (1957年版フィリップスのデータシートより)

の規格を表2にまとめました。

12月号のシングル用トランスとは違って、それぞれの巻き方に大きな差があります。まず、定格出力が2倍も違います。ノグチトランスは測定条件を70Hzとしていますが、春日無線変圧器は周波数を規定していません。KAF-10-8Pは

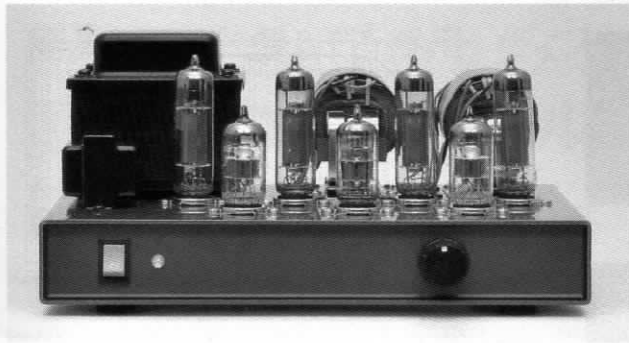
カットコアの片側に巻いてあり、1次巻線のP₁-B間とP₂-Bの抵抗値が違います。

仔細に観察すると、2次巻線①、P₁-B、2次巻線②、P₂-B、2次巻線③の順に巻いてあるように見えます。それをそれぞれのタップごとに3巻線を並列にしています。

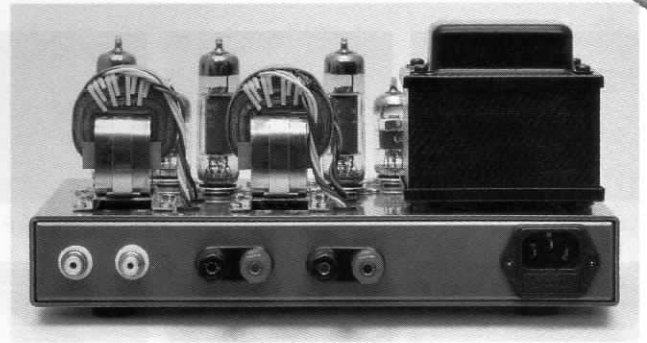
それに対して、ノグチトランス販売のFM-5Pはカットコアの両側を使って作られています。ウェブサイトの写真では詳細はわかりませんが、両側に等しく2次巻線、1次巻線、2次巻線の順で巻いて、2次側は4巻線を平行にしているように想像しました。

1次巻線の直流抵抗平衡度と2次側巻線抵抗の低さはノグチトランス販売のほうが良好です。P₁、P₂の結合度は春日無線変圧器のほうが良さそうです。またの機会に、ノグチトランス販売のトランスでアンプを作って、違いを確かめたいと思います。

ファインメットは、すでにオーディオ用トランスのコア材料として定着してきた感があります。さらに、電気自動車などに使用される高い周波数のインバーターで動かすモーターの需要増によって、0.35mmよりも薄い、0.2mmや0.15mmの無方向性電磁鋼板が出てきました。これでEIコアのトランスを作ったら、どんな音がするのでしょうか。同じコアで同じ積厚では、占有率が下がって低域は出にくくなりますが、高域は伸びてくるはずで、そのトランスの音も聴いてみたいものです。



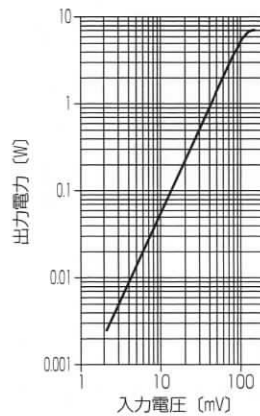
[写真6] 撮影した実機は初段にPCC88 (7V管) を使用しているのですが、初段のみヒーターが暗い。音量調節ボリュームは初段管直前に配置されている



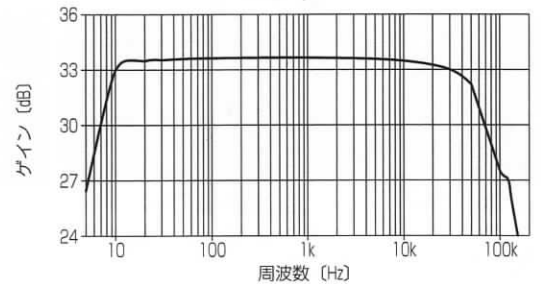
[写真7] リアパネルには入出力端子各1系統 (出力は8Ω) と電源インレットのみ。出力トランスはケースなし

[表5] 残留ノイズ測定結果

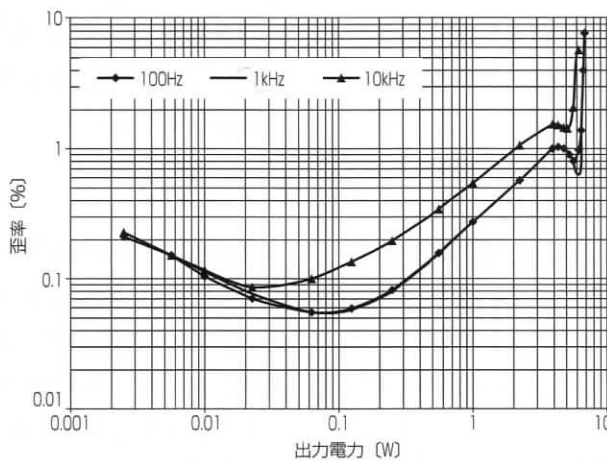
| フィルター | オープン (4Ω) | | | ショート (4Ω) | | |
|----------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | なし | 400Hz | ウエイト | なし | 400Hz | ウエイト |
| Lch [mV] | 0.42 | 0.36 | 0.09 | 0.17 | 0.13 | 0.028 |
| Rch [mV] | 0.56 | 0.38 | 0.094 | 0.2 | 0.16 | 0.048 |



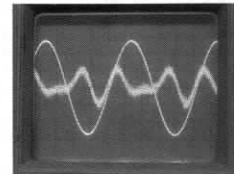
[図8] 入出力特性 (4Ω, 1kHz)



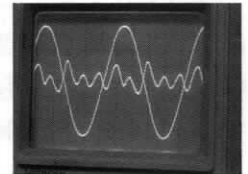
[図9] 周波数特性 (4Ω, 1V)



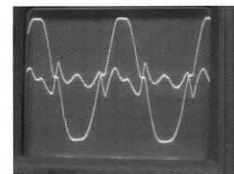
[図10] 歪率特性 (4Ω)



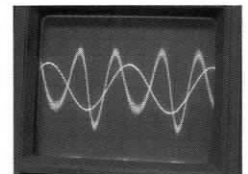
(a) 1kHz, 1V



(b) 1kHz, 5.1V

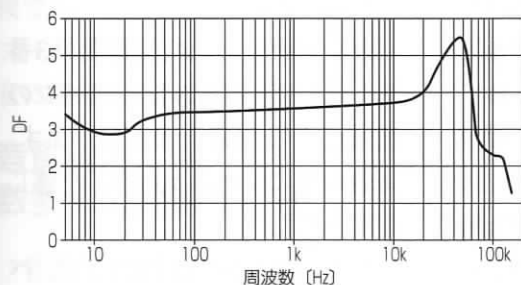


(c) 1kHz, 5.3V



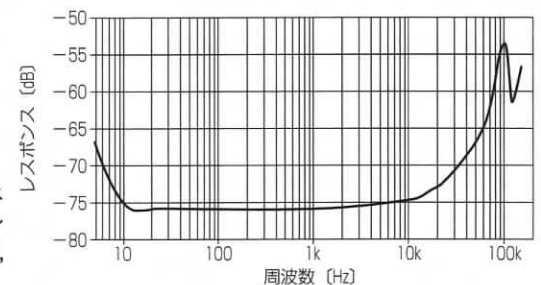
(d) 10kHz, 1V

[写真8] 歪み成分の観測結果 (4Ω)



[図11] ダンピングファクター (4Ω, 1V)

[図12] チャンネルセパレーション特性 (4Ω, 1V, Rch→Lch)



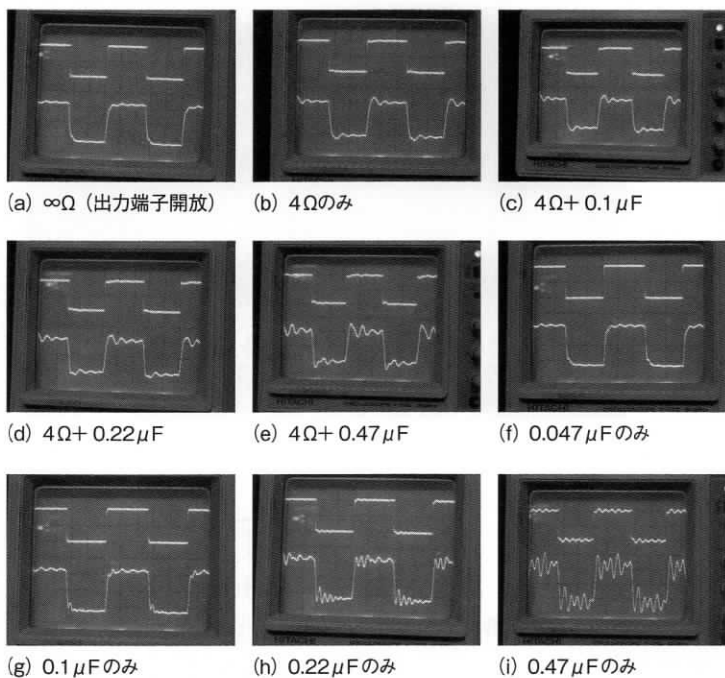
(2) 測定結果

残留ノイズは、オープンで、Rch 0.56mV, Lch 0.42mVでした (表5)。普通の値に見えますが、ゲイ

ンが通常よりも12dB以上高いので、かなりローノイズと言ってよいでしょう。これは、やはり静電シールドの効果でしょうか。

ゲイン実測値は33.6dB (4Ω) で、8Ωに換算すると36.6dBものゲインです。

入出力特性は図8です。1kHzの



[写真9] 10kHz方形波応答 (入力電圧20mV_{p-p}, 入力10mV/div, 出力0.5V/cm, 20μs/div)

クリッピングポイントは6.5W程度になるかと思えます。

クリッピングポイントは、頭がスパッと切れてグリッド電流が流れノッチング歪みも出てきます。クリッピングポイントはハッキリして、いきなり崩れます。

1V時の周波数特性は図9です。-1dBでは9.4Hz~40kHz, -3dBでは7.4Hz~67kHzです。

歪率特性 (図10) の最低値は、1kHz0.5V時の0.054%でした。

100Hzと1kHzは、同じようなカーブを描きます。10kHzが少し悪くなっているのは、位相補正で負荷抵抗が低くなり、最適値から外れることと、ゲインの減少のためでしょう。

写真8に歪み成分の観測結果を示します。

ダンピングファクター (図11) は1kHzで3.6でした。

10~20Hzにかけての低下は、カソードのバイパスコンデンサー470μFを大きくすれば、もっと小さくなります。

10Hz以下での上昇は、出力トラ

ンスのインダクタンスが小さく、低域では巻線の抵抗だけになるためです。

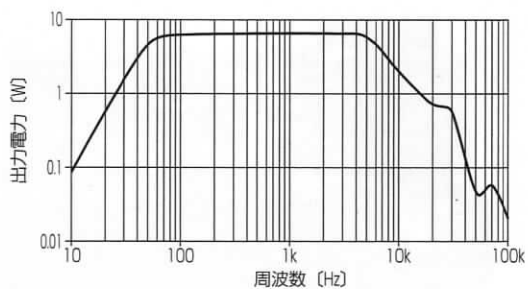
45kHzあたりの上昇は、位相が回ってゲインが上がっているからなのかもしれません。

チャンネルセパレーションは、入力ショートで1kHz/1Vで76dBほど取れていました (図12)。

各条件の方形波応答を写真9に示します。10kHz/4Ω単独 (写真9 (b)) の時点で、もうリングングが現れています。

なお、入力波形にもリングングが見られますが、ゲインが高いため入力電圧が低く、プローブのアース側がループになってしまっているためです。測定方法の再考が必要です。

4Ωの負荷抵抗がある場合と無負荷の場合には問題ありませんが、容量負荷のみになると波形がかなり乱れてくるものの、0.47μFでも発振には至りませんでした。ファインメットトランスの場合、高域のピークが大きく、位相補正がなかなかうまくいきませんでした。



[図13] パワーバンドワイズ (4Ω, 1%)

最後に、出力トランスの最大出力に疑問があったのでパワーバンドワイズを測定し、出力をグラフにしてみました (図13)。その結果、KAF-10-8Pは、100Hz/10Wと考えればよいと思えます。

高域での出力低下は、出力段位相補正の抵抗でパワーを食われるのが実感できます。

(3) その他の特性

消費電力は67Wで、消費電流は0.73Aだったので、1Aのヒューズを使用しています。

ヒアリング

ファインメットコア出力トランスの特徴でしょうか、細かい音までよく表現しているように思えます。71Aシングルとも共通するところがありますが、低域は大きく違い、さすがはプッシュプル、低音の伸びが違います。

サン=サーンスの交響曲第3番第1楽章の第2部では、オルガンの低域の上に弦楽合奏が舞います。音色の中に何かキラキラした感じを受けます。

ヴァンテージのEL84などは、ペアで1万円を超える価格になって、手軽に使用しにくくなりました。新規に作るのなら、ひと回り小さくても、このような入手の容易な真空管を使うのもおもしろいと思います。