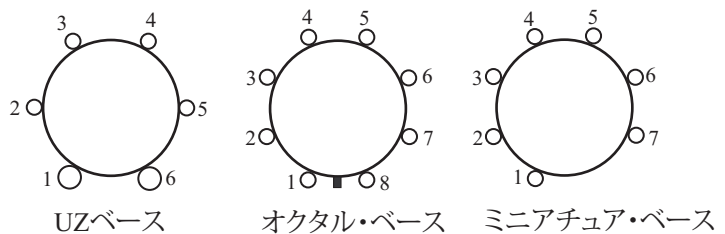


球から出るハムの対策

オーディオ・アンプにおけるハムは、その原因がかなり複雑なことが多く、しかも球に罪ある場合は案外少ないもので、むしろ回路や設計や部品の不良によることが多いようです。また球をさしかえることにより解決する場合も、回路を一部変更することによって解決することがあるのです。しかしそうは申しまして、ことにアンプのゲインの高い場合には、ヒーターを直流で点火しないかぎり、球の種類により当然それぞれに限度があります。このような点につき、いろいろ例をあげながら説明してみます。

1. 6ZDH3Aのヒーター・ピンは、どちらの方をアースすべきか？

口金のピン番号は、御承知のように第1図のようにきめられています。昔はこれとことなり、ヒーターを3, 4と呼ぶ方法がありましたから、混同しないようにしてください。



第1図 球の底面からみた口金のピン番号

6ZDH3Aのヒーターは、ピン1をアースした方がよいと雑誌に発表されているのを御存知でしょう。これはなぜでしょうか。

6ZDH3Aはグリッドがベースに出ているシングル・エンド型ですから、グリッド・ヒーター間のキャパシティーが多く、この容量を通してヒーターの交流電圧がグリッドにかかることになり、ハムの原因となりやすいのです。このキャパシティーは一般には発表されていないのみならず、ソケットでの容量を含んだものは見当りません。実測した値は次の通りです。

ピン 1-3間 $C_{1,3}$ 約0.45pF

ピン 6-3間 $C_{6,3}$ 約0.16pF

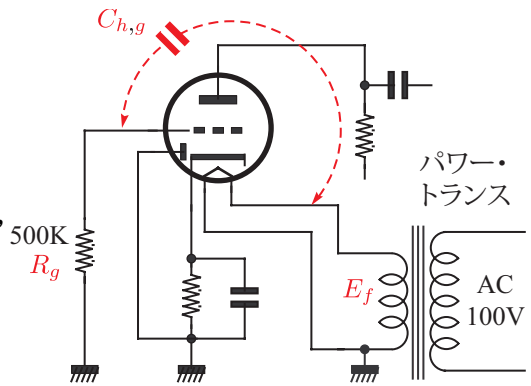
したがってピン1を接地すれば、ヒーター・グリッド間の容量 $C_{h,g}$ は0.16pFになり、ピン6を接地すれば0.45pFになりますから、ピン1を接地すればよいことがおわかりでしょう。これを知らずにピン6を接地すれば、約3倍にハムが増すまけです。

$C_{1,3}$ が $C_{6,3}$ に比し多くなっているわけは、ベースのピンが接近しているだけでなく、球を手にとって御覧になればすぐにわかりますように、ステムの摘み部で

口出線が接近しているからであります。

2. 6ZDH3A はどの位のゲインのアンプに使えるか?

6ZDH3A は次段に出力管がくる場合はよいが、さらにその中間に 76 を使ったような 3 段増幅回路に用いると、ハムが出てよくないといわれています。この理由を考えてみましょう。第 1 節の場合も本節でも、6ZDH3A のハムとしては**第 2 図**の回路、すなわち三極部だけを使用した場合について考えることにします。二極部も使用する場合は少し様子が変わります（第 10 節）から間違わないようにしてください。



第 2 図 二極部をアースした場合についてまず考えよう

第 2 図の回路で、グリッドにはヒーター電圧 E_f が $C_{h,g}$ を通してかかり、次式の交流電圧 E_{ng} が生じます。

$$E_{ng}(\text{mV}) = 0.00628 \times f \times R_g(\mu\Omega) \times E_f(\text{V}) \times C_{h,g}(\text{pF}) \quad (1)$$

ここに f は電源のサイクル数であります。

このハム電圧は増幅されスピーカーに現れるわけで、このハム出力電圧 E_{n0} は

$$E_{n0} = E_{ng} \times A \quad (2)$$

A は増幅度であります。 E_{n0} は 2V 以下におさえるのが普通で、周波数を 60c/s とすれば、 $C_{h,g}$ は次の値以下でなくてはならないことになります。

$$C_{h,g} \times A \leq 1700 \quad (3)$$

6ZDH3A-42 という組合せでは、 A は約 1,000 ですから、 $C_{h,g}$ は 1.7pF 以下でなければなりません。第 1 節に説明しました $C_{1,3}$ および $C_{6,3}$ はこの値よりはるかに小ですからピン 1 を接地してもピン 6 を接地しても、この場合使用上なんらさしつかえないわけです。

一方 6ZDH3A-76-42 という組合せでは、 A は約 10,000 倍となりますから、 $C_{h,g}$ は 0.17pF 以下でなければなりません。この値以下ですから、ピン 1 を接地さえすればどうにか使用できることになります。しかし後述しますようにハムの原因は他にもありますので、幾分余裕をみるとしますと、このような 3 段増幅には 6ZDH3A を使用しない方が安全であるということになります。このような場合は 6AT6 か 6C6 を用うべきでしょう。

3. 6AT6(6AV6) の場合はいかん

6AT6は6ZDH3Aとちがってボタン・ステムを使用し、ステム部にシールドがあり、ソケットも中央にシールドがありますので、 $C_{h,g}$ は非常に小さくなっています。

ピン 3-1間 $C_{3,1}$ 約0.12pF

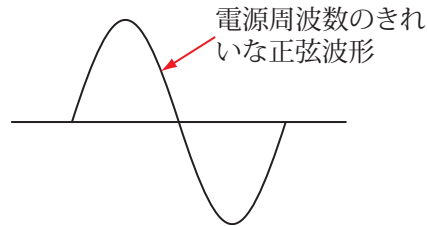
ピン 4-1間 $C_{4,1}$ 約0.07pF

この値を6ZDH3Aのそれと比較すれば次の結論が容易に得られます。

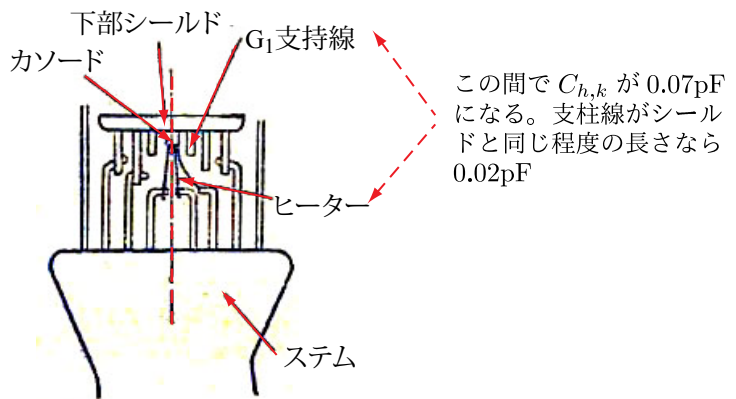
- (a) ピン3を接地した方がよいが、2段増幅ではあまり気にしなくてもよい。
- (b) 3段増幅（ゲイン10,000倍くらい）まではピン3を接地すれば使用できる。

4. 6C6のハムで困った話

100db程度のアンプですが、ハムが多いのでヘッドの6C6をとりかえたらなおってしまった。球が悪いから調べてほしいと、ハムの出る6C6を持込まれました。アンプにさしてみると、よい球ではハム出力電圧が約1Vなのに、不良球は5V位出ています。ハムの波形を見ましたところ、第3図のようにきれいな60c/sの波形でした。このような波形はヒーター・グリッド間の絶縁不良か、キャパシティーによることが多いのですが、



第3図 $C_{h,g}$ によるハムの波形



第4図 ハムの出た6D6の構造

6C6ではヒーターとグリッドの絶縁が悪くなりそうにありません。そこで $C_{h,g}$ を測ってみますと、良品で0.01pFなのに、ハムの多い球は0.07pFもあります。(1)式から計算しますと、100db(10万倍)ですから、 $C_{h,g}$ は0.017pF以下でなければならないわけで、ハムの多い原因は明らかに $C_{h,g}$ が多かったからです。

不良球をこわして良品と比較してみましたのが第4図で、グリッド支柱が下部に出すぎていたためであります。このような球は $C_{p,g}$ も少し多くなりますが、中

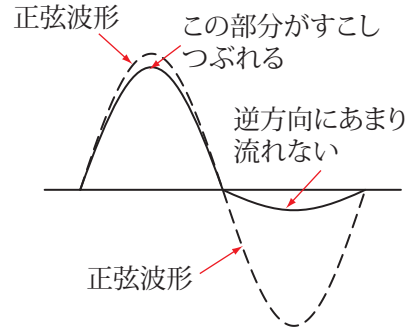
間周波1段ではほとんど気付きません。良心的に球が作られているかどうかは、こういうところで見分けるのであります。

5. 6C4で経験したハム

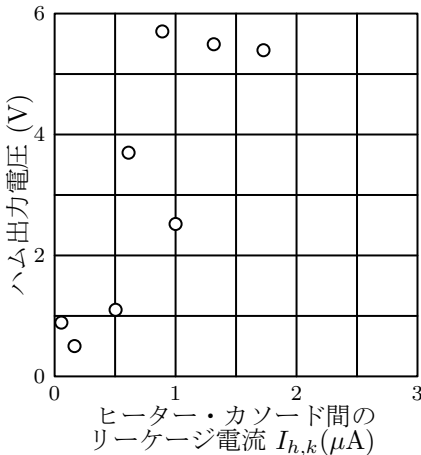
テープ・レコーダーでヘッドに6C4を使った100db程度のアンプで、6C4をとりかえるとハムが大きく変り、小さいものでは0.1V程度のハム出力なのに、多いのでは5Vも出るのがあるとのクレームを受けまして、調査した経験をお話いたします。

ハムが沢山出る場合の出力波形を、ブラウン管オシロで調べてみますと、**第5図**のような半波整流の波形でした。このような波形は、主としてヒーター・カソード間のリーケージにより生ずるものですから、ハム電圧とリーケージ電流の関係を実測してみましたら、**第6図**のようになりました。ヒーター・カソード間のリーケージ電流 $I_{h,k}$ は、両電極間に45Vの直流電圧をかけて流れる電流を測ったもので、図はヒーターを+にした場合(+ $I_{h,k}$)です。 $I_{h,k}$ は**第7図**のように変化するのが普通で、またヒーター電圧が上ると急激に増加します。

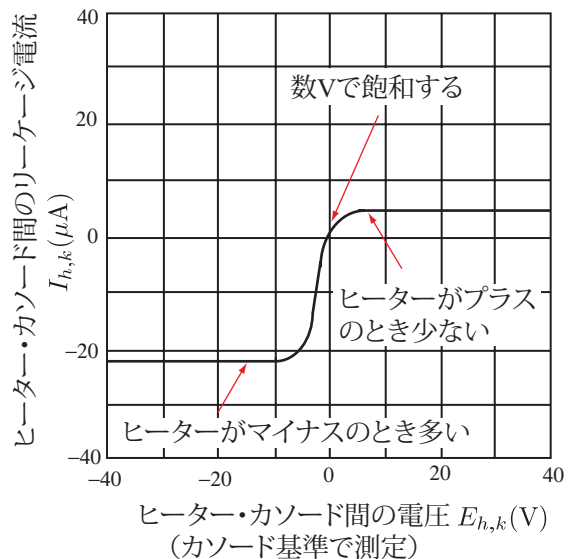
第6図から $I_{h,k}$ とハム電圧とは大いに関係があることがわかります。6C4のところの回路は、入力インピーダンスを上げる目的と負^き饋還をかけるために、カソー



第5図 $I_{h,k}$ によるハムの波形



第6図 ハム電圧とリーケージ



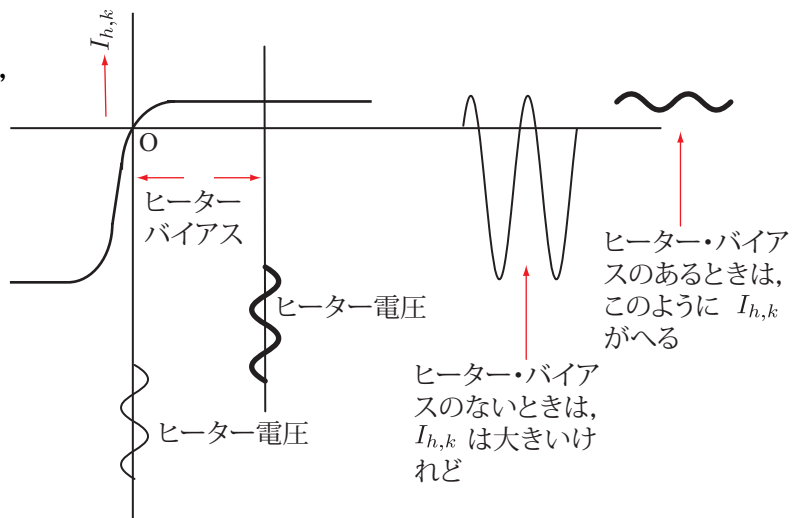
第7図 H-K 間リーケージ電流の特性

ド抵抗 R_k にはバイパスが入っていませんでしたので、 $I_{h,k}$ による交流が R_k の両端に交流電圧を生じたため起ったものです。第7図からわかりますように、 $I_{h,k}$ は一種の整流作用をもっていますので、第5図のような片波整流のごとき波形になったわけです。

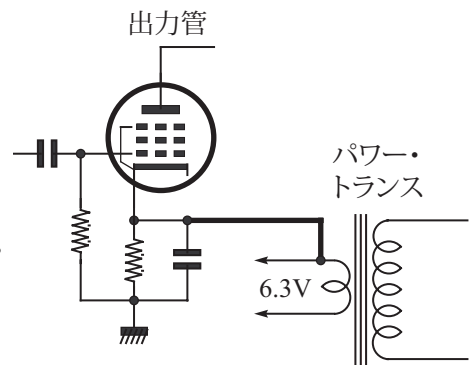
このような原因によるハムが起きる場合は、ヒーター・カソード間に20V前後の直流電圧（ヒーターを正にする方がよい）をかけるとよいのでありまして、第8図を見ればこの理由がおわかりになると思います。この電圧は高いほどよいわけですが、球の方の耐圧の問題から、50V以上にするようなことはさけるべきです。

この電圧を作る一番簡単な回路は、第9図のように出力管のバイアスを利用する方法で、これによりハム電圧を20db以上にも減ずることができます。6C4の場合もこれにより完全に解決いたしました。80db以上のアンプで R_k をバイパスしない場合、および100db以上のアンプでは、この注意を忘れないようにしなければいけません。

またヒーター電圧を定格より10～20%下げると、 $I_{h,k}$ が減りますから有効な方法です。このように使う場合の特性および寿命については、ほとんど心配の要はありません。それは抵抗増幅であるため、プレート損失およびプレート電流が非常に小さいからです。このことから、 $I_{h,k}$ によるハムの大小を調べる方法として、電源電圧を下げてみる方法があることに、気附かれると思います。



第8図 ヒーター・バイアスの効果



第9図 ヒーター・バイアスの取方

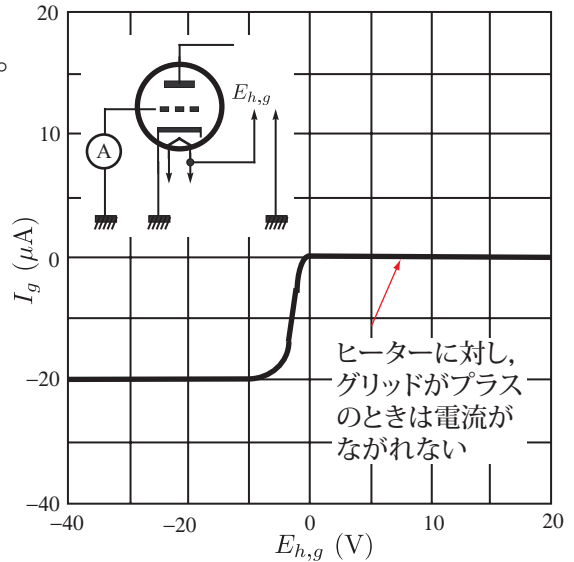
6. 6C4のゼロ・バイアス回路でハムに悩んだ話

3年ばかり前、ミニチュア管の6C4を工場で試作していたときの事です。ゼロ・バイアス回路で低周波のアンプの試験をしてみますと、ハムが多い球が出てきました。この球について $I_{h,k}$ を測ってみますと、ハムの少ない球よりも確かに多いのですが、 $10\mu\text{A}$ 程度で不良というほどではありません。しかもゼロ・バイアスですから、カソード抵抗はゼロで $I_{h,k}$ によりハムを拾うことも考えられません。

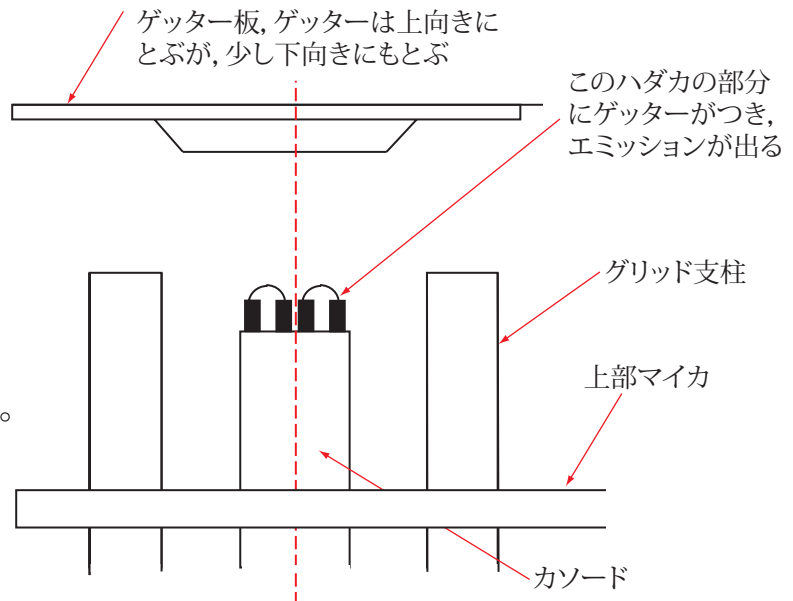
ハムの波形についても、ヒーター・バイアスの効果についても、前節とま

たく同様な結果を得て、 $I_{h,k}$ によるもの、すなわちヒーターからグリッドに直接交流が流れているとしか考えられませんので、 $I_{k,g}$ を測ってみましたところ、**第10図**のような特性が得られました。グリッドがヒーターに対して正になっている場合に、グリッド電流が流れることがわかりました。すなわちヒーターからエミッションが出て、それがグリッドに流れ込んでいたわけです。

この原因は、**第11図**のようにヒーターの上端がカソードよりわずかに出ている、この部分は折曲げのために裸になっていますので、ここにゲッターのバリウムがつき、エミッションが出るようになったからです。ヒーターをカソードよりひっこめること、およびゲッターの指向性をよくし上部にのみ飛ばすことにより、完全に解



第10図 ヒーター・エミッション特性



第11図 ヒーター・エミッションの原因

決しました。

7. 6ZDH3Aのソケットの絶縁不良によるハムの経験

球をいくら変えてもハムが減らないという6ZDH3Aを使った5球スーパーで経験したのですが、6ZDH3Aを抜きさえすればハムが止るという現象を調べたことがあります。ハムの波形は**第3図**のような波形ですが、10V近いハムが出ています。ヒーターはピン6がアースしてありましたので、ピン1の方にかえましたところ、4V近くに下りました。しかしまだ多いので、6ZDH3Aをいろいろ変えてみましたが少しもよくなりず、球に原因はなさそうです。

ソケットが中古のものを使い、しかも半田附のときのペーストでよごれていたので、ソケットを新品ととりかえたら、完全に直り、ハムは1V程度になりました。取外したソケットの絶縁を調べてみますと、各電極間は20～50MΩ程度で、新品なら無限大近くのはずです。やはりソケットの絶縁不良によるハムです。アースしてない側のヒーターとグリッドの間の絶縁抵抗を $R_{g,h}$ としますと、**第2図**の回路では、ハム電圧2Vにおさえるためには、ゲイン60dbとして160MΩ以上の $R_{g,h}$ でなければなりません。いかにソケットの絶縁が大事かということがわかりでしょう。この抵抗は球の方にも考えられるのでありまして、球としても、200MΩ以上（私の会社は300MΩ以上で検査しています）の絶縁抵抗に保つことが必要です。シングル・エンド型では、このように絶縁の問題とキャパシティーの問題がありますから、60db以上の増幅に使うことは、一応さけるべきでしょう。

8. ヒーター・カソード間の容量によるハム

カソード抵抗 R_k にバイパスがない場合は、ヒーターの交流電圧がヒーター・カソード間の容量 $C_{h,k}$ を通して、 R_k に交流電圧がかかり、ハムが出るのが考えられます。この電圧は次式で計算できます。

$$E_n = \frac{1}{2} E_f \times 2\pi f C_{h,k}$$

$\frac{1}{2}$ にしたのは、ヒーターとカソード間の電圧の平均値は E_f の半分だからです。

ハム電圧を2Vにおさえますと

$$C_{h,k}(\text{pF}) \times A \leq \frac{1.7 \times 10^3}{R_k(\text{k}\Omega)}$$

となり、 $R_k = 10\text{k}\Omega$ として

$$C_{h,k}(\text{pF}) \times A \leq 1.7 \times 10^5 \quad (4)$$

$C_{h,k}$ は 6.3V, 0.3A のカソード・ヒーターの場合約 4pF であり, ソケットの容量を入れても 4.5pF 以下ですから, この値を (4) 式に入れて増幅度 A は約 90db 以下ならハムが問題にならないこととなります。したがって一般には, カソード・グリッド間のキャパシティーによるハムに比し, 無視してよいわけです。この両者のハムは, ヒーター電源の接地にハム・バランサーを用うることにより, さらに軽減できることは申すまでもありません。

9. ヒーターの交流点火では, どの位のゲインまでヘッドに使えるか?

ハムの原因は, 球の方だけから見ると, このほかにマグネチック・ハム (ヒーターを交流電流が流れているために生ずる磁界によるハム, つぎの機会にくわしく説明します) があります。マグネチック・ハムは 6C6, 6SJ7-GT 等で, グリッド側に換算して $1 \sim 10\mu\text{V}$ のオーダーのもので, 100db 以上のアンプになって初めて問題になるわけです。したがってヒーター・バイアスを加えた 6C6 や 6SJ7 では, 100db 程度までは充分実用になり, それ以上ではヒーターを直流で点火するのが安全であります。

10. ゼロ・バイアス回路とハム

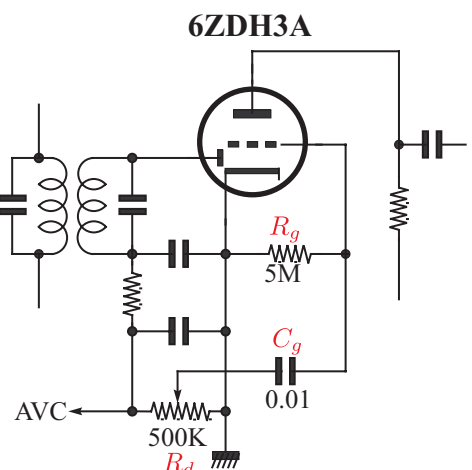
ゼロ・バイアス回路は, グリッド・リークとして $5\text{M}\Omega$ の抵抗を用いますので, ハムの危険があると心配される方が多いようです。すなわち (1) 式の R_g が $5\text{M}\Omega$ になりますので, (3) 式は

$$C_{h,g} \times A \leq 170$$

となり, 6ZDH3A は使いものにならないように思われるのです。しかしこの考え方は誤っているもので, 本誌 4 月号 [『ラジオ技術』1953 年 4 月号] に説明しましたように, ゼロ・バイアスのグリッド・インピーダンスはグリッド抵抗の $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ になるのでありますから, $5\text{M}\Omega$ を用いても実効的には $1 \sim 0.5\text{M}\Omega$ になり, この値を (1) 式に入れればよいわけです。

11. 6ZDH3A の検波増幅回路とハム

これまで考えてきましたのは, すべて低周波アンプとしてでありまして, 二極検波をとる場合には多少修正を要する点があります。いま第 12 図のような 6ZDH3A



第 12 図 6ZDHA の回路

の回路を例にとってみましょう。このような回路では、二極管部を直線検波で動作させるのが歪および AVC の点からすぐれていますので、二極検波出力電圧は割に高いため、ハムが出るとすれが、特に変な球を用いないかぎりキャパシティーによるハムであります。キャパシティーとしては、ヒーターとグリッドおよびダイオード¹⁾間の両者、 $C_{h,g}$ および $C_{h,d}$ を考えなければなりません。

$C_{h,d}$ は第 1 表のようになり 6ZDH3A は $C_{h,g}$ よりピン 1 を接地した場合小であり、しかも二極部のインピーダンスは、本誌昨年 12 月号 [『ラジオ技術』1952 年 12 月号] で説明しましたごとく、100 ~ 60k Ω であるのに対し、グリッド側は第 9 節で説明しましたように 1M Ω ~ 500k Ω ですから、二極検波の場合グリッドに生ずるハム電圧は、二極検波のない場合の 80% 程度に下ります、すなわち 6ZDH3A に関するかぎり、ピン 1 をアースすればよいこととなります。

12. 6AT6 の検波増幅とハム

6ZDH3A では検波増幅の場合も増幅だけのときも、ピン 1 をアースすればよいと申しましたが、6AT6 (6AV6 も同様) では少し様子が異なります。第 1 表からわかりますように、ヒーターとダイオードが隣り合ったピンに出ている関係から、 $C_{h,d}$ が大きくなることのあるからです。この値と $C_{h,g}$ の関係から結論だけを申し上げますと次のようになります。

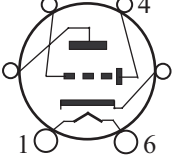
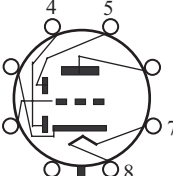
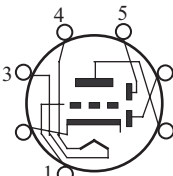
- ㉑ ダイオードを 2 個とも併列に結んで使う場合は、ヒーター・ピン 4 をアースするとよい。
- ㉒ ダイオードを片側だけ使う場合は、ピン 5 をアースしてピン 6 を使うのがよい。この場合ヒーターはピン 3 でも 4 でも大差ないが、ピン 3 を接地した方がわずかによい。

13. むすび

以上を簡単に要約しますと、

- ㉑ キャパシティーによるハムは、GT 管・ミニアチュア管を除き、ST 管では主なハムの原因で、60db 以上のアンプには無理である。6AT6, 6AV6, 6SQ7-GT

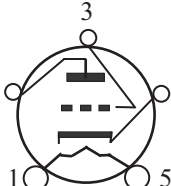
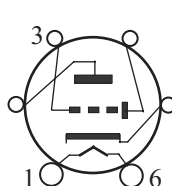
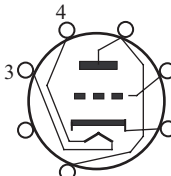
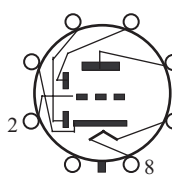

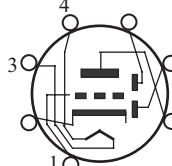
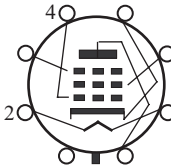
第 1 表 H・D 間の容量

6ZDH3A	
	1-4 0.21pF 6-4 0.30pF
6SQ7-GT	
	7-4 0.03pF 7-5 0.48pF 8-4 0.06pF 8-5 0.13pF
6AT6(6AV6)	
	3-5 0.04pF 3-6 0.03pF 4-5 0.39pF 4-6 0.04pF

NEC 製品で、ソケットを含む値。
他社品は多少異なることあり

1) [編註] diode. 6ZDH3A の 2 極管部のこと。半導体ダイオードではない

第2表 H・G間の容量

<p style="text-align: center;">76</p>  <p style="text-align: right;">1-3 0.35pF 5-3 0.13pF</p>	<p style="text-align: center;">6ZDH3A</p>  <p style="text-align: right;">1-3 0.45pF 6-3 0.136F</p>
<p style="text-align: center;">6C4</p>  <p style="text-align: right;">3-6 0.07pF 4-6 0.09pF</p>	<p style="text-align: center;">6SQ7-GT</p>  <p style="text-align: right;">7-2 0.06pF 8-2 0.06pF</p>
<p style="text-align: center;">6C6</p>  <p style="text-align: right;">3-G₁ 0.01pF 6-G₁ 0.01pF</p>	<p style="text-align: center;">6AT6(6AV6)</p>  <p style="text-align: right;">3-1 0.12pF 4-1 0.07pF</p>
<p style="text-align: center;">6SJ7-GT</p>  <p style="text-align: right;">2-4 0.06pF 7-4 0.03pF</p>	

NEC 製品で、ソケットを含む値。他社品は多少異なることあり

でも、絶縁によるハムを考えると、80db が限度である。それ以上のゲインの場合は 6C6 がよいが、100db 以上は無理である。

- ⑥ 球の事故によるハムとして、ヒーター・エミッション、およびヒーター・カソード間のリーケージ（ショートを含む）、キャパシティーの不当に多い場合等の原因がある。
- ⑦ ゼロ・バイアス回路のグリッド・リーク $5M\Omega$ の高抵抗は、ハムの点から恐れる心配はまったくない。
- ⑧ シングル・エンド管では、ヒーターのピンのアースは管種によって適当な値がある。
- ⑨ 100db 以上のアンプでは、マグネチック・ハムが問題となるので、ヒーターは直流点火するのがよい。
- ⑩ シングル・エンド管では、ソケットの絶縁には特に注意しなければなら

ない。

⑧ 高利得のアンプでは，初段の球のカソード・バイアスには必ずつけること。

(一木吉典)

PDF 化にあたって

本PDF は、
『ラジオ技術』1953年7月号所収
を元に作成したものである。

ラジオ関係の古典的な書籍及び雑誌のいくつかを

ラジオ温故知新

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/>

に、

ラジオの回路図を

ラジオ回路図博物館

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/radio/radio-circuit.html>

に収録してあります。