

高等学校教学用书



电子与离子变换器

(工业电子学原理)

第一卷 电子技术

下 册

И. Л. 卡加諾夫著

王 众 託 譯

本書系根据苏联国立动力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 1950 年出版的卡加諾夫 (Н. Л. Каганов) 所著“电子与离子变换器 (工業电子学原理)” [Электронные и ионные преобразователи (Основы промышленной электроники)] 第一卷譯出的, 原書經苏联高等教育部审定为动力高等学校、电工高等学校以及动力工程系和电工工程系用的教科書。

原書共分三卷。第一卷講述电子技术, 中譯本分上下兩册出版: 上册包括前四章, 主要講述元件与整流線路; 下册包括后四章, 主要講述放大器、振盪器、光电設備与电子示波器。

本書也可供工程技術人員进修时参考。

电子与离子变换器

(工業电子学原理)

第一卷 电子技术

下 册

Н. Л. 卡加諾夫著

王众託譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·33 開本 850×1168 $\frac{1}{2}$ 印張 10 13/16 字數 253,000

一九五七年四月第一版

一九五七年四月上海第一次印刷

印數 1—8,300

定價 (10) 1.60

第一卷下册目錄

第五章 电子管放大器	1
5-1. 最簡單的放大線路	1
5-2. 按照陽極特性曲線來繪制电流与电压曲線	6
5-3. 放大器的类型。放大線路中的畸变	13
5-4. 放大的“类”	21
5-5. 計算單管功率放大器时电子管与負載电阻的选择	25
(a) 線路与放大的“类”的选择	26
(6) 电子管型类的預选	27
(b) 負載电阻大小的求法	29
5-6. 單节功率放大線路中主要量的計算	35
(a) 分析計算法	35
(6) 圖解計算法。非線性畸变系数的求法	39
(b) 自偏压环节的計算	42
5-7. 單节功率放大器計算举例	44
5-8. 推挽式功率放大輸出級的計算	48
5-9. 推挽式功率放大器的計算举例	59
5-10. 輸出前級	64
5-11. 电流放大器。陰極輸出級	66
5-12. 电阻电容耦合电压放大器的計算	70
5-13. 电阻电容耦合电压放大器計算举例	80
5-14. 变压器耦合的与电抗耦合的电压放大器。頻率特性的校正	82
5-15. 諧振放大器	87
5-16. 放大器中的回授。去耦濾波器	91
5-17. 直流放大器	96
5-18. 不稳定性極小的直流放大器線路	105
5-19. 直流脈冲放大器	111
5-20. 具有正回授的直流非線性放大器(觸發器)	114
5-21. 使用交变陽極电压的放大器(相放大器)	117
5-22. 电子管和电流放大有关的其他用途	119
(a) 电子管电压和电流繼电器	120

(б) 电子管延时继电器	122
(в) 电压调整器中的量测元件	124
(г) 电子管式电压稳定器	126
(д) 阳极检波和栅极检波	127
5-23. 电子管量测线路和量测仪器	129
(а) 直流伏特计	130
(б) 交流伏特计	132
(в) 电子管相位计	134
(г) 电子管频率计	135
(д) 微小电流的量测	136
第六章 电子管振荡器	138
6-1. LC 型振荡器的示理线路图	138
6-2. 振荡用电子管	142
6-3. 振荡回路对 LC 型振荡器工作的影响	147
6-4. 振荡器工作情况的分析	153
6-5. 振荡器的计算	165
6-6. LC 振荡器工业线路的特点	169
(а) 金属的表面硬化和熔炼	169
(б) 高频焊接	173
(в) 塑料的高频加热	173
(г) 高频振荡器的完整线路	174
6-7. L 型脉冲发生器	176
6-8. RC 型正弦波振荡器	179
6-9. RC 型矩形脉冲和尖顶脉冲发生器	181
(а) 他控振荡器	182
(б) 半自控振荡器	184
(в) 自激振荡器	187
(г) 自激並外部整步的振荡器。频率的划分	188
6-10. 锯齿形电压发生器(扫描发生器)	190
6-11. 超短波和厘米波振荡器	196
6-12. 电子管振荡器振荡的调制	207
第七章 光电器件及其应用	215
7-1. 光电效应的种类及光电管的类型	215
7-2. 外光电效应定律	218
7-3. 复合光电阴极	223
7-4. 真空光电管和充气光电管的特性和参数	228

7-5. 光敏电阻	237
7-6. 障層光电管	241
7-7. 光电倍增器	246
7-8. 电子式变光器	253
7-9. 光电器件的应用	255
(a) 光电繼电線路	256
(б) 光度量測線路	259
(в) 光电式透明度量測器	262
(г) 光电高溫計	264
(д) 光譜分析器	265
第八章 陰極射線儀器及其應用	267
8-1. 陰極射線管的構造和作用原理	267
8-2. 亮度和射線聚焦的控制	271
8-3. 电子射線偏移的控制	275
8-4. 熒光屏的性質和特性	280
8-5. 陰極射線管的类型	285
8-6. 靜电控制式陰極示波管的饋电線路	290
8-7. 电磁控制式陰極示波管的饋电線路。扫描的特殊类型	302
8-8. 陰極線示波器的一些用途	306
(a) 雷击放电特性的量測	307
(б) 輸电線和电訊線状态的量測	308
(в) 磁滯迴环的取录	314
(г) 电子管特性曲線的取录	314
(д) 利用示波器求相角差和频率关系。用一条射線来描繪两个圖像	315
8-9. 特种陰極射線儀器	318
(a) 电子显微鏡	319
(б) X 射線管	325
(в) 陰極線換接器	329
(г) 电子加速器(电子迴旋加速器)	332

参考書目

中俄名詞对照表

第五章 电子管放大器

5-1. 最簡單的放大線路

最簡單的單級电压或电流放大的線路如圖 5-1, *a* 所示。这里一共有兩個电路：

1. 栅極电路，除了栅極与陰極兩电極之間的空隙外，它包括恆压电源 E_{co} (所謂偏压) 和一个輸入环节，这輸入环节把放大器的栅極电路和量測元件—發送器联接起来，而量測元件—發送器的电压或电流正是需要放大的。通常把一个輸入电阻 R_{ex} 与栅極陰極間的空隙相並联而接到栅極电路上。

2. 陽極电路，除了陽極与陰極兩电極之間的空隙外，它包括恆压电源 E_a (所謂电子管的电源电压) 和負載电阻 R_a 。

待放大的电压或电流加到栅極电路的輸入端 (端子 1-2)，我們可在負載电阻的輸出端 (端子 3-4) 得到放大后的电压。

正像以前所講过的那样，放大作用就是：利用很小的栅極电压来变化电子管內的陽極电流，我們可以在負載电阻兩端得到形狀相类似而数值大得多的电压变化。

陽極电路中电流交变的能量可以直接从电源 E_a 获得，当需要放大的电压还没有加上的时候，电源 E_a 在陽極电路里产生一个大小不变的直流电流，而当栅極电路的輸入端有了待放大的电压以后，电源供給陽極电路以一个随時間变化的电流，这电流除了包括一个直流分量外，还包括交变分量。

在放大器里，电子管的栅極起着極灵敏的感觉器官的作用，它

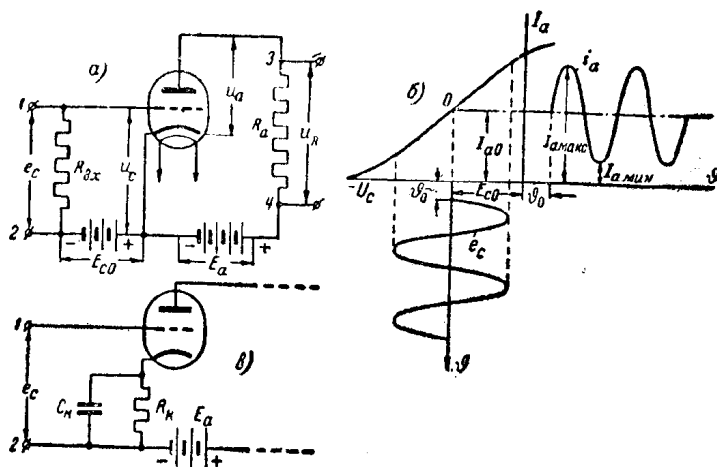


圖 5-1. 帶有陽極負載的放大級：

a—外加偏壓的線路；b—按照動態陽柵特性繪制陽極電流曲線；c—自偏壓的線路。

可以控制陽極電路中電流變換（也就是把直流變成脈動電流）的狀況。如果有需要，可以利用電抗把交流分量從脈動電流中分出來。在柵極電路中，偏壓 E_{c0} 的作用是為了把電子管的工作放到陽柵特性曲線的最適宜的段落上，這樣陽極電路中交變的形狀可以更接近於柵極電路中交變的形狀。圖 5-1, b 中所繪的圖形極其清楚地表明了需要放大的交流電壓（也叫作交變電壓）與脈動的陽極電流之間的關係。從研究這個圖形中可以很明顯地看出偏壓 E_{c0} 的作用，通常這個偏壓的極性是正極在陰極上而負極在柵極上。在繪制圖形時候，動態陽柵特性是用來作根據的曲線。它和前一章所講到的靜態陽柵特性不同的地方是它這兒考慮到了電子管上的電壓並不再保持恆定，而是隨着電流在改變了，因為：

$$U_a = E_a - I_a R_a. \quad (5-1)$$

在橫軸上相當於偏壓 E_{c0} 的一點由時間軸向下畫一條垂直線，柵極電路上的振盪電壓 u_c 的曲線就畫在這條線上。為了使繪

圖和分析簡單起見，在這兒把柵極电路中的交变电压認為是正弦形的，而接到陽極电路上去的是恆值負載电阻 R_a 。

动态陽柵特性曲線（它的画法下面要講到）的行程不仅和电子管的性質有关（通过靜特性来影响），同时还和線路的参数 R_a 与 E_a 有关。

圖 5-1, 6 中的陽極电流曲線是按电流的瞬时值画的，这瞬时值決定於由曲線 e_c 所引的垂直線与圖 5-1, 6 中的陽柵特性曲線的交点。在用角度 θ_0 来計量的这段时间內，柵極电路里还没有交变电压，陽極电路里的电流是恆值，等於 I_{a0} 。这个电流叫作無訊电流，而在陽柵特性曲線或陽極特性曲線上決定这电流的点叫作無訊点。

在把交变电压加到柵極电路以后，陽極电路里的恆值电流变成了脈动电流，它既包括直流分量，又包括週期性交变分量。只是当动态陽柵特性曲線上的工作段是严格的直線性时，交变分量才是純粹的交流（特別是正弦电流）。因为在一般情況下陽極特性与陽柵特性曲線是非線性的（在理論上它決定於 $\frac{3}{2}$ 次方定律），所以在談到特性曲線上各段的直線性时，只是假設这些段与線性关系足夠接近。

在圖 5-1, 6 中陽柵特性曲線上选作工作段的这类線性段落落在左边和右边都要受到限制。右边它受到开始产生柵極电流的柵压的限制。正如 § 4-4 所指出的，这發生在柵压为 $-(0.5-1.0)$ 伏的时候。左边工作段受到使陽極电流移到特性曲線非線性段落（尾部）上的柵压的限制。

如果偏压 E_{c0} 选得能使柵極电路中的交变电压以它为基准而發生的变化 e_c 不超过上述界限值，那末电子管可以保証在線性段落上工作。倘若偏压 E_{c0} 相应於陽柵特性曲線線性段落的中点，那末当振蕩电压是对称的时候，我們便可以完全利用这線性段落。

而在其他各种可能的放大状况下，偏压的值要加以改变。偏压的主要用途就在于调整工作状态。

在栅极电路上加偏压并不一定需要外加电源到栅极电路上。

在圖 5-1, θ 中，偏压直接从电阻 R_k 上得来(R_k 接在栅极电路与阳极电路所共有的一段上)，这时阳极电流的直流分量 I_a 流过这个电阻。为了防止交流分量流过 R_k ，这个电阻常常并联以(适当计算好的)电容器 C_k 。

这种偏压叫作自偏压，用在大多数电流放大线路里，因为这样我们可以省去一个电源。

输入电阻 R_{ox} 与栅极阴极间的空隙相并联，为了放大量测元件的电流或是需要稳定栅极电路的工作状况而用它。

在前一种情况下，待量测的电流经过 R_{ox} ，在这个电阻的两端建立一个和电流成正比的电压。待量测的电流是根本不能通过栅极与阴极之间的真空空隙的，因为它具有单向导电的性质。

如果栅极电流的个别分量(决定于电子管的工作状况)大得可以和从量测元件而来的交变电流相比较而它对栅极阴极间的空隙的电导有所影响时，就必须利用 R_{ox} 来稳定栅极电路中的工作状况。要是把 R_{ox} 的数量级选得比栅极阴极间空隙的内电阻小，那末就可以达到稳定情况。事实上我们已经使得电子管输入端的电压和栅极阴极间内电阻的变化完全没有关系了。因为从量测元件来的电流绝大部分从 R_{ox} 流过去了。电阻 R_{ox} 不可选得太小，因为随着它的减少，量测元件的功率便要增加，而通常量测元件所容许的电流与功率是极其有限的。由于普通型类的电子管的栅极输入电阻在 10^7 — 10^9 欧姆范围内，所以应把输入电阻 R_{ox} 选在 10^5 — 10^7 欧姆范围内。有时输入电阻用输入电容 C_{ox} 来替代，对于输入电流的交变分量来说，电容的电抗应差不多和电阻相等。

在分析陽極电流曲線所得的形狀之前,我們先來研究一下利用电子管的陽極特性曲線族來繪制動態陽柵特性曲線的方法,如圖 5-2, *a*、*b* 所示。

在圖 5-2 里, *b* 是从电子管目录里取来的或是从手册表格中取来的电子管陽極特性曲線族。从特性曲線的行程看来,这是三極管的情况。从橫軸上的 *M* 点 (*M* 点決定於电源电压 E_a) 与橫軸成 α 角引一条斜線 *MN*, 这条線叫作負載線。

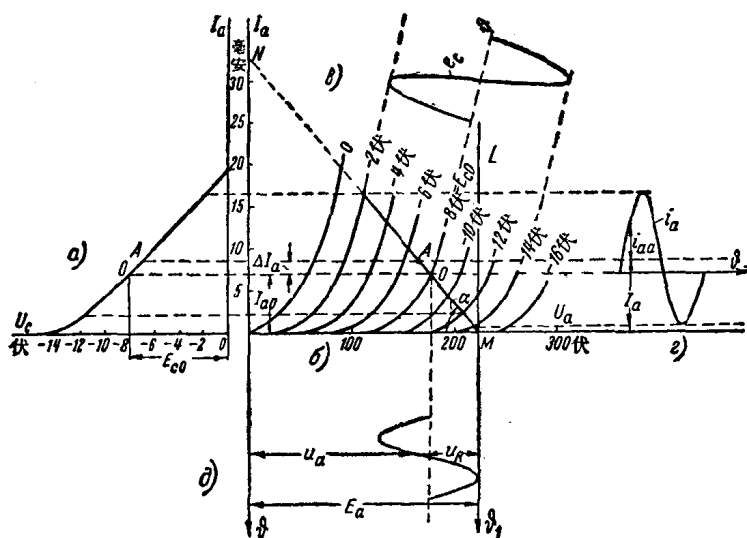


圖 5-2. 按照陽極特性曲線族來繪制陽極

电流曲線和動態特性曲線:

a—動態陽柵特性曲線; *b*—陽極特性曲線族; *c*—柵極电压曲線; *d*—陽極电流曲線; *e*—电子管上的电压 (对 θ 軸而言) 和負載上的电压 (对 θ_1 軸而言)。

負載線的傾斜角 α 是以等式

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a} R_a \quad (5-2)$$

为基础而选择的; 上式中 R_a 是負載电阻;

a 是横轴上电压的比例尺(伏/厘米);

b 是纵轴上电流的比例尺(安/厘米);

这样画出来的负载线与电子管的阳极特性曲线的交点给出了差不多所有决定电子管在放大线路中工作状况的主要量。

的确,由于垂直线 ML 和纵轴一样,上面可以标示阳极电流 i_a , 所以包在垂线 ML 与负载线之间的任何水平线都决定了负载上的电压降:

$$u_R = i_a \frac{a}{b} \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) = i_a \frac{a}{b} \operatorname{ctg} \alpha = i_a R_a. \quad (5-3)$$

在纵轴与负载线之间的另一段水平线便决定了电子管中的电压降 u_a , 因为它加上 u_R 后便是电源电压 E_a 。当负载电阻为给定值时, 电子管中电流的瞬时值决定于负载线与阳极特性曲线交点的坐标值, 而这时在栅极电路上所需要的电压值正如各阳极特性曲线上所标示的。

当栅极电压为某一值即 $u_c = -8$ 伏时, 决定电压 u_R 、 u_a 与电流 i_a 的三个线段已经注明在图 5-2, δ 、 ∂ 中。负载线 MN 与图 5-2, δ 中所绘阳极特性曲线的所有交点决定了图 5-2, a 中所示的动态阳极特性曲线的全部行程, 而这里的阳极特性曲线是相应于给定的 R_a 值和电源电压 E_a 的。

当电源电压 E_a 或负载电阻 R_a 的大小改变时, 动态阳极特性曲线的行程会发生变化, 这在绘图时应该可以看出。根据这样得来的阳极特性曲线可以画出阳极电流曲线, 画法已在图 5-1, δ 中阐明。

5-2. 按照阳极特性曲线来绘制电流与电压曲线

但是为了绘制阳极电流曲线, 並不一定要预先绘制动态阳极

特性曲線。

正像圖 5-2, α 中所画的那样, 可以借圖 5-2, β 中所繪的栅压曲線 e_c 之助, 直接根据陽極特性曲線族来繪制陽極电流曲線。圖 5-2, β 中, 栅压曲線(在这种情况下是正弦波)画在一条時間軸上, 这条時間軸是与偏压 E_{c0} 相应的那条陽極特性曲線的延長直線。

繪制 e_c 曲線时, 選擇比例尺要考虑到应使栅压曲線的幅值对应於兩条陽極特性曲線之間的距离, 这两条陽極特性曲線上所标的栅压值正是波动电压的最大值。

在 e_c 曲線上选一些与标在陽極特性曲線上的栅压值相等的栅电压值, 再根据这条陽極特性曲線与負載線的交点便可決定陽極电流的瞬时值以及和它相应的时刻(在一个週期內), 这样便可繪制陽極电流曲線, 如圖 5-2, γ 。

利用这种繪圖法除了节省時間外, 看起来也更清楚一些, 因为我們可以立即判断当 E_a 、 R_a 、 E_{c0} 或 e_c 这几个量之中的一个或者几个發生变化时, 陽極电流曲線究竟發生了什么变化。这在寻求我們所注意的那些量的适当数值时是很方便的。在用作圖法来分析电流变化的时候, 可以把負載線看作是一条軌跡, 栅極电压的投影沿着它变化, 当交变的栅压为正值时, 由無訊点 O 向上移动, 而当其为負值时, 向下移动。

陽極电流的最大值決定於交变栅压的正的最大值 $+E_{cm}$, 而电流的最小值決定於交变栅压的負的最大值 $-E_{cm}$ 。电源电压在負載电阻和电子管上的分配(即 u_R 与 u_a) 随時間变化的曲線可以根据陽極特性曲線与負載線的交点在橫軸上的投影来繪制, 如圖 5-2, δ 把画好的 u_a 曲線和栅压 e_c 曲線拿来对照一下, 可以看出: 当栅極上的正的波动电压上升的时候, 电子管上的电压便降低, 而当栅極电压減少时, 电子管上的电压便要增加。这也就是说, 陽極

电流的交变分量和栅极交变电压的相位是相反的。

从圖 5-2, δ 、 ϵ 中陽極电流曲線的繪制可以看出:由於陽極特性曲線之間的距離是不均勻的(尤其是靠近 M 的地方),所以陽極电流曲線和正弦波有差別。

曲線形狀的畸變通常不僅引起陽極电流的交变分量的改变,同时也引起它的直流分量的改变。

在這種情況下,直流分量的大小是:

$$I_a = I_{a0} + \Delta I_a, \quad (5-4)$$

而电流的总的瞬时值可以这样表示:

$$i_a = I_a + i_{aa}, \quad (5-5)$$

其中 i_{aa} 是陽極电流的純交变分量。

直流分量的值 I_a 对应於負載線和动态陽極特性曲線上的 A

点,这一点叫作工作点,它和所謂無訊点的 O 点是不同的。

当負載电阻不是直接接在陽極电路中,而是像圖 5-3, a 的線路中那样通过变压器联接(这种接法的理由在

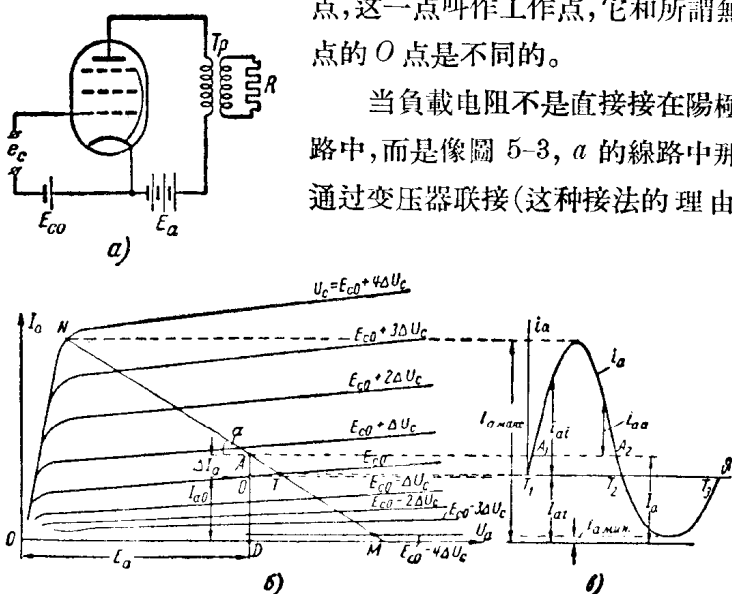


圖 5-3. 变压器输出的放大級:

a —外加偏压的線路; δ —五極管的陽極特性圖; ϵ —陽極电流曲線。

§ 5-5 中要解釋),那末在从無訊狀態(这时在柵極電路上只有电压 E_{c0} 作用)过渡到工作状态(这时柵極電路中还有 e_c 發生作用)时,陽極電路中的电阻要改变。

的确,在無訊狀態下,通过变压器原繞組的只是直流,在陽極電路中的阻抗近於零,因为这个繞組的电阻是極小的。在有了交变电压以后,电流的交变分量也要通过变压器的副級和負載电阻 R ,这就等於在陽極電路中加了一个負載电阻

$$R_a = n^2 R; \quad (5-6)$$

其中 n 是变压比。

在圖 5-3, θ 中,兩条負載線适应於兩種电阻:动态电阻与静态电阻。其中(1)静态負載線差不多是一条垂直線,它从橫軸上由 E_a 所決定的点开始,通过無訊点 O ; (2)动态負載線,通过点 A 和時間軸上的点 T (它的求法下面要講到),与橫軸的夾角 α 由等式(5-2)決定。

动态負載線之所以不像以前那样从橫軸上決定於电源电压 E_a 的点开始,是由於在陽極迴路中除了 E_a 外,还有在变压器的原級繞組中感应而生的电动势起着作用。

在交流電路中,电路的电抗元件(电感、电容)上所产生的电压可以按等值 R_a 与 X_a 考虑,同样在这兒变压器原級繞組的电动势的作用也可以按照等值阻抗 Z_a 来考虑,在个别情況下,变压器的漏电感可以不用考虑,而 Z_a 可以变成等式(5-6)中的 R_a 。

無訊点 O 与工作点 A 之間的差異是因为在放大过程中由於陽極特性曲線之間的距离不相等,致使电流曲線形狀發生畸变,因而出現了一个电流的附加直流分量 ΔI_a ,它按比例尺來說等於电流 OA 。因为在一週期内电流 i_a 的值等於其平均值(A_1 与 A_2 兩点,見圖 5-3, θ) 的情況出現兩次,所以 A 点应在动态負載線上。在繪出动态負載線(穿过 A 点与橫軸成 α 角)以后,根据在 $u_c = E_{c0}$

时它和陽極特性曲線的交点便可決定時間軸上的 T 点, 它和陽極电流曲線(圖 5-3, σ) 上的 T_1 、 T_2 、 T_3 相对应, 而 T_1 、 T_2 、 T_3 之間互差半个週期。

因此, 我們把陽極电流分成下列几种来研究:

(1) 無訊电流 I_{a0} ;

(2) 由時間軸所決定的电流值 I_{at} 。 I_{at} 和 I_{a0} 之間的差別即使在五極管(圖 5-3 中繪的便是它的特性曲線)中也是很小的。

(3) 电流的平均值, 正如(5-4)式中的

$$I_a = I_{a0} + \Delta I_a. \quad (5-7)$$

(4) 电流的週期性变化的分量的瞬时值 i_{at} (i_{at} 加上 I_{at} , 便是全部电流的瞬时值)

$$i_a = I_{at} + i_{at}. \quad (5-8)$$

(5) 电流的純交变分量的瞬时值。它們加上电流的平均值 I_a 便是全部电流的瞬时值:

$$i_a = I_a + i_{aa}. \quad (5-8a)$$

只是当变压器沒有漏磁而变压器副繞組电路中的負載是純电阻时, 动态負載線才是直線。当負載中有了电抗时, 动态負載線变成了橢圓[参考書目 V-1]。

在繪制动态負載線时, 我們直到現在还是假定負載电阻 R_a 是已知的。事实上 R_a 是一个未知量。随着对放大器所提出的不同的技术要求, 每种放大器都有它一定的适宜工作状态, 而 R_a 是應該根据这种状态来选择的。

在找出符合上述条件的 R_a 並选定电子管的型类后, 我們可以求出那些用来評断放大線路效能的主要参数。这些参数之中的一个是动态电压放大系数 K , 它決定於输出电压的变化 dU_R 与输入电压的变化 dU_e 的比:

$$K = \frac{dU_R}{dU_c} = \frac{dI_a}{dU_c} R_a. \quad (5-9)$$

因为根据(4-26)式可知: 栅極电路中电压变了 dU_c 就相当于当电流不变(即 $I_a = \text{const}$)时电子管陽極电压变了

$$dU_a = -\mu dU_c,$$

所以要是 在栅極电路中电压变了 dU_c 的同时我們在陽極电路 中加一个电压为 $-dU_a$ 的电源使陽極电压变了 $-dU_a$, 那末陽極电路中的电流就保持不变。

倘若在陽極电路中再加上第二个电源 $+dU_a$, 它和上述电源大小相等, 符号相反, 那末电流变化的值是

$$dI_a = \frac{dU_a}{R_i + R_a} = \mu \frac{dU_c}{R_i + R_a}; \quad (5-10)$$

其中 R_i 是电子管的內电阻;

R_a 是負載电阻。

因为加了上述两个电源(假想加上去的)后电路的情况不应發生变化, 所以栅極电路中电压变了 dU_c 的唯一結果是陽極的电路中电流变化了 dI_a , dI_a 可由等式(5-10)決定。

由(5-9)与(5-10)式可得:

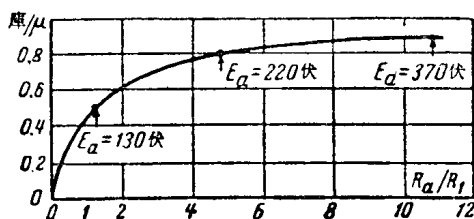
$$K = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a}. \quad (5-11)$$

方程式(5-11)對於簡單的放大線路來說是合用的, (5-11) 式指出: (1) 动态放大系数不仅和电子管的参数 μ , R_i 有关, 同时还与線路的参数 R_a 有关; (2) R_a 和 R_i 的比愈大, 則这个放大系数也愈大。当 R_a 比 R_i 大得多的时候, 在分母中 R_i 可以忽略不計, 線路的动态放大系数便等於电子管的靜态放大系数了。

但是这种理論上的極端情况在实际上是很难达到的, 因为当电流变小时, R_i 也要增大。因此, 在負載电阻增加的情况下想要使得放大系数能連續增加, 就必須在电流达到一定的極小值时提

高电源电压 E_a 。

圖 5-4 是一个 $R_i = 12$ 千欧的电子管的 K 与 R_a 的相对变化函数关系。这条曲线不是在單一的电源电压 $E_a = 130$ 伏下收录的，



而是 E_a 如圖中箭头所示逐漸增加的。

有些線路，我們希望在它的輸出端得到尽可能大的陽極电流变化，那末在判断線路的

效能时，要根据另一个参数，也就是要根据动态互导 S_{dyn} 了， S_{dyn} 決定於等式

$$S_{dyn} = \frac{\partial I_a}{\partial U_c} = \frac{\mu}{R_i + R_a} \quad (5-12)$$

把等式(5-12)的右边乘以 S_{cm} ，再除以 S_{cm} [利用(4-38)式]，可得：

$$S_{dyn} = S_{cm} \frac{R_i}{R_i + R_a} \quad (5-13)$$

从(5-13)看来，要使互导高，就必须把負載电阻 R_a 取得尽量小。当 R_a 比起 R_i 来微不足道而可以忽略不計时，动态互导差不多等於静态互导。

要是我們希望在放大器的輸出端得到最大的交变功率，那末 R_a 与 R_i 之間最适当的关系可以这样找：交变功率的一般表示式为：

$$P_R = \frac{(\Delta I_a)^2 R_a}{2} = \frac{(\mu \Delta U_c)^2 R_a}{2(R_i + R_a)^2} \quad (5-14)$$

把上式微分，使导数为零。

在(5-14)式中，代替微量的是 ΔU_c 以及与其相应的电流变化 ΔI_a ， ΔI_a 表明了 I_a 的变化限度。