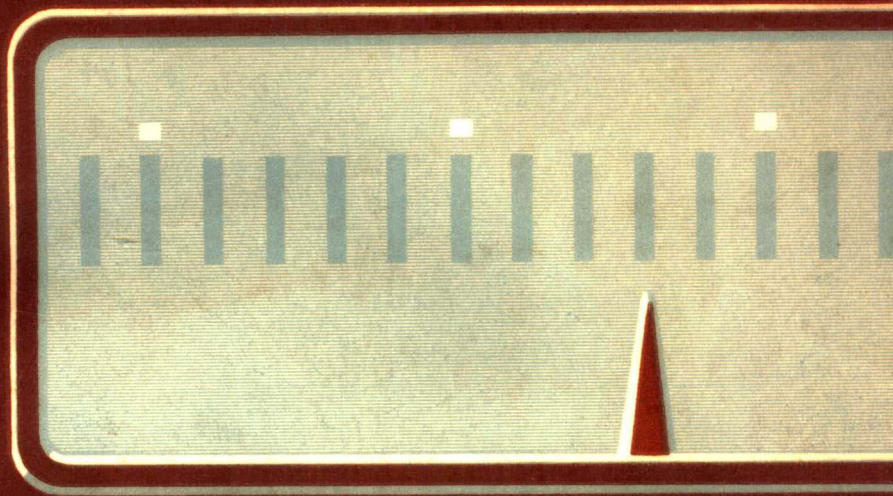




饒 紀 杭 編

电子式 热工仪表

上 册

內 容 提 要

本书介绍的电子式热工仪表有：使用长条记录纸的大型和小型电子仪表、使用圆形记录纸的电子仪表、旋轉刻度的指示式电子仪表、旋轉指针的指示式电子仪表等。在上册内，叙述了这些仪表的测量系统、仪表的结构和主要技术特性。为了使读者掌握有关的基础知识，书中还用了相当多的篇幅讲述了电子学的基本知识和电子仪表的元件。

本书原是辽吉电业管理局电子仪表训练班的讲义，可供火力发电厂热工仪表及汽轮机、锅炉工作人员阅读。

电子式热工仪表 上册

饒 紀 杭編

*

2011R438

水利电力出版社出版（北京西郊科学厂二里内）

北京市书刊出版业营业许可登记证出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店北京科技发行所发行 各地新华书店經售

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本*4 $\frac{3}{4}$ 印張*102千字

1959年8月北京第1版

1959年8月北京第1次印刷(0001—5,680册)

統一书号：15143·1596 定价(第8类)0.43元

目 录

第一篇 电子学的基本知識

第一章 电子和热电发射	1
第二章 电子管	2
第一节 二极电子管	2
第二节 电子管整流器	4
第三节 整流器的平滑滤波器	5
第四节 充气式稳压管	7
第五节 半导体整流器	8
第六节 三极电子管	10
第七节 三极管放大器	11
第八节 四极管和五极管	14
第九节 四极管和五极管的放大电路	17
第三章 电子示波器	18
第一节 阴极射线管	18
第二节 电子示波器的原理	19
第四章 电子电路的元件和符号	20

第二篇 电子仪表的元件

第一章 电子仪表的结构	23
第二章 测量系统	24
第一节 电位计的测量系统	25
第二节 平衡电桥的测量系统	27
第三节 差动变压器的测量系统	31
第三章 可逆电动机	35
第四章 电子管放大器	38
第一节 振荡变换器	38
第二节 输入变压器	39
第三节 电压放大器	41
第四节 功率放大器	42
第五节 反馈电路	45

第三篇 电子式热工仪表的构造

第一章 电子仪表的分类	48
第二章 使用长条记录纸的大型电子仪表	49
第一节 仪表的测量系统	49
第二节 Y9型电子放大器	53
第三节 仪表的结构	54

第四节 仪表的主要技术特性.....	55
第三章 使用长条记录纸的小型电子仪表.....	56
第一节 仪表的测量系统.....	57
第二节 Y9M 型电子放大器.....	59
第三节 仪表的结构.....	61
第四节 仪表的主要技术特性.....	63
第四章 使用圆形记录纸的大型电子仪表.....	64
第一节 仪表的测量系统.....	64
第二节 电子放大器.....	66
第三节 仪表的结构.....	67
第四节 仪表的主要技术特性.....	67
第五章 旋轉刻度的指示式电子仪表.....	68
第一节 9ПВ 型电子电位计.....	68
第二节 9МВ 型电子平衡电桥.....	69
第三节 9ПВН 型电子感应仪表.....	70
第六章 旋轉指针的指示式电子仪表.....	70

第一篇 电子学的基本知識

第一章 电子和热电发射

世界上一切物質都是由原子所組成的，而原子又是由原子核和电子所构成的，原子核位于原子的中心，而电子則圍繞着原子核不停地运动着，电子带負电荷，而原子核中的質子带正电荷，每个質子所带的正电荷和每个电子所带的負电荷大小完全相同。除了質子以外，原子核中还有中子，但是它是不带电的，所以原子核所带的正电荷的多少完全决定于核中質子的数量。目前人們所知道的元素共有 102 种，每种元素的原子核中的質子数是不相同的，每一个原子中原子核周圍的电子数目等于原子核中的質子数目。由于核中質子的正电荷和周圍电子的負电荷刚好互相抵消，所以原子对外界沒有任何电性，是中性的。

原子核和电子就象太阳和周圍的行星一样，它們之間的距离很大。原子核的半徑 $R=r_0 A^{1/3}$ ， $r_0=1.2 \times 10^{-13} \sim 1.5 \times 10^{-13}$ 公分， A 表原子量。而原子的半徑，除了也随着原子量不同而外，一般其大小秩次却有 10^{-8} 公分，也就是說原子的半徑比原子核或电子(秩次和輕核子相同)的半徑大十万倍。原子核和电子之間能保持这么大的距离，是因为电子以很大的速度在作圓周运动，会产生很大的离心力，这个离心力刚好能跟原子核和电子之間的引力抵消，这样电子就能保持在距离原子核一定距离的軌道上运动。构造比較复杂的原子(电子数較多时)，在原子核周圍运动的电子不是都位于同一个軌道上的，而是处在几层距离原子核不同距离的軌道上，而且在每层軌道上的电子的数目又有着一定的限度。目前已知离原子核最近的一层軌道上的电子数最多为 2 个，第二层最多为 8 个，以后每层最多为 18 个，32 个等。而且只有在里面一层軌道上的电子占满了以后，电子才能占到外面一层的軌道上。由于不同的原子的电子数目不同，所以它們的軌道层数也不同。如图 1 所示的鈉原子共有 11 个电子，其中 10 个电子刚好将里面的两层軌道占满，而最后的一个电子才不得不独自占据在第三层軌道上。处在最外一层軌道上的电子，因为它們距离原子核最远，受原子核的引力也較小，所以很容易离开原子，特别是当最外一层軌道上的电子数目少于 2 时，这样的电子叫作半自由电子。

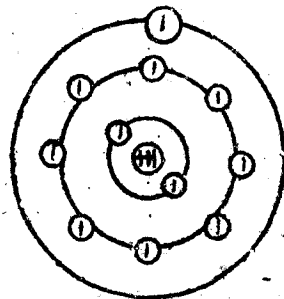


图 1 鈉原子

如果設法加一部分能量給最外一层軌道上的电子，这些电子的运动速度就会增加，离心力也会加大，最后甚至会脱离原子而飞到原子以外，这样的电子叫做自由电子，因为它不再受原子核的束縛了。自由电子就是在一切电的現象中起主要作用的。这时原子由于失去了一个或几个电子，使核中質子所带的正电荷不能完全被电子所抵消，原子将对外界表示正电性，这样的原子称为正离子。正离子能够吸引其它原子的半自由电子而使自己恢复中性。这个現象就形成了导体中的电流。由此可見，电流实际上就是半自由电

子在原子之間的移动。

将某些金属加热到 $2,000^{\circ}\text{K}$ (绝对温度) 左右时, 金属原子中的半自由电子就能得到足够的能量而脱离金属飞到周围的空間中, 形成自由电子。这个加热金属使电子脱离金属的现象, 叫做热电发射现象。

此外, 还可以利用光线的能量, 高速运动的电子的能量或强烈的正电场的能量, 使金属原子中的半自由电子获得足够的能量, 而形成自由电子。

在电子管中所采用的供给自由电子的热电发射体, 通常被称为阴极, 是一根圆柱形或扁平带形的金属丝, 在金属丝中通过电流使它发热而发射出自由电子。

制造阴极的材料必需符合下面两个条件: 1. 发射率大, 也就是说阴极单位面积所能发射的电子应愈多愈好; 2. 熔点高。

常用的制造阴极的材料, 有下面三种:

(1) 鎢絲: 发射率低, 但它的熔点却是金属中最高的, 可达 $3,655^{\circ}\text{K}$ 。它的工作温度在 $2,500 \sim 2,700^{\circ}\text{K}$ 之間。一般均采用于大型电子管中。

(2) 涂鈷的鎢絲: 在鎢絲中加入 $1 \sim 2\%$ 的氧化鈷, 发射率就能提高几千倍。它的工作温度約在 $1,800 \sim 1,900^{\circ}\text{K}$ 之間, 当温度超过这个范围时, 氧化鈷就会蒸发而使阴极失效不能再发射电子。

(3) 涂氧化物的鎢絲: 在鎢絲表面涂一层氧化鋇、氧化鋇和氧化鈣的混合物。这样制成的阴极发射效率极高, 它的工作温度約在 $1,000 \sim 1,100^{\circ}\text{K}$ 之間。但是在长期工作后, 氧化鋇会不断地由阴极上蒸发出去而影响阴极的发射率, 所以它只适用于小型电子管中。

第二章 电子管

第一节 二极管

二极管是最简单的一种电子管, 它是由一个内部抽成真空的金属泡或玻璃泡所构成的, 在泡内封入两个电极, 一个是发射自由电子的阴极, 另一个是环绕在丝极外圈的扁圆筒形电极, 是用来吸收电子的, 叫做屏极。二极管的构造如图 2 所示。

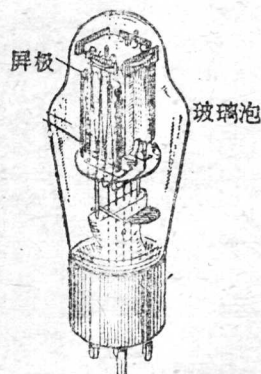


图2 二极管

电子是带负电荷的, 在符号相同的电荷之間具有互相排斥的力量, 而符号相反的电荷之間具有互相吸引的力量。这样一来, 如果将二极管的屏极接到电池的正极, 而阴极接到电池的负极, 如图 3 所示, 屏极具有较阴极为正的电位, 由阴极发射出来的自由电子就会被具有正电位的屏极所吸收, 使屏极电路中有电流流过。但是在这里必须注意: 电子是由电池的负极到电子管的阴极, 再由阴极流向屏极而回到电池的正极的, 和我们习惯上所规定的电流方向

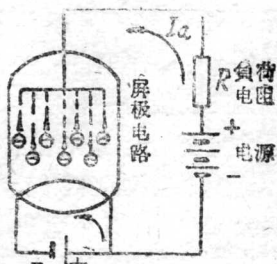


图3 二极管电路

(由电池的正极流出通过外部电路再回到电池的负极), 刚好是

相反的。为了符合这个习惯的规定，一般我们都说电流是由电池的正极通过电子管（由屏极到阴极）流到电池的负极。

如果将电源的极性反接，也就是使屏极的电位比阴极的电位为负，如图4所示，则阴极发射出来的电子将会被具有负电位的屏极排斥而返回阴极，因此管内就没有电流通过了。

这样一来，可以说二极管是具有单方向导电性质的元件了。也就是说，当屏极电压为正时，管内不能通过电流。

当阴极电路中的电流不变时，也就是说发射自由电子的阴极温度一定时，屏极电压升高，屏极电路中的电流也随着增大，但是增到某一定值后，屏极电压虽然还继续升高，屏极电流却不再增大了，这样的现象叫做饱和现象；如图5所示。产生这一现象

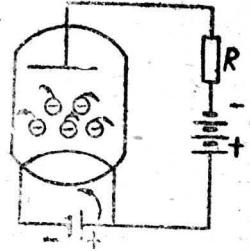


图4

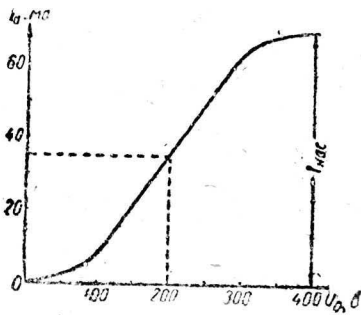


图5 二极管的特性曲线

的原因是，阴极能发射出来的电子数目是一定的，当屏极电压较低时，对电子的吸引力弱，阴极发射出来的电子只能有一部分被屏极吸收。其余的电子就聚集在阴极附近的空間。随着屏极电压的升高，屏极对电子的吸引力也跟着增强，吸收的电子也增加，但是当屏极电压升到某一定值时（饱和电压），阴极所能发射出来的电子已经完全被屏极所吸收了，这时即或再增高屏极电压，也不能再吸收更多的电子了。因此，屏极电流不再增加而形成饱和现象，这时的电流值叫做饱和电流。当阴极加热电流改变时，阴极的温度也随着改变，它所能发出的电子数

目也就不同，因而饱和电流的数值也将改变。

如图6所示，在同一个屏极电压下，阴极温度升高时，屏极的电流也随着增大。

前面所说的阴极，是用直流电流加热的。由于电流的大小不变，阴极的温度是不会改变的，这种阴极叫作直热式阴极。但是，在实际工作中，阴极常常需要用交流电流来加热，因为交流电流的大小，会随着时间的改变，因而阴极的温度也不能保持一定，会随着电流的大小而变化，所以屏极电流也会改变。为了避免阴极的温度变化引起屏极电流的变化，可以采用传热式阴极。

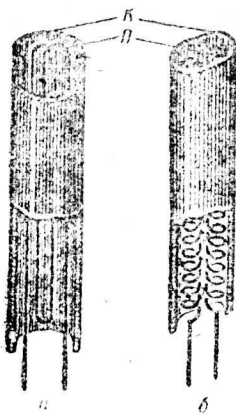
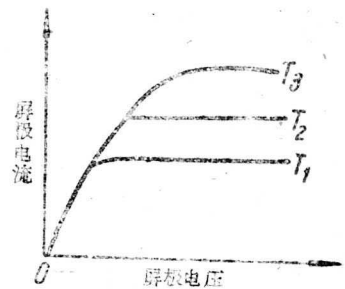


图7 旁热式阴极

图6 二极管的特性曲线
 $T_3 > T_2 > T_1$

旁热式阴极(如图7所示)是一个

镍制的圆筒，圆筒的表面涂上一层氧化铯和氧化钙的混合物，作为发射电子的阴极。在圆筒形阴极内部有一根和阴极绝缘的钨丝作为加热阴极用的，叫作加热体，加热阴极用的电流即通过加热体，因为阴极的体积较大，热惰性大，所以当加热体的温度改变时，阴极的温度仍然可以保持不变。为了简单起见，在画图时旁热式电子管的加热体可以不画出来，象图8那样。

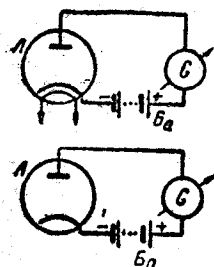


图8 二极管电路

前面已经提到过电子管的玻璃泡或金属泡内是抽成真空的(泡内的气压一般在一千万分之一公厘水银柱以下),所以有的时候我们也称它为真空管。电子管的泡内抽成真空的原因,主要有下面两点:

(1)空气会使高温的阴极氧化,因此阴极发射效能降低,并且还会使阴极很快的烧断。

(2)空气的分子受到由阴极移向屏极的高速电子碰撞后,也会放出电子而形成正离子,正离子带正电荷,受屏极排斥而飞向阴极,撞击阴极而使阴极损坏。

第二节 电子管整流器

由于二极管具有单方向的导电性,因而可以利用它将交流电变成直流电。下面我们来讨论两种最常见的整流电路:

(1)半波整流电路:它的接线图和电压电流的波形图示于图9中,我们可以按照电压的波形图来讨论它的工作。在正半周时,屏极为正而阴极为负,有电流按箭头方向流过电子管。在负半周时,屏极为负而阴极为正,电流不能流过电子管。到下一个周期又是这样。这样的电路叫做半波整流电路。在半波整流电路中流过电子管或负载电阻 R_H 的电流,是一个不连续的脉动直流电流。

(2)全波整流电路:它的接线图和电压电流的波形图如图10所示。可以按照电压 U_{a1} 和 U_{a2} 的波形图来讨论它的工作。在正半周时, U_{a1} 是正的,也就是说电子管 J_1 的屏极是正的,这时电子管 J_1 导电,电流按箭头方向通过电阻 R_H ; 而 U_{a2} 是负的,也就是说电子管 J_2 的屏极是负的,所以电子管 J_2 不能导电。在负半周时, U_{a1} 是负的,电子管 J_1 的屏极也是负的,所以电子管 J_1 不能导电; 而 U_{a2} 是正的,也就是说,电子管 J_2 的屏极是正的,这时电子管 J_2 导电而电流仍按箭头的方向流过电阻 R_H 。同样的,在下一个周期的正负半周时,电流分别通过电子管 J_1 和 J_2 , 按箭头方向流过电阻 R_H 。由此可以看出,在整个周期内都有电流流过电阻 R_H , 只是电流的大小是随着电压的大小变化而改变的,是一个连续的脉动直流电流。

全波整流器也可以用两个双二极管来担任,它的接线如图11所示。把图11和图10比较一下就可以看出,这两个电路的工作情况是完全相同的。

图11中的电容器 C_1 、 C_2 和电感线圈 L 是用来消除整流后电流的脉动的,它们叫做滤波器。

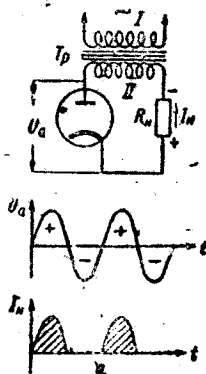


图9 半波整流器

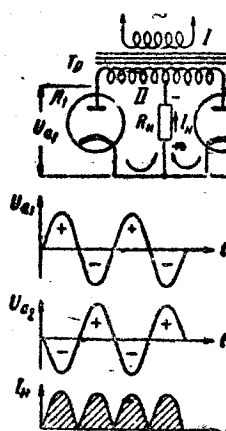


图10 全波整流器

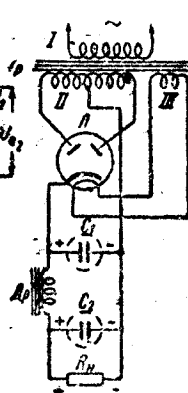


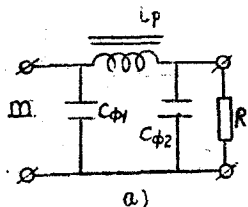
图11 用双二极管的全波整流器

第三节 整流器的平滑滤波器

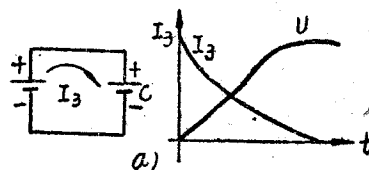
在上节所述的两种整流电路中，通过负荷电阻 R_L 的电流，并不是一个大小永远不变的直流电流，而是间断的和脉动的电流。为了要得到真正的直流电流，必须设法使电流的脉动消失，为此采用了所谓滤波器。

滤波器通常是由电容器和电感线圈或电阻所组成的，它的电路画在图 12 中，图(a)中的电路是由电容器 $C_{\phi 1}$ 、 $C_{\phi 2}$ 和电感线圈 L_{ϕ} 所组成的，叫做电容电感式滤波器(简称容感式滤波器)。图(b)中的电路是由电容器 $C_{\phi 1}$ 、 $C_{\phi 2}$ 和电阻 R_{ϕ} 所组成的，叫做电阻电容式滤波器(简称阻容式滤波器)。下面就按电路元件来分别讨论一下滤波器的工作原理。

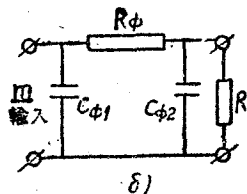
(1) 电容器：把直流电源加在电容器的两端时，就会有一个很大的电流通过电容器使它充电。由于电容器的充电，它两端的电压也逐渐升高，这样一来，直流电源和电容器之间的电压差别变小了，电容器的充电电流也随着降低，最后当电容器两端的电压和电源电压相等时，电容器停止充电，电流也就减小到零，如图 13 中(a)



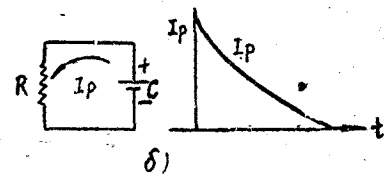
a)



a)



b)



b)

图 12 滤波器

图 13 电容器的充电和放电

所示。这时如果将电容器由直流电源上取下来，用一个电阻将它连接起来，那么电容器就能通过电阻放电，起初放电的电流较大，但是由于电容器所储存的电荷泄放了一部分，使它两端的电压降低了，放电电流也随着逐渐降低，直到放电电流等于零时才结束这一放电过程，如图 14 中(b)所表示的一样。

因此，将电容器和负荷电阻并联接到二极管整流器的输出端时，就可以使通过负荷电阻 R 的电流脉动减小。参看图 14，当输入电压升高时，电流通过负荷电阻 R ；同时也有电流通过电容器 C_{ϕ} 使它充电，等到输入电压降低到比电容器两端的电压还要低时，电容器开始通过负荷电阻放电，也就是说这段时间内通过负荷电阻的电流是由电容器供给的，因此通过负荷电阻 R 的电流波动很小了。为了使电流的波动尽可能地减小，应该采用能充很多电荷的电容器，也就是容量大的电容器。但是，容量大的电容器制作困难，成本过高。一般滤波器中使用的电容器的容量大多在 4~8 微法拉范围内，也可以使用容量为 16~100 微法拉的电容器。

(2) 电感线圈：也叫做扼流线圈，是一个绕在有空气隙的铁心上的线圈。我们知道，任何线圈中通过电流时都会产生磁力线，如果电流的大小一定不变，磁力线的数目也不会变化；但当电流的大小改变时，磁力线的数目也会跟着变化。线圈中的电流增大时，磁力线的数目增加，增加的磁力线切割线圈的导线，在导线中产生一个反电势，使导线中产生一个和原来的电流方向相反的电流，抵消原来的电流。相反地，线圈中的电流突

然减小时,磁力线的数目减少,这个磁力线的变化使导线中产生和原来电流方向相同的电流,增大了原来的电流。因此,当通过电感线圈的电流大小变化时,由于磁力线的变化,

将使电流相应的变化。

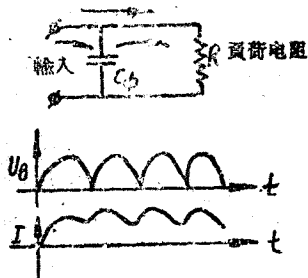


图 14 电容器滤波

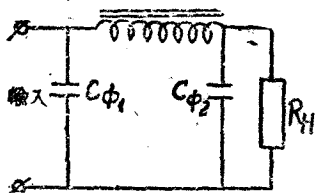


图 15 电感电容滤波器

(3) 电感电容滤波器: 为了得到真正的直流电, 尽量消除整流后电流的脉动, 可以采用由滤波电容器和电感线圈组成的滤波电路。常用的电感电容滤波器如图15所示, 它是由两个电容器和一个电感线圈所组成的, 因为这个

电路的形状和俄文字母 Π 相似, 所以也叫做 Π 形滤波器。

整流后的脉动电压加在滤波器的输入端。电容器 $C_{\phi 1}$ 随着电压的脉动充电和放电, 使 $C_{\phi 1}$ 两端的电压脉动减小了, 而这个电压在电感线圈 L_{ϕ} 中所产生的电流脉动又被电感线圈所产生的反电势抵消一部分, 因此加在电容器 $C_{\phi 2}$ 两端的电压脉动就要比电容器 $C_{\phi 1}$ 两端的电压脉动小很多, 这个脉动不大的电压加在电容器 $C_{\phi 2}$ 的两端, 电容器 $C_{\phi 2}$ 随着电压的脉动充放电, 使通过负载电阻 R_{ϕ} 的电流脉动更小了。

当要求极高时, 可以用几段电感电容滤波器串联起来工作。这时通过负载电阻 R_{ϕ} 的电流脉动就更难察觉了。

有时也可以使用一个电感线圈和一个电容器组成的电感电容滤波器。也就是没有图中的 $C_{\phi 1}$, 这种滤波器因为它的线路形状像个俄文字母 Γ 字, 所以也叫作 Γ 形滤波器, 它的工作原理同上, 只是输出电压要稍低些。

(4) 电阻电容滤波器: 滤波器中所使用的电感线圈要求有较大的电感量。所以, 它们的铁心体积和重量都很大, 制作的成本也很高, 为了减轻仪表的重量并降低制造的成本, 可以用电阻来代替电感线圈和电容器组成电阻电容滤波器, 如图16所示, 它也是一个一段的 Π 形滤波器。

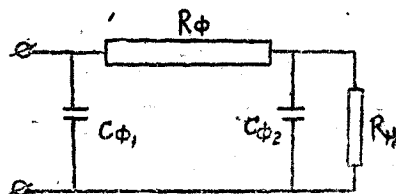


图 16 电阻电容滤波器

整流后的脉动电压加在滤波器的输入端。因为电容器 $C_{\phi 1}$ 随着电压的脉动充电和放电, 使电容器 $C_{\phi 1}$ 两端电压的脉动减小了很多, 这个脉动电压通过滤波电阻 $R_{\phi 1}$ 加到电容器 $C_{\phi 2}$ 上, 使电容器 $C_{\phi 2}$ 充电。当 $C_{\phi 1}$ 两端电压升高时, 电容器 $C_{\phi 2}$ 充电, 通过电阻 R_{ϕ} 的电流增大, 使电阻 R_{ϕ} 上的电压降也增大。这么一来, 负载电阻两端的电压升高就不大了。同样的, 当电容器 $C_{\phi 1}$ 两端的电压降低时, 电容器 $C_{\phi 2}$ 放电供给负载电阻一部分电流, 因此通过电阻 R_{ϕ} 的电流减小, 使电阻 R_{ϕ} 上的电压降减小, 这时, 负载电阻两端的电压降低也就不大了。

在电阻电容滤波器中的滤波电阻 R_{ϕ} , 一般都采用 $1,000 \sim 3,000$ 欧的电阻, 也有采用 1 兆欧以下的电阻的, 因为滤波电阻上有一个不小的电压降, 所以电阻电容滤波器输出的电压要比电感电容滤波器的输出电压低, 同时工作效率也较差, 也就是说滤波器输出电压的脉动也较大。

如果需要得到脉动较小的直流电压, 也可以把几段电阻电容滤波器串联起来应用。

但是这时滤波器输出的电压就会更加低了。

电阻电容滤波器也可以接成上述的T形电路进行工作，只是输出电压也更低。

第四节 充气式稳压管

在电子管电路中，为了避免电源电压的波动影响，必须使整流器的输出电压保持稳定。为了达到这一目的，通常采用充气式稳压管来稳定整流后的电压。稳压管的构造是在一个玻璃泡中放置两个电极，其中一个叫阴极，另一个叫阳极，玻璃泡的形状和电子管相似。在泡中充有惰性气体，例如氖气、氩气以及其它的惰性气体等。

现在让我们来介绍一下稳压管是怎样进行工作的（参看图17）。

用一个电阻 R_c 和稳压管串联起来，在 a 和 b 上加直流电源，当所加电源电压较低时，在稳压管内没有电流通过。如图18所示，如果电源电压增加到一定数值时（如图18中的 A 点），稳压管内两

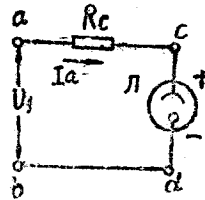


图17 稳压管

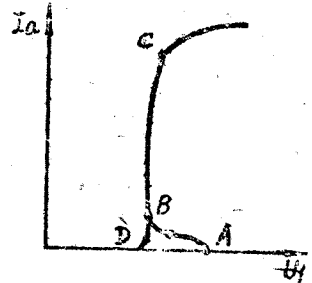


图18 稳压管的伏安特性曲线图

电极之间就要产生辉光，此时有电流通过稳压管，随着电流的产生将使稳压管两端的电压降低（如图18中的 $A-B$ 区域），同时使 R_c 上的电压降急剧增加。如果电源电压继续升高，稳压管的内阻就会大大降低，使回路电流 I_a 增大，由于电流 I_a 的急剧增大，就使得 R_c 上的电压降增加，而稳压管两端的电压却增加的极其微小，这样的现象继续一段时间以后，当稳压管两端电压增加到图18中的 C 点以上时，稳压管的内阻将接近一个恒定值（电阻改变很小），此时稳压管两端电压将随电源电压的增加而增大。如果继续增大电源电压到稳压管两端达到破坏电压时，稳压管的两极间就会产生弧光放电而烧毁。如果在到达稳压管的破坏电压以前就开始降低电压，稳压管下降时的曲线就将沿 $B-D$ 降低到 D 点，稳压管的弧光熄灭，稳压管内的电流就消失。

从图18曲线中可以很明显地看出，在 $B-C$ 区间内电源电压虽然改变，但稳压管两端电压（ c, d 两端）却能保持到几乎恒定的数值。

我们如果在 c, d 两端接入一个负荷 R_n （如图19所示），那末当电源电压在某一范围内改变时，由于稳压管本身具有稳压的特性，它两端的电压改变得很小，因此在负荷 R_n 上就能取得比较稳定的电压。

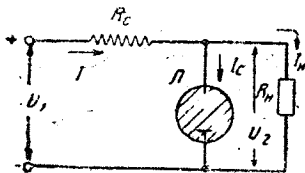


图19 接有一个稳压管的电气线路

在图19电路中的电阻 R_c ，我们叫它为稳定电阻，因为它是和稳压管相配合工作而使在负荷 R 上能取得稳定的电压。在一般的稳压电路中，它的数值应当是这样选择的，即：使它所承受的电压降约为负荷电压的20~50%。

常用的几种稳压管的特性列于表1中。

在应用中，往往用一个稳压管满足不了要求，例如要稳定一个约300伏的电流时，在表1中就找不出一个能满足这个要求的稳压管。在这种情况下，可以用两个电压稳定

表 1

稳压管的特性

参 数	总 压 管 型 号			
	CF-2C	CF-3C	CF-4C	CF-1Π
起辉电压(伏)	105	135	180	180
通过稳压管的电流(毫安):				
最 小	5	5	5	5
最 大	30	30	30	30
电压稳定范围(伏)	74.5 ± 2	108 ± 1	152.5 ± 2	150 ± 2

值为150伏的CF-1Π(或CF-4C)型稳压管串联起来使用,如图20所示。但是,应当注意:这种稳压管的电路中,第一个稳压管的阳极应当和电流的“+”端连接,第二个稳压管的阳极要和第一个稳压管的阴极连接,而第二个稳压管的阴极则连接到电源的“-”端上。此外,也可以将稳压管CF-3C和CF-2C串接而取得180伏的稳定直流电压,将

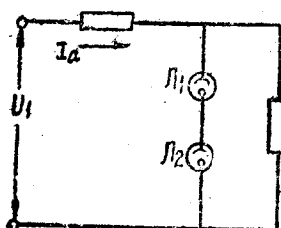
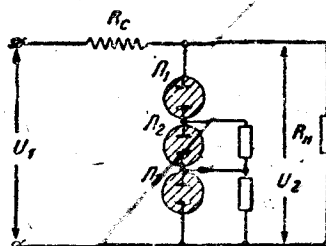
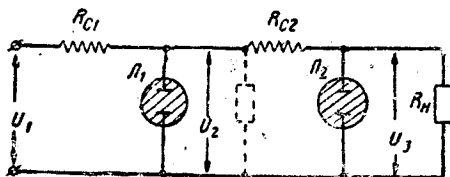
图 20 两个稳压管串
连的电路图 21 三个稳压管串接
时的电气线路

图 22 二级稳压线路

CF-4C和CF-2C串接取得225伏的稳定直流电压。

在必要的情况下,还可以把三个稳压管串联起来使用。

在这里应当注意,如果将几个不同电压范围的稳压管串接起来使用时,必须在电压

较低的稳压管上并联一个分路电阻,用来调整它在串连

回路中所分担的电压,使之

恰好等于它的稳定数值,如

图21所示。在特殊用途的电路内,为加强电压的稳定性,也可以采用图22所示的

电路。

一般稳压管的使用期限,制造厂保证为500小时,但实际上它的使用期限常常可达2,000小时以上。

第五节 半导体整流器

自然界中的一切固体,都可以按照它们的导电能力分成导体、半导体和绝缘体三大类。导体(主要是金属)的电阻相当小;绝缘体在正常条件下是不导电的,也就是说它具有极大的电阻;而半导体却介于导体和绝缘体之间,它具有单方向导电的特性,利用这种特性可以把它制成半导体整流器。

常用的半导体整流器有两种,就是氧化铜整流器和硒整流器。

硒整流器的结构如图23所示。在钢片6上涂一薄层纯硒5,然后用一片软质合金4

压在硒层上作导电之用。为了使合金和硒层接触良好,在合金片上压着一个接触弹簧1,接触弹簧还用来把电流引入整流器,整个整流器用螺栓2装配起来。为了避免电流短路,螺栓和螺帽上都套着绝缘物3。在一部分硒整流器中,采用铝片来代替铜片;在铝片上涂硒制成整流器,叫做铝基硒整流器。这两种整流器的工作原理是完全相同的。

在硒层和铜片或铝片之间,有一层闭锁层,它对不同方向的电流有不同的反应。电流由铜片流向硒层时很容易,这个方向的电流叫正向电流;整流器对正向电流所呈现的电阻叫正向电阻。而电流由硒层流向铜片时却很难,这个方向的电流叫反向电流;整流器对反向电流所呈现的电阻叫反向电阻。普通硒整流器的反向电阻,大约等于正向电阻的四倍。

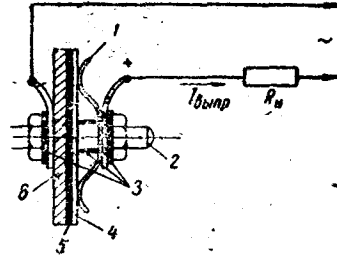


图 23 硒整流器

硒整流器所能允许通过的电流值决定于它的面积。在环境温度 25°C 时,每平方公分硒整流器所能允许通过的电流不得大于25毫安。如果需要增加整流电流时,可以增大整流器的面积。

当反向电压加在整流器的两端时,由于反向电阻很大,所以只能有很小的电流通过整流器。但是反向电压过大时,就会击穿整流器的闭锁层,使整流器烧坏。每片硒整流器所能承受的反向电压为25伏,也就是说,单片的硒整流器只能用在电压低于25伏的电路中。在高压电路中使用硒整流器时,必须根据电压的大小增加整流器的片数。多片的硒整流器叫做硒柱或硒堆,硒柱的结构如图24所示。



图 24 硒柱

氧化铜整流器的结构基本上和硒整流器相同,在铜片上造成一层氧化铜的薄膜,电流可以由铜片流向氧化铜层。氧化铜整流器的电流密度较小,而且工作温度也较低,不得超过 50°C ;而硒整流器的工作温度却可达 75°C 。

半导体整流器和电子管整流器一样,也可以接成半波整流电路和全波整流电路。半波整流电路的接线如图25所示;全波整流电路的接线如图26所示,这种电路由四个支路的半导体整流器组成,支路接成桥形,所以也叫做桥式整流器。半导体整流电路的工作原理可以由图中的符号和箭头看出来。桥式硒整流柱的结构如图27所示。

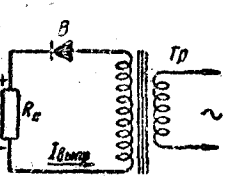


图 25 半导体半波整流器

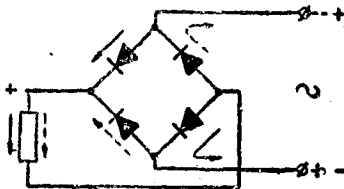


图 26 桥式全波整流器

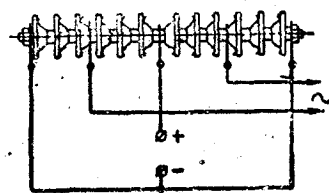


图 27 桥式硒柱

苏联生产的半导体整流器型号由三部分组成:第一部分是两个或三个俄文字母;BK代表氧化铜整流器,BC代表硒整流器,ABC代表铝基硒整流器,第二部分是一个数字;它表示整流片的直径(圆形的)或边长(方形的),单位是公厘。第三部分也是一个数字,它表示整流柱的结构。例如YOM型放大器中所使用的硒整流器型号为ABC-6-

210, 这表示它是鋁基硒整流柱, 整流片的直徑为 6 公厘。

第六节 三极电子管

在二极管电子管内的阴极和屏极之間, 靠近阴极的地方加入一个新的电极, 就构成了三极电子管。这个新加入的第三个电极叫做栅极, 是由細金属导线制成的, 形状是梳形或是网形。在金属导线之間有足够的空隙, 使电子能由阴极穿过栅极飞向屏极。加入了这个栅极就可以控制屏极的电流, 它的工作原理如下:

三极电子管的接线如图 28 所示, 如果将栅极和阴极短接时, 如图 28 中的 a), 三极管的工作情况和二极管的完全相同, 栅极不起任何作用; 参看图 29 中的 a), 电子能自由的通过栅极, 达到屏极。

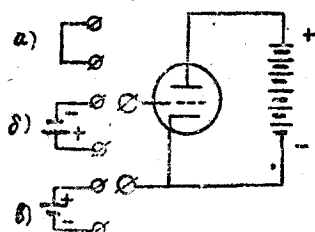


图 28 三极管的接线

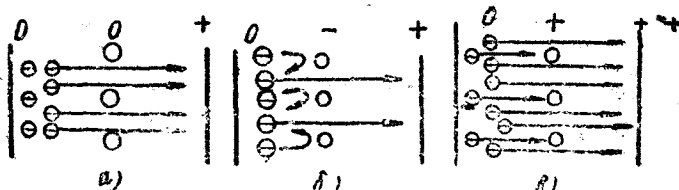


图 29 栅极对电子的控制作用

a) 栅极电位和阴极相同; b) 栅极电位比阴极低; c) 栅极电位比阴极高。

如果将栅极接到较阴极为低(负)的电位时, 如图 28 中的 b), 由阴极发射出来电子有一部分被具有负电位(栅极对阴极的电位为负)的栅极所排斥, 不能通过栅极到达屏极, 参看图 29 中的 b), 这时屏极电路中的电流将减少。

如果将栅极接到较阴极为高(正)而较屏极为低(负)的电位时, 如图 28 中的 c), 由阴极发射出来的电子, 先受到具有正电位的栅极吸引而加速。这样一来, 就会有更多的电子能达到屏极, 使屏极电流增大, 参看图 29 中的 c)。由于栅极为正电位(对阴极而言), 也能吸收一部分电子而在栅极电路中造成栅极电流。

因此, 当栅极电位改变时, 屏极电流的大小也会随着变化。因为栅极和阴极的距离很近, 所以栅极电位的微小改变, 就可以使屏极电流有足够大的变化。同时, 当栅极的电位负到一定程度时, 还可以使屏极的电流完全等于零。屏极电流等于零的这一点, 叫做屏流的截止点。

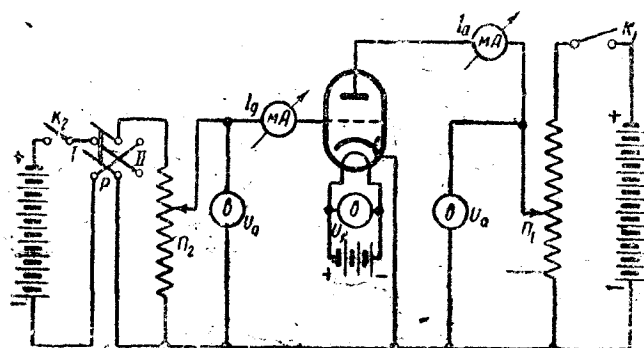


图 30 画三极管特性曲线用的电路图

做屏流的截止点。

为了更进一步了解三极管的性能和便于讨论三极管的工作情况, 可以利用图 30 的电路, 将三极管的特性曲线画出。首先将屏极的电压固定。然后改变栅极的电压, 由接在屏极电路中的毫安表读取屏流 I_a 的大小, 即可得出在同一屏压下栅压 U_g 和屏流 I_a 的关系曲线。此后改变屏压 U_a ,

按上述步骤重新求出 U_a 改变后的 U_c-I_a 关系曲线, 就可得出图 31 所示的一组曲线了。

由图上的曲线可以看出, 当屏压一定时, 如果栅极电位由负值慢慢增加时(变向零值), 屏极电流就逐渐的升高。而且除了靠近屏流截止的一段外, 屏流 I_a 和栅压 U_c 是成直线关系的, 也就是成正比例变化的。但是, 栅极电压增加到变成正值后, 曲线却开始向下弯曲了。这是因为栅极电压为正值时, 栅极电路中有栅流流过, 这栅流在栅流电路中产生的电压降, 恰好是和原来加在栅极上的电压方向相反, 也就是要使栅极变向负电位的电压, 它抵消了原来加在栅极上的电压的一部分作用, 使栅极的正电位降低。这样一来, 屏极电流也跟着降低而形成了向下弯曲的曲线了。

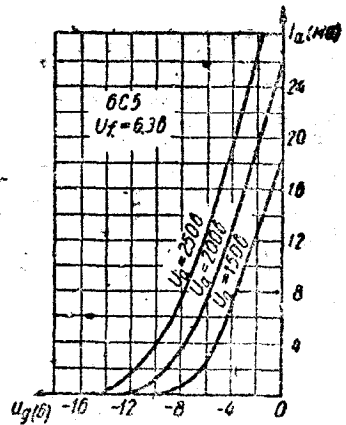


图 31 - 三极管的特性曲线

上面的特性曲线, 是在没有连接屏极负载电阻的情况下, 改变屏极电压和栅极电压时得出的, 所以一般都把它们叫做电子管的静态特性曲线。

对于三极电子管常常采用下面三个参数来表示它们的工作性能, 这些参数特别是在计算中常常需要用到的。

(1) 放大系数: 用字母 μ 来表示。它说明栅极电压控制屏极电流的能力比屏极电压大多少倍。也就是当屏流不变时, 屏压变化和栅压变化的比值, 即:

$$\mu = \frac{U_{a2} - U_{a1}}{U_{c2} - U_{c1}}$$

三极管的放大系数均在 1~100 之间。

(2) 屏极电阻: 也叫做电子管的内阻, 用 R_i 表示。就是电子管屏极和阴极之间对交流电所呈现的电阻。也就是当栅压不变时, 屏压变化和屏流变化的比值, 即:

$$R_i = \frac{U_{a2} - U_{a1}}{I_{a2} - I_{a1}}$$

一般三极管的内阻 r_p 约在 800~150,000 欧姆之间。

(3) 跨导: 也称互导, 用字母 S 表示, 它是说明栅极电压变动时影响屏极电流变动的大小的。也就是当屏压不变时, 屏流变化和栅压变化的比值, 即:

$$S = \frac{I_{a2} - I_{a1}}{U_{c2} - U_{c1}}$$

一般三极管的互导 S 约在 200~5,000 微漠之间, 它的单位也可以用毫安/伏表示, 1 毫安/伏 = 1,000 微漠。

电子管的这三个参数之间, 有下列的关系:

$$\text{即 } R_i \times S = \frac{U_{a2} - U_{a1}}{I_{a2} - I_{a1}} \cdot \frac{I_{a2} - I_{a1}}{U_{c2} - U_{c1}} = \frac{U_{a2} - U_{a1}}{U_{c2} - U_{c1}} = \mu.$$

第七节 三极管放大器

根据前面所讨论的三极管栅极电压改变时, 屏极电流的相应变化, 可以利用三极管将一个微小的交流电压放大若干倍。同时由前面的静态特性曲线可以看出, 如果使栅极

电压只在特性曲线的直线部分变动时,屏极电流可以完全和栅极电压成正比例的变化。

图 32 是一个最简单的一级放大器, U_{Tc} 是需要放大的交流电压, E_c 是偏压电池, 它使栅极永远具有一定的负电位。 E_c 的大小选择合适时, 一方面可以使栅极加上信号后不能达到正电位, 而避免栅流引起的不良影响; 另一方面, 可以使栅极加上信号后不能

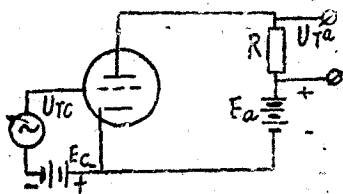


图 32 三极管放大器

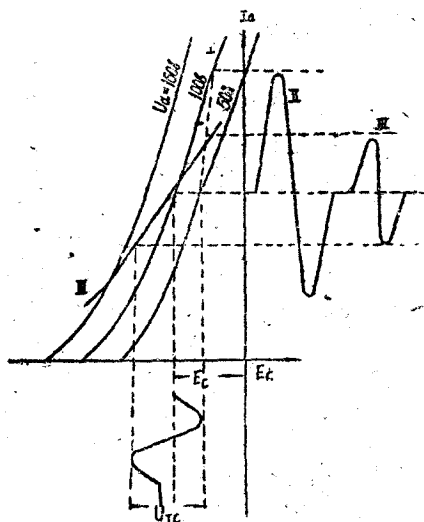


图 33 三极管的动态特性曲线

当输入信号 U_{Tc} 改变时, 栅极的负电位也改变, 这时由图 33 中的电子管静态特性曲线 I 可以看出屏流 I_a 也随着变动。当 U_{Tc} 为正半周时, 栅极的负电位较小, 屏流变大; 而 U_{Tc} 为负半周时, 栅极的负电位较大, 屏流变小, 这时屏流的变化应和图 33 中的曲线 II 正符合。但是, 因为屏流增大时, 在负载电阻 R 上的电压降也增大, 所以加在屏极上的电压就相对的降低了, 屏压降低, 屏流也跟着减小。同理, 当屏流减小时, 在负载电阻 R 上的电压降也减小, 所以加在屏极上的电压就相对的升高了, 屏压升高, 屏流也跟着增大。这样一来, 屏流的变化就要减小, 象图 33 中曲线 IV 的样子了。而屏流和栅压之间的关系曲线也变得平了, 如图 33 中的曲线 III, 这条曲线 III 就叫做电子管的动态特性曲线。由前面的讨论可以看出: 负载电阻小时, 屏流在负载电阻上的电压降小, 所以屏极电压的变动也小, 那么负载电阻对屏流变化的影响也就小了。由图 33 可以看出, 负载电阻小, 电子管的放大倍数就大。相反地, 如果负载电阻越大, 屏流在负载电阻上的电压降越大, 使屏极电压的变动大, 因而负载电阻对屏流变化的影响就越大。同样可以由图 33 看出, 电子管的放大倍数变得小了。因此, 为了提高放大器的放大倍数, 所采用的负载电阻的电阻值越小越好。但是, 放大器的输出电压是负载电阻两端的电压降, 当负载电阻变小时, 所取得的电压降也小, 也就是放大后的电压变小了。为了两方面都能兼顾, 在三极电子管放大器中负载电阻的数值, 一般都采用等于电子管内阻 R_i 的 3~5 倍。

图 32 的电路中栅极的负电位(栅偏压)由几节电池供给, 这在工作中很不方便, 并且容易失效。在实际工作中很少采用这个方法, 大多数的电路都是利用所谓自给偏压的, 自给偏压的接法如图 34 所示, 它主要是由电阻 R_k 和电容器 C_k 所组成。屏流流过电阻 R_k , 在它上面产生一个电压降, 这电压降的方向是: 电阻的上端为正, 下端为负。它使栅极的电位比阴极的电位要低(负), 即可作为电子管的栅偏压。但是, 电子管的屏

流是随着栅极输入的信号 U_{Tc} 而改变的。为了使栅偏压保持一个定值而不随屏流的变化而改变，在偏压电阻 R_k 两端并联了容量相当大的电容器。这个电容器的作用和前面所谈到的滤波电容器的作用相似，利用它的充电放电来保持电阻 R_k 两端的电压降不变。这个电容器叫做旁路电容器，它的电容量不得小于 10 微法拉，而一般都采用容量为 20~30 微法的。至于电阻 R_k 的大小，必须根据屏流的大小和栅极所需偏压的大小来确定，它的数值一般不超过 1,000 欧姆。

图 32 和图 34 中的放大器，它们的输出电压是由负荷电阻两端取得的。但是在多级放大器中，这样会使级间耦合困难，并且会使整个电路的接线复杂。为了简化

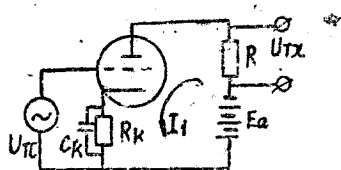


图 34 自给偏压

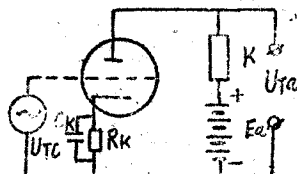


图 35 放大器的输出

多级放大器中的接线，放大器的输出电压也可以由电子管的两端取得，如图 35 所示。

因为负荷电阻 R 是和电子管 R_i 串联接在屏极电流 E_a 上的， E_a 是直流电源，它的电压是一定不变的，当负荷电阻 R 上的电压降增大时，电子管 R_i 上的电压降一定会随着减小，而负荷电阻 R 上的电压降减小时，电子管 R_i 上的电压降一定会增加，如图 36 中的两个曲线所示。所以由电子管 R_i 的两端也可以取得随着屏流而变化的电压降，作为放大器的输出电压，只是这个电压变动的相位和负荷电阻 R 上所取得的恰好相反罢了。

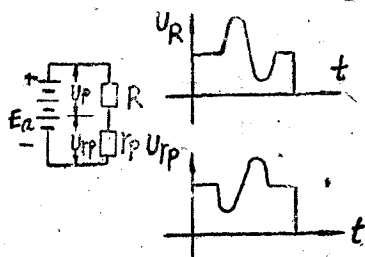
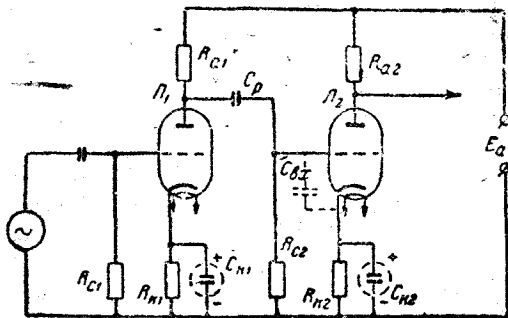
图 36 R_i 和 R 上的电压降

图 37 电阻电容耦合放大器

为了把一个微弱的信号电压放大到必要的大小，只采用一个电子管是不可能作到的。因此，放大器常常制成用几个电子管组成的多级放大器，它可以把信号电压经过几次放大到需要的大小。图 37 中就是一个由两个三极管 I_1 和 I_2 所构成的两级放大器。图中的负荷电阻 R_{a1} 和 R_{a2} ，自动偏压电阻 R_{K1} 和 R_{K2} ，旁路电容器 C_{K1} 和 C_{K2} ，及屏极电源 E_a 的工作原理，前面已经讨论过了，不再重复。这里只重点的分析一下两级放大器之间的连系。由图中可以看出，第一个电子管 I_1 的输出电压，也就是 I_1 两端的电压降，加在耦合电容器 C_p 和栅漏电阻 R_c 串联电路的两端。因为直流是不能通过电容器的，为了考虑方便起见，我们可以认为加在耦合电容器 C_p 和栅漏电阻 R_c 所组成的分压器两端的电压，只是电子管 I_1 两端电压降的交流成分，也就是一个波形和 I_1 两端电压降的变化形状相同的交流电压。而这交流电压的一部分，也就是电阻 R_c 两端的电压，被加在电子管 I_2 的栅极和阴极间作为 I_2 的输入信号。由此可以看出，为了使加在 I_2