

岛津MC125L—30型
电容放电式移动X线
机 电 路 分 析

方 沙 生 编

《医用放射技术杂志》编辑部

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 控制电路的工作原理	(2)
一、充电电源电路	(2)
1、充电电源电路	(2)
2、高压电容倍压电路	(3)
二、直流电源供电电路	(5)
三、充电控制电路	(6)
1、充电继电器电路	(6)
2、偶数脉冲充电电路	(6)
3、自动放电电路	(10)
4、其他电路	(11)
四、毫安秒控制电路	(13)
五、X线管电流控制电路	(14)
1、基本控制电路	(16)
2、灯丝控制电源电路	(16)
3、灯丝调整电路	(17)
4、灯丝调整电路的工作原理	(19)
六、继电器工作电路	(22)
七、移动电机工作电路	(23)
八、电池充电电路	(24)
注：附原机电路图 6 张见《进口医用X线机电 路图集》（第一集）	

第一章 概 述

日本岛津电容器充放电X线机是为病房用的 移动 X 线机，MC 125L——30型是电动移动式。MC 100L——30 型是手推移动式。

X线管是采用岛津公司CIRCLLEX 1.2UG 13CN—30 (S、B、E) 型，为栅控旋转阳极X线管。

机器容量：125 KV、 $1\mu\text{F}$ (MC 125L——30)

100 KV、 $1\mu\text{F}$ (MC 100L——30)

瞬时毫安：540mA P (峰值)

千伏调节范围：30~125 KV 连续

毫安秒选择：2、3、4、5、6、8、10、15、20、
25、30、40、60 mA s

电源容量：KVA

电源要求：AC 100~250 V、50 HZ或60 HZ

电源电阻： $<0.5\ \Omega$ (100 V)、 $<2.0\ \Omega$ (200 V)

容 量：2 KVA

电机移动速度：

向前：快高速约3km/h

慢速：约2km/h

后退：微速约1km/h以下。

第二章 控制电路的工作原理

一、充电电源电路

1. 充电电源电路:

图 1 表示该电流电路。该电路是利用双向可控硅开关电路来控制充电电源电路的。

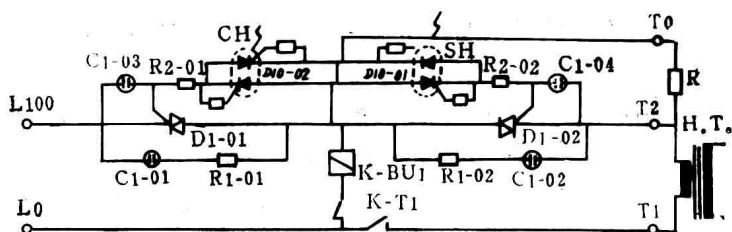


图 1

图中的端子L₀、L₁₀₀接电源，H.T为高压变压器，CH、SH、为光电耦合器件，D₁—01及D₁—02为双向可控硅。当充电按钮按下时，继电器K—T₁动作，K—T₂继电器稍后工作（参见总接线图），随之光电耦合器CH的闸流管先被触发导通（受发光二极管光照而触发）。因此，与双向可控硅D₁—01触发极并接的电容器C₁—03将被充电到一定的电压，其充电回路为：

L₀→接点(K—T₁)→KT₁端→T₂端→R→T₀端→CH→电阻R₂—01→电容C₁—03→L₁₀₀。

电容器C1—03上的电压将使双向可控硅触发导通，因而，100v的电源电压将通过D1—01及限流电阻加到高压变压器初级T0及T1两端，高压电容器充电开始。

当高压电容器的充电电压达到80 KV时，光电耦合器SH的发光二极管将燃亮，使SH的闸流管触发导通，而使电容器C1—04充电至一定电压，其充电电路为：

$L_0 \rightarrow \text{接点}(K-T1) \rightarrow T1 \rightarrow T2 \rightarrow C1-04 \rightarrow SH \rightarrow D1-01 \rightarrow L100$

电容器C1—04的端电压使双向可控硅D1—02触发导通，至此高压变压器H.T的电流回路为：

$L_0 \rightarrow \text{接点}(K-T1) \rightarrow T1 \rightarrow T2 \rightarrow D1-02 \rightarrow D1-01 \rightarrow L100$ 。再经过限电阻R（被可控硅D1—02短接），因而使高压变压器H.T的充电电压提高，使充电加速，缩短了高压电容充电的时间。

继电器K—BU1为保护继电器，当双向可控硅烧坏而短接时（继电器K—T1和光电耦合器CH虽不工作）而动作，使充电操作不能进行。

2. 高压电容倍压电路：

高压电容倍压电路的如图2所示。图中高压正端（+）与地（E）间及负端（-）与地间各接容量为 $2\mu F$ 的电容器，两电容器为串连，总电容量为 $1\mu F$ ，当高压变压器通电后，若高压变压器的次级边1端为正时，将对高压发生器的正边电容器（C1）充电，充电回路如图2中箭头a所示。

由H.T1端 $\rightarrow (D1) \rightarrow (R1) \rightarrow (C1) \rightarrow N1$ 端E $\rightarrow$ H.T2端。

当高压变压器的次级边 2 端为正时，将对高压发生器的负边电容器 (C 2) 充电，充电回路如图 2 中的 箭头 b 所示。

由 H、T2 端 → E → N2 → (C 2) → (R2) → (D2) → H、T1 端，如此反复，经几个周期以后，在两电容器的两端电压为高压变压器付边值的二倍，并直接加到 X 线管的两端。

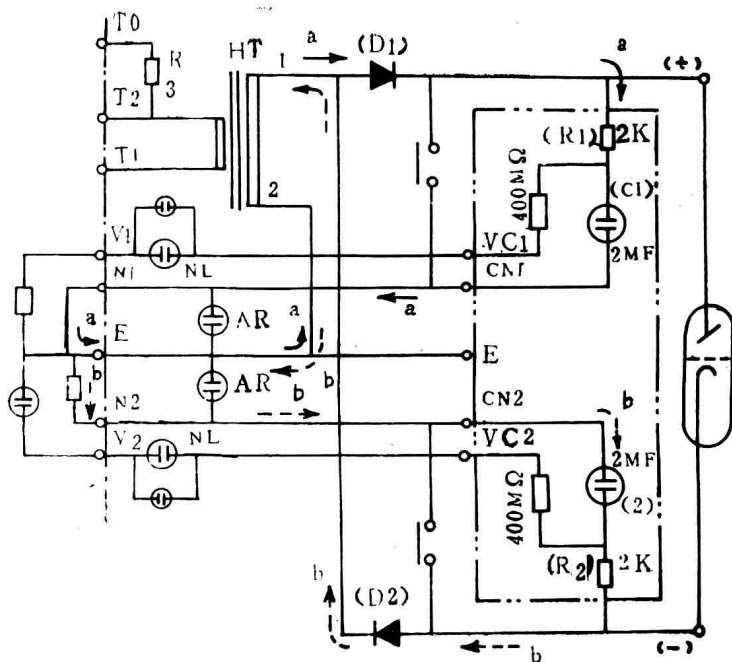


图 2

在图 2 中，N2 与 E 点中的电阻为摄影时测量管电流用，而 V1 与 E 点中的电阻为用作测量管电电压用。NL 为氖灯作指示用。AR 为保护用的放电管。

二、直流电源供电电路

该电路如图 3 所示。该电路的作用是提供各种不同控制电路的稳定直流电源电压。以及X线管电流控制电路的不稳定的直流电压。

图中M1与M2为集成电路的电源调整器，M1的输出电压为+15V，而M2的输出为+5V，图中的电阻R3作为负 荷电流测量用，当负荷电流超过 1 安培时，输出 电压将自动变

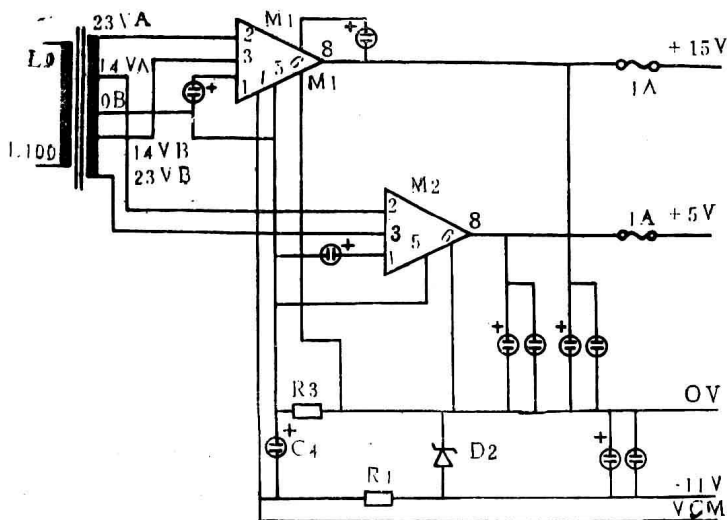


图 3

为0V，可起到断路保护作用，此时需要查找电路是否出现故障的原因。

自电路图中M1的端子4取出一不稳定的负的直流电压，

并经电容器C4滤波，并经VCM端输出，作为X线管电流控制电路用。

三、充电控制电路

1. 充电继电器电路：

其电路参见原机电路图501—07015 2/5L。

当按下“充电”按钮后，由于图中的晶体管Q2—01的基极电位正偏置，有基流，晶体管处于导通状态，所以继电器K—T1得电即动作，其工作电路如下：

+15V→常闭接点K—BU1→充电按钮→D4—07→R13—01→K—T1→Q2—01→0V

随之，继电器K—T2稍后于继电器K—T1得电工作。这是由于电容器C7—04与C7—03充电延迟的结果，其电路工作如下，

+15V→常闭接点K—BU1→充电按钮→D4—08→D4—09→R15— $\begin{matrix} \diagup C7-04 \diagdown \\ K-T2 \\ \diagdown C7-03 \diagup \end{matrix}$ →Q2—01→0V

继电器K—T2工作后，其常开接点闭合，使继电器K—T1及K—T2自锁，此时充电按钮断开，充电仍继续进行。

2. 偶数脉冲充电电路：

该电路的目的是为了使两正、负边高压电容器的充电电荷量保持平衡，即使两容器的充电的周率相等。其电压相对平衡相等，其电路如图4所示。

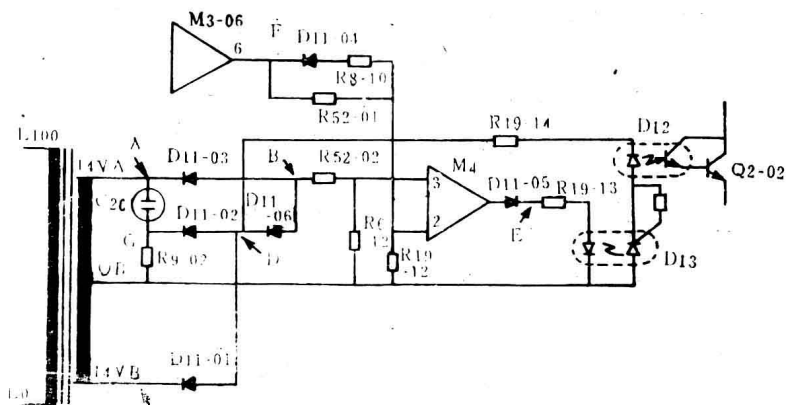


图 4

图 4 中各箭头所指示点的波形见图 5 所示。

图4中电容器C20和电阻R9—02组成一移相电路,其G点的波形较A点超前一个相角。而点D处为C点和G点波形整流后的两负半波的合成波形,见图5中D点波形,该电压波形被加到光电晶体管D12的负端,另外,A点整流后的负半波与D点的负半波合成后为B点处的波形,其波形被加到运算放大器M4的同相输入脚3上。另一方面,运算放大器M3—06的输出,在KV调整器调整值大于实际充电电压时为-10V,反之当实际充电电压大于KV调整器调整值时,输出为+14V。在充电开始时,充电电压低于KV调整器调整值,故M3-06的输出电压为-10V,其波形如图5中F点所示,该电压并施加到运算放大器M4的反相输入脚2上,M4为比较器,只有当B点处的波形接近0V时,M4的2脚电压小于3脚电压为-10V,此时M4的输出为一正脉冲波,如图5中E点波形,其规律为交流电每一周期出现一次。并通过D11—15和电阻

R19—13施加到光电闸流管耦合器D13的发光二极管的阳极端，发光二极管导通将发光，使D13的闸流管触发导通，由于此时D点的波形在一周期内为一负电压波形，并加到光电耦合器件D12的发光二极管的负端，因此，D12的发光二极管导通发光，也是在一周期内通导，只在D点波形过零处断电熄灭，由此，光电耦合器件D12的晶体管也在一周期内导通，并使与D12形成达林顿连接的晶体管Q2—02在一周期内导通，即充电亦即进行一周。也就是说，在高压发生器

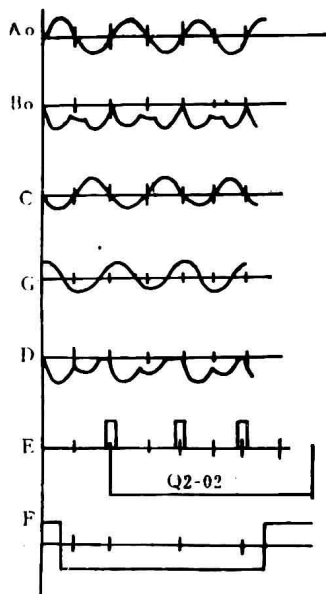


图5

的充电时间内，运算放大器是按交流电周期输出正脉冲，每一周期只输出一个正脉冲，而每一个正脉冲，就可保证充电为一周期，使高压发生器中的两正，负边高压电容器充电周率相等，达到充电电压相等，

由前所述，充电按钮按下后，继电器K—T1及K—T2工作，和晶体管Q2—02工作，光电耦合器件CH的发光二极管将导通发光。其电路工作如下：

$+15V \rightarrow \text{接点 K-BU}i \rightarrow \text{接点 K-T}2 \rightarrow \begin{cases} R50-03 \\ R50-04 \end{cases} \rightarrow D$
 $9-03 \rightarrow CH \rightarrow Q2-02 \rightarrow \text{接点 K-RE}3 \rightarrow OV$

光电耦合器CH的发光二极管发光将导致其CH的闸流管导通，而促使双向可控硅D1—01导通使充电进行。电路中的D9—J3为充电指示发光二极管。

在充电过程中，当充电实际电压达到或高于KV调整器调整值时，运算放大器M3—J6的3脚的电压将高于2脚的电压，其输出将为正饱和电压（+14V），即M4的2脚的电压将由负值变为正值，使M4的输出电压为负值，因而光电耦合器D13无电流通过不工作，使光电耦合器D12亦不工作，而使充电电路中断。

当充电完成后，由于与高压电容器并联的电阻会浅漏部份电荷，而使高压电容器的端电压会逐渐降低，此时由于运算放大器M3—J6的3脚的电位也将随之降低，当3脚电压低于2脚的电压时，M3—J6的输出将为一负的饱和电压，这又将使运算放大器M4的输出端产生正脉冲输出（如图5中的E点所示）。如前所述，充电又将继续进行，直到高压电容器两端达到预定的调整值止，如此反复，保持充电电压稳定，运算放大器M3—J6的作用有自动充电和充电保持的功能。

另外，在充电控制电路中有一晶体管Q1—04，参见原机电路图5J1—J7V15 2/5L。此晶体管只在当充电电压达到或超过KV调整器调整值时，运算放大器M3—J6的输出值为正饱和电压（+14V）时，晶体管基极施加正偏压，有基流流过，晶体管处于导通状态，由于Q1—04的导通就为运算放大器M3—J6的反相输入脚2电路增加了一条并接支路，使2脚上的电压稍有下降，其目的是使M3—J6的3脚上的电压随高压电容器的浅漏而下降到低于2脚上的电压的时间稍有延

长，也即高压电容充电后因电压下降至再次自动保持充电的时间间隔加长，以避免自保持充电过于频繁。

3. 自动放电电路：

当充电完成以后，如果此时KV调整器回调到一低的充电电压预定值止，高压将通过X线管自动放电至新的调整值止。但此时遮光器中的暗电流防止光门将保持关闭状态，以阻挡X线外射。其自动放电电路参见原机电路图501-07015 2/5L工作原理如下：

当KV调整器回调到一低值时，此时运算放大器M3—05作为比较放大器，其2脚将低于3脚电压，M3—05的输出端将为+14V饱和电压，此电压将通过二极管D4—12，加到晶体管Q1—05的基极，其工作电路如下：

+14V→D4—12→DCH→常闭接点K—RE1→遮光器常闭接点→D4—19→R12—04→R10—17→OV。

晶体管的基极电压是由电阻R12—04与R10—17的分压比决定，因晶体管基极正偏有基流通过，故晶体管Q1—05导通，并引起晶体管Q4亦导通工作，而使X线管的栅控继电器得电工作，其工作电路如下：

+15V→Q4→(21C)XR端子→栅控继电器(TR)→OV(E)。栅控继电器工作，其接点使X线管的控制栅极与阴极短接，栅偏压此时为OV，X线管将有电流通过而使高压电容放电。

另在上述电路工作的同时，M3—05的输出的+14V电压也将加至晶体管Q1—08的基极，其工作电路如下：

+14V→D4—12→DCH→D4—33→R8—09→Q1—08基极。从而Q1—08导通，而使晶体管Q1—09截止。由此与电阻

R30—02的并联电阻R16—01被断开，而使控制灯丝电压的运算放大器M3—10的3脚电位提高，亦即X线管灯丝加热电压提高，通过X线管放电电流也加大，使放电速度加快。

另一方面运算放大器M3—05的输出的+14V电压亦通过D4—31加至晶体管Q1—10的基极，使晶体管Q1—10导通，进而使“X线”指示灯亮。同时也通过电阻R8—06加至晶体管Q2—03的基极，并导通使蜂鸣器在放电过程中发出声响，其工作电路如下：

+15V→Q1—10(导通)→D4—34→×R1端子→“X线”指示灯→XR2端子→Q1—05(导通)→OV，“X线”指示灯亮，表示放电正在进行。

另+14V→LDCH端子→D4—31→R8—06—

$\left\langle \begin{array}{l} R10-14 \\ Q2-03 \text{基极} \end{array} \right\rangle \rightarrow OV$ 。此时晶体管Q2—03为导通状态。

由于Q2—03的导通，蜂鸣器BU将得电发出声响直至放电结束M3—05的3脚电压低于2脚时，其输出翻转为负电压止。

4. 其他电路：

在原机电路图501—07015 2/5中，运算放大器M3—01的输入脚3经电阻R6—01取自高压发生器正边电容器的电压信号、亦即端子VC1与E点之间的信号、流过电阻R7—01两端的电压。对MC125L—30型机来说约为3.1V，而对MC100L—30型则为4.0V，其M3—01的输出值于由可变电阻KVH来调整，当发生器额定值为100KV时为3.9V，而当额定值为125KV时则为4.9V。

串联在M3—01输出端的可变电阻VR2—01为数字式仟伏

表的设定值调整用，其1V相当于100KV值。

图中运算放大器M3—01、M3—02、M3—03、M3—04及M3—13的功能将在下述电路中分别叙述。

(1) 80KV值充电控制电路：

当充电电压达到80KV值时，因其运算放大器M3—01的输出电压经电阻R9—01加到M3—02的同相输入脚3上，其值将大于反相输入脚2上的电压值，其2脚电压由电阻R10—02与电阻R10—03、R51的分压比决定为一固定值。M3—01将输出一个正的饱和电压，因而晶体管Q1—01将导通，光电耦合闸流管器件D10—01的发光二极管将导通，其电路为：

$+15V \rightarrow \begin{cases} R50-01 \\ R50-02 \end{cases} \rightarrow D9-01 \text{ (指示管)} \rightarrow D10-01$
 $\rightarrow Q1-01 \text{ (导通)} \rightarrow OV$ ，因而光电耦合闸流管器件触发工作，而使充电电路中（参见图1的说明）的充电加速。

(2) 125KV值充电控制电路：

当充电电压超过125KV时，运算放大器M3—04的同相输入脚3的电压将超过5v，大于反相输入脚2上的电压，M3—04为一比较器，其输出为正饱和电压+14V，并通过二极管D4—04经电阻与R12—01与R10—04分压后加到晶体管Q1—02的基极上，Q1—02将导通，导致晶体管Q2—01的基流下降而截止，从而使充电继电器K—T1，K—T2的电路断开，充电自动终止。

(3) 起始充电控制电路：

该机充电的起始电压为35KV，当充电电压选在35KV以下时，将不充电。这是由于运算放大器M3—03的同相输入脚3上加有一相当于35KV的参放电压，其值由电阻R11—01、

R10-03与电阻R51的分压比来确定。当充电电压选在35KV以下时，比较器M3—03的2脚电压将低于3脚电压，此时M3—03的输出将为正饱和电压+14V，同上述一样，晶体管Q1—02将导通而使晶体管Q2—01截止，使充电继电器K—T1，K—T2的电路切断，充电不能进行。因此充电只能选在35KV以上时方能进行。图中的电位器VR3 (KVL) 为限定最低起始充电千伏值调整用。

(4) 摄影时，最低放电电压控制电路：

该机在摄影时，当放电电压低于35KV时将会自动中断，这一工作是由运算放大器M3—13来实现的。M3—13也是一比较器，其同相输入脚3与M3—03的3脚并接，也施加相当于35KV的参放电压，在放电时M3—13的反相输入脚2上电压随着放电过程逐渐下降，当下降到35KV时，2脚的电压将低于3脚的电压，此时M3—13的输出为正饱和电压+14V。该信号电压将通过D4—32经过端子35S和电阻R12—05加到可控硅D6—01的触发极上，D6—01电路接通，其工作电路如下：+15V→摄影继电器接点K—XR（闭合）→D4—21→R19—10→D6—06→Q1→Ov。

由于可控硅D6—01的导通，晶体管Q1—05的基极电位为零，管截止，晶体管Q4亦截止。致使栅控继电器不工作，X线管的栅极与险极间的控制接点断开，X线管的栅压恢复，X线管管电流中断，亦即放电中断。

四、毫安秒控制电路

毫安秒控制电路3/3或参见原机电路图501-070153/5K，

毫安秒的控制是由毫安秒选择器，PUT管D5及可变电位器VR2—03及可控硅D6—01等来实现的。摄影毫安秒值的大小，可由调整VR2—03改变PUT D5的触发极上的参考电压来确定。

当摄影时，通过X线管的电流回路如下：高压电容器正边X线管阳极→X线管阴极→高压电容器负边→CN2端子→MAS1端子→R18—01—E端子→CN1端子

因而在电阻R18—01建立一电压，此电压并通过毫安秒选择器，经电阻R48对电容器C8充电，电容器C8上的充电电压与电阻R48上的电压一并加到D5的相极，当其电压达到或超过D5的触发极电压时，D5将导通，其信号将通过电阻R19—03和二极管D4—17加至可控硅D6—01的触发极，D6—01导通，其后如前述晶体管Q1—05及Q4截止，放电中止。同时“X线”指示灯灭，

五、X线管电流控制电路

X线管电流控制电路习惯上采用一稳压电流和电阻来调节X线管灯丝电压。

近代，由于各种半导体器件的发展，采用半导体器件来控制X线管灯丝电流的办法已成为现实。该机便是利用运算放大器和大功率晶体管及可变电阻来控制的。

1. 基本控制电路，其基本电路参见图6：

图中由直流电源（4）供电，加到管电流调节器（5），再由（5）调整的直流电压施加到运算放大器（6）的同相输入脚上，而运算放大器的输出端加到灯丝电流控制晶体管

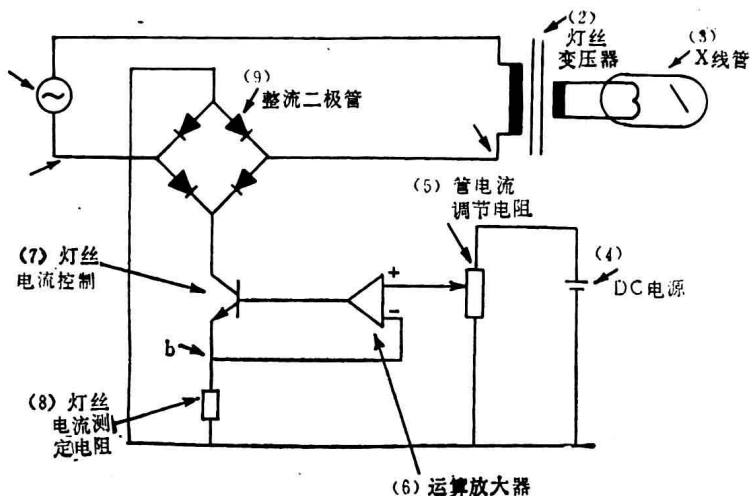


图 6

(7) 的基极，在这里运算放大器 (6) 晶体管 (7) 调节电阻 (5) 等构成电压电流转换器恒流源电路，当交流电源 (1) 的电压波动时，在灯丝控制晶体管 (7) 中的电流有效值将保持常数。图 6 中 a、b、c 各点的电压波形见图 7 所示。

因而只要改变管电流调节器 (5) 加到运算放大器 (6) 上的信号电压的大小，也就改变晶体管 (7) 的基极电流的大小，也即改变了晶体管 (7) 导通电流的大小，

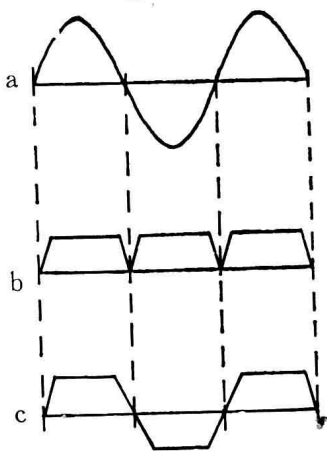


图 7