

# 岛津SA—40型高速旋转阳极启动器工作电路分析

方 沙 生 编

《医用放射技术杂志》编辑部

# 目 录

|                       |      |
|-----------------------|------|
| <b>第一章 一般性能</b> ..... | (1)  |
| 一、输入定额 .....          | (1)  |
| 二、输出定额 .....          | (1)  |
| 三、启动时间 .....          | (2)  |
| <b>第二章 结构组成</b> ..... | (2)  |
| 一、端子板装 .....          | (2)  |
| 二、点片装置 .....          | (2)  |
| 三、控制装置 .....          | (2)  |
| <b>第三章 工作原理</b> ..... | (3)  |
| 一、电源电路 .....          | (3)  |
| 二、控制电路 .....          | (5)  |
| <b>第四章 其他电路</b> ..... | (12) |
| 一 电源接通复位电路 .....      | (12) |
| 二、限时器复位电路 .....       | (12) |
| 三、过电流检测电路 .....       | (13) |
| 四、最初充电电流的抑制电路 .....   | (13) |
| 五、启动器断路确认电路 .....     | (14) |
| 六、转速检测电路 .....        | (16) |

**注：电路原图见《进口医用X线机电路图集》（第一集）**

---

编辑：《医用放射技术杂志》编辑部    出版：辽宁省医疗器械研究所  
地址：沈阳市铁西区重工街1段8号    印刷：沈阳市北陵图纸名片印刷厂

---

辽宁省期刊登记内字第76号    出版时间：一九八七年四月二十九日

# 第一章 一般性能

SA--40 型高速旋转启动器是供旋转阳极X线管高速旋转的驱动装置。它采用晶体管逆变方式，使结构紧凑，重量轻，并具有多种控制功能。下面将简要说明其功能。

## 一、输入定额

使用电源为单相交流，频率为50/60HZ、输入电源电压为125伏，电流大于20安，

控制电路为交流100伏，电流大于1安。

## 二、输出定额

高速旋转启动时：输出电源为300V<sub>p</sub>、5A，交流180HZ，2.5秒，对P型X线管而言为0—9000转/分或以上。

正常旋转启动时，输出约为160V<sub>p</sub>、6A，交流60HZ，1.6秒，对P型X线管而言为0—3000转/分或更高。

运转时：上述的两种旋转方式均为间断供电方式，在高速旋转约间歇30秒供电1秒。而在正常旋转时为间歇20秒，供电0.5秒。

制动时（正常阻尼）：交流制动，输出为150V<sub>p</sub>、6A，50HZ

1.4秒之内、对P型X线管而言由9000转/分降至3000转/分或更小。

直流制动，输出约为100V<sub>p</sub>, 11A直流, 2秒之内，对P型X线而言由9000转/分降至100转/分或更小。

### 三、启动时间

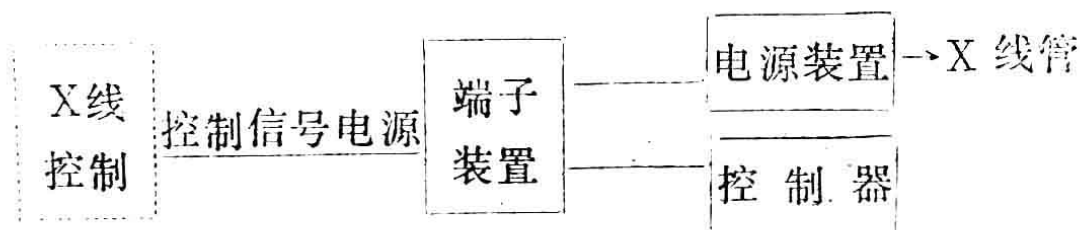
在选用透视点片为高速旋转方式时，假如透视时为正常旋转时，为1.2秒。

在选用高速旋转作一般摄影时，约为2.5秒。

## 第二章 结构组成

该启动器由以下三方面装置组成。

- 一、端子装置：参见端子板装置线路图501—07814B。
  - 二、电源装置：参见启动器SA-40线路图501-07813B。
  - 三、控制装置：参见控制器装置线路图501—07815C。
- 其结构如方框图1所示



### 第三章 工作原理

SA—40 型的工作原理将按不同的操作，结合电路图将在以后分别说明。对其电源电路大致可分三个部份说明：即整流电路、电压开关电路及逆变电路：

## 一、电源电路

**1. 整流电路：**整流电路的原理如图 2 所示。

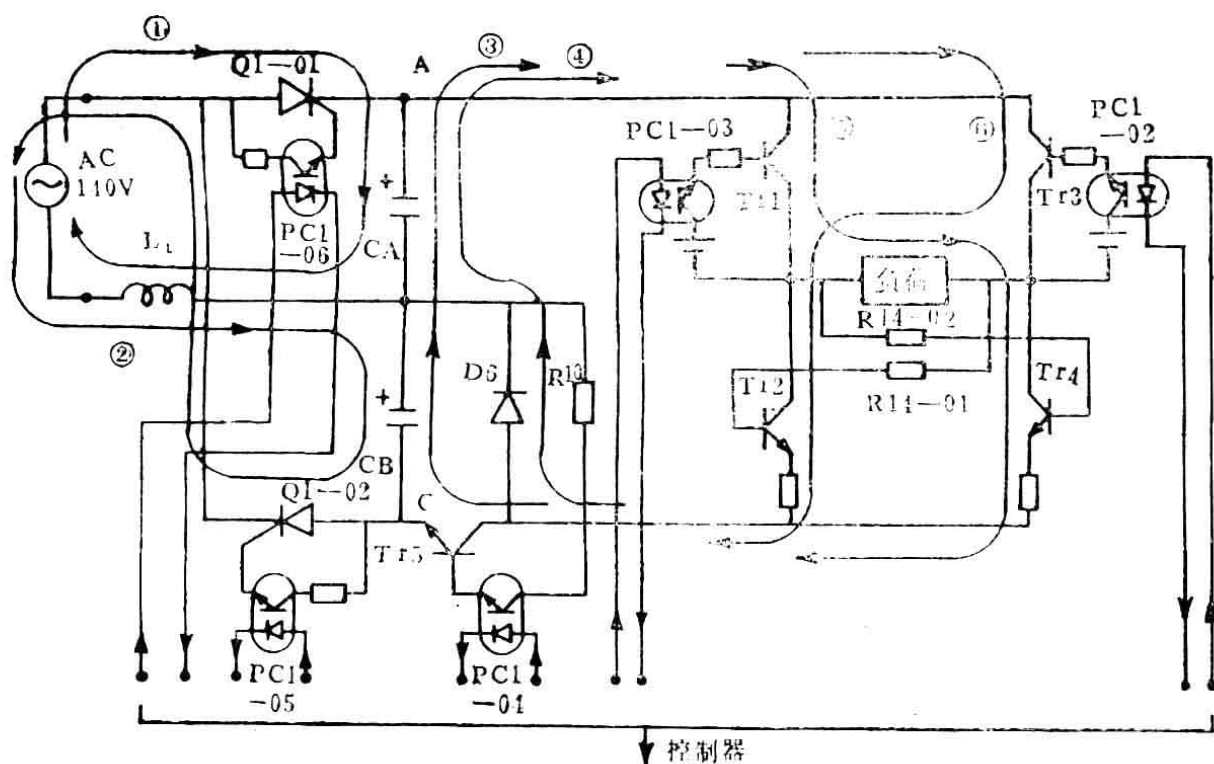


图 2 整流电路原理图

整流电路是将输入的交流电经整流后再经电容器滤波变成直流电源。在图2中交流输入的第一个半波通过闸流管 $Q_1-01$ 对电容器CA充电,下一个半波则通过闸流管 $Q_1-02$ 对电容器CB充电,见图中的回路①与②,因为电容器CA与CB为串联,在A点与C点间的电位差,无载时约为360伏直流,即在电路中通过倍压整流获得了X线管阳极高速旋转所必须的电压,图中的闸流管的通断操作是由控制装置中控制光电耦合器PC1—05/PC1—06来实现的。

**2. 电压开关电路:** 由于X线管阳极高速旋转所需的电压在负载时为300V<sub>p</sub>,而正常旋转时则只需要前述的一半电压便足够了。因此,按照高速和正常旋转的要求对供电的电源电压应所有控制,就象一开关作用,此开关就是由晶体管Tr5来执行这一作用的。

当晶体管Tr5断路时(即光电耦合器PC1—04断开时),加给负载的负荷电流通过二极管D6回到电容器的CA端,即,此时电容器CA作为负荷的电源(回路④所示),其电压为150V,供作正常旋转时的电源电压。

反之,当Tr5接通时,负荷电流通过Tr5回到电容器CB的一端,CA与CB串联后作为负荷电源,其电压约为300V,供作高速旋转时的电源电压。

**3. 逆变电路:** 由晶体管Tr1—Tr4组成一桥式电路,光电耦合器PC1—02和PC1—03按控制装置来的接通信号交替接通。控制装置的逻辑电路控制两光电耦合器的接通,因而在负荷两端形成所需的交流电,其频率由控制装置决定,可为50、60或180HZ的频率。

## 二、控制电路

对控制电路的工作原理我们将按不同的操作并参见电路图501—07815C一并说明。

1. 一般摄影时：按X线机的输出量的大小，可选用常速旋转X线管也可选用高速旋转方式的X线管，因此一般摄影时按选用的X线管可分常速旋转方式与高速旋转方式。

(1) 常速旋转方式：当电路图中的端子A2施加一低电平信号时，此时反相器M1—01的输出端子4为高电平，并加到门M2—01的输入端子6上，因在最初始时，与门M2—01的输出端子10为高电平，并加到M2—01的入端5上，因而M2—01的输出端4为高电平，并输出到与门M2—01的入端2上，因其M2—01的输入端1此时也为高电平。因为与门M2—01的输出端3亦为高电平，并经反相器M3—01变换为低电平，使常速旋转限时器M4—01（1.6秒）接通，由于开始时旋转方向确认电路的接点使端子RC<sub>2</sub>、RC<sub>1</sub>短接，此时限时器将按0.2秒限时器工作，当0.2秒以后，阳极启动后，端子RC<sub>2</sub>与RC<sub>1</sub>又将断开，这时限时器方按1.6秒限时工作，时间常数由电阻R<sub>1</sub>与电容器C<sub>3</sub>—01决定，M4—01的输出端子6为高电平，其信号经或门M5—01的输出端子11加到50毫秒延时器M4—05的触发极4上，M4—05工作，经50毫秒延时后输出端7为高电平，并加到与门M<sub>2</sub>—03的入端5上，其时M2-03的输出端4为高电平并加到与门M<sub>2</sub>—08的输入端5上。

因此，在电源接通的同时50/60HZ振荡器M8—03工作，由于正常时选用常速旋转X线管时，开关SW1—A为断开状态，与门M20—03的输出端11为高电平，因而双向开关M6—02接通，电阻R<sub>21</sub>与R<sub>37</sub>并联，使振荡器M8—03的输出端3（CP15）的输出为120HZ的方波信号，并加到与门M2—08的输入端6上，由其M2—08的输出端4输出。然后再经或门M5—03加到与门M2—06的端子8上。当过流检测电路正常时，M2—06的端子9亦为高电平，因此输出端10亦为120HZ的方波输出。然后再加到与门M2—06的输入端5上，其时6端亦为高电平，因而M2—06的输出端4将120HZ的方波输出加到分频器M9 1/2上，使在端子CP4和CP3上的输出各为60HZ的方波信号，此信号将推动逆变器中的晶体管工作，使逆变器按60HZ的频率工作，逆变器的这段时间工作仅为1.6秒。

当经过上述的1.6秒后，限时器M4—01的输出端7变为高电平，并加到与门M2—04的输入端13上，因端子12为高电平，所以其输出端11亦为高电平，再加到与门M2—07的入端9上，其8端已为高电平，其输出的高电平将加到M2—07的入端5上。另外当电流检测电路不过载时，以及定子电路不断路时，M2—07的输出端11和M2—03的输出端10均为高电平，因此M2—07的入端6为高电平，其M2—07的输出端亦为高电平，经反相器M7转为低电平，因而常速启动继电器K—NS工作，其接点使端子7、8接通，从而接通X线发生电路，X线发生。

另外在常速旋转信号接通的同时，常速旋转间断限时器M8—01，也因端子4为高电平而接通，其输出端子3输出

高电平20秒，间隔0.5秒经反相器M3—02反相变为间歇20秒工作0.5秒的高电平，加到与门M2—05的13端上，并经11端输出到或门M5—01再加到与门M2—03的入端6上，以及50毫秒延时器M4—05的触发端4上。由此间断脉冲控制以后的分频电路的工作时间，亦按间隔20秒工作0.5秒循环工作。直到施加切断信号为止。

常速旋转时，各点的波形与时间特性参见图4第19页所示

(2) 高速旋转方式：此时电路图中的端子 $\Lambda_4$ 被施加一低电平信号，因此经反相器M1—01反相后的高电平将加到与门M2—02的入端5上，由于最初时制动限时器M4—02的7端为高电平，并加到M2—02的入端6上，因而M2—02的4端输出高电平，并经反相器M3—01反相后加到高速限时器M4—03的低电平触发端11上，限时器接通，其输出端10 (CP8) 输出高电平，持续时间为2.5秒，并经两或门M5—02加到与门M2—03的入端2上，以及加到50毫秒延时器M4—05的高电平触发端12上，M4—05的输出端9在经50毫秒延时后亦为高电平，并加至M2—03的入端1上，则M2—03的输出端3输出高电平，并送入M2—08的入端9上。另外，由于在最初时或门M5—02的输入端6为高电平，所以与门M2—08的入端8亦为高电平，其输出端10为高电平，然后再送到与门M2—08的入端12上。由于振荡器M8—04已处在工作状态，所以产生的360HZ方波信号经与门M2—08的输出端11输出，再经过或门M5—03加到与门M2—06的入端8上，此时，当过流检测电路正常时，M2—06的输入端9亦为高电平，因此输出端10将输出360HZ方波，再通过M2—06的4端（其6端无切断信号时为高电平）加到分频电路进行分

频，使定子线圈施加180HZ的交流电，旋转阳极将高速旋转。

另外，在高速限时器M4—03工作的同时，间断限时器M8-02因端子4为高电平而接通，这高电平也经或门M5—02加到反相器M3—02的入端7.9上，然后再分别经矩阵M7的12端及11端输出低电平，此时光电耦合晶体管Tr5接通，使逆变器的电源切换到300伏上，同时移相电容切换继电器K—H工作，使移相电容换接在高速边这些动作完成约需25，毫秒，这就是逆变器需要在信号接通后延时50毫秒的原因。

高速用间断限时器M8—02的输出端3与常速间断限时器工作相同，只不过输出高电平为30秒，间歇1秒，经反相器M3—02反相变为间歇30秒工作1秒的高电平，并加到与门M2—05的入端1上，然后经M2—05的3端输出，再经或门M5—02加到与门M2—03的入端1及50毫秒延时器M4—05的入端12上。以后的工作过程同前述的高速限时器M4—03一样，只不过以后的分频电路由间断限时器M8—02控制，即每隔30秒工作1秒。

同常速旋转方式一样，在高速旋转时需待高速旋转启动电路中的确认继电器K—HS工作，方能曝光摄影。当高速旋转限时器M4—03工作2.5秒之后，由于其输出端9变为高电平，并加到与门M2—05的入端5上，因6端此时为高电平，所以M2—05的输出4亦为高电平，并加到与门M2—09的入端9上，其入端8已为高电平，则M2—09的输出端10输出高电平，并经或门M5—03加到与门M2—07的输入端1上，其2端当过流检测电路及定子电路无断路时为高电平，所以M2—07的3端输出高电平，后经M7反相为低电平，因此继电器K—HS工作，使端子H7、H8短接，从而X线可产生。

此时，在一般摄影时，高速启动确认继电器K—HS的工作不受RPM测定电路及后备限时器的控制。

高速旋转时各点的波形及时间特性参见图4第19页所示。

**2、透视 / 点片工作时：**按所选用的X线管也可采用常速旋转方式及高速旋转方式两种，下面将分别说明。

(1) 常速旋转方式：当透视点片时，电路图中的端子 $A_3$ 及 $A_2$ 应施加低电平。此时，透视点片限时器M4—03工作，而常速旋转限时器M4—01则由于反相器M3—01的输出端15输出低电平而不工作。限时器M4—03当选用U型管时微动开关SW1—E接通，此时将按0.8秒限时工作。与M4—03限时器接通的同时，常速间断限时器M8—01也将同时接通，其后电路的工作将与正常旋转方式作一般摄影相同。

(2) 高速旋转方式：当采用这种方式，在透视时X线管的阳极应以常速旋转工作。只在点片摄影时，X线管阳极才以高速旋转。

在透视时，电路中的端子 $A_2$ 及 $A_4$ 将施加低电平信号，其电路的工作过程将与上述正常旋转方式时相同。

当作点片摄影时， $A_4$ 端将施加低电平信号，高速旋转限时器M4—03工作，高速旋转间断限时器M8—02工作。此时后备限时器(1.1秒延时器)M4—04由于高速旋转限时器M4—03的9端输出低电平触发而接通工作，50毫秒延时器亦接通工作。在高速旋转信号接通的同时，同前述的一般摄影时一样，高电平信号也将通过或门M5—02的输出端3加到反相器M3—02的入端7与9上。一方面使晶体管Tr5工作，逆变器电源换接到300伏上，另外使移相电容切继电器K—H亦工作，换接到高速边。

当由透视转向点片时,正常旋转信号断开与门M2—01的11端输出为低电平,此时开关SW1—B在高速旋转方式作透视点片时为接通状态,因而HU补偿限时器M4—01将接通工作,此时输出端10(CP5)输出高电平信号,持续22秒钟,并使双向开关M6—01接通,使电阻R85R10并联。当在22秒内重复透视时,透视点片限时器M4—03将按0.5秒限时工作,这时因为旋转阳极的运动惯性,只需0.5秒即可达到正常转速的要求。

在高速旋转透视点片过程中,由运算放大器M10—02及M10—03 $\frac{1}{2}$ 与光电耦合器PC2—01等组成RPM(转速/分钟)测量电路,当高速旋转速度达到后,将从光电耦合器PC2—01的4端输出高电平,并加到与门M2—09的输入端6上,待延时器M4—04经过1.1秒延时后7端输出高电平也加到M2—09的5端,其M2—09的输出端4将输出高电平,并加到D型触发器的M9—2 2/2的11端从而使输出翻转,即M9—2 2/2的13端为高电平,12端为低电平。其高电平加到与门M2—09的入端13上。因12端已为高电平,故M2—09的11端输出为高电平,再或门M5—03的10端输出到与门M2—07的1端,其M2—07的2端当过流检测电路正常及定子电路无断路时亦为高电平,因此M2—07的3端输出为高电平,再经矩阵M7反相后为低电平,使高速启动确认继电器K—HS工作。其接点使端子H<sub>7</sub>、H<sub>8</sub>短接,使X线产生。

在作透视点片方式时各点波形及时间特性参见图5第20页。

**3、摄影操作中的制动电路:** 制动电路的目的,是当摄影完毕后迅速使X线管阳极的转速降低或停止。该装置设有两种制动方式,即交流制动与直流制动。在一般摄影(常速旋转时),即交流制动电路将自动工作。直流制动电路不工作。只

有在高速旋转方式时,交流与直流制动电路同时工作。下面将简单介绍两种制动工作过程。

(1) **交流制动方式:** 当高速旋转信号切断时,制动立即发生。由于端子A4为高电平反相器 M1—01 的输出端 2 为低电平,进而与门 M2—02 的输出端 4 亦为低电平,此时高速旋转限时器M4-03及间断限时器均不工作,而低电平经或门M5—02加到制动限时器M8—02的低电平触发端 5 上, M8—02 即工作,其输出端 6 (CP7) 为高电平,并加到或门M5—01 的入端13上,从而使50毫秒延时器 M4—05 工作,而使与门M2—03的输出端4经50毫秒延时有高电平输出,并加到与门M2—08的入端 5 上。

另外,由制动限时器M4—02的7端为低电平,使与门M2—03的输出端11亦为低电平,此时双向开关 M6—02断路,电阻R21、R22与电容C4—02串联,使50/60HZ振荡器M8—03的输出端 3 (Cp15) 输出为100HZ方波,并经与门M2—08 的 4 端及或门M5—03输出到与门M2—06 的入端 8 上,因此此时与门的入端的 6 及 9 端均为高电平,所以100HZ的方波将加到分频电路,使定子线圈施加50HZ的频率交流电。因此X线管阳极由高速(9000转/分)变为常速(3000转/分)旋转。其减速时间为1.4秒,这就是所说的交流制动。

(2) **直流制动:** 当制动限时器M4—02接通后,其输出的高电平也加到与门M2—04的入端 8 上,因其 9 端已高电平,则M2—04的10端输出高电平,并加到与门M2—04的入端 5 上,因 6 端也施加的是延时器M4—05延时50毫秒的高电平,经与门M2—03的输出端4和开关SW1—D(此时接通)加上的。因此与门M2—04的4端亦输出高电平,再经反

相器M3—03反相变为低电平使直流制动限时器M4-02触发工作，其M4-02的输出端10将输出高电平，持续2秒钟，其输出的高电平也经或门M5—03，及与门M2—06也加到分频电路。当交流制动经过1.4秒后，即有一段时间（ $2 - 1.4 = 0.6$ 秒）为直流电平加在分频电路输入端，因此这时定子线圈被加上直流电，从而使管子旋转转数再由3000转/分降至100转/分左右。这就是所说的直流制动。

对于常速旋转方式时的制动，只产生交流制动过程，而无直流制动过程。

## 第四章 其他电路

**一、电源接通复位电路：**该电路是防止各限时器在电源接通的瞬间产生误动作，电阻R38及电容器C<sub>4</sub>—01就是为此目的而设置的。一般限时器在电源接通后约需20毫秒方能达到设定状态，而电阻R38及电容C<sub>4</sub>—01的时间常数约为30毫秒。因为各限时器的复位头（M4—01~4M-04的3或13头）均是直接地或通过与门接到电容器C<sub>4</sub>—01上，此时即使有干扰信号进入各限时器的触发端，也不会工作。

**二、限时器复位电路：**当正常旋转时，高速旋转信号接入时，由于高速旋转限时器M4-03工作，其输出端9为低电平，并通过与门M2-09的输出头3加到常速旋转限时器M4-01及透视一点片常速旋转限时器M4—03的复位端3上，使其复位而不工作。这就是高速旋转优先于常速旋转。

而当制动限时器M4—02工作时，其输出端7为低电平，

并通过与门 M2—05 的输出端 10 加到高速旋转限时器的复位端 13 上，这就是制动优于旋转而工作。

应提出的是，在常速或高速旋转时，或门 M5—03 的输出端均为高电平，并通过反向器 M3—03 转换成低电平而加到与门 M2—08 的入端 2 上，然后再加到直流制动限时器 M4—02 的复位端 13 上，使其复位而不工作。

**三、过电流检测电路：**当有过电流发生时，光电耦合器 PC1-01 将接通，其 3 端为低电平，此低电平将加到与门 M2—07 的入端 13 及 M2—03 的入端 8 上，因而使高速旋转及常速旋转的启动确认继电器断电不工作，而不能进行曝光摄影。

另外，上述低电平信号也经反相器 M3—03 的输出端 6 变为高电平，使双向开关 M6—01 的 1 与 2 端导通，因而使晶体管 Q1—01 的基极电位变为 OV，所以 Q1—01 断路，因而使充电电路中的闸流管 Q<sub>1</sub>，Q<sub>2</sub> 断路而使充电停止。

**四、最初充电电流的抑制电路：**该电路是由图中的运算放大器 M10—01 1/2、2/2 及晶体管 Q<sub>1</sub>—01 等构成。其目的是为了抑制电容器 CA 及 CB（见图 2）的开始充电电流。

当电源接通时，与电源零相同步的脉冲被加到端子 A8 上，由于电路中电阻 R26 及电容 C4—04 的作用，其波形如图 5 中 Cp19 所示，经运算放大器 M10—01 1/2 放大后，施加到 M10—01 2/2 的反相输入端 6 上的波形如图 3 中 CP20 所示，由于在电源接通的同时 M10—01 2/2 的同相输入端 5 上所加的比较电压，正在上升，上升的速度由电阻 R19 和电容器 C7 的时间常数决定，约为 120 毫秒，该电压同前述的电压相比较，则在点 CP21 上出现的波形如图 3 中所示，其方波的宽度随着容器 C7 上电压的增加而加宽，并加到晶体管 Q<sub>1</sub>—01 的基极，

$Q_1-01$  则随所施加的脉冲而导通，从而使充电回路中的可控硅（参见图 2） $Q_1-01, Q_1-02$  导通，其可控硅的导通角由方波的宽度决定，是随时间而逐渐加大的，因而充电电流也是逐渐加大，达到了抑制充电起始电流的目的。

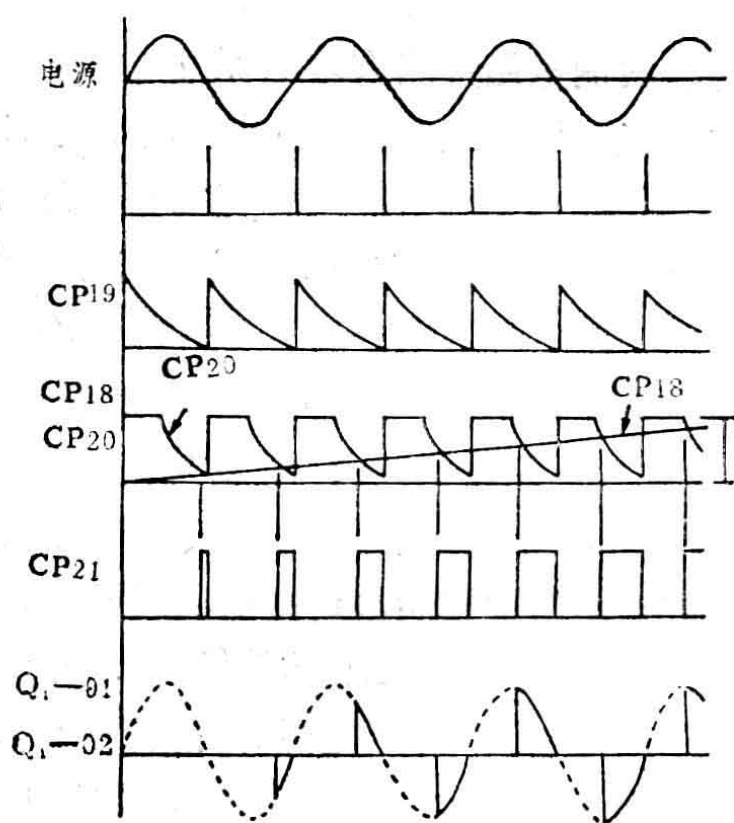


图 3

**五、启动器断路确认电路：**该电路由原图501-07815C中的运算放大器M10-02 1/2、M10-03 2/2及晶体管 $Q_1-02$ 、光电耦合器PC1—02、PC2—02等组成，其目的是检测启动器的线圈是否断路，决定操作电路是否工作。

运算放大器M10-03 2/2的反相输入端6施加一个固定的

参考电压7.5V,当启动器的线圈有断路时,点CpX4的输出电压将小于7.5V,因而比较器M10-03 2/2的输出将为负值,因而晶体管Q<sub>1</sub>—02将无基流而不导通,因而光电耦合器pC1—02的4端为低电平,其结果在反相器M3—03的输出端15上仍为低电平,并将此信号加到与门M2—07的入端12上,其输出11端亦低电平,而后加至另-与门M2-07的入端2上,因而将使高速旋转确认继电器K—HS不工作。

此外,低电平信号也同时通过或门M5—01(因在一般摄影时其8端已为低电平)的9端,再加入到与门M2—03的入端9上,因此与门M2—03的输出为低电平,致使与门M2—07的输出端4亦为低电平,因而使常速旋转确认继电器不工作。

因此,只有在启动器线圈无断路时,光电耦合器pC1—02的4端才能输出高电平,正常旋转确认继电器和高速旋转确认继电器才可能工作。

有一例外,当在透视一点片时,选用高速旋转管,采用50HZ正常旋转方式作透视时,电路可不考虑断路确认电路的作用,常速旋转确认继电器也会工作。因为,此时开关8W1—A接通,与门M2—03的入端13为低电平,其输出为低电平,经反相器M1—01转换为高电平再加至或门M5—01的入端8上,然后经M5—01的10端输出加到与门M2—03的入端9上,因8端在电路无过载时为高电平,其M2—03的输出端10为高电平,因而当常速旋转限时器断开后,常速旋转确认继电器将工作,这是考虑到透视时与管子是否旋转关系不大。