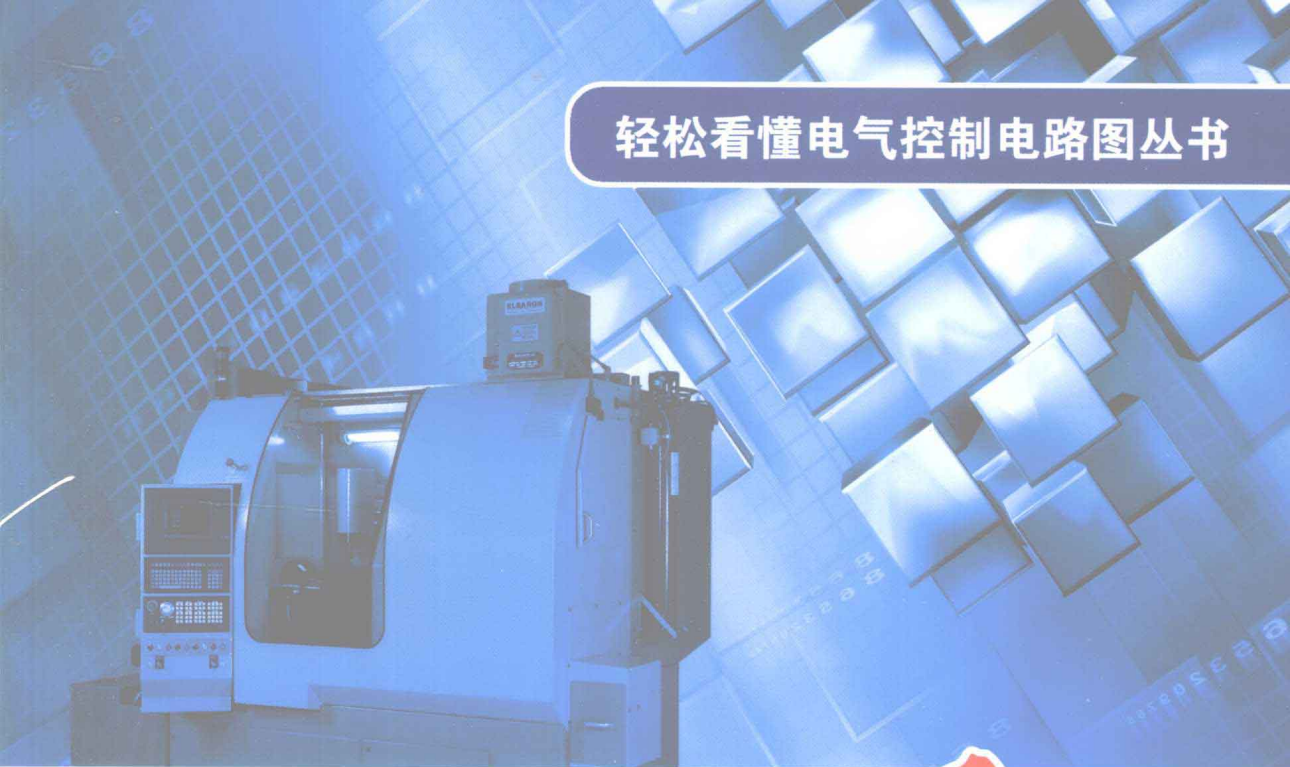


轻松看懂电气控制电路图丛书



# 轻松看懂

## 机械设备电气控制电路图

■ 郑凤翼 耿立文 编著



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

轻松看懂电气控制电路图丛书

# 轻松看懂

## 机械设备电气控制电路图

■ 郑凤翼 耿立文 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要



电气工作人员在生产实践中经常要接触到电工电路,本书正是为了帮助广大电气工作人员熟悉和掌握电工电路、提高读识电路图的能力而编写的。

本书共分4章,主要内容包括交流电动机控制、直流电动机控制、机床电气控制及一般机械设备控制等。本书在不改变原有电路图的基础上,对每个电器元件都添加了注解说明,并采用时序图与电器元件动作顺序和文字叙述相结合的方法来描述电路工作,通俗易懂、内容丰富、简明实用。

本书主要供从事电气工作的人员和相关专业的师生学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

轻松看懂机械设备电气控制电路图/郑凤翼,耿立文  
编著. —北京:中国电力出版社,2008

(轻松看懂电气控制电路图丛书)

ISBN 978-7-5083-7864-0

I. 轻… II. ①郑…②耿… III. 机械设备-电气控  
制-控制电路-图解 IV. TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第145651号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2009年1月第一版 2009年1月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 11.5印张 198千字

印数0001—4000册 定价22.00元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

电气工作人员在生产实践中经常要接触到电工电路，本书正是为了帮助广大电气工作人员熟悉和掌握电工电路，提高识读电路图的能力而编写的。

本书在不改变原有电路图的基础上，对每个电器元件都添加注解说明，解释和说明该电器元件的作用。采用时序图与电器元件动作顺序和文字叙述相结合的方法来描述电路工作，进而说明电路的工作原理。

为了叙述方便，本书中对时间继电器，采用了2个助记符，即“※”和“#”。其中，“#”表示断电延时时间继电器，如用#KT1来与不带“#”的通电延时时间继电器相区别；“※”表示时间继电器的瞬动触点，以与不带“※”的延时触点相区别，如“※#KT1(1-2)”表示断电延时时间继电器KT1的瞬动触点KT1(1-2)。

本书主要内容有交流电动机控制、直流电动机控制、机床电气控制、一般机械设备控制等，书中的识图示例实用性强、覆盖面宽，旨在通过识图示例的引导，达到举一反三、触类旁通，使读者通过识图练习，能够读懂更多更新的电工电路图。

本书主要由郑凤翼、耿立文编写，参加编写的还有郑丹丹、孟庆涛、齐宝霞、郑晰晖、刘菊善、李红霞、王晓琳、温永库、苏阿莹、冯静、王军生、徐占国、冯建辉、张萍等。本书文字精练、通俗易懂、内容丰富，分析详细、清晰。在编写过程中，在内容上力求简明实用，并采用深入浅出、图文并茂的表达方式，通俗易懂。适合广大初、中级电工人员阅读。

在本书写作过程中，编者参考了一些书刊杂志，并引用了其中的一些资料，难以一一列举，在此一并向有关作者表示衷心的感谢。

编者

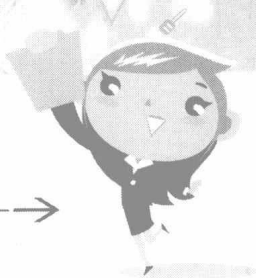
## 前言

● 第 1 章 电动机控制电路 .....	1
1.1 三相笼型感应电动机直接启动单向运行控制电路 .....	1
1.1.1 典型的单向运行控制电路 .....	1
1.1.2 电动机的点动/长动控制电路 .....	11
1.1.3 三相笼型感应电动机正反转控制电路 .....	13
1.1.4 多台电动机控制电路 .....	21
1.2 三相笼型感应电动机减压启动控制电路 .....	28
1.2.1 时间继电器控制的定子绕组串接电阻减压启动控制电路 .....	28
1.2.2 Y- $\Delta$ 减压启动控制电路 .....	30
1.2.3 自耦减压启动控制电路 .....	36
1.2.4 XJ01 系列自耦变压器减压启动控制电路 .....	36
1.2.5 三相感应电动机延边三角形减压启动控制电路 .....	38
1.2.6 软启动控制电路 .....	44
1.3 三相笼型感应电动机的调速、制动和保护电路 .....	46
1.3.1 三相笼型感应电动机的调速电路 .....	46
1.3.2 三相笼型感应电动机机械制动电路 .....	49
1.3.3 单向运行反接制动控制电路 .....	51
1.3.4 电动机保护电路 .....	61
● 第 2 章 三相交流绕线型感应电动机和直流电动机控制电路 .....	69
2.1 三相交流绕线型感应电动机控制电路 .....	69
2.1.1 三相交流绕线型感应电动机转子回路串电阻启动控制电路 .....	69
2.1.2 三相绕线式感应电动机转子回路串频敏变阻器启动控制电路 .....	77
2.2 直流电动机控制电路 .....	82
2.2.1 电路组成原则 .....	82
2.2.2 直流电动机串电阻启动控制电路 .....	82

2.2.3 直流电动机调速与制动控制电路 .....	95
● 第3章 机床电气控制电路 .....	101
3.1 机床电气控制电路图的识读方法及步骤 .....	101
3.1.1 复杂机电设备电气电路的组成 .....	101
3.1.2 机床电气控制电路图的识读方法和步骤 .....	101
3.2 普通车床电气控制电路 .....	104
3.2.1 卧式车床的主要结构及运动形式 .....	104
3.2.2 C616型普通车床电气控制电路 .....	105
3.2.3 C650型卧式车床电气控制电路 .....	109
3.3 摇臂钻床电气控制电路 .....	114
3.3.1 摇臂钻床的主要结构及运行形式 .....	114
3.3.2 Z3040型摇臂钻床电气控制电路 .....	115
3.4 磨床电气控制电路 .....	124
3.4.1 平面磨床的主要结构及运动形式 .....	124
3.4.2 M7130型平面磨床电气控制电路 .....	125
3.5 铣床的电气控制电路 .....	130
3.5.1 铣床的主要结构及运动形式 .....	130
3.5.2 X62W型万能升降台铣床电气控制电路 .....	131
3.6 镗床电气控制电路 .....	142
3.6.1 镗床的主要结构及运动形式 .....	142
3.6.2 T68型卧式镗床电气控制电路 .....	143
● 第4章 一般机电设备电气控制电路 .....	153
4.1 机械压力机 .....	153
4.1.1 机械压力机的主要结构 .....	153
4.1.2 工作原理 .....	154
4.1.3 某型闭式单点压力机电气控制工作原理 .....	154
4.2 散装水泥输送机控制电路 .....	158
4.2.1 散装水泥输送机的工艺流程及工艺要求 .....	158
4.2.2 电路分析 .....	160
4.2.3 电路的工作过程 .....	161
4.3 自动送料加热炉控制电路 .....	164
4.3.1 工艺要求 .....	166

4.3.2	电路分析 .....	166
4.3.3	电路工作过程 .....	169
4.4	细纱机电气控制电路 .....	171
4.4.1	电路分析 .....	173
4.4.2	电路工作过程 .....	173

# 电动机控制电路



## 1.1 三相笼型感应电动机直接启动单向运行控制电路

电动机接通电源后由静止状态逐渐加速到稳定运行状态的过程称为电动机的启动，三相笼型感应电动机的启动控制有直接启动和减压启动两种方式。直接启动也称全压启动，就是将额定电压直接加到电动机的定子绕组上，使电动机启动的一种启动方法。直接启动时，电动机启动电流为额定电流的 4~7 倍，过大的启动电流会造成电网电压显著下降，直接影响接在同一电网工作上的其他电动机及用电设备的正常运行，因此直接启动电动机的容量受到一定的限制。在一般情况下，当电动机功率小于 10kW 或不超过供电变压器容量的 15%~20% 时，都允许直接启动。否则应采用减压启动，以减小启动电流对电网的冲击。

### 1.1.1 典型的单向运行控制电路

#### 1. 接触器控制的单向运行控制电路

接触器控制的单向运行控制电路如图 1-1 所示。

#### 【电路组成】

主电路由刀开关 QS、熔断器 FU、接触器 KM 的主触点、热继电器 FR 的热元件和电动机 M 组成。控制电路由热继电器 FR 的动断触点 FR(1-3)、停止按钮 SB1、启动按钮 SB2、接触器 KM 的线圈及其辅助动合触点 KM(5-7) 组成。这是一最典型的启动、停止控制电路。

在主电路中，串接热继电器 FR 的三相热元件；在控制电路中，串接热继电器 FR 的动断触点。一旦过载，FR 的热元件动作，其动断触点断开，切断控制电路，电动机失电停转。

在启动按钮两端并联有接触器 KM 的辅助动合触点 KM(5-7)，使该电路具有自锁功能。

该电路不仅能实现电动机的频繁启动，而且可实现远距离的自动控制，因此是最常用的简单控制电路。



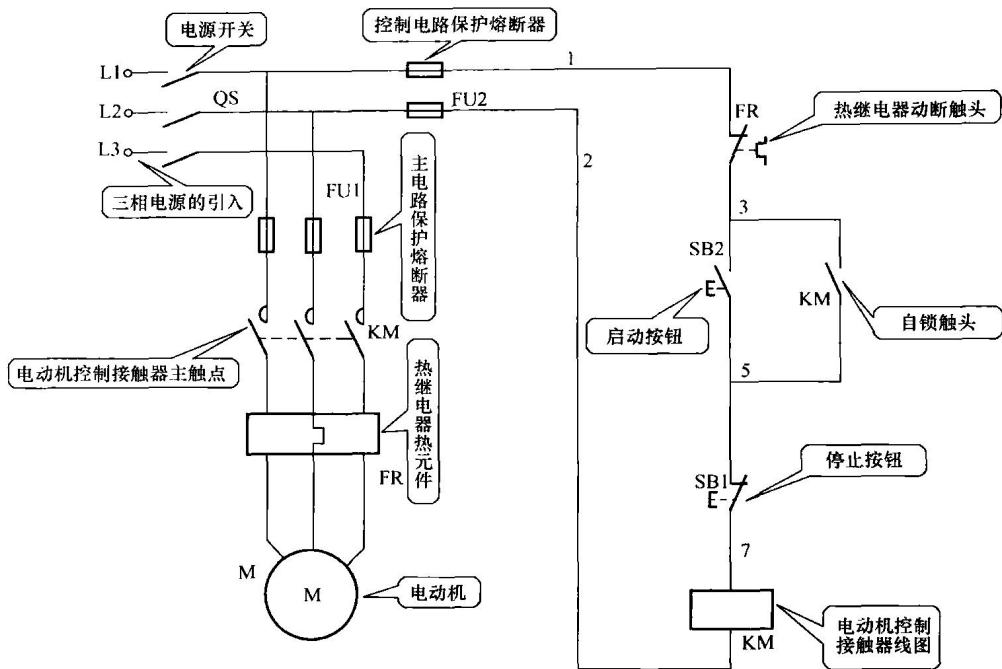


图 1-1 接触器控制的单向运行控制电路

### 【电路工作过程】

接触器控制的单向运行控制电路工作过程时序如图 1-2 所示。

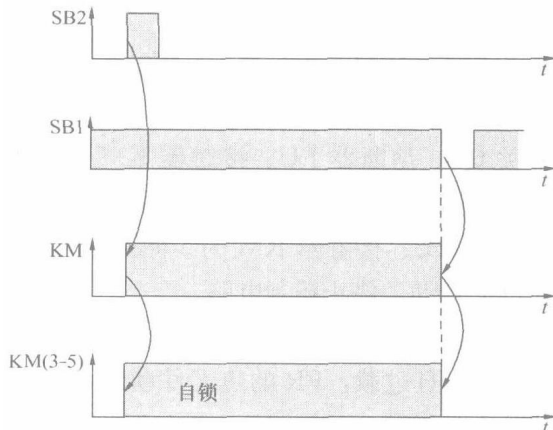


图 1-2 图 1-1 所示电路工作过程时序

(1) 电动机的启、停控制。

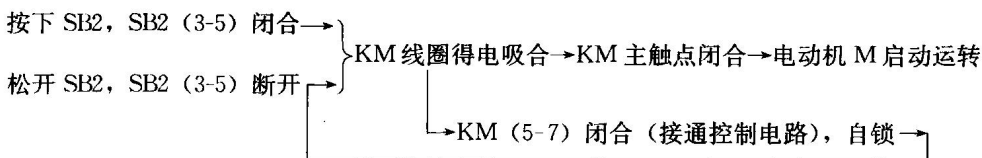
启动时，合上开关 QS，引入三相交流电源。按下启动按钮 SB2，则接触

器 KM 线圈得电吸合(以下简称为 KM 得电吸合, 其他电器元件相同), 其主触点闭合, 电动机接通电源开始全压启动运转, 同时与启动按钮 SB2 并联的 KM 的辅助动合触点 KM(5-7)也闭合, 使 KM 的吸引线圈经两条路径得电。这样当松开 SB2 时, SB2 自动复位断开, KM 线圈通过其自身辅助动合触点 KM(5-7)和停止按钮 SB1 的串联支路继续保持得电, 从而保证电动机 M 连续运转。松开启动按钮后, 电动机能够连续运行, 这种依靠接触器自身辅助动合触点保持线圈得电的电路, 称为自锁或自保电路, 起自锁作用的动合触点被称为自锁触点或自保触点。

要使电动机停止转动, 只要按下停止按钮 SB1, 切断 KM 线圈电路, 使 KM 线圈失电释放(以下简称为 KM 失电释放, 其他电器元件相同), 则其动合主触点复位断开, 将三相电源断开, 电动机停转; 同时其辅助动合触点 KM(5-7)也复位断开, 控制电路解除自锁, 控制回路也不能再自行启动。松开 SB1 后, 在复位弹簧的作用下 SB1 恢复到原来的闭合状态, 但 KM 线圈已不能再依靠自锁触点得电了, 因为原先闭合的自锁触点已在 SB1 复位之前断开。若使电动机重新运转, 必须进行第二次启动才能完成。

图 1-1 所示电路电器元件动作顺序如下。

启动:



停止:

按下 SB1 → KM 失电释放 → KM 主触点复位断开 → 电动机 M 失停转  
→ KM (5-7) 复位断开, 解除自锁

## (2) 电路的保护环节。

1) 熔断器的短路保护。熔断器 FU1、FU2 分别实现主电路、控制电路的短路保护。熔断器可作为电路的短路保护, 但达不到过载保护的目。

2) 热继电器的过载保护。热继电器具有过载保护作用。由于热继电器的热惯性比较大, 即使热元件流过几倍电动机额定电流, 热继电器也不会立即动作。因此, 在电动机启动时间不太长的情况下, 热继电器是经得起电动机启动电流冲击而不动作的。只有在电动机长时间过载下, 串联在主电路中的热继电器 FR 的热元件(双金属片)因受热产生变形, 能使串联在控制电路中的热继电器 FR 的动断触点断开, 断开控制电路, 使接触器 KM 失电释放, 电动机失电

停止运转，实现对电动机的过载保护。当电源电压恢复正常时，接触器线圈也不能自动得电，只有再次按下启动按钮 SB2 后，电动机才会启动。

3) 欠压和失压保护。欠压和失压保护是依靠接触器本身的电磁机构来实现的。当电源电压由于某种原因而严重下降(欠压)或消失(失压)时，接触器的衔铁自行释放，即接触器失电释放，电动机失电停止运转。控制电路具备欠压和失压保护后，具有 3 个优点：① 防止电电源电压严重下降时，电动机欠电运行；② 防止电电源电压恢复时，电动机突然自行启动运转造成设备和人身事故；③ 避免多台电动机同时启动造成电网电压的严重下降。

### 【识图小结】

(1) 根据图 1-1 所示电路可得出组成继电器或接触器控制电路的三要素为得电条件、保持条件和失电条件。

(2) 在图 1-1 所示电路中接触器 KM 的得电条件为 SB2。

(3) 在图 1-1 所示电路中接触器 KM 的保持条件为 KM(3-5)。

(4) 在图 1-1 所示电路中接触器 KM 的失电条件为 SB1 或 FR(1-3)。

## 2. 单向间歇运行控制电路

电动机单相间歇运行控制电路如图 1-3 所示。

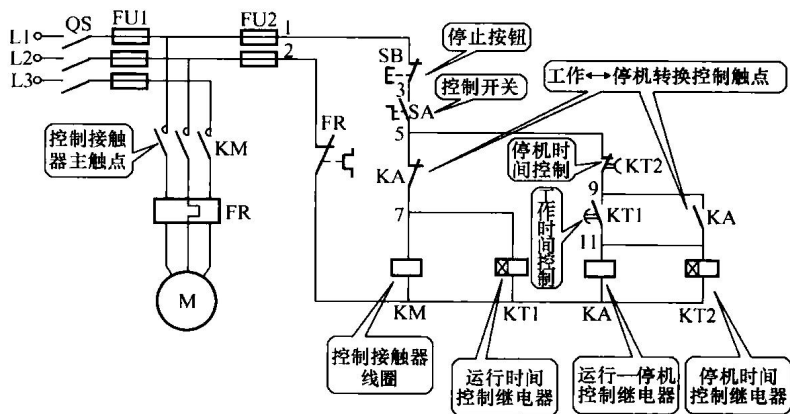


图 1-3 电动机单相间歇运行控制电路

### 【电路组成】

接触器 KM 由 KA 控制，KA 失电则 KM 得电，KA 得电则 KM 失电。而 KA 得电由 KT1 控制，KA 失电由 KT2 控制，因此 KT1 控制电动机运行时间，而 KT2 控制电动机停机时间。

### 【电路工作过程】

电动机单间歇运行控制电路工作过程时序如图 1-4 所示。

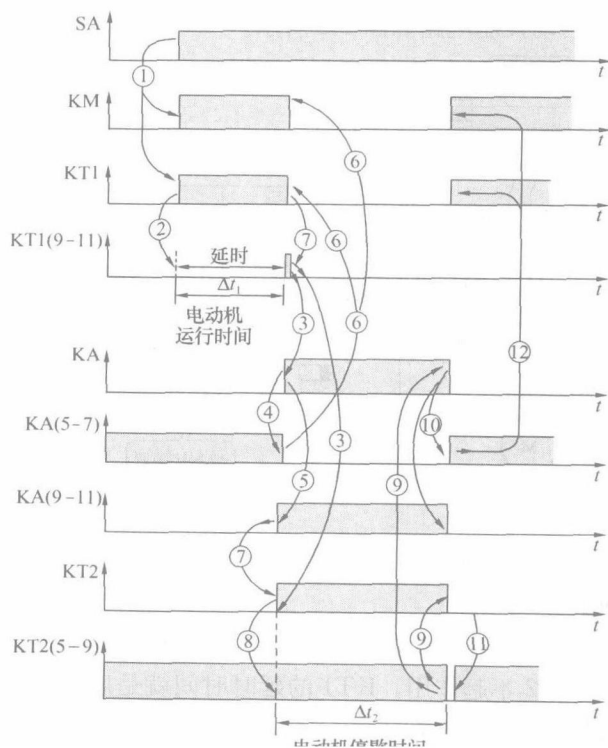


图 1-4 图 1-3 所示电路工作过程时序

图 1-3 所示电路电器元件动作顺序如下。

合上开关 QS 和 SA。

SA 闭合 → { KM 得电吸合 → 主触点闭合 → 电动机启动运转  
KT1 得电吸合 → 经延时, KT1(9-11) 闭合 →

KA 得电吸合 → { KA(5-7) 断开 → { KT1 失电释放 → KT1(9-11) 复位断开  
KM 失电释放 → 主触点复位断开 → 电动机停转  
KA(9-11) 闭合, 将 KA、KT2 锁住

KT2 得电吸合 → 经延时, KT2(5-9) 断开 →

KT2 失电释放 → KT2(5-9) 复位闭合  
KA 失电释放 → { KA(9-11) 复位断开 → 确保 KA、KT2 不能得电  
KA(5-7) 复位闭合 →

KT1 得电吸合 → 经延时, KT1(9-11) 闭合 → KA、KT2 得电吸合 → 如此循环, 实现  
间歇运行  
KM 得电吸合 → 主触点闭合 → 电动机再次启动运转

### 3. 重载电动机启动控制电路

重载电动机启动控制电路如图 1-5 所示。

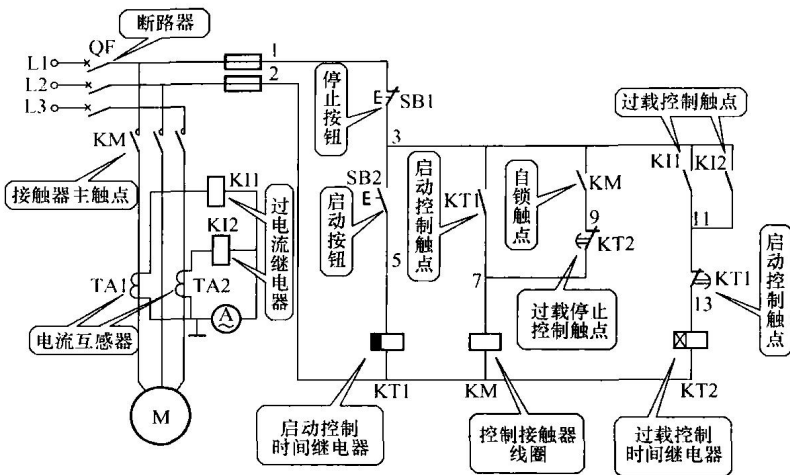


图 1-5 重载电动机启动控制电路

### 【电路组成】

由启动按钮 SB2，通过断电延时时间继电器 KT1，使启动过程中过流保护继电器 KI1 和 KI2 不起作用，KT1 的延时时间就是启动时间。KT2 为过流时控制延时停机的时间继电器。

过电流继电器 KI1、KI2 采样电动机电流。启动时的大电流与过电流的区别：由断电延时时间继电器 KT1 通过通电延时时间继电器 KT2，使启动时 KI1、KI2 不起作用；KI1、KI2 通过 KT2 控制电动机过电流停机。

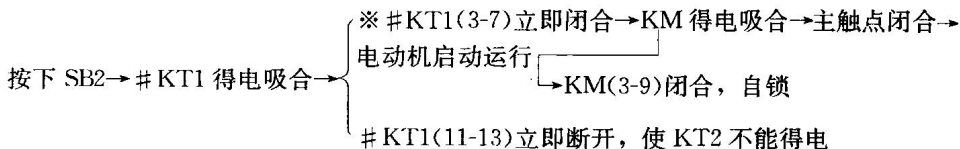
### 【电路工作过程】

重载电动机启动控制电路工作过程时序如图 1-6 所示。

图 1-6 所示电路电器元件动作顺序如下。

(1) 启动。

1) 按下启动按钮 SB2:



由于触点 KT1(11-13) 断开，这样，在电动机启动过程中，尽管电流继电器 KI1、KI2 受启动电流的影响而动作，进而使其动合触点 KI1(3-11)、KI2(3-11) 闭合，但 KT2 仍不能得电，其延时断开的动断触点 KT2(9-7) 也不会断开。启动完成后，在电动机正常运行情况下，电流继电器 KI1、KI2 不动作，其动合触点 KI1(3-11)、KI2(3-11) 复位断开，使 KT2 不能得电。

2) 松开启动按钮 SB2:

SB2 复位断开 → #KT1 失电释放 → { ※ #KT1(1-7) 复位断开  
经延时, #KT1(11-13) 复位闭合 → 为 KT2 得电做准备

(2) 电动机运行过程中发生过载。

当电动机运行过程中发生过载时:

K11 得电吸合 → K11(1-11) 闭合 → } KT2 得电吸合 → 经延时, KT2(9-7) 断开  
K12 得电吸合 → KT2(3-11) 闭合 → }

→ KM 失电释放 → 主触点断开 → 电动机 M 停转

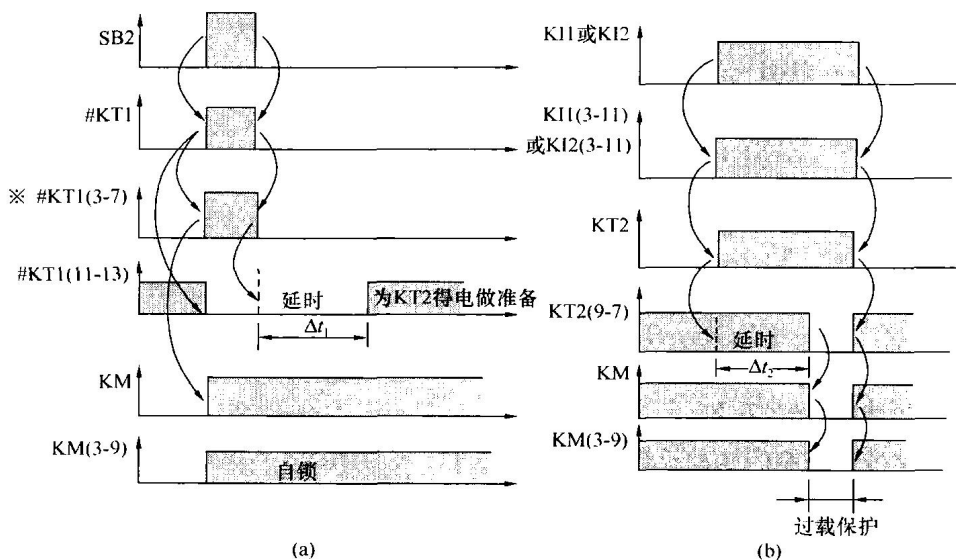


图 1-6 图 1-5 所示电路工作过程时序

(a) 正常工作; (b) 过载保护

#### 4. 单按钮控制的电动机控制电路

单按钮电动机控制电路与两按钮相比,在多点和远距离控制时,可大大节约导线。

单按钮控制的电动机控制电路如图 1-7 所示。

##### 【电路组成】

在接触器 KM 的线圈电路中,串联有继电器 KA2 的动断触点 KA2(3-15),自锁触点 KM(15-17)两端并联有继电器 KA1 的动合触点 KA1(15-17)。因此第一次按下按钮 SB,应使 KA1 得电吸合,其动合触点 KA1(15-17)闭合,进而使 KM 得电吸合;第二次按下按钮 SB,应使 KA2 得电吸合,其动断触点 KA2(3-15)断开,进而使 KM 失电释放;并且第一次松开按钮 SB 后,应使 KA1 失电释放,并为第二次按下按钮 SB 而使 KA2 得电提供先决条件。

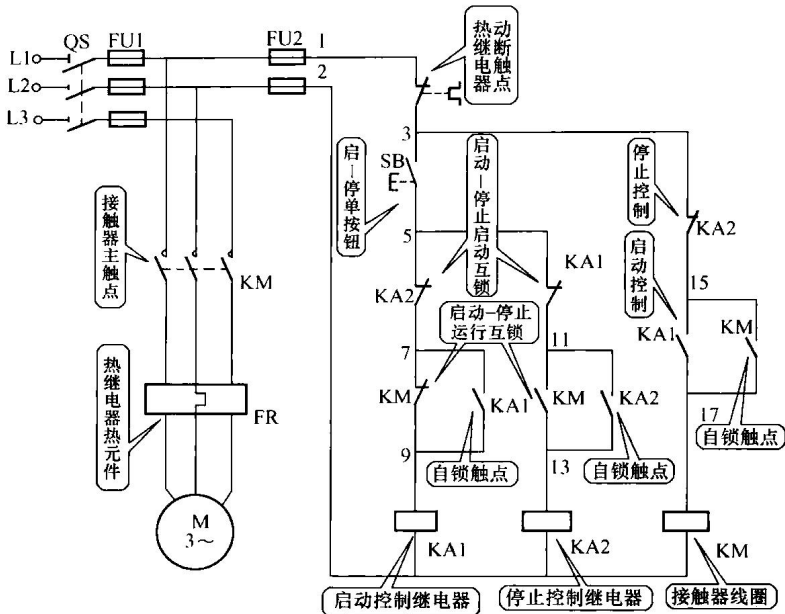


图 1-7 单按钮控制的电动机控制电路

**【电路工作过程】**

单按钮控制的电动机控制电路工作过程时序如图 1-8 所示。

图 1-7 所示电路电器元件动作顺序如下。

合上电源开关 QS，接通电源。

(1) 启动，第 1 次按动按钮 SB。

1) 按下 SB:

按下 SB → KA1 得电吸合 →  $\left\{ \begin{array}{l} \text{KA1}(5-11) \text{ 断开, 使 KA2 不能得电, 互锁} \\ \text{KA1}(7-9) \text{ 闭合, 自锁} \\ \text{KA1}(15-17) \text{ 闭合} \rightarrow \text{KM 得电吸合} \end{array} \right.$

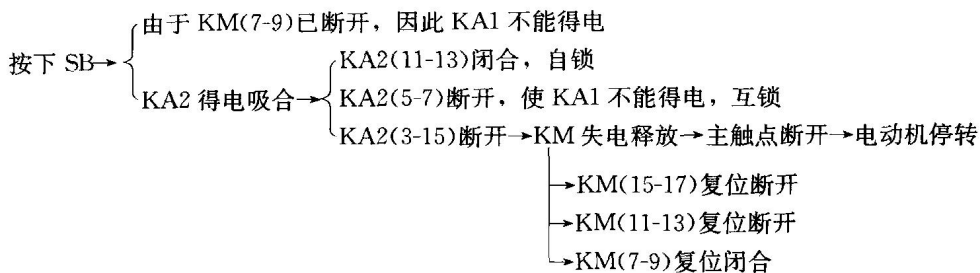
$\left\{ \begin{array}{l} \text{主触点闭合} \rightarrow \text{电动机启动运行} \\ \text{KM}(15-17) \text{ 闭合, 自锁} \\ \text{KM}(7-9) \text{ 断开, 使第 2 次按下按钮 SB 时, KA1 不能得电} \\ \text{KM}(11-13) \text{ 闭合, 为第 2 次按下按钮 SB 时, KA2 得电做准备} \end{array} \right.$

2) 松开 SB:

松开 SB →  $\left\{ \begin{array}{l} \text{KA1}(5-11) \text{ 复位闭合, 为第 2 次按下按钮 SB 时, KA2 得电做准备} \\ \text{KA1}(7-9) \text{ 复位断开, 使第 2 次按下按钮 SB 时, KA1 不能得电} \\ \text{KA1 失电释放} \rightarrow \text{KA1}(15-17) \text{ 复位断开, KM 已自锁, 继续保持得电吸合, 电动机继续运转} \end{array} \right.$

(2) 停止第2次按动按钮 SB。

1) 按下 SB:



2) 松开 SB:

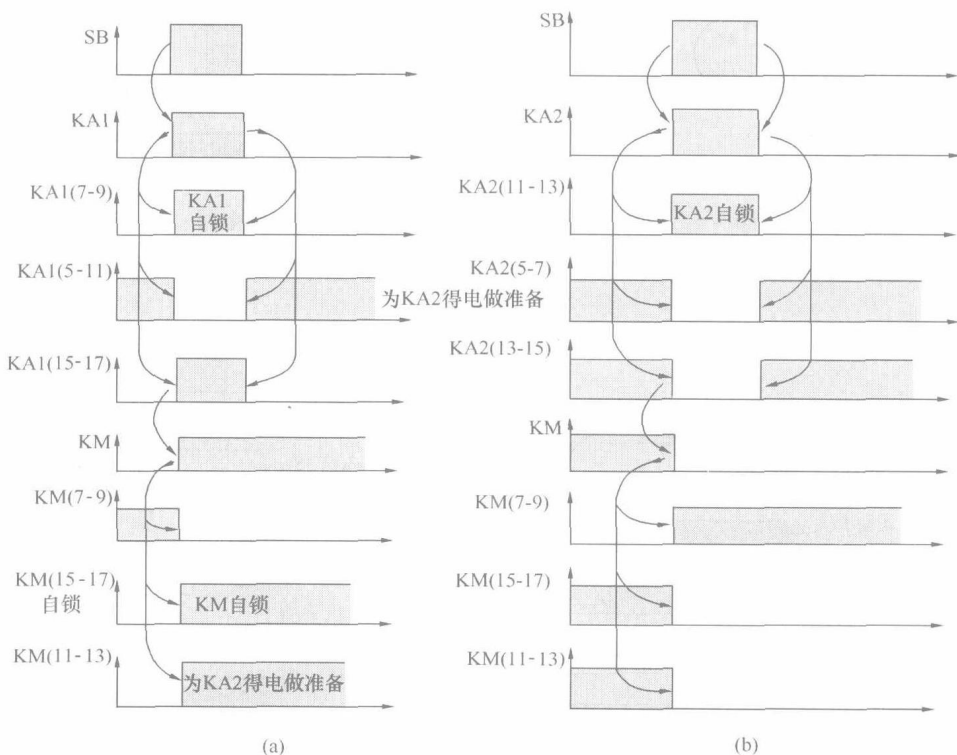
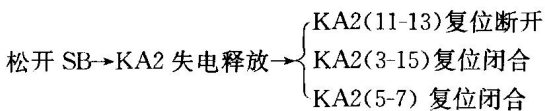


图 1-8 图 1-7 所示电路工作过程时序

(a) 第 1 次按动按钮 SB, 电动机启动运行; (b) 第 1 次按动按钮 SB, 电动机停止运行



### 5. 电压波动与短时停电再来电自启动控制电路

电压波动与短时停电再来自启动电路如图 1-9 所示。

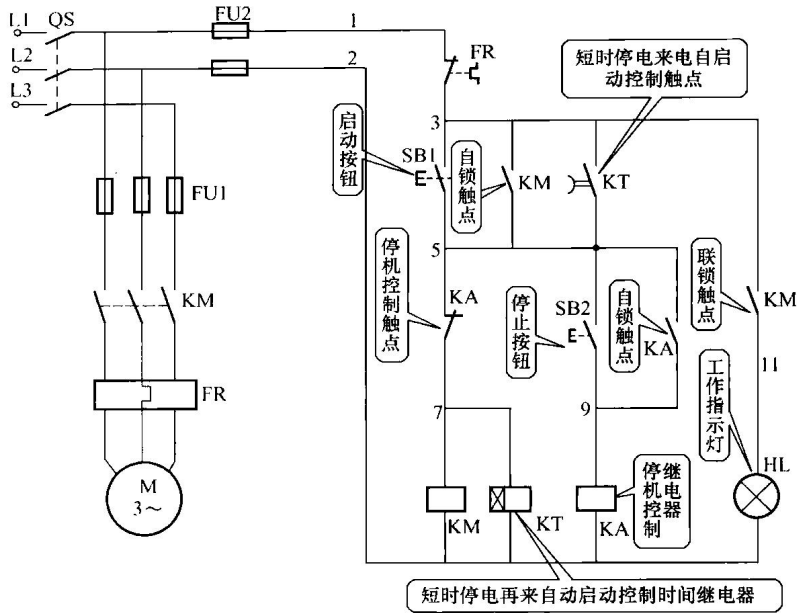


图 1-9 电压波动与短时停电再来电自启动控制电路

电压波动与短时停电再来自启动电路工作过程时序如图 1-10 所示。

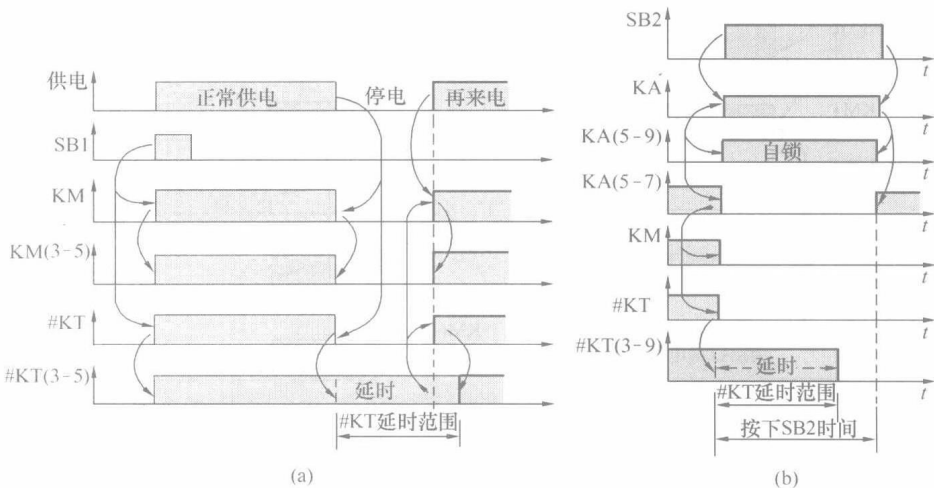


图 1-10 图 1-9 所示电路工作过程时序

(a) 正常供电及短时停电再来电；(b) 停电控制