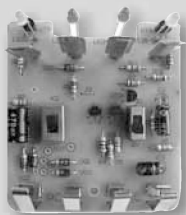


项目二

三相交流异步电动机的 降压启动制动调速控制



项目介绍

三相交流异步电动机因结构简单、运行稳定,在生产生活中被广泛应用。大容量的电动机在启动时,因启动电流过大,常常造成电网电压的大幅度下降,从而导致电动机启动困难或不能启动。实际工作中,电动机转轴和工作机械的转动部分常通过一定装置连在一起,为了使机械部分停止运动,就要对电动机实行制动。对于有多种转速的电动机,在工作中需要通过控制线路能够改变电动机电路连接实现调速等,因此在电动机使用中常需要对电动机进行降压启动、制动、调速等控制。

本项目通过典型的电动机控制电路,介绍常见的三相交流异步电动机的降压启动、制动和调速的方法、原理及应用技术。

学习目标

- 了解常见星-三角启动器、速度继电器等器件的基本结构、原理及使用方法。

- 了解多速电机的基本原理及使用方法。
- 掌握常见降压启动线路的安装、调试及测试基本方法。
- 掌握常见电动机制动线路的安装、调试及测试基本方法。
- 掌握三相交流异步电动机变极调速线路的基本原理与安装方法。

任务一 星形-三角形降压启动控制

大功率的电动机常常采用降压启动,以降低启动电流。常用的降压启动方法一般有星-三角降压启动(Y- Δ),自耦变压器降压启动,定子串电阻降压启动,延边三角形降压启动等。

星形-三角形降压启动是指正常运行时定子绕组接成三角形接法的笼型异步电动机。启动时先将定子绕组接成星形,待转速上升到额定转速时,再将定子绕组由星形换接为三角形,这时电动机进入全压运行。它的优点是启动设备成本低、使用方法简单。



应用案例

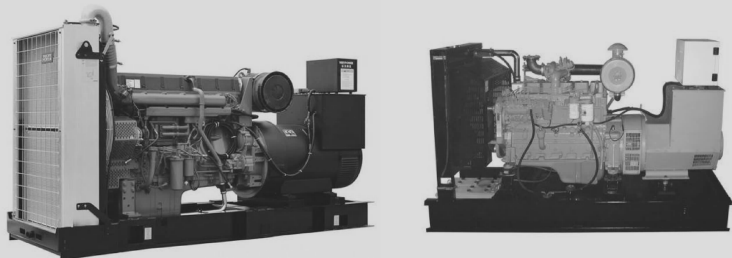


图 2-1 修建高速路使用的空气压缩机



图 2-2 常用降压启动装置

大型设备利用电动机提供动力时,所配置的电动机容量往往很大(图 2-1),在容量较大的电动机电路中,由于启动电流大,会使电网电压受到冲击,所以一般采用降压启动(图 2-2)。如图 2-3 所示是一种常用的三相交流异步电动机的降压启动电路,称为星-三角降压启动电路。

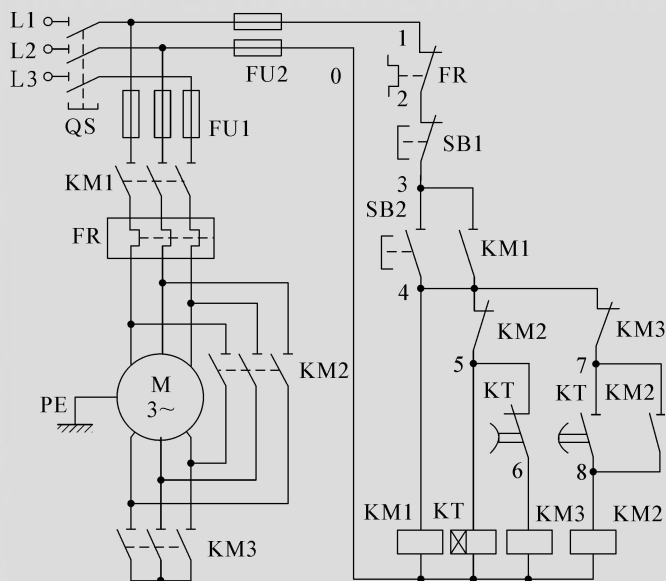


图 2-3 星形-三角形降压启动控制电路图



知识准备

一、器件知识

1. 三相交流异步电动机星形接法和三角形接法

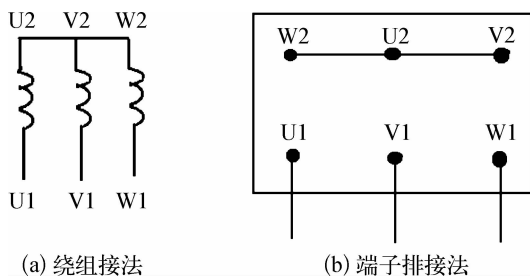


图 2-4 电动机三相绕组的星形接法

三相交流异步电动机的三相绕组首尾引出端接在接线盒里的端子板上,按图 2-4、图 2-5 连接就可以实现星形接法和三角形接法的改变。

2. 电动机星-三角启动原理及特点

启动鼠笼式异步电动机时,将电动机的定子绕组先接成星形,待达到一定的额定转速,即启动完毕,在额定的时间内再

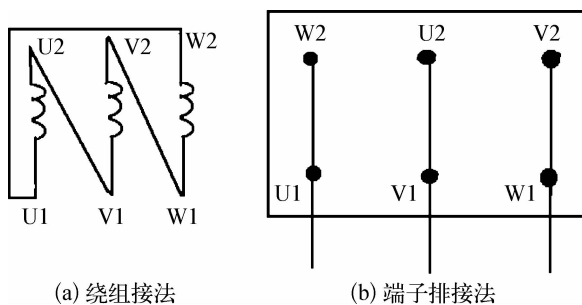


图 2-5 电动机三相绕组的三角形接法

接成三角形运行。这种启动方式,适于电机空载轻载启动、正常运行时为 Δ 接的电机。电机功率一般为 132 kW 以下。

电动机星-三角启动方式,可以降低启动电流,减轻它对电网和同一配网中其他电气设备的冲击。启动时的工作电流只有按三角形接法启动的 $1/3$ 。如果直接启动时的启动电流为额定工作电流的 $6\sim 7$ 倍,则在星-三角启动时,启动电流为 $2\sim 2.3$ 倍。但是启动转矩也降为原来按三角形接法直接启动时的 $1/3$ 。



想一想

三相负载做星形连接时线电流是三角形连接时的_____倍;三相负载做星形连接时,功率是三角形连接时的_____倍。电动机采用星形接法时,启动转矩是三角形接法时的_____倍,最大转矩是三角形接法时的_____倍。

3. 星-三角启动方法

(1) 手动控制 Y- Δ 降压启动 手动控制 Y- Δ 降压启动电路结构简单,操作方便,直接用手动方式拨动操作手柄,切换主电路达到降压启动目的。实际工程应用中,有手动控制 Y- Δ 启动器,如图 2-6 所示。

这种启动器,内部有三个接线桩 L1、L2、L3,分别接三相电源相线,有六个接线桩 D1、D2、D3 和 D4、D5、D6 分别接电动机的三相绕组首尾端。如图 2-7 所示,电动机的三相绕组首尾端分别为 D1-D4、D2-D5、D3-D6,接在电动机接线盒的端子排上。控制器操作手柄有三个位置,当操作手柄处于“0”位置时,触点全部断开,电动机绕组不通电,处于停止状态;当操作手柄处于“Y”位置时,电机定子绕组通过启动器内部触点组接成 Y 形,实现降压启动;当转速上升接近额定值时,将手柄置于“ Δ ”位置,定子绕组通过启动器内部触点组,定子绕组接成 Δ 形全压运行。

手动星-三角启动器接线图,如图 2-7 所示,使用中,启动和正常运行状态,通过操作手柄人工进行切换。

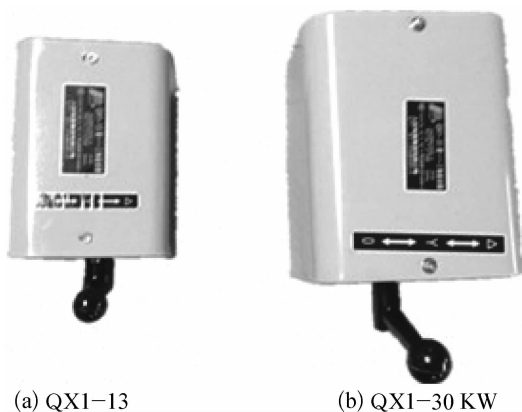


图 2-6 手动控制 Y-Δ 启动器

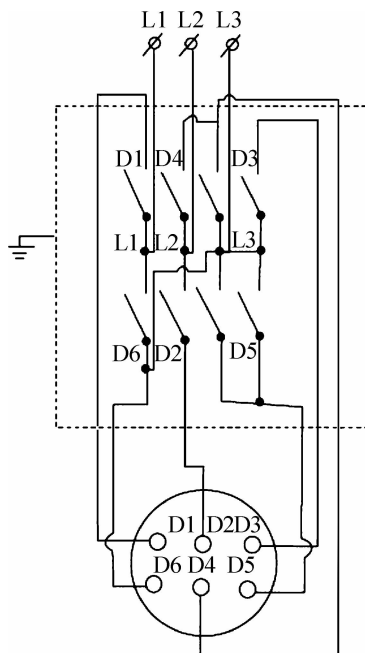


图 2-7 手动星-三角启动器接线图



应用实例

QX1 系列星-三角启动器适用于交流 50 Hz、电压 380 V 及以下,容量 30 kW 及以下的三相鼠笼异步电动机,作为星-三角启动及停止用。该系列启动器为可逆型,可作为正向或反向直接启动与停止使用,要求正常操作频率不超过 60 次/小时。

QX1 系列星-三角启动器型号及含义如图 2-8 所示。

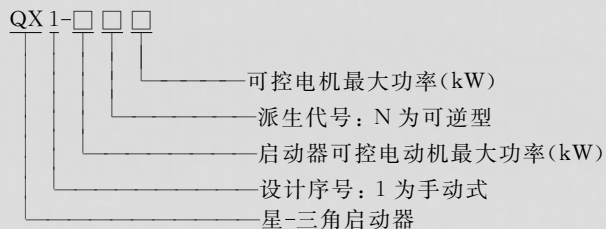


图 2-8 QX1 系列星-三角启动器型号及含义

(2) 自动控制 Y- Δ 降压启动电路 由于手动控制需要人为控制转换时间,不精确、不方便,同时直接在大电流和高电压的主电路上进行切换操作,不安全,也不利于实现自动化控制。因此常使用时间继电器来控制切换时间,并实现自动切断,利用主令电器和其他控制器件实现电磁控制。如图 2-3 所示, KM1 用于接通分断主电路, KM3 主触点实现星形连接, KM2 主触点实现三角形连接,通过时间继电器 KT 实现两种接法自动延时切换。

在实际工程中,为了便于广泛应用,还常常将上述电磁控制器件构成的星-三角启动控制器做成一个独立的装置,称之为星-三角启动自动控制器。如图 2-2 左图为电磁星-三角启动器,右图为变压器降压启动器。



应用案例

如图 2-2 中的某品牌星-三角启动控制柜,适用于交流 380 V、频率 50 Hz、功率为 7.5~135 kW 以下的三相鼠笼感应电动机启动之用。该产品使用要求如下:

(1) 电动机的定子绕组为三角形接法,额定电压为 380 V。

(2) 取下电动机接线盒中的三块连片,注意分清 U1、V1、W1 和 W2、U2、V2 的位置与星三角启动柜中的接线盒位置相对应,千万不可接错。

(3) 当电动机超载时,热过载继电器会动作保护停机(需根据电动机功率,调整好热过载继电器的工作电流),排除相关故障后再启动。

(4) 时间继电器的转换时间按照电动机运行速度适当调整,一般为 5~9 s。

(5) 若接触器主触头在启动投入 Δ 形运行时打火烧熔(或出现暴响)为电动机负载侧接线短路,要查清电动机抽头及排除故障更换接触器后再投入启动。

产品性能:启动电动机时,电源进线的启动电流不超过电动机额定电流的 3~4 倍,启动时间要根据电动机功率的大小,一般为 5~120 s 可调(包括一次或连续数次启动时间的总和),若连续启动时间总和已达 120 s,则启动的冷却时间应不少于半小时才能再次启动,因此本产品仅作长时间歇启动之用,不适宜在频繁操作条件下或者超载使用。

适用范围:产品适用于水泵(消防、供水、污水处理、油等)、风扇、鼓风机、挤压机、离心机、搅拌机、输送机、球磨机、推进器、锚泊绞车、舱底污水泵、制冷压缩、粉碎机、轧机、压缩机(螺旋式、柱塞式、离心式、涡轮式)等电动机启动之用。

二、原理分析

如图 2-3 所示为星形-三角形降压启动控制电路图。

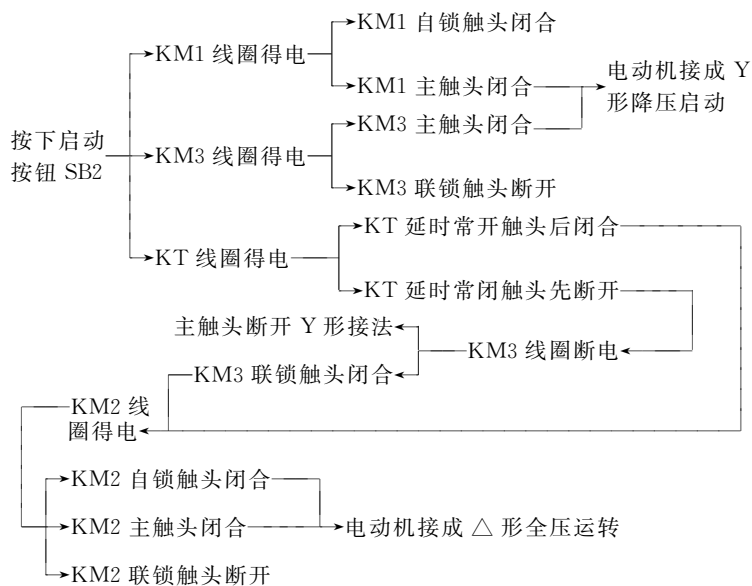
1. 启动

(1) 工作原理

① 主电路：启动时 KM1、KM3 主触头闭合，电动机星形启动，经过一段时间后，KM3 主触头断开，KM2 主触头闭合，电动机三角形运行。

② 控制电路：合上 QS，按下 SB2，接触器 KM1 线圈通电，KM1 常开主触点闭合，KM1 辅助触点闭合并自锁。同时 Y 形控制接触器 KM3 和时间继电器 KT 的线圈通电，KM3 主触点闭合，电动机作 Y 连接启动。KM3 常闭互锁触点断开，使 Δ 控制接触器 KM2 线圈不能得电，实现互锁。经过一定时间后，时间继电器的常闭延时触点打开，常开延时触点闭合，使 KM3 线圈断电，其常开主触点断开，常闭互锁触点闭合，使 KM2 线圈通电，KM2 常开触点闭合并自锁，电动机恢复 Δ 连接全压运行。KM2 的常闭互锁触点断开，切断 KT 线圈电路，并使 KM3 不能得电，实现互锁。

(2) 工作过程



2. 停止

若要停止工作，按下停止按钮 SB1 即可。



任务实施

一、元器件清单(表 2-1)

表 2-1 元器件清单

序号	名称	规格型号	数量
1	组合开关	HZ10-25/3	1
2	熔断器	RL1-60/25	3
3	熔断器	RL1-15/2	2
4	交流接触器	CJ10-20 380 V	3
5	时间继电器	JS7-2A 380 V	1
6	热继电器	JR16	1
7	按钮开关	LA10-3	1
8	接线端子排	JX2 1015	20 片以上
9	三相异步电动机	<1 kW, Δ接法	1
10	安装板	50 cm×60 cm	1
11	主电路导线	BVR-1.5	若干
12	控制电路导线	BVR-1.0	若干

二、在电路板上按元件位置图安装好元器件

元件位置,如图 2-9 所示。

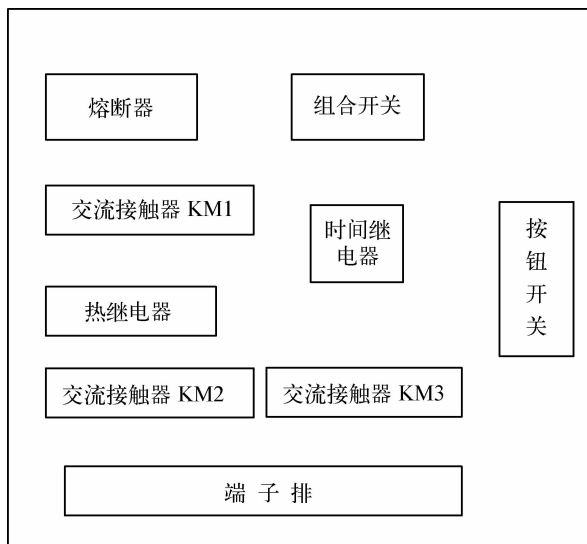


图 2-9 元器件安装位置参考图

三、按接线图将各个元器件连线,布线工艺符合要求

(1) 布线时以接触器为中心,由里往外、由低至高,先电源电路,再控制电路,后主电路进行,以不妨碍后续布线为原则。

(2) 接线图如图 2-10 所示。

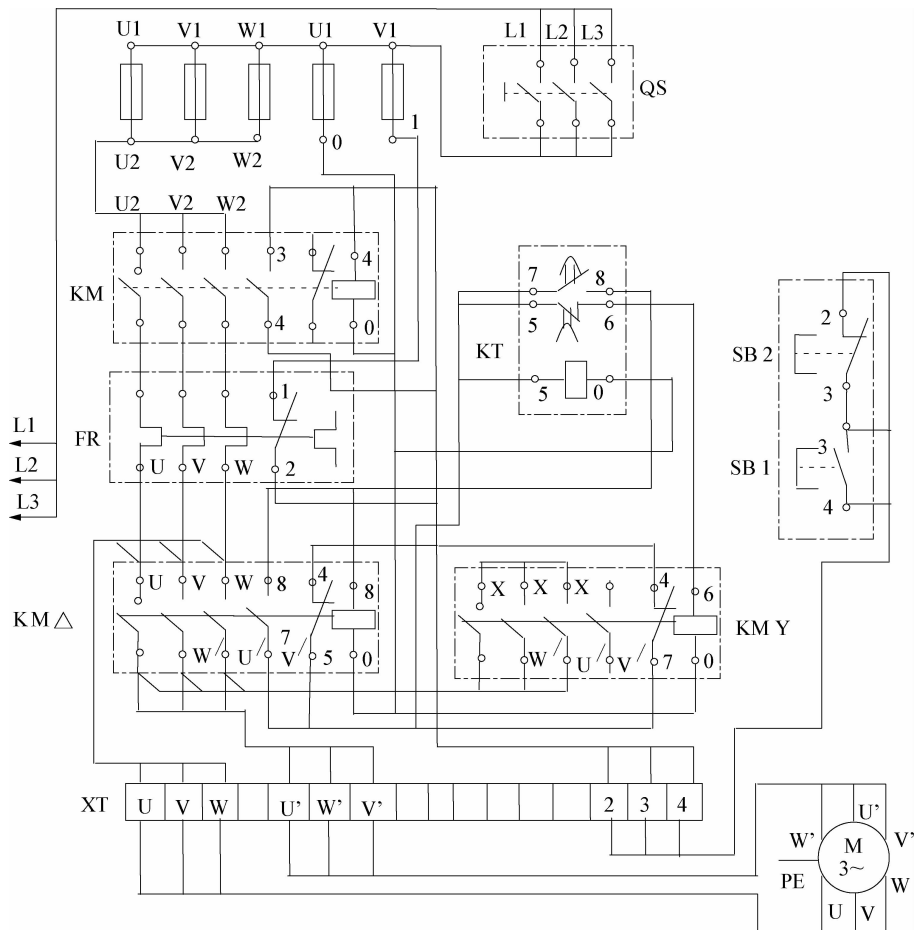


图 2-10 星形-三角形的降压启动控制电气安装接线图

四、电路的检测

用万用表欧姆挡测试:

(1) 将表笔分别搭在 0、1 线段上,读数应为“∞”。按下 SB2 读数应为线圈 KM1 的阻值。

(2) 将表笔分别搭在 0、1 线段上,同时压合交流接触器 KM1 和 KM2,读数应为 KM2、KM1、KM3 和 KT 线圈的并联电阻值,断开 6 号线时阻值应为 KM1、KM2 的并联阻值,说明 KM1 和 KM2 线圈支路正常。

(3) 将表笔分别搭在 KM1 三对主触头上,读数应为“∞”,按下 KM1 触点组时读数应接近为零,之后分别测 KM2 与 KM3 主触头接触是否正常。

五、通电试车及故障排除



注意事项

1. 进行 Y- Δ 降压启动的电动机,接法必须是 Δ 连接,额定电压必须等于三相电源线电压。
2. 接线时要注意电动机的 Y 接法、 Δ 接法不能接错,同时应该分清电动机的首端和尾端的连接。
3. 电动机等不带电的金属外壳应可靠接地。
4. 这种 Y- Δ (星-三角) 启动方法,目的是降低启动电流,减小对电网及供电设备的危害,这个方法只适合于几十千瓦的小型电机,如大型电机采用的则是自耦变压器启动方式。



知识拓展

一、其他几种常见的降压启动线路

三相笼型异步电动机降压启动除了星形-三角形降压启动外,常用的还有自耦变压器降压启动和电动机定子绕组串电阻降压启动两种形式。

1. 自耦变压器降压启动控制电路

图 2-11 是交流电动机自耦降压启动自动切换控制电路,自动切换靠时间继电器完成,用时间继电器切换能可靠地完成由启动到运行的转换过程,不会造成启动时间的长短不一的情况,也不会因启动时间长造成烧毁自耦变压器事故。

控制过程如下:

(1) 合上空气开关 QF,接通三相电源。

(2) 按启动按钮 SB2,交流接触器 KM1 线圈通电吸合并自锁。其主触头闭合,将自耦变压器线圈接成星形。与此同时由于 KM1 辅助常开触点闭合,使得接触器 KM2 线圈通电吸合,KM2 的主触头闭合由自耦变压器的低压抽头(例如 65%)将三相电压的 65% 接入电动机。

(3) KM1 辅助常开触点闭合,使时间继电器 KT 线圈通电,并按已整定好的时间开始计时。当时间到达后,KT 的延时常开触点闭合,使中间继电器 KA 线圈通电吸合并自锁。

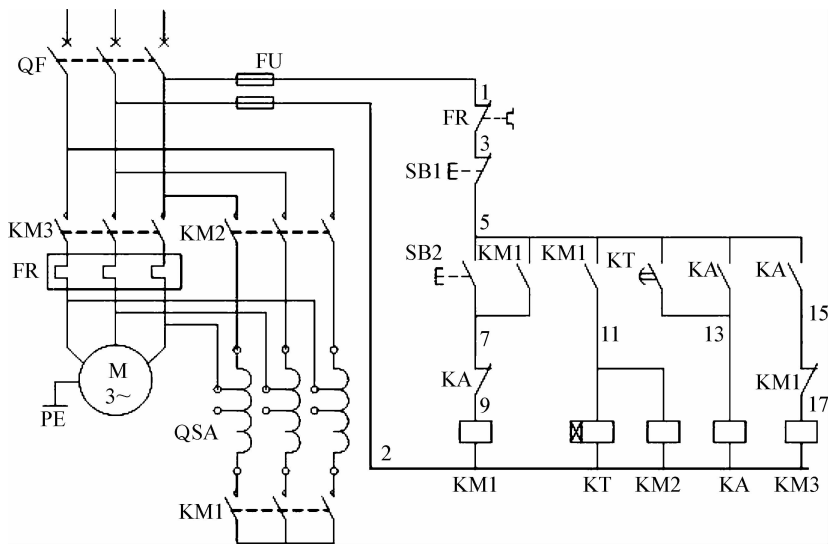


图 2-11 自耦降压启动控制电路原理图

(4) 由于 KA 线圈通电,其常闭触点断开使 KM1 线圈断电,KM1 常开触点全部释放,主触头断开,使自耦变压器线圈封星端打开。同时 KM2 线圈断电,其主触头断开,切断自耦变压器电源。KA 的常闭触点闭合,通过 KM1 已经复位的常闭触点,使 KM3 线圈得电吸合,KM3 主触头接通电动机在全压下运行。

(5) KM1 的常开触点断开也使时间继电器 KT 线圈断电,其延时闭合触点释放,也保证了在电动机启动任务完成后,使时间继电器 KT 可处于断电状态。

(6) 欲停车时,可按 SB1,则控制回路全部断电,电动机切除电源而停转。

(7) 电动机的过载保护由热继电器 FR 完成。

2. 定子绕组串电阻降压启动控制电路(图 2-12)

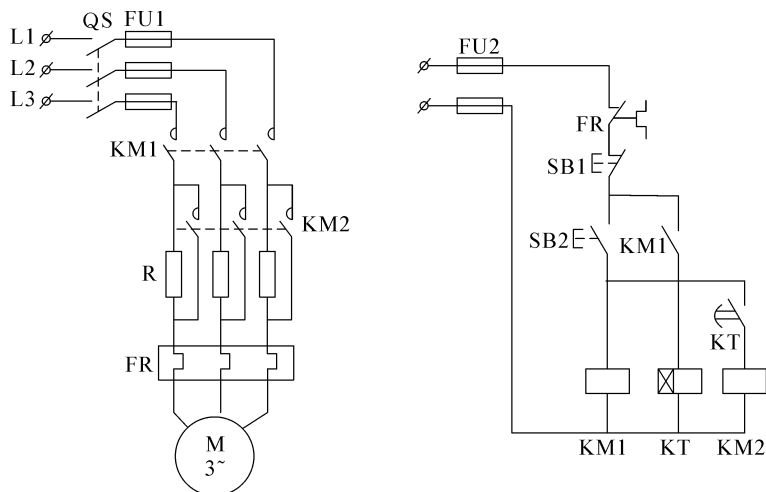


图 2-12 定子绕组串电阻降压启动控制电路图

其工作过程为：通电后，按下启动按钮 SB2，接触器 KM1 通电并自锁，电动机定子绕组串入电阻 R 进行降压启动。经一段时间延时后，时间继电器 KT 的常开延时触点闭合，接触器 KM2 通电，三对主触点将主电路中的启动电阻 R 短接，电动机进入全电压运行。KT 的延时长短应根据电动机启动过程时间长短来调整。

二、人工机械特性曲线

三相交流异步电动机的人工机械特性即指人工特性(图 2-13)，有四种情况：① 降低定子电压时；② 定子电路串入电阻或电抗时；③ 变频率时；④ 线绕电动机转子串电阻时。

(1) 降低定子电压时，从特性曲线可以看出：

- ① 电压越低，人工特性曲线越往左移。
- ② 电动机的过载能力和启动转矩会大大降低。
- ③ 电压降低，负载转矩不变时，电动机过热。
- ④ 电压降低太多，电动机将带不动负载(不能启动)。

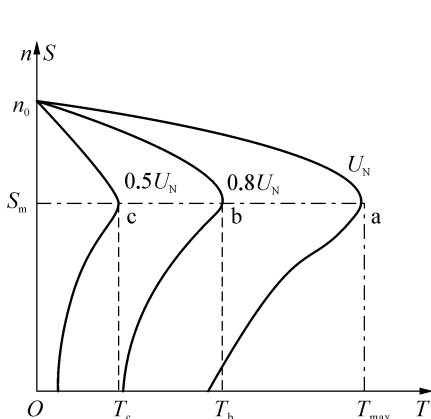


图 2-13 降低电压时的人工特性

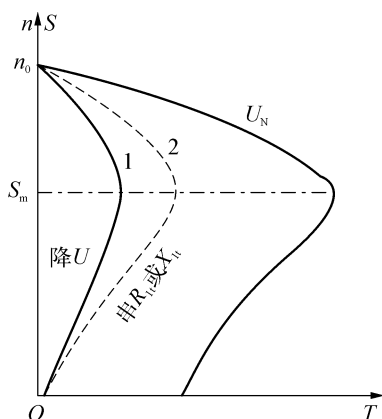


图 2-14 定子电路串入电阻或电抗时的人工特性

(2) 定子电路串入电阻或电抗时的人工特性

① 定子电路串电阻或电抗时的人工机械特性如图 2-14 中虚线 2 所示，1 为电压降低时的人工机械特性。

- ② 曲线 2 与曲线 1 相比较，最大转矩要大一些。

(3) 改变定子电源频率时的人工特性(图 2-15)

- ① 随着频率的降低，理想空载转速只能在电源额定频率以下调节。
- ② 转速 n_0 减小，临界转差率 S_m 减小，启动转矩 T_{st} 增大，最大转矩 T_{max} 不变。

(4) 三相线绕式异步电动机转子电路外接电阻时的人工特性

- ① 电路图如图 2-16(a)所示，三相转子绕组通过滑环电刷机构与外接电阻相连接。
- ② 启动转矩增加(有利)，理想空载转速和最大转矩不变。

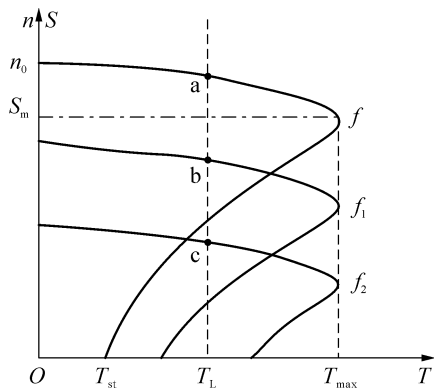
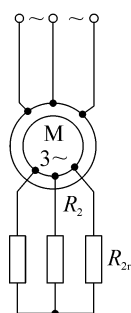
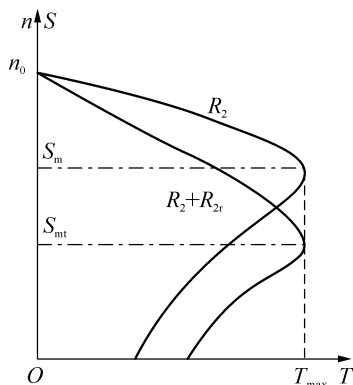


图 2-15 改变定子电源频率时的人工特性



(a)



(b)

图 2-16 转子电路外接电阻时的人工特性曲线



总结巩固

降压启动是指利用启动设备将电压适当降低后加到电动机的定子绕组上进行启动，待电动机启动运转后，再使其电压恢复到额定值正常运转。

Y- Δ 降压启动是指电动机启动时，把定子绕组接成星形，以降低启动电压，限制启动电流。待电动机启动后，再把定子绕组改接成三角形，使电动机全压运行。凡是在正常运行时定子绕组作三角形连接的异步电动机，均可采用这种降压启动方法。

自耦变压器降压启动常用来启动较大容量的三相交流笼型异步电动机，它是利用自耦变压器的多抽头减压，既能适应不同负载启动的需要，又能得到比星形-三角形启动时更大的启动转矩。

定子串电阻降压启动是在启动时在电动机定子绕组上串联电阻，启动电流在电阻上产生电压降，使实际加到电动机定子绕组上的电压低于额定电压，待电动机启动完毕后，再将串联的电阻短接，使电动机在额定电压下运行。



目标检测

一、填空题

1. 降压启动的目的是_____。
2. 常用的降压启动方法有_____、_____和_____。
3. 星形-三角形降压启动是启动时先将电动机绕组接成_____，待转速达到一定值时，再将电动

机绕组接成_____形,电动机进入全压运行。

4. 采用星形-三角形降压启动时,星形启动时的电流是三角形启动时的_____倍,星形启动时的电压是三角形启动时的_____倍。

5. 在图 2-11 中,自耦变压器电源的切断是由_____完成的。

二、判断题

1. 降压启动需要在空载或轻载下启动。 ()
2. 星形-三角形降压启动适用于各种负载下电动机的启动。 ()
3. 星形-三角形降压启动时启动电流为三角形运行时电流的三分之一。 ()
4. 串电阻降压启动是将电阻串联在电动机的转子绕组中。 ()
5. 自耦变压器降压启动电路在正常运行时变压器是处于通电状态的。 ()

三、选择题

1. 在图 2-4 所示电路中,星形启动时 KM1、KM2、KM3、KT 通电情况为 ()
 - A. 先 KM1 通电,后 KM3、KT 通电,KM2 不通电
 - B. KM1、KM3、KT 同时通电,KM2 不通电
 - C. 先 KM1、KM3 通电,后 KT 通电,KM2 不通电
 - D. 先 KM1、KT 通电,后 KM3 通电,KM2 不通电
2. 在图 2-4 所示电路中,热继电器的功能是实现 ()
 - A. 短路保护
 - B. 零压保护
 - C. 过载保护
 - D. 失压保护
3. 在图 2-12 所示电路中,KM1、KM2、KT 通电情况为 ()
 - A. 启动时只有 KM1、KT 通电,全压运行时只有 KM2 通电
 - B. 启动时只有 KM1、KT 通电,全压运行时只有 KM1、KM2 通电
 - C. 启动时只有 KM1、KT 通电,全压运行时 KM1、KM2、KT 均通电
 - D. 启动时只有 KM1、KT 通电,全压运行时只有 KM2、KT 通电
4. 一台三相电动机,在同一电源电压、同一启动方式下,重载启动电流_____轻载启动电流 ()
 - A. 大于
 - B. 等于
 - C. 小于
 - D. 以上均不对
5. 一台三相电动机,在同一电源电压、同一启动方式下,重载启动时间_____轻载启动时间 ()
 - A. 大于
 - B. 等于
 - C. 小于
 - D. 以上均不对

四、分析题

在图 2-4 所示电路中:

1. 电路中的时间继电器采用什么延时类型?
2. 电路具有哪些保护环节? 各由哪些元件实现?

3. 说明电动机从启动到正常运行的过程中,接触器的吸合情况。其中哪一个最先吸合?
4. 如果将串接在 KM2 线圈启动回路中的 KM3 的常闭辅助触头去掉,情况如何?

五、电路设计

1. 在图 2-3 所示三相异步电动机星形-三角形降压启动电路中,如果保持主电路不变,而将控制电路中时间继电器拿掉,变为手动控制,实现三相电动机星形-三角形降压启动,控制电路应如何修改? 请画出电路图。

任务二

三相交流异步电动机制动控制

电动机断开电源以后,由于惯性作用不会立刻停止,而需要转动一段时间才会完全停止。这种情况对于某些生产机械是不适宜的,如起重运输机械、卧式镗床、万能铣床、组合机床、建筑航吊等各种机械设备都要求能迅速停车和准确定位。这就要求对电动机进行制动,强迫其停车。制动的方式一般有机械制动和电气制动两大类。

本任务主要讲解电气制动。电气制动就是给电动机一个与原转动方向相反的制动转矩使它迅速停转,机床中经常应用的电气制动有反接制动、能耗制动、发电制动和电容制动。



应用案例

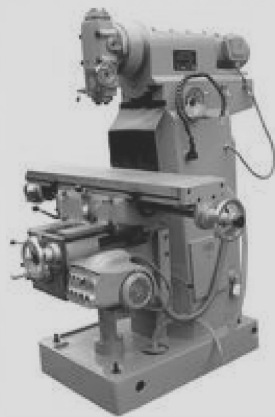


图 2-17 万能铣床和建筑航吊

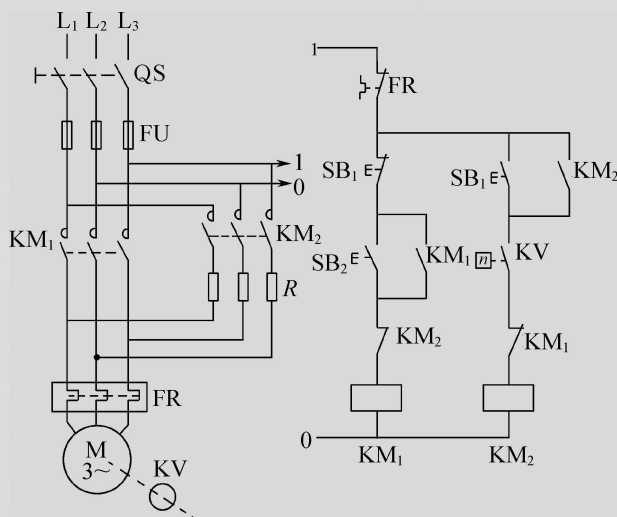
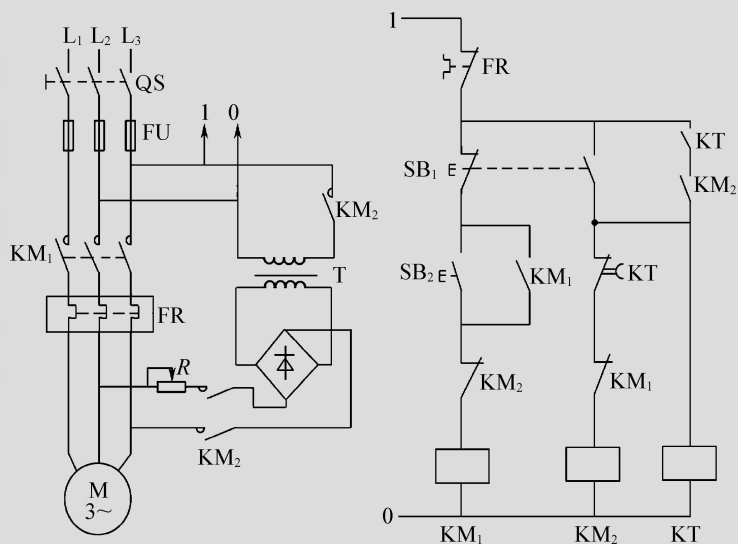
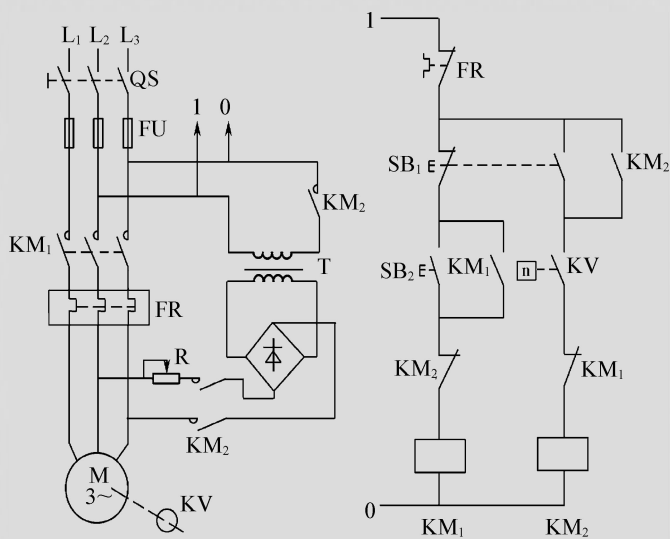


图 2-18 三相交流异步电动机单向启动反接制动控制线路



(a) 时间原则控制的能耗制动控制线路

图 2-19-1 能耗制动控制线路



(b) 速度原则控制的能耗制动控制线路

图 2-19-2 能耗制动控制线路

电机制动有机械制动和电气制动两类(图 2-17)。在图 2-18 中,在电机断电后,通过 KM2 通电形成与转子转动反方向的旋转磁场,形成制动力矩,转速降低或接近零时,利用速度继电器断电,实现制动控制功能。在图 2-19 中则是通过其他电路,形成直流电通入两相绕组中,对仍在转动的转子形成制动转矩。



知识准备

一、器件知识

(一) 速度继电器

速度继电器是用来反映转速与转向变化的继电器。它可以按照被控电动机转速的大小使控制电路接通或断开。速度继电器通常与接触器配合,实现对电动机的反接制动。

1. 速度继电器结构、符号

速度继电器主要由转子、定子和触点等部分组成。转子是一个圆柱形永久磁铁,定子是一个笼形空心圆环,并装有笼形绕组。

2. 速度继电器工作原理

如图 2-20 所示,速度继电器的转轴 11 和电动机的轴通过联轴器相连,当电动机转动时,速度继电器的转子 4 随之转动,定子内的绕组便切割磁力线,产生感应电动势,而后

产生感应电流,此电流与转子磁场作用产生转矩,使定子 10 开始转动。电动机转速达到某一值时,产生的转矩能使定子转到一定角度使摆杆 7 推动常闭触点 5 动作。当电动机转速低于某一值或停转时,定子产生的转矩会减小或消失,触点在弹簧的作用下复位。

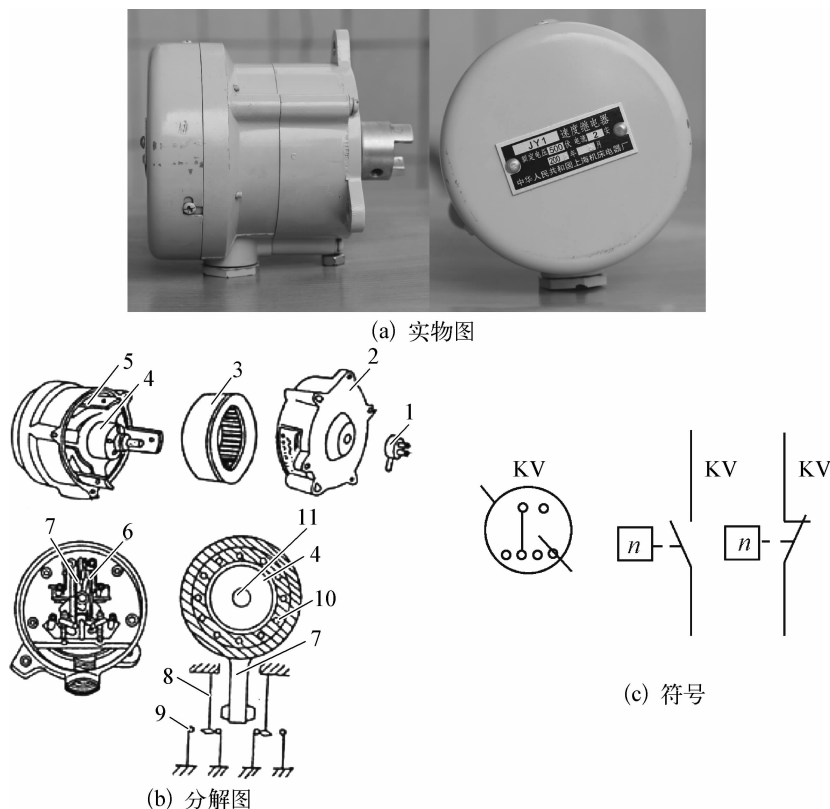


图 2-20 速度继电器

同理,电动机反转时,定子会往反方向转过一个角度,使另外一组触点动作。

3. 型号意义及技术数据

速度继电器的型号含义如图 2-21 所示。

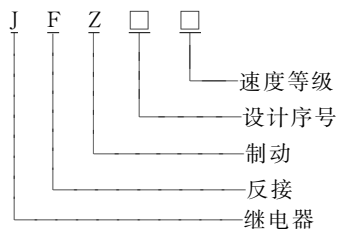


图 2-21 速度继电器的型号含义

常用的速度继电器有 JFZ0 和 JY1 型,其技术数据如表 2-2 所示。

表 2-2 JFZ0 和 YJ1 速度继电器技术数据

型号	触头额定电压(V)	触头额定电流(A)	触头数量		额定工作转速(r/min)	允许操作频率(次/h)
			正转时动作	反转时动作		
JFZ0	380	2	1 组转换触头	1 组转换触头	300~3 600	<30
JY1					100~3 600	



应用案例

图 2-22 为国内某品牌的速度继电器,型号为 JY1 系列。

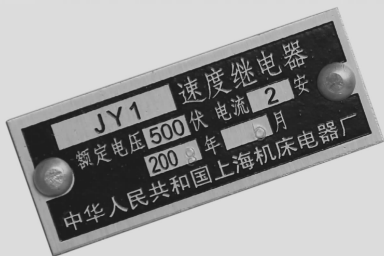


图 2-22 某品牌速度继电器

1. 产品概述

JY1 速度继电器是利用电磁感应原理工作的感应式速度继电器,广泛用于生产机械运动部件的速度控制和反接制动快速停车。如车床主轴、铣床主轴等。

JY1 型速度继电器具有结构简单、工作可靠、价格低廉等特点,故为众多生产机械所采用。

2. 主要技术参数

(1) JY1 速度控制继电器主要用于三相鼠笼式电动机的反接制动电路,也可用在异步电动机能耗制动电路中,电动机停转后,自动切断直流电源。

(2) JY1 速度控制继电器在连续工作制中,可靠地工作在 3 000 rpm 以下,在反复短时工作制中(频繁启动、制动)每分钟不超过 30 次。

(3) JY1 速度控制继电器在继电器轴转速为 150 rpm 左右时,即能动作。100 rpm 以下触点恢复工作位置。

(4) 抗电强度: 应能承受 50 Hz 电压 1 500 V,历时 1 min。

(5) 绝缘电阻: 在温度 20℃,相对湿度不大于 80%时应不小于 100 MΩ。

(6) 工作环境: 温度 -50℃~+50℃,相对湿度不大于 85%(20℃+5)。

(7) 触点电流小于或等于 2 A,电压小于或等于 500 V。

(8) 触点寿命: 在不大于额定负荷之下,不小于 10 万次。

4. 速度继电器的选用

(1) 速度继电器的选择 速度继电器主要根据电动机的额定转速来选择。

(2) 速度继电器的使用

① 速度继电器的转轴应与电动机同轴连接。

② 速度继电器安装接线时,正反向的触头不能接错,否则不能起到反接制动时接通和断开反向电源的作用。通常根据电动机的旋转方向确定用哪一侧的触头。

(二) 能耗制动的原理

当电动机切断三相交流电源后,立即在定子绕组的任意两相中通入直流电,迫使电动机迅速停转的方法叫能耗制动。其制动原理如图 2-23 所示。

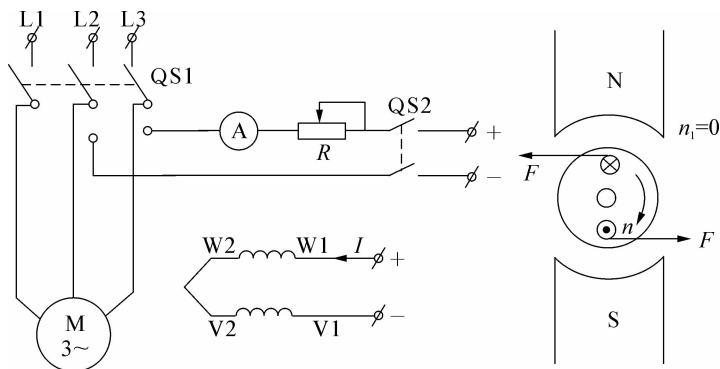


图 2-23 能耗制动原理

先断开电源开关 QS1,切断电动机的交流电源,这时转子仍原方向惯性运转。随后立即合上开关 QS2,电动机 V、W 两相定子绕组通入直流电,使定子中产生一个恒定的静止磁场。这样做惯性运转的转子因切割磁力线而在转子绕组中产生感生电流,其方向用右手定则判断出上面为 \oplus ,下面为 \ominus 。转子绕组中一旦产生了感生电流,又立即受到静止磁场的作用,产生电磁转矩,用左手定则判断出此转矩的方向正好与电动机的转向相反,使电动机受制动迅速停转。由于这种制动方法是在定子绕组中通入直流电以消耗转子惯性运转的动能来进行制动的,所以称为能耗制动,又称为动能制动。

在能耗制动过程中,由于通入直流电,电机绕组中电流较大,一般要串入制动电阻,将动能消耗在电阻上,制动电阻可以调节制动电流,根据需要选择。

电阻值越小,制动力矩越大,流过制动单元的电流越大,但不可以使制动单元的工作电流大于其允许的最大电流,否则会损坏器件。当在快速制动出现过电压时,说明电阻值过大,来不及放电,应减少电阻值。小容量变频器(≤ 7.5 kW)一般是内接制动单元和制动电阻的。



应用案例

如图 2-24 所示是某品牌的 110 kW 载重能耗制动单元,制动单元主要用于电梯、起重、生产机械、矿山提升机、离心机、油田抽油机等有制动需求的电机拖动现场,以产生足够的制动转矩,保证变频器等设备的正常运行。

产品的命名规则如图 2-25 所示。

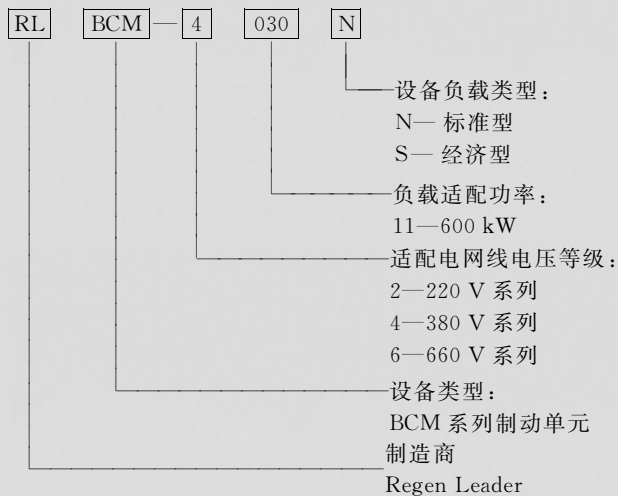


图 2-24 制动单元

图 2-25 产品的命名规则

能耗制动的不足,是在制动过程中,随着电动机转速的下降,拖动系统动能也在减少,于是电动机的再生能力和制动转矩也在减少。所以在惯性较大的拖动系统中,常会出现在低速时停不住,而产生“爬行”现象,从而影响停车时间的延长或停位的准确性。因此能耗制动仅适用一般负载的停车,有较大能量损耗,停位不准确。但其电路简单,价格较低。

二、原理分析

(一) 三相交流异步电动机单向启动反接制动控制线路

1. 工作原理

反接制动是在电动机的三相电源被切断后,立即通上与原相序相反的三相交流电源,以形成与原转向相反的电磁力矩,利用这个制动力矩使电动机迅速停止转动。这种制动方式必须在电动机转速降到接近零时切除电源,否则电动机仍有反向力矩可能会反向旋转,甚至造成事故。

图 2-18 主电路中所串电阻 R 为制动限流电阻,防止反接制动瞬间过大的电流可能会损坏电动机。速度继电器 KV 与电动机同轴,当电动机转速上升到一定数值时,速度继电器的动合触点闭合,为制动做好准备。制动时转速迅速下降,当其转速下降到接近零时,速度继电器动合触点恢复断开,接触器 KM_2 线圈断电,防止电动机反转。

2. 工作过程

合上刀开关 QS :

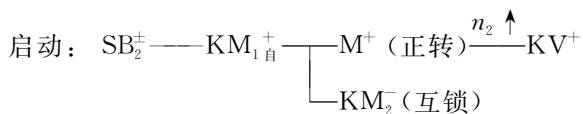


表 2-3 元器件的检测

元器件	参考型号	检测项目	检测方法	元件正常时,万用表指针偏转情况
空气开关	DZ47 5A/3P	空气开关进出接线柱	闭合空气开关,用万用表分别测量三对进出接线柱之间电阻	指针自左向右偏转 阻值 $\infty \rightarrow 0 \Omega$
熔断器	RL1-15 配熔体 3 A	装上熔丝,测量熔断器进出接线柱	用万用表分别测量三个熔断器进出接线柱之间电阻	指针自左向右偏转 阻值 $\infty \rightarrow 0 \Omega$
交流接触器	CJ10-20 380 V	线圈	用万用表直接测量接触器线圈与接线柱之间电阻	指针偏转阻值约 1 500 Ω
热继电器	JR16-20/3	常闭触点及三对主触点	用万用表分别测量三个常闭进出接线柱及三对主触点进出接线柱之间电阻	指针自左向右偏转 阻值 $\infty \rightarrow 0 \Omega$
速度继电器	JFZO	常闭触点	用万用表直接测量常闭接线柱之间电阻	指针自左向右偏转 阻值 $\infty \rightarrow 0 \Omega$
制动电阻	0.5 500 W	线圈	用万用表直接测量两接线头	0.5 Ω
电动机	三相鼠笼式异步 380 V、0.45 A、 120 W	采用星形接法电机绕组对地绝缘电阻,绕组直流电阻	1. 万用表 $\times 10 \text{ k}$ 挡测量绕组绝缘电阻; 2. 万用表 $\times 1$ 挡测量绕组直流电阻	1. 应在 500 k 以上; 2. 三相绕组两两之间阻值应相同,且比较小

二、在电路板上按元件位置图安装好元器件

电器位置图反映各电气元件的实际安装位置,如图 2-26 所示为三相交流异步电动机

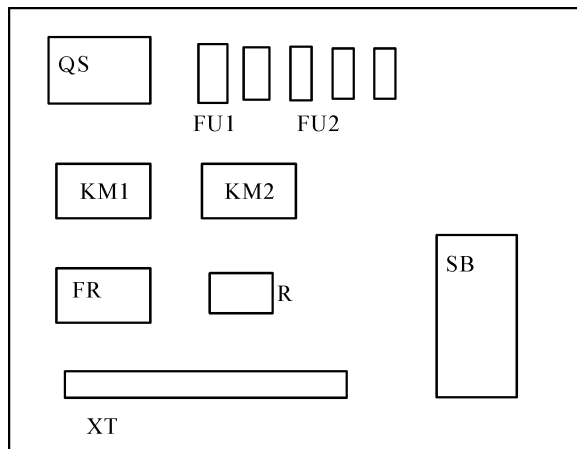


图 2-26 元件位置图参考

单向启动反接制动控制线路元件安装参考图。图中采用的接线端子为 XT, 可选用 TD-1540 等接线端子。

按接线图或原理图, 将各个元器件连线, 布线工艺要符合要求。



做一做

根据反接制动电气原理图和元器件参考位置图, 请你安装三相交流异步电动机单向启动反接制动控制线路连线方案, 并尝试绘制安装接线图。

三、电路的检测

借助万用表检测主电路和控制电路的工作性能是否符合要求。合上空气开关 QS, 压下交流接触器 KM1, 测试电源端子排与电动机端子排对应接头之间的电阻。压下交流接触器 KM2, 测试电源端子排与电动机端子排对应接头之间的电阻。按下启动按钮 SB2, 测试控制电路总电阻; 按下制动按钮 SB1, 测试控制电路总电阻; 按下交流接触器 KM1, 测控制电路的总电阻; 按下交流接触器 KM2, 判断电路接触是否良好, 控制电路是否存在短路或开路现象(表 2-4)。

表 2-4 万用表检测

操作步骤	压下接触器 KM1			压下接触器 KM2			按下 SB2	按下 SB1	按下 KM1	按下 KM2
电阻值										
结论	主电路性能 _____						控制电路性能 _____			

四、通电试车

经测试正常的控制线路, 可以通电试车。



注意事项

1. 安装速度继电器前, 要弄清其结构, 清楚其常开触点的接线端。
2. 速度继电器要预先安装好, 并与电动机轴中心重合。
3. 调试时, 若制动不正常, 应该检查速度继电器是否安装正确, 调整时要切断电源。



知识拓展

一、机械制动

所谓机械制动,就是利用外加的机械作用力使电动机转子迅速停止旋转的一种方法。由于这个外加的机械作用力,常常采用制动闸紧紧抱住与电动机同轴的制动轮来产生,所以机械制动往往俗称为抱闸制动。

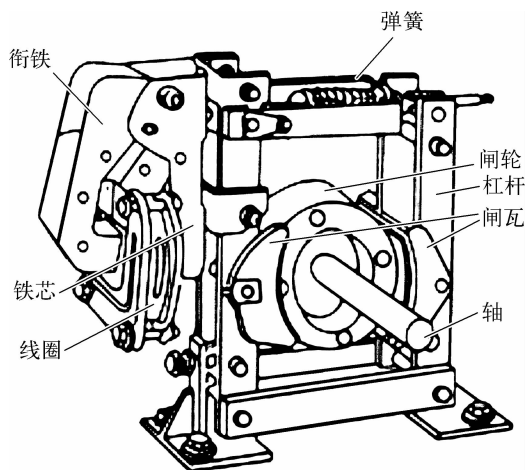


图 2-27 电磁抱闸

1. 电磁抱闸的结构

如图 2-27 所示为电磁抱闸结构。它主要由两部分组成:制动电磁铁和闸瓦制动器。制动电磁铁由铁芯、衔铁和线圈三部分组成,并有单相和三相之分。闸瓦制动器包括闸轮、闸瓦、杠杆和弹簧等组成,闸轮与电动机装在同一根转轴上。制动强度可通过调整机械结构来改变。

2. 断电制动控制线路

电磁抱闸断电控制线路如图 2-28 所示。这种制动控制电路的特点是:主电路通电时,闸瓦与闸轮是分开的,电动机自由转

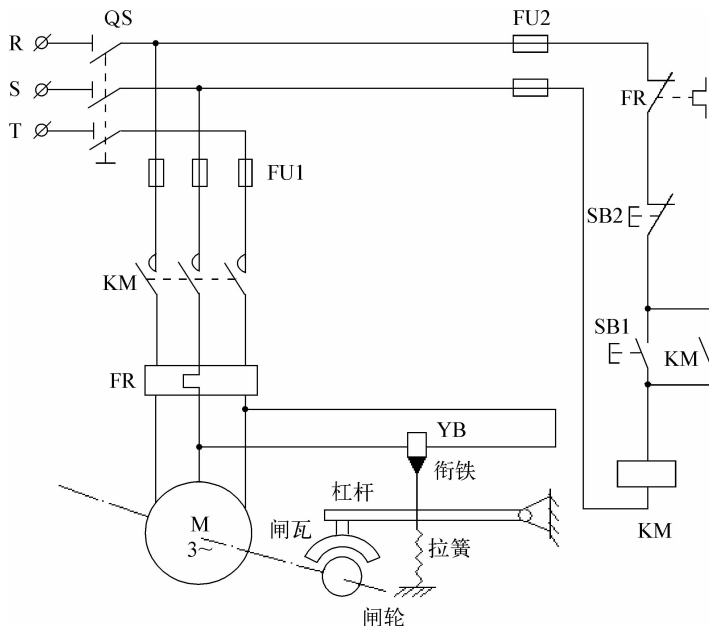


图 2-28 断电制动控制线路

动,一旦主电路断电时,闸瓦与闸轮抱住。

合上刀开关 QS,按下启动按钮 SB1,接触器线圈 KM 通电,KM 的主触头闭合,电动机通电运行。同时电磁抱闸线圈获电,吸引衔铁,使之与铁芯闭合,衔铁克服弹簧拉力,使杠杆顺时针方向旋转,从而使闸瓦与闸轮分开,电动机正常运行。

当按下停止按钮 SB2 时,接触器线圈断电,KM 主触头恢复断开,电动机断电,同时电磁抱闸线圈也断电,杠杆在弹簧恢复力作用下,逆时针方向转动,使用闸瓦与闸轮紧紧抱住,电动机被迅速制动而停转。

这种制动方法在起重机械上被广泛采用。其优点是能够准确定位,同时可防止电动机突然断电时重物的自行坠落。当重物起吊到一定高度时,按下停止按钮,电动机和电磁抱闸的线圈同时断电,闸瓦立即抱住闸轮,电动机立即制动停转,重物随之被准确定位。如果电动机在工作时,线路发生故障而突然断电时,电磁抱闸同样会使电动机迅速制动停转,从而避免了重物自行坠落事故。这种制动方法的缺点是不经济。因电磁抱闸线圈耗电时间与电动机一样长。另外切断电源后,由于电磁抱闸的制动作用,使手动调整工件就很困难。因此,对要求电动机制动后能调整工件位置的机床设备不能采用这种制动方法,可采用下述通电制动线路。

3. 通电制动控制线路

如图 2-29 所示这种通电制动与上述断电制动方法稍有不同。当电动机得电运转时,电磁抱闸线圈断电,闸瓦与闸轮分开无制动作用;当电动机失电需停转时,电磁抱闸的线圈得电,使闸瓦紧紧抱住闸轮制动;当电动机处于停转常态时,电磁抱闸线圈也无电,闸瓦与闸轮分开,这样操作人员可以用手扳动主轴进行调整工件、对刀等。

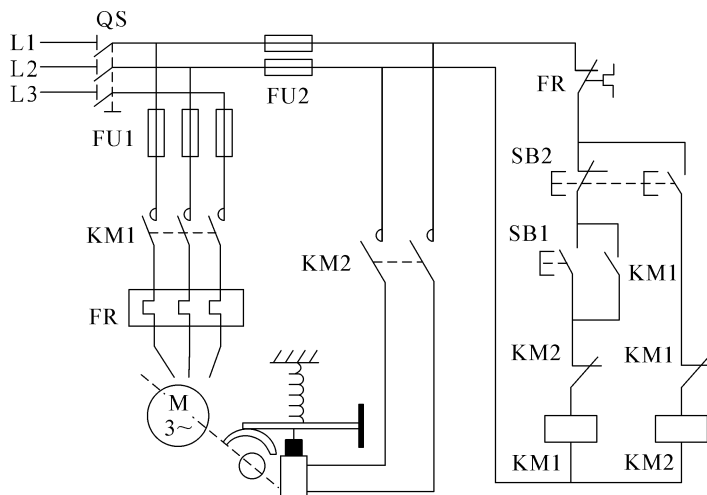


图 2-29 通电制动控制线路

先合上刀开关 QS,按下启动按钮 SB1,接触器 KM1 线圈得电,其自锁触头和主触头闭合,电动机 M 启动运转。由于接触器 KM1 联锁触头分断,使接触器 KM2 不能得电

作。所以电磁抱闸线圈无电,衔铁芯分开,在弹簧拉力的作用下,闸瓦与闸轮分开,电动机不受制动正常运转。

按下复合按钮 SB2,其常闭触头先分断,使接触器 KM1 线圈失电,其自锁触头、主触头分断,电动机 M 失电,KM1 联锁触头恢复闭合。待 SB2 常开触头闭合后,接触器 KM2 线圈得电,KM2 主触头闭合,电磁抱闸 YB 线圈得电,铁芯吸合衔铁,衔铁克服弹簧拉力,带动杠杆向下移动,使闸瓦紧抱闸轮,电动机被迅速制动而停转。KM2 联锁触头分断对 KM1 联锁。

二、三相异步电动机的制动特性

1. 反馈制动

(1) 产生条件 电动机的运行速度高于同步转速。此时 $S < 0$, 电机进入发电状态, 电能反馈给电网。

(2) 运行状态

① 位能转矩负载的起重机在下放重物时的反馈制动状态。可使重物匀速下降, 如图 2-30 中 a 点。 b 点是改变转子外接电阻后的稳定工作点。

② 多速电动机和变频调速电机的同步速突然降低时的反馈制动状态。

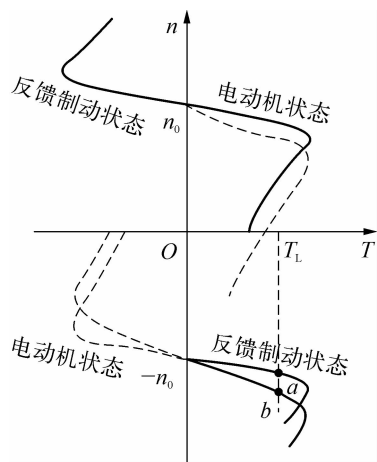


图 2-30 反馈制动

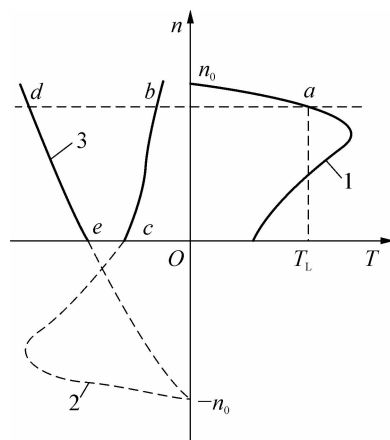


图 2-31 电源反接和倒拉制动

2. 反接制动

反接制动分为电源反接和倒拉制动。

电源反接是突然改变三相电源的相序, 旋转磁场反向; 而倒拉制动则出现在转子位能负载超过电磁转矩的时候。

(1) 电源反接 转子在由正变负的电磁转矩和负载转矩作用下迅速减速。反接制动时电流大, 要在定子电路串电阻。在图 2-31 中 c 点要切断电源 ($n=0$), 否则电动机将反向启动。

(2) 倒拉制动 电动机减速至图 2-32 中 c 点,由于负载转矩大于电磁转矩,起重机的重物迫使电动机反转,电动机进入反接制动状态。

3. 能耗制动

(1) 产生条件 电动机定子绕组脱离交流电源后,立即通入低压直流电,直流电建立一个恒稳磁场,产生制动转矩,系统贮存的能量消耗在电阻上。

(2) 机械特性 制动时,特性从图 2-33 中的特性曲线 1 之 a 点平移至特性曲线 2 之 b 点,在制动转矩和负载转矩的共同作用下,沿曲线 2 迅速减速,直到 $n=0$ 。

(3) 特点 当 $n=0$ 时, $T=0$ 时,电动机不可能反方向启动,能使电动机准确停车。

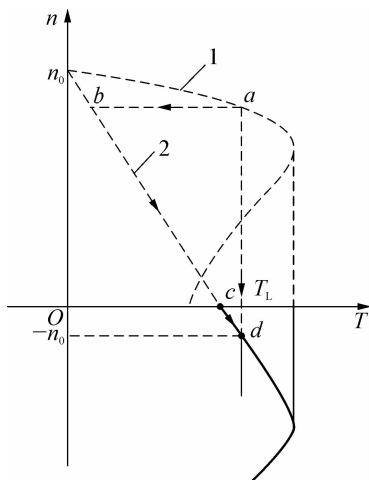
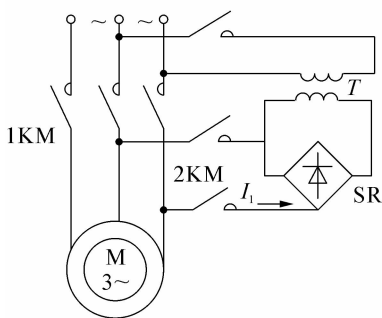
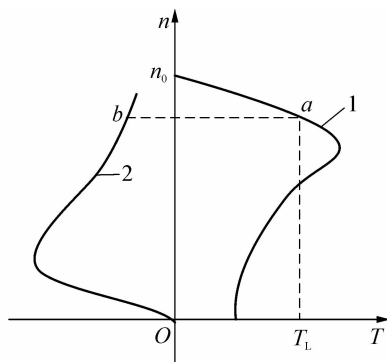


图 2-32 倒拉制动



(a) 线路图



(b) 特性曲线

图 2-33 能耗制动



总结巩固

1. 电动机的制动是指强迫其迅速停转,其制动方式分为机械制动和电气制动。
2. 电气制动就是给电动机一个与原转动方向相反的制动转矩使它迅速停转;机械制动就是利用外加的机械作用力使电动机转子迅速停止旋转的一种方法。
3. 速度继电器的结构、符号、工作原理及选用原则;能耗制动的原理。
4. 三相交流异步电动机单向启动反接制动控制线路工作过程;能耗制动线路的工作过程。
5. 反接制动线路、能耗制动线路的特点及适用场合。



目标检测

一、填空题

1. 电动机的制动分为_____制动和_____制动两种方式。在三相交流异步电动机单向启动反接制动控制线路的主电路中串联电阻 R 的目的是_____。
2. 单相整流电路包括单向_____电路、单向全波整流电路、单向_____电路等。

二、判断题

1. 反接制动的实质是通过改变异步电动机定子绕组中的电流大小来制动的。 ()
2. 能耗制动转矩随电动机的惯性转速下降而减小,故制动平稳准确。 ()

三、简答题

1. 什么是电气制动? 常用的电气制动方法有哪几种?
2. 什么是能耗制动? 什么是反接制动? 各有何特点? 分别使用于何种场合?

四、分析题

如图 2-34 所示是一种能耗制动电路,请分析它的制动控制过程。

1. 分析主电路的制动原理。
2. 分析控制电路的控制过程。

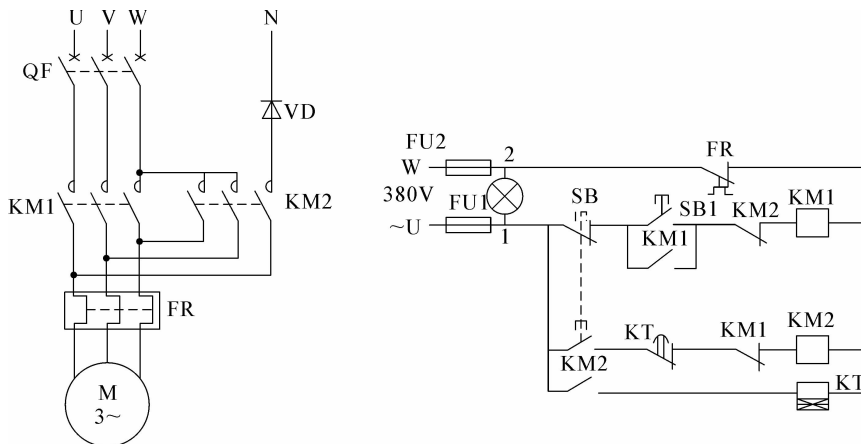


图 2-34 能耗制动

五、电路设计题

1. 给定一台三相异步电动机的基本资料,要求用常规继电器控制该三相异步电动机实现 Y-D 降压启动全压运行带能耗制动的功能。为保证电动机的正常运行和异常情况下的安全,控制电路应具有短路

保护与过载保护功能。任务如下：

- (1) 根据控制任务提出材料、控制器件、导线的清单,如有必要提出技术参数。
- (2) 提出所用工具清单。
- (3) 绘制控制电路的原理图和接线图。
- (4) 完成主电路、控制电路的接线。
- (5) 通电试车,并记录运行结果。
- (6) 撰写技术报告。

任务三 三相交流异步电动机调速控制

由三相异步电动机的转速公式 $n = \frac{60f_1}{p}(1-S)$ 可知,改变三相异步电动机转速可通过三种方法来实现:一是变频调速;二是变极调速;三是变转差率调速等。变频调速目前使用专用变频器可以实现异步电动机的变频调速控制。变极调速是通过改变定子绕组的磁极对数以实现调速;变转差率调速是通过改变转子电阻各串极以实现调速。



应用案例

采用最新调速方案,按风机、泵类(图 2-35)负载特性——转矩与转速的平方成正比关系,根据转速配套相应的功率,合理匹配从而达到节能效果,这是风机负载类型的理想动力。被广泛应用于纺织、印染、冶金、化工、建筑等国民经济各行业。



(a) 双速电机



(b) 双速通风机

图 2-35 双速电机

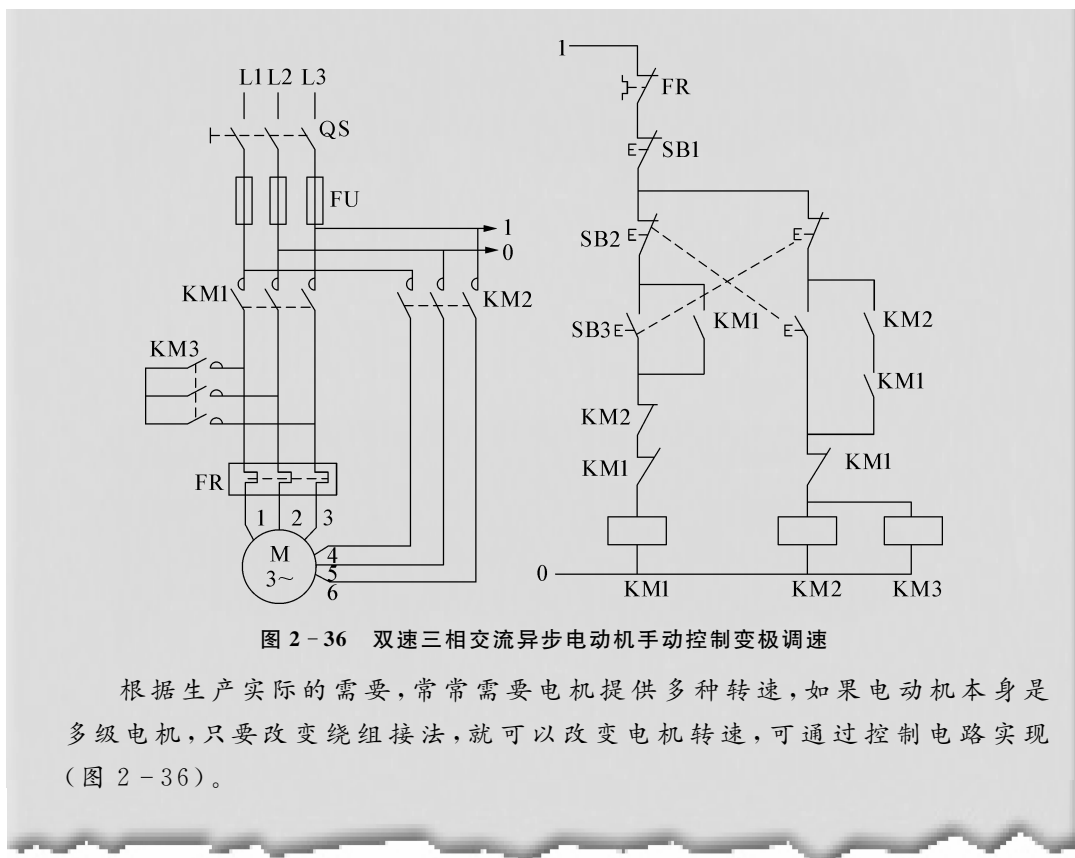


图 2-36 双速三相交流异步电动机手动控制变极调速

根据生产实际的需要,常常需要电机提供多种转速,如果电动机本身是多级电机,只要改变绕组接法,就可以改变电机转速,可通过控制电路实现(图 2-36)。



知识准备

一、器件知识

通过改变定子电压频率 f_1 、极对数 p 以及转差率 S 都可以实现交流异步电动机的速度调节,具体可以归纳为变极调速、变转差率调速和变频调速三大类。而变转差率调速又包括调压调速、转子串电阻调速、串级调速等,它们都属于转差功率消耗型的调速方法。

变极调速是通过改变定子空间磁极对数的方式改变同步转速,从而达到调速的目的。在恒定频率情况下,电动机的同步转速与磁极对数成反比,磁极对数增加一倍,同步转速就下降一半,从而引起异步电动机转子转速的下降。显然,这种调速方法只能一级一级地改变转速,而不能平滑地调速。

例如双速电动机变极调速控制线路如图 2-36 所示,双速电动机定子绕组的结构及接线方式如图 2-37 所示。

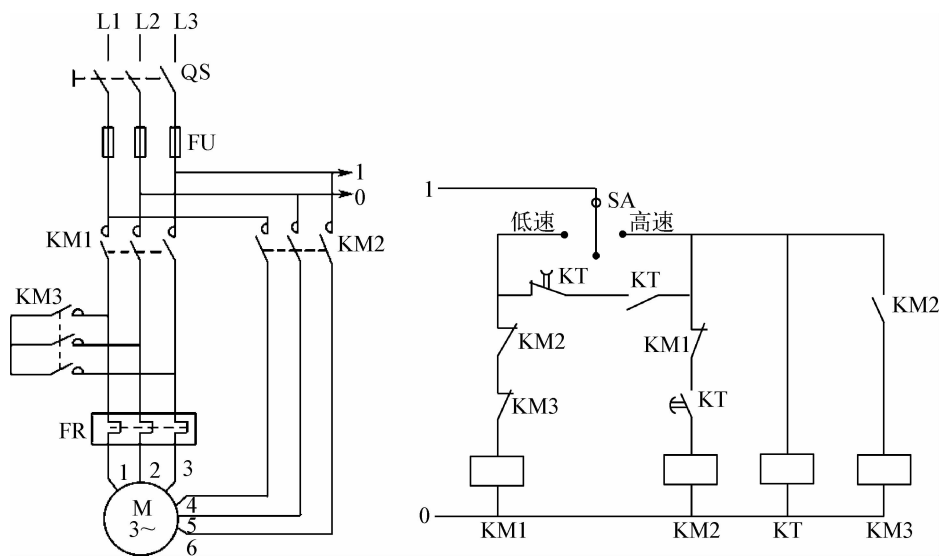


图 2-38 双速三相交流异步电动机自动控制变极调速



任务实施

一、元器件清单与质量检测

说明：万用表为 MF-47 型，欧姆挡置于 $\times 100$ 或 $\times 1\text{ k}$ 挡，元器件检测部位以原理图标志为准(表 2-5)。

表 2-5 元器件的检测

元器件	参考型号	检测项目	检测方法	元件正常时， 万用表指针偏转情况
刀开关	DZ47 5A/3P	刀开关动、静刀片	闭合刀开关，用万用表分别测量三对动静刀片之间电阻	指针自左向右偏转 阻值 $\infty \rightarrow 0\ \Omega$
转换开关	LW26 系列万能	开关内部的动、静触片接触是否良好	将转换开关分别打到 0/1 挡，用万用表分别测量两种状态下动、静触片接触电阻	指针自左向右偏转 阻值 $\infty \rightarrow 0\ \Omega$
熔断器	RL1-15 配熔体 3 A	装上熔丝，测量熔断器对外连接端片	用万用表分别测量三个熔断器对外连接端片之间电阻	指针自左向右偏转 阻值 $\infty \rightarrow 0\ \Omega$

续表

元器件	参考型号	检测项目	检测方法	元件正常时， 万用表指针偏转情况
交流接触器	CJT1-10/ 380 V	动、静触点，线圈电阻	万用表分别测量动、静触点电阻、线圈电阻	常开 $\infty \rightarrow 0$ 常闭 $0 \rightarrow \infty$ 线圈电阻应在1 600 Ω 左右
时间继电器	JS7-4A	线圈电阻延时触点电阻	用万用表分别测量线圈电阻和延时常开、常闭触点电阻	线圈电阻应在 600 Ω 左右 常开 $\infty \rightarrow 0 \Omega$ 常闭 $0 \rightarrow \infty$
热继电器	JR36	常闭触点	用万用表检测常闭触点电阻	电阻为 0 Ω
电动机	三相鼠笼式异步 380 V、0.45 A、 120 W	采用星形接法电机绕组对地绝缘电阻，绕组直流电阻	1. 万用表 $\times 10 \text{ K}$ 挡测量绕组绝缘电阻； 2. 万用表 $\times 1$ 挡测量绕组直流电阻	1. 应在 500 k 以上； 2. 三相绕组两两之间阻值应相同，且比较小

二、在电路板上按元件位置图安装好元器件

电器位置图反映各电气元件的实际安装位置，如图 2-39 所示为刀开关直接启动控制线路元件安装位置参考图。图中采用的接线端子为 XT，接线端子根据电流和位数选用适当型号。

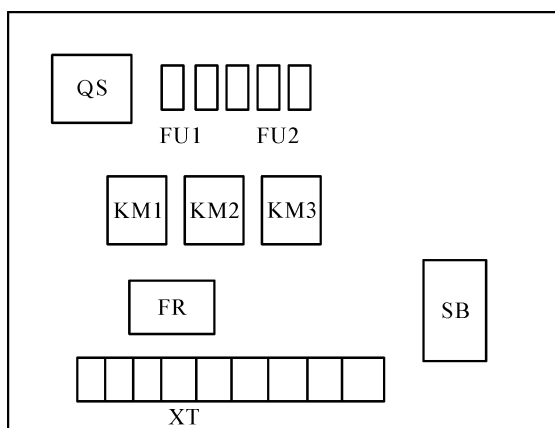


图 2-39 元件位置参考图

三、接好双速电机定子绕组等线路

如图 2-40 所示,图(a)为低速三角形接法,图(b)为高速双星接法。

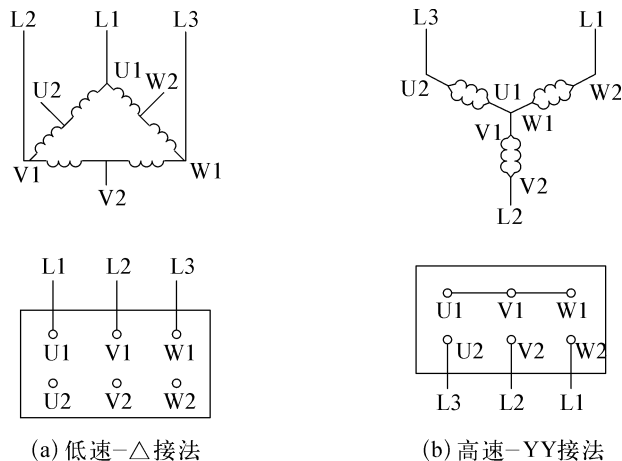


图 2-40 双速电机定子绕组接法

按原理图,将各个元器件连线,布线工艺要符合要求。

做一做

根据时间继电器控制双速电动机电气原理图和元器件位置参考图,请你自编方案,并尝试绘制安装接线图。

四、双速电机电路的调试要求

双速电动机定子绕组的每相绕组中各有一个出线端 U2、V2、W2。使电动机低速运转时,把三相电源分别接定子绕组的 U1、V1、W1 端,定子成 Δ 形连接,磁极为 4 极,同步转速为 1 500 rpm。要使电动机高速运转,就把三个出线端 U1、V1、W1 并接在一起,另外三个出线端 U2、V2、W2 分别接到三相电源上,定子呈 YY 形连接,磁极为 2 极,同步转速为 3 000 rpm。值得注意的是双速电动机定子绕组从一种接法改变为另外一种接法时,必须把电源相序反接,以保证电动机的旋转方向不变。

1. 电路的安装

(1) 接线时,注意主电路中接触器 KM1、KM2 在两种转速下电源相序的改变,不能接错,否则两种转速下电动机的转向相反,换向时将产生很大的冲击电流。

(2) 控制双速电动机 Δ 形接法的接触器 KM1 和 YY 接法的 KM2 的主触头不能对换

接线,否则不但无法实现双速控制要求,而且会在YY形运转时造成电源短路事故。

(3) 热继电器FR1、FR2的整定电流及其在主电路中的接线不要搞错。

(4) 通电校验前要复验一下电动机的接线是否正确,并测试绝缘电阻是否符合要求。

(5) 通电校验必须有指导老师在现场监护,学生应根据电路图的控制要求独立地进行校验,如出现故障也应自行排除。

(6) 必须在额定时间内完成,同时做到文明生产。

2. 线路检测与故障排除

(1) 用通电试验法观察故障现象。观察电动机、各电器元件及线路工作是否正常,如发现异常现象,应立即断电检查。

(2) 用逻辑分析法缩小故障范围,并在电路图上用虚线标出故障部位的最小范围。

(3) 用测量法正确、迅速地找出故障点。

(4) 根据故障点的不同情况,采取正确的方法迅速排除故障。

(5) 排除故障后再通电试车。

3. 通电试车

经测试正常的控制线路,可以通电试车。



注意事项

1. 检修前要先掌握电路图中各个控制环节的作用和原理,并熟悉电动机的接线方法。

2. 在检修过程中严禁扩大和产生新的故障,否则要立即停止检修。

3. 检修思路和方法要正确。

4. 带电检修故障时,必须有指导老师在现场监护,并要确保用电安全。

5. 检修必须在额定时间内完成。



知识拓展

一、三速三相交流异步电动机绕组

三速笼型异步电动机的定子槽安装有两套绕组,分别是三角形绕组和星形绕组,如图2-41所示,其结构及接线方式如图(a)所示。低速运行按图(b)所示接线,定子绕组为三角形接法。中速运行按图(c)所示接线,定子绕组为星形接法。高速运行按图(d)所示接线,定子绕组为双星形接法。

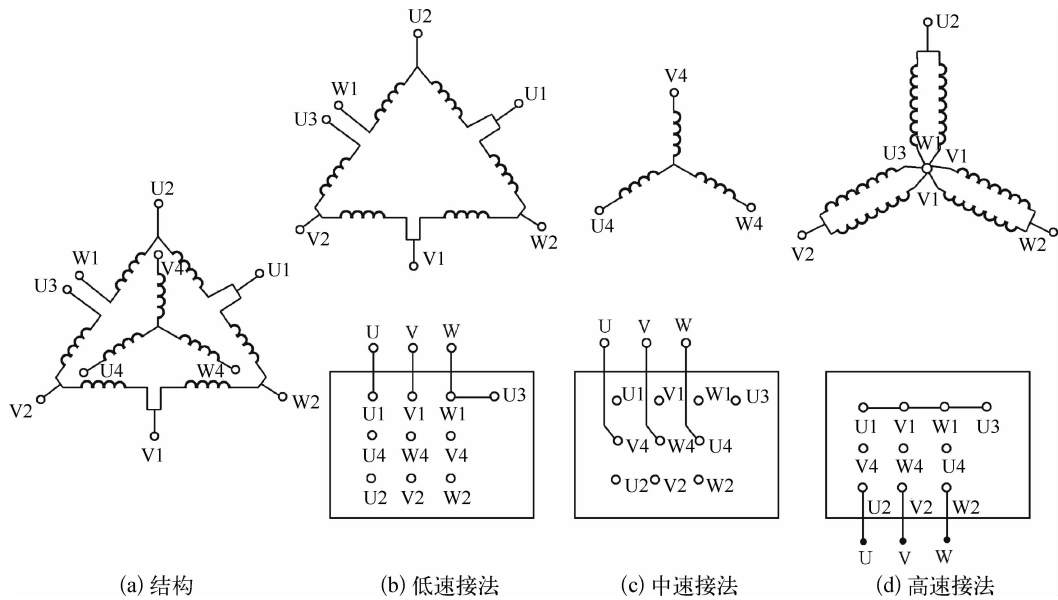


图 2-41 三角形绕组和星形绕组

二、三速三相交流异步电动机手动控制变极调速线路

图 2-42 为三速笼型电动机控制线路,图中 SB1、SB2、SB3 分别为低速、中速、高速按钮, KM1、KM2、KM3 分别为低速、中速及高速接触器,分别用以完成定子绕组的三角形接法、星形接法及双星形接法。

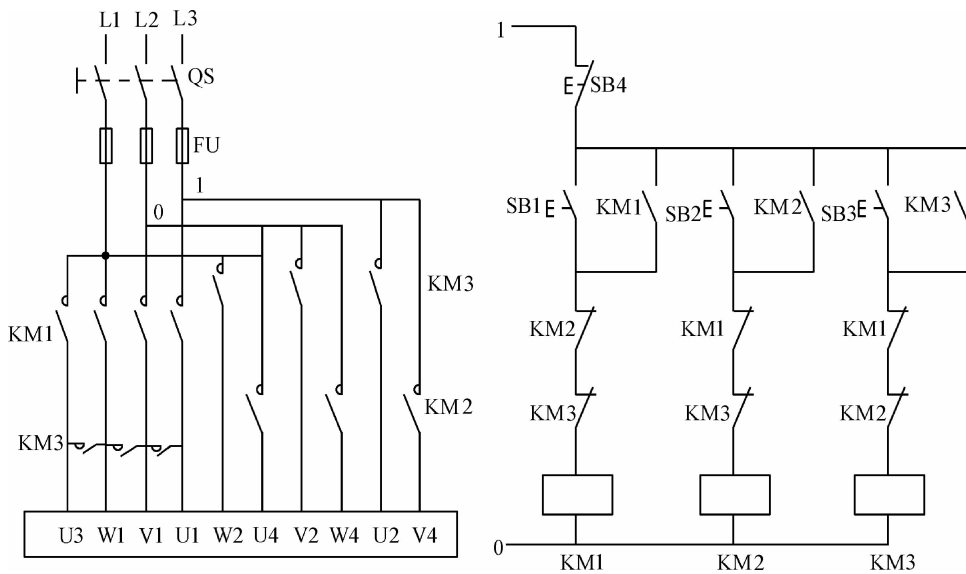


图 2-42 三速笼型电动机控制线路

线路动作原理为：按下任何一个速度启动控制按钮(SB1、SB2、SB3)，对应的接触器线圈得电，其自锁和互锁触点动作，完成对本线圈的自锁和对另外接触器线圈的互锁，主电路对应的主触点闭合，实现对电动机定子绕组对应的接法，使电动机工作在选定的转速下。

显然，这套线路任何一种速度要转换到另一种速度时，必须先按下停止按钮，因为三个接触器之间是电气互锁的。

三、变频器

把电压和频率固定不变的交流电变换为电压或频率可变的交流电的装置称作“变频器”。产生可变的电压和频率，该设备首先要把三相或单相交流电变换为直流电(DC)。然后再把直流电(DC)变换为三相或单相交流电(AC)，我们把实现这种转换的装置称为“变频器”(inverter)。

感应式交流电机的旋转速度近似地取决于电机的极数和频率。电机的极数是固定不变的。极数值不是一个连续的数值(为2的倍数)，因此不适合改变极对数来调节电机的速度。如果能对电源的频率调节，再供给电机，这样电机的旋转速度就可以被自由控制。以控制频率为目的的变频器，被作为电机调速设备的优选设备。

如果只改变频率，电机将被烧坏。特别是当频率降低时，该问题就非常突出。为防止电机烧毁事故的发生，变频器在改变频率的同时要改变电压。例如：使电机的旋转速度减半，变频器的输出频率从60 Hz改变到30 Hz，变频器的输出电压就从200 V改变到约100 V。

四、三相异步电动机的调速特性

由公式：

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad n_0 = \frac{60f}{p}$$

可得异步电动机的转速方程式为：

$$n = \frac{60f}{p}(1 - S)$$

结论：异步电动机的调速方法主要有三种：变磁极对数 p ；变转差率 S ；变频率 f 。

1. 变磁极对数调速

(1) 方法 改变定子绕组的连接，可以得到两个不同的磁极对数。

(2) 多速电动机 最多在电动机中嵌入两套绕组，使绕组有不同的连接，可分别得到双速、三速、四速电动机，双速应用较多。

(3) 特点 结构简单，效率高，特性好；体积大，价格高，在中小机床上应用比较多。

双速电动机的高低速转换，一般是先低速，再转换为高速(图2-43、2-44)。

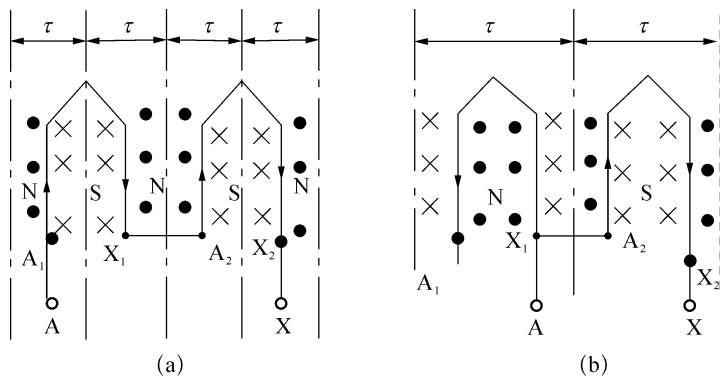


图 2-43 变级调速

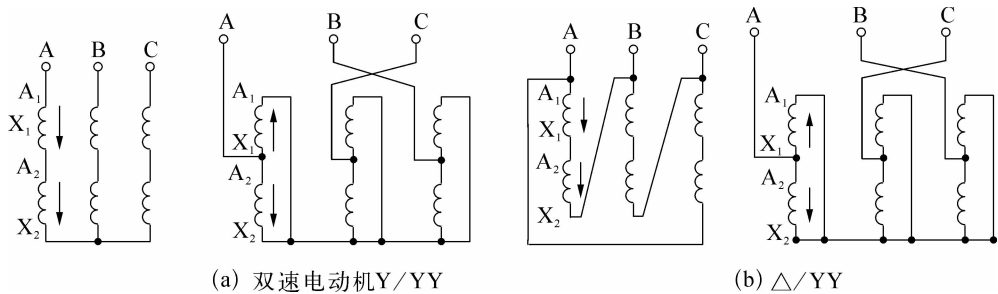


图 2-44 变磁极对数调速

想一想

一台普通三相交流异步电动机,如果调速,可以采用哪些方法?

2. 转子电路串电阻(变转差率)调速

- (1) 应用范围 只适用于线绕式异步电动机。
- (2) 原理电路和机械特性 与串电阻降压启动相同。线绕式异步电动机的启动电阻,适当增大电阻的容量,可作调速电阻用。
- (3) 特点 结构简单,动作可靠;是有级调速。
- (4) 应用 用于重复短时工作制的生产机械,如起重机械。三相电磁调速异步电动机也属于变转差率调速。

3. 变频调速

- (1) 原理 由上述可知,改变交流电源的频率,就可以平滑地调节电动机的转速。
- (2) 一般采用频率和电压同时改变的变频电源。

(3) 应用范围 用于鼠笼式异步电动机;组成 SCR - M 调速系统;变频调速是交流调速发展的方向。



应用案例

图 2-45 为市场某品牌通用高性能 3.7 kW/380 V 变频器。

外部控制方式、外部电压设定频率基本接线图

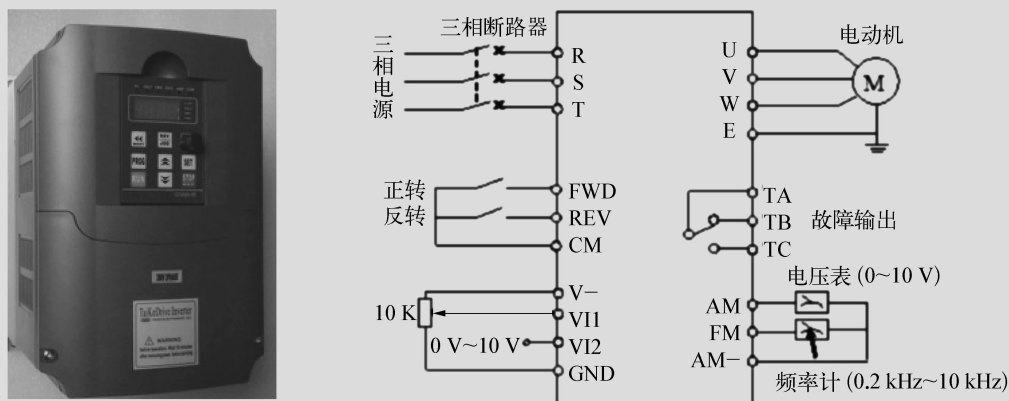


图 2-45 变频器和接线图



做一做

请你走访市场,对于某一型号的三相交流异步电动机,如果采用变频调速,可以采用哪些型号的变频器?画出它的接线图。



总结巩固

变极调速是通过改变定子空间磁极对数的方式改变同步转速,从而达到调速的目的。在恒定频率情况下,电动机的同步转速与磁极对数成反比,磁极对数增加一倍,同步转速就下降一半,从而引起异步电动机转子转速的下降。显然,这种调速方法只能一级一级地改变转速,而不能平滑地调速。



目标检测

一、问答题

1. 双速电动机接线盒中的六个接线柱与单相异步电动机有什么区别?
2. 高速与低速时可以相互直接转换吗? 说明原理。
3. 电动机高速与低速运转时, 定子分别接成什么形式? 分别是几对磁极?

二、设计题

1. 现有一台双速电动机, 试按下述要求设计控制线路:
 - (1) 分别用两个按钮操作电动机的高速启动和低速启动, 用一个总停按钮控制电动机的停止。
 - (2) 启动高速时, 先接成低速后经延时再换接到高速。
 - (3) 应有短路和过载保护。



项目小结

1. 电动机的降压启动线路, 是为了降低大容量电动机启动大电流对供电线路及其他电器正常工作的影响。交流异步电动机的降压启动方式有定子串电阻降压启动、星-三角降压启动、自耦变压器降压启动等。

2. 切断电源的电动机, 由于机械惯性, 完全停止仍然需要一段时间, 为了快速、准确停止, 需要采取制动。电动机的制动方式一般有反接制动、能耗制动、电磁抱闸机械制动等。

3. 电动机的调速有变频调速和变极调速等方式, 变极调速是通过控制线路的切换改变电动机绕组接法来实现的, 对于绕线型异步电动机, 可以通过改变转子电阻调速。



项目测验

1. 塔式起重机常采用多速交流异步电动机, 常用的 YZD 型三速电机, 它采用变极调速, 这种电机运行可靠、维护方便、制造成本低, 在中小型建筑起重机械中广泛使用。交流异步电动机的调速方法, 除了变极调速, 还有另外两种方法: (1) 改变 _____ 调速, 通常是在转子回路中外加 _____ 的方法; (2) 改变 _____ 调速, 需要有 _____, 因此造价较高、需要高素质维护人员, 虽然运行可靠、维护费用低, 但在塔机上使用尚不普遍。

2. 极数为 4/8/24 的起重机用 YZD 型三速电机, 是一种典型的三速交流异步电机, 在图 2-46 中, (a) 图为单绕组双速结构, 2Y/ Δ 接线, 有 6 个接线桩, 当 1 U、1 V、1 W 接 _____, 2 U、2 V、2 W

_____接在一起,构成4极电机,绕组结构成为2Y接法,是_____ (高速、低速、中速)结构;当2U、2V、2W接_____时,构成8极电机,是_____ (高速、低速、中速)结构;图2-46中(b)是低速结构。通过控制开关,可以实现高速、中速、低速及正反转切换。

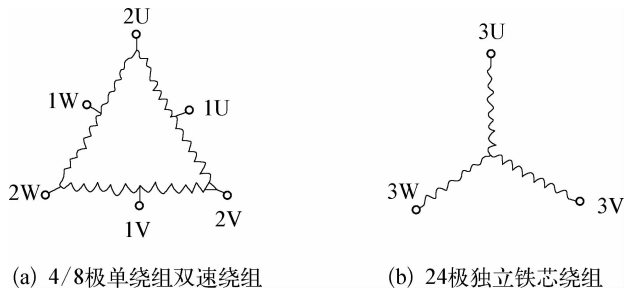


图 2-46 三速电机绕组结构

3. 在图2-47中,电机M6用来控制小车前进和后退,4KM1、4KM2闭合实现电机M6前进和后退的原理是_____ ;按照三速电机的绕组结构原理,在图中的电机M6线路中标出6个接线端子的线号名称;线号195-N1之间接有时间继电器触点、电阻器R和二二极管构成的电路,这个电路的名称是_____,它的工作原理是_____ ;在M5的控制线路中,3KM7的作用是_____,当它闭合时电动机M5一定处于_____ (高、中、低速)状态;M3是_____ 异步电动机,在图中它的调速方式是_____ 。

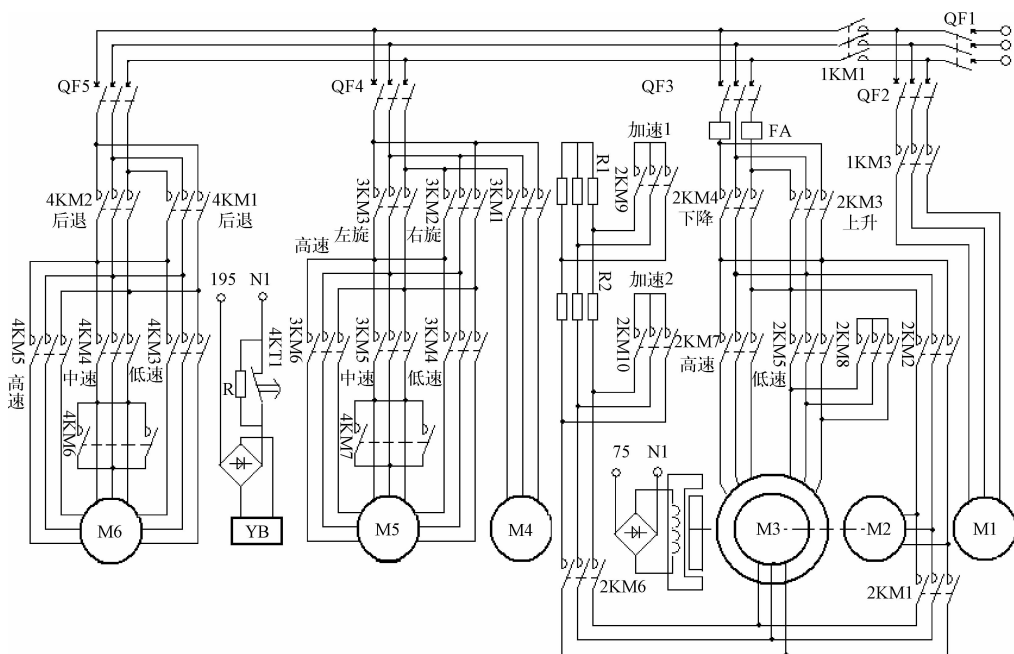


图 2-47 某品牌塔式起重机电气主线路

4. 图2-48是小车运行控制电路,向前运行的接触器线圈4KM1支路中串入了接触器线圈4KM2,这种方式称为_____ ;4QS1、4QS2的作用是_____ ;在高速控制接触器4M5支路中的时间继电器4KT2触点类型是_____ 。

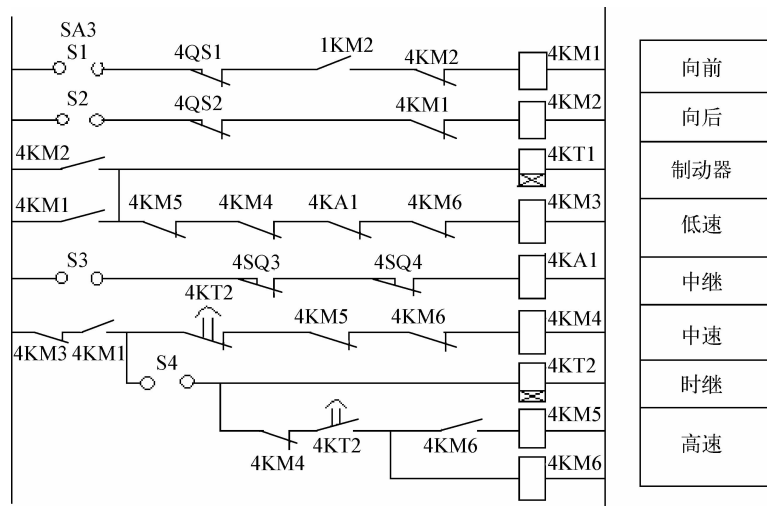


图 2-48 小车行走控制线路

5. 在图 2-47 中,从主电路看,电机 M3 是吊塔升降控制电机,它是_____ (鼠笼式、绕线式) 转子结构,它的转速是_____ (单速、多速),图 2-49 是起升控制线路,2KM8 闭合时,电机 M3 绕组是_____ 接法。

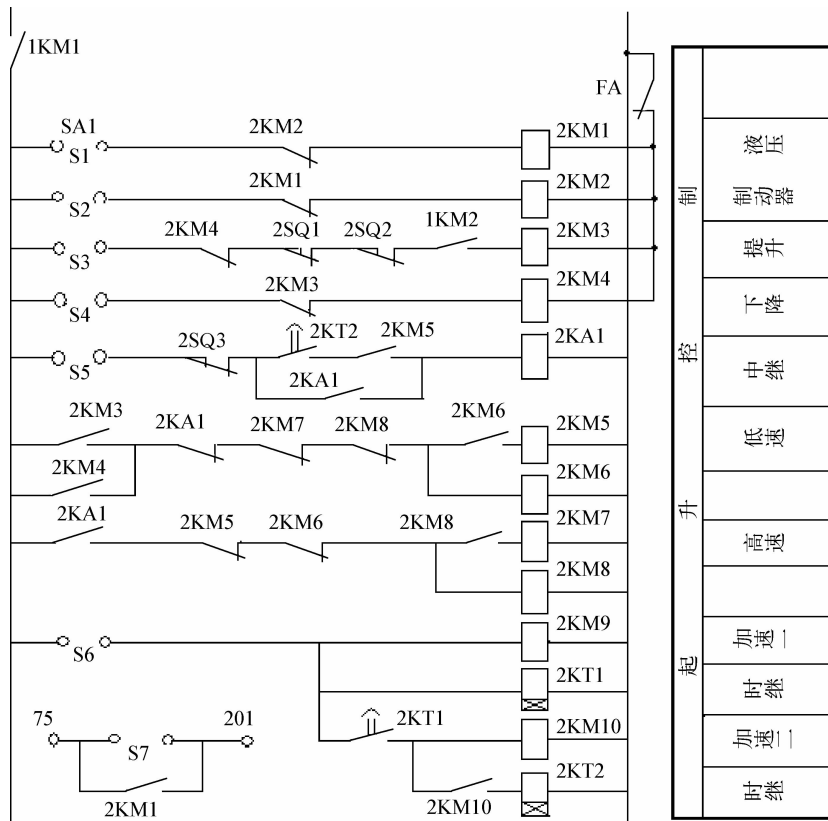


图 2-49 吊塔起降控制线路