

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电器及PLC控制技术 技能训练

(机电技术应用专业)

主编 张同苏 李乃夫



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电器及 PLC 控制技术 技能训练

(机电技术应用专业)

主编 张同苏 李乃夫

高等教育出版社

内容简介

本书是与中等职业教育国家规划教材《电器及 PLC 控制技术》(高勤主编)一书配套使用的技能实训教材,主要包括电气控制系统的基本电路实训和可编程序控制器(PLC)控制系统实训两部分。在可编程序控制器(PLC)控制系统实训部分,本书以 FX 系列 PLC 为主,兼顾 CPM1A 系列和 FP 系列 PLC,安排了 PLC 编程器的操作、编程软件的使用、基本指令和功能指令的应用、PLC 在工业控制系统中的应用等基本技能实训内容,另外还安排了大型应用系统的综合实训内容。

本书可作为中等职业学校机电类专业实训教材,也可作为相关行业部门技术工人岗位培训教材,以及供从事工厂电气控制设备操作、运行、维护等工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电器及 PLC 控制技术技能训练 / 张同苏, 李乃夫主编.

—北京: 高等教育出版社, 2006. 5

机电技术应用专业

ISBN 7-04-018671-3

I. 电… II. ①张… ②李… III. ① 电气设备 - 自动控制 - 专业学校 - 教学参考资料 ② 可编程序控制器 - 专业学校 - 教学参考资料 IV. TM762

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 021899 号

策划编辑 王瑞丽 责任编辑 王瑞丽 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 胡志萍 责任校对 唐晓燕 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京奥鑫印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 11.75
字 数 280 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 5 月第 1 版
印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷
定 价 20.00 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18671-00

前 言

本书是与中等职业教育国家规划教材《电器及 PLC 控制技术》(高等教育出版社 2002 年 6 月第 1 版,高勤主编)相配套的技能实训教材。主要内容包括电气控制系统的继电器 - 接触器控制电路实训和可编程序控制器(PLC)控制系统实训两部分。

本书编写的基本指导思想是:

(1) 在教材内容的组合上,力求打破学科体系,按照实际的工作任务、工作过程和工作情境来组织实验实训教学,以形成围绕工作过程的教学项目。

(2) 根据中等职业教育的特点,在基本电气控制电路实训中,着重于安装、配线等操作技能和排除故障技能的训练。

(3) 在 PLC 控制技术实训部分,着重于基本指令和步进顺序控制的编程训练。为了使学生对实际生产过程或生产机械的 PLC 控制系统有一个比较全面直观的了解,增加了环境仿真 PLC 实验系统作为实训方案供各校选择,并在附带光盘上提供了各实训课题的环境仿真演示程序,作为实训课题的课件。

(4) 考虑到 OMRON 公司的 C 系列 P 型机已逐步被新机型(CPM 系列等)所取代,本实训教材采用 OMRON 公司的 CPM1A 系列作为 PLC 实训主机之一。但实训内容除增加 CPM1A 系列的步进指令外,其余仍基本参照主教材内容安排实训。

(5) 考虑到松下电工公司的 FP 系列 PLC 具有相当的用户,本实训教材也把 FP 系列列为 PLC 实训主机之一。

(6) 在教材的形式上,除纸质教材外,还附有光盘(包括环境仿真实验系统演示软件、各实训课题的 PLC 例程、基本电气控制电路课件等内容)。

本书的总教学时数建议为 32 ~ 52 学时,推荐学时分配方案见下表。

内 容	学时分配方案	
	方案一	方案二
第一章 继电器 - 接触器控制系统实训	6	10
第二章 PLC 实验装置的使用	2	2
第三章 PLC 编程器的使用	4	4
第四章 PLC 编程软件的使用及编程练习	4	4
第五章 PLC 基本指令及功能指令编程实训	6	8
第六章 PLC 应用实训	8	14
第七章 综合实训	4	8
机动	(2)	2
总计	32	52

注:方案一中总学时未包含第七章的学时。

本书由张同苏、李乃夫任主编。其中,张同苏负责编写第二、六、七章,李乃夫负责编写第一章和第三、四、五章中有关松下 FP 系列 PLC 部分的内容,杨丽华、饶东负责编写第三、四、五章中有关三菱 FX 系列、OMRON 的 CPM1A 系列 PLC 部分的内容,附带光盘的内容由张同苏提供。本书由张可安担任主审。

限于编者的学识水平,本书难免有错漏之处,恳请使用者及同行给予指正。

编 者

2005 年 9 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第一章 继电器 - 接触器控制系统实训 ... 1	实训 79
第一节 三相异步电动机正反转控制 路实训 1	第一节 三菱 FX 系列 PLC 基本指令编程 实训 79
第二节 三相异步电动机 Y - Δ 降压起 动控制电路的安装、调试与检修 实训 3	第二节 三菱 FX 系列 PLC 功能指令编程 实训 84
第三节 三相异步电动机能耗制动控制 电路实训 6	第三节 OMRON CPM1A 系列 PLC 基本指 令编程实训 91
第四节 普通车床控制电路的安装与调 试实训 9	第四节 OMRON CPM1A 系列 PLC 功能指 令编程实训 94
第五节 生产机械电气控制系统的现场 参观 13	第五节 松下电工 FP1 系列 PLC 基本指令 编程实训 101
第二章 PLC 实验装置的使用 17	第六节 松下电工 FP1 系列 PLC 高级指令 编程实训 107
第一节 模拟实验板和实物模型的使用 17	第六章 PLC 应用实训 109
第二节 环境仿真 PLC 实验系统的使用 21	第一节 三相异步电动机 Y - Δ 起动控制 实训 109
第三章 PLC 编程器的使用 27	第二节 三相异步电动机正反转控制实训 115
第一节 三菱 FX - 20P - E 编程器的使用 ... 27	第三节 水塔水位 PLC 控制实训 122
第二节 OMRON CQM1 - PRO01 编程器 的使用 32	第四节 两种液体混合控制实训 127
第三节 松下电工 FP 编程器 II 的使用 39	第五节 天塔之光控制实训 135
第四章 PLC 编程软件的使用及编程 练习 55	第六节 四节皮带运输机控制实训 140
第一节 三菱 FXGPWIN 编程软件的使 用及编程练习 55	第七节 交通信号灯 PLC 控制实训 145
第二节 OMRON CX - Programmer 编程 软件的使用及编程练习 62	第七章 综合实训 156
第三节 松下电工 FRWIN - GR 编程软 件的使用及编程练习 69	综合实训一 气动机械手的 PLC 控制 系统 156
第五章 PLC 基本指令及功能指令编程	综合实训二 乘客电梯 PLC 控制系统 167
	附录 附带光盘使用说明 179
	参考文献 180

第一章 继电器 - 接触器控制系统实训

第一节 三相异步电动机正反转控制电路实训

一、实训目的

(1) 学习三相异步电动机正反转控制电路的接线方法,从而进一步理解电路的工作原理和特点。

(2) 初步学会正确选用三相异步电动机控制电路中常用的各种低压电器。

二、实训器材

实训用器材见表 1-1。

表 1-1 三相异步电动机正反转控制电路电器元件明细表

序号	名称	型号	规格	单位	数量
1	三相四线电源		3 × 380/220 V 16 A	处	1
2	三相异步电动机	JW6314	180 W 380 V 0.4 A 1400 r/min Δ形联结	台	1
3	刀开关	HK1 - 15/3	15 A	个	1
4	交流接触器	CJ20 - 10	线圈电压 380 V	只	2
5	热继电器	JR36 - 20	热元件整定电流 0.4 A	只	1
6	熔断器	RT18 - 32	配 3 A 熔体	套	3
7	熔断器	RT18 - 32	配 2 A 熔体	套	2
8	按钮开关	LA10 - 3H	保护式 按钮数 3	个	1
9	钳形电流表	T30 - A 型		只	1
10	接线端子排	JX2 - 1015	500 V 10 A 15 节	条	1
11	木螺钉		φ3 × 20 mm、φ3 × 215 mm	颗	25
12	平垫圈		φ4 mm	个	25
13	塑料软铜线		BVR - 1.5 mm ² 颜色自定	米	15
14	塑料软铜线		BVR - 1 mm ² 颜色自定	米	15
15	塑料软铜线		BVR - 0.75 mm ² 颜色自定	米	5
16	木板		500 mm × 450 mm × 20 mm	块	1

三、原理与说明

对于三相笼型异步电动机来说,实现正、反转控制只要将主电路中的三相电源线任意两相对调,电动机就会改变转向。在主教材第二章第二节中介绍的三相异步电动机正反转控制电路有电气互锁、电气与机械双重互锁两种,本实验采用电气和机械双重互锁控制电路。

四、实训电路

实验实训电路如图 1-1 所示。

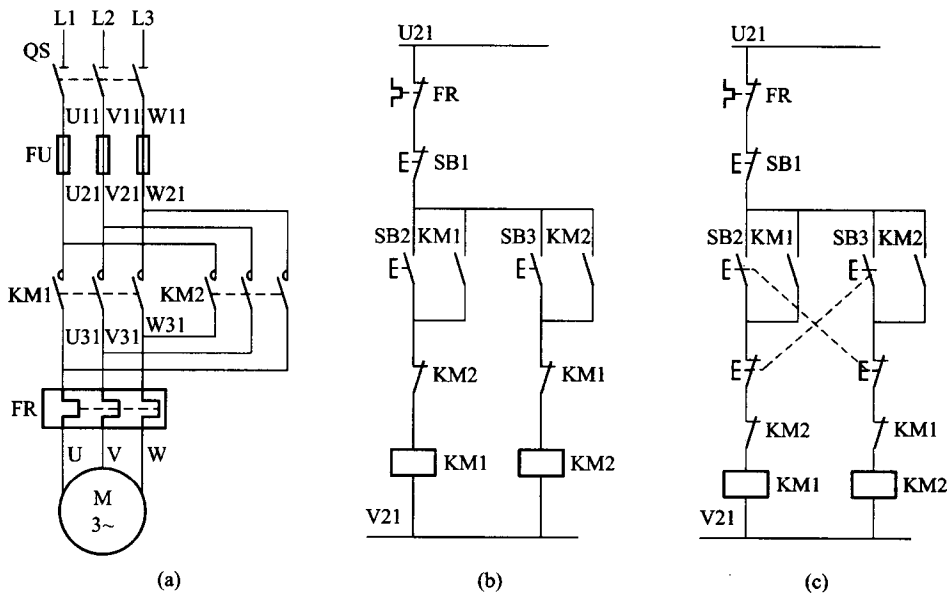


图 1-1 三相异步电动机正反转控制电路

五、实训内容及步骤

1. 设计安装接线图

按照实验室提供的本实验使用的低压电器,对照电气原理图(图 1-1),绘制安装接线图(注意两图接线的相同与不同之处)。

2. 安装、接线,试运行

- (1) 按图将电器安装在控制板上。
- (2) 先按图 1-1b 接线,经过检查确认无误后,方可合上 QS 接通电源。
- (3) 操作 SB1、SB2 和 SB3,观察电动机起动和反转的情况。
- (4) 按图 1-1c 接线,经过检查确认无误后,合上 QS 接通电源。
- (5) 操作 SB1、SB2 和 SB3,观察电动机起动和反转的情况(可操作电动机直接反转)。

3. 测量电流

用钳形电流表测量电动机起动和反转的电流并作记录。

六、注意事项

- (1) 注意接线不要接错,接线完毕后应仔细检查,不要急于通电。
- (2) 在图 1-1c 电路中操作电动机直接反转不要过于频繁。

七、实训报告要求

- (1) 记录电动机起动与反转的电流,并比较哪个电流大,为什么?
- (2) 试比较两个电路的特点。
- (3) 本次实验的认识与收获。

第二节 三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制电路的 安装、调试与检修实训

一、实训目的

- (1) 学习三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制电路的接线方法,从而进一步理解电路的工作原理和特点。
- (2) 了解时间继电器的使用及采用时间继电器控制的电动机控制电路的工作原理。
- (3) 在第一个实验的基础上,进一步学会按照电气原理图绘制安装接线图,并进一步熟悉安装接线工艺。
- (4) 了解三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制电路常见故障的检修方法。

二、实训器材

实训用器材见表 1-2。

表 1-2 三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制电路电器元件明细表

序号	名称	型号	规格	单位	数量
1	三相四线电源		3 × 380/220 V 16 A	处	1
2	三相异步电动机	JW6314	180 W 380 V 0.4 A 1440 r/min Δ 形联结	台	1
3	刀开关	HK1-15/3	15 A	个	1
4	交流接触器	CJ20-10	线圈电压 380 V	只	3
5	热继电器	JR36-20	热元件整定电流 0.4 A	只	1
6	时间继电器	JS7-4A	线圈电压 380 V	只	1
7	熔断器	RT18-32	配 3 A 熔体	套	3
8	熔断器	RT18-32	配 2 A 熔体	套	2
9	按钮开关	LA10-3H	保护式 按钮数 3	个	1
10	接线端子排	JX2-0515	500 V 5 A 15 节	条	1

续表

序号	名称	型号	规格	单位	数量
11	木螺钉		$\phi 3 \times 20 \text{ mm}$ 、 $\phi 3 \times 215 \text{ mm}$	颗	25
12	平垫圈		$\phi 4 \text{ mm}$	个	25
13	塑料软铜线		BVR - 2.5 mm ² 颜色自定	米	15
14	塑料软铜线		BVR - 1.5 mm ² 颜色自定	米	15
15	塑料软铜线		BVR - 0.75 mm ² 颜色自定	米	5
16	木板		500 mm × 450 mm × 20 mm	块	1
17	线槽	TC3025	长 34 cm, 两边打 3.5 mm 孔	条	5
18	异形塑料管		3 mm ²	米	0.2
19	万用电表			个	1
20	兆欧表		500 V 0 ~ 200 M Ω	个	1
21	钳形电流表		0 ~ 50 A	个	1
22	电工通用工具		试电笔、钢丝钳、螺丝刀(一字和十字)、 电工刀、电工钳、尖嘴钳、活动扳手等	套	1

三、原理与说明

(1) 由于正常运行时三相异步电动机的额定电压等于电源线电压,在起动时将定子绕组接成 Y 形,待起动完毕后再换接成 Δ 形,这样,异步电动机起动时电压降为正常工作时的 $1/\sqrt{3}$,可以达到降压起动的目的。

(2) 三相异步电动机 Y - Δ 降压起动控制电路有多种控制方式,本次实训采用时间继电器控制是其中的一种。时间继电器是电动机控制电路中常用的一种低压电器,按其原理及延时方式可分为多种类型,本次实训使用的是空气式通电延时型时间继电器。

(3) 三相异步电动机 Y - Δ 降压起动控制电路中常见电气故障的诊断与检修:

① 起动时,电动机通电后转速上升,约 1 s 后电动机突然发出“嗡嗡”声并转速下降,继而断电停转。

尽管 Y - Δ 降压起动方法可以降低电动机的起动电流,但起动电流值仍可达到全压起动电流的 $1/3$ 。在起动刚开始时电动机状态正常,说明电源及线路正常。但随之电动机发出“嗡嗡”声并转速下降,这是电动机缺相运行的现象。有可能是熔断器所选取的熔体的额定电流太小,在起动时即熔断一相熔丝而造成缺相,电动机的缺相运行造成其绕组电流进一步增大,致使另两相熔断器也相继熔断。

② 电动机 Y 形联结起动时正常,但转换成 Δ 形联结运行后,就发出异常响声并转速骤降,继而熔断器熔断,使电动机断电停车。

电动机 Y 形联结起动正常,说明该部分电路无误。但转换成 Δ 形联结运行后产生异常,则应从该部分电路寻找故障。最有可能的原因是电动机 Δ 形联结时的接线端接错,从而造成三相

电源的相序与 Y 形联结时相反,电动机在换接成 Δ 形联结后处于反接制动状态,产生过大的制动电流,使三相熔断器熔断。

③ 按下 SB2 后,KT 及 KM1、KM3 通电,电动机 Y 形联结起动,但之后长时间电路无转换动作。

这种情况多数是由于时间继电器 KT 的故障引起的,例如空气阻尼式时间继电器的空气室进气孔阻塞,或是电磁铁与延时装置顶杆相互位置不当等。这种故障如果不及时发现并排除,将会使电动机长时间 Y 形联结运行,进而使电动机因长时间过载而损坏。

④ 按下 SB2 后,KT 及 KM1、KM3 通电,电动机随即发出异响,转轴向正反两个方向颤动。立即按下 SB1 停车,在 KM1、KM3 释放时,主触点上产生较强电弧。如果断开主电路进行检查,则控制电路工作正常。

单独运行控制电路工作正常,说明故障不是出自控制电路而是在主电路。电动机产生的故障是由于缺相起动引起的(由于缺相电动机不能产生旋转磁场,所以在起动时转轴向正反两个方向颤动,且单相起动时大电流造成强电弧)。先检查主电路各熔断器和 KM1、KM3 的主触点,若没有问题,则有可能是 KM3 主触点另一端的短接线松脱造成的。因为该接线如果接触不良,会造成电动机的一相绕组末端未接入电路,造成电动机单相起动。

四、实训电路

采用时间继电器控制的三相异步电动机 Y - Δ 降压起动控制电路如图 1 - 2 所示。

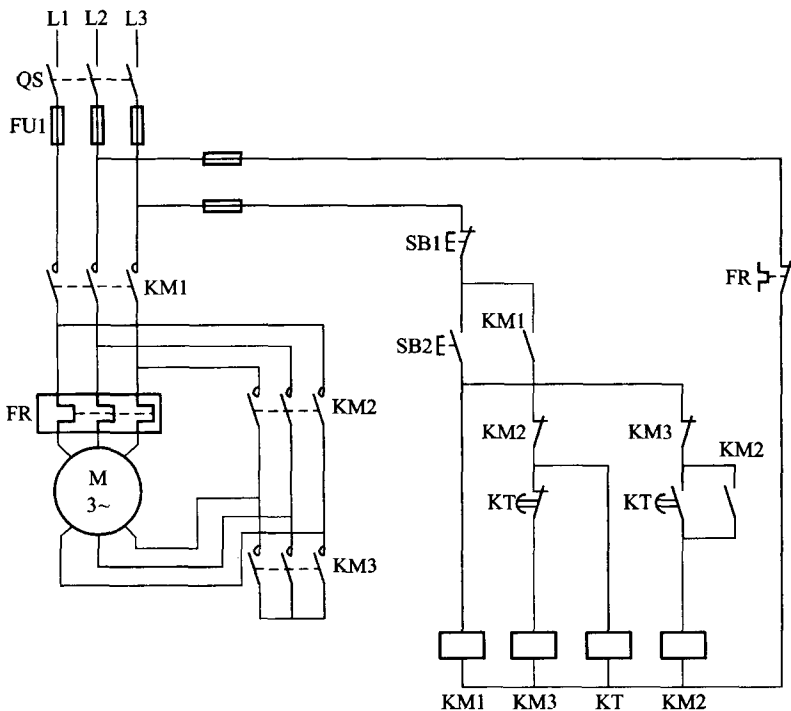


图 1 - 2 时间继电器控制的三相异步电动机 Y - Δ 降压起动控制电路

五、实训内容及步骤

1. 安装、配线及调试的步骤

(1) 选配设备、器材,并进行检查。

(2) 绘制电气安装接线图。

(3) 按图将电器安装在控制板上。

(4) 进行配线。

(5) 试车前的检查:

① 检查电路的接线是否正确、牢固。

② 检查电动机绕组的接线端有无接错。

③ 测量线路的绝缘电阻。

④ 调整热继电器的整定值。

⑤ 检查各熔断器是否已装上熔体以及熔体是否符合规格。

(6) 通电试运行:

① 合上 QS,接通电源;按下 SB2,观察电动机降压起动的过程,特别注意电动机换接时的情况;起动结束后,按下 SB1,电动机停转。

② 如果电动机起动过程正常,再重新起动一次,用钳形电流表测量起动瞬间、换接瞬间和稳定运行后电动机的电流值(可重复测量 2~3 次取其平均值),并作记录。

③ 根据试运行的情况,调整时间继电器 KT 的延时时间和热继电器的整定值。

2. 常见电气故障的诊断与检修(可预先设置故障检修)

六、注意事项

(1) 注意电动机定子绕组的 6 个接线端不要接错。

(2) 注意时间继电器延时动作的动合与动断触点不要接错。时间继电器延时的时间应合适,不要过长。

七、实训报告要求

(1) 记录电动机起动、换接与稳定运行时的电流,并进行比较。

(2) 记录时间继电器的延时时间。

(3) 对电路故障的分析及排除故障的过程。

(4) 本次实验的认识与收获。

第三节 三相异步电动机能耗制动控制电路实训

一、实训目的

(1) 学习三相异步电动机能耗制动控制电路的接线方法,从而进一步理解电路的工作原理和特点。

(2) 进一步了解时间继电器的使用和采用时间继电器控制的电动机控制电路的工作原理。

二、实训器材

实训用器材见表 1-3。

表 1-3 三相异步电动机能耗制动控制电路电器元件明细表

序号	名称	型号	规格	单位	数量
1	三相四线电源		3 × 380 V/220 V 16 A	处	1
2	三相异步电动机	JW6314	180 W 380 V 0.4 A 1400 r/min Δ 形联结	台	1
3	刀开关	HK1-15/3	15 A	个	1
4	交流接触器	CJ20-10	线圈电压 380 V	只	3
5	热继电器	JR36-20	热元件整定电流 0.4 A	只	1
6	熔断器	RT18-32	配 3 A 熔体	套	3
7	熔断器	RT18-32	配 2 A 熔体	套	2
8	按钮开关	LA10-3H	保护式 按钮数 3	个	1
9	时间继电器	JS7-4A	线圈电压 380 V	只	1
10	整流变压器		380 V/26 V 3 A	台	1
11	整流桥堆		400 V 3 A	只	1
12	滑线变阻器	BX7D-1/1	17 Ω 3 A	台	1
13	万用电表	500 型		只	1
14	钳形电流表	T30-A 型		只	1
15	可调直流电源	0~240 V	由实验台提供		
16	接线板、绝缘导线、接线工具等				

三、原理与说明

能耗制动是三相异步电动机常用的一种电气制动方法,其特点是制动力矩大,制动效果好。在进行能耗制动时,先将运转的电动机从三相交流电源上切除下来,此时电动机处于自由停车状态,然后将直流电源接入电动机定子绕组中的任意两相,产生一个静止磁场。电动机转子由于惯性仍然按原方向旋转,转子导体切割静止磁场的磁力线而在其内部产生转子感应电流,就会产生一个与电动机运行方向相反的制动力矩。由于能耗制动是利用转子惯性运转的动能来实现的,所以又称为动能制动。在制动过程中动能先转化成电能,再以热能的形式消耗掉。

能耗制动时制动力矩大小与通入直流电流的大小及电动机的转速有关。在同样转速下,通入的直流电流越大,制动力矩越大,制动作用越强。一般情况下通入直流电流是电动机空载电流的 3~5 倍,若电流过大,就可能使电动机定子绕组过热。可通过调节直流电源电路中串接的可调电阻来调节制动电流的大小。

能耗制动时制动力矩大小也与电动机的转速有关。转速越高,制动力矩越大,随着转速的降低制动力矩下降。当转速为零时,制动力矩消失,电动机停转,制动结束。

四、实训电路

采用时间继电器控制的三相异步电动机能耗制动控制电路如图 1-3 所示。

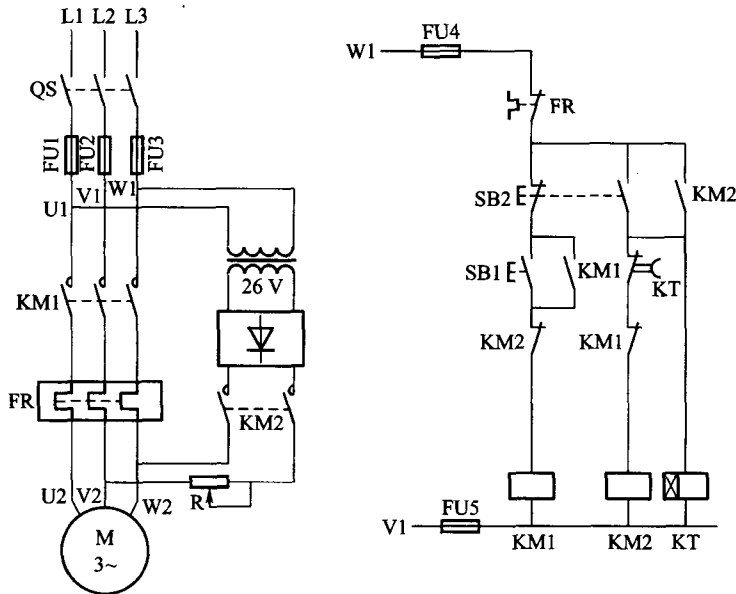


图 1-3 时间继电器控制的三相异步电动机能耗制动控制电路

五、实训内容及步骤

- (1) 按图 1-3 接线,经过检查确认无误后,方可接通交、直流电源,并调节直流电流为电动机额定电流的 1.5 倍。
- (2) 按下 SB2,使电动机起动。
- (3) 按下 SB1(注意要按到底),观察电动机的制动效果。调节时间继电器的延时时间,使电动机在停机后能及时切断直流电源。
- (4) 调节制动电流的大小,观察其制动效果。

六、注意事项

注意制动的直流电压不要太高,制动时间不要太长。

七、实训报告要求

- (1) 记录电动机制动的直流电流大小和制动时间。
- (2) 对制动原理、制动效果和电路工作原理进行分析。

(3) 本次实验的认识与收获。

第四节 普通车床控制电路的安装与调试实训

一、实训目的

(1) 通过车床控制电路的模拟安装,初步了解普通机床电气控制电路的结构、工作原理和安装接线方法。

(2) 初步学会根据生产机械对电力拖动控制电路的要求,合理地选配电器元件及导线,设计电器的安装布线方案,并按照工艺要求进行安装、接线。通过本次实训,进一步提高实际操作能力。

二、实训器材

1. C620-1型普通车床电气设备

C620-1型普通车床电气设备明细表见表1-4。

表1-4 C620-1型普通车床电气设备明细表

符 号	名 称	型 号	规 格	数 量
M1	主轴电动机	Y132M-4	7.5 kW 15.4 A 1440 r/min	1
M2	冷却泵电动机	AOB-25	90 W 2 800 r/min	1
FR1	热继电器	JR16-20/3D	11号热元件 整定电流 15.4 A	1
FR2	热继电器	JR16-20/3D	1号热元件 整定电流 0.31 A	1
KM	交流接触器	CJ20-16	16 A 线圈电压 380 V	1
FU1、FU2、FU3	熔断器	RL6-25	500 V 25 A 配 2 A 熔体	6
SB1、SB2	按钮开关	LA10-2K	500 V 5 A	2
QS1	电源开关	HZ10-25/3	380 V 25 A 3 极	1
QS2	M2 开关	HZ10-10/3	380 V 10 A 3 极	1
QS3	照明灯开关	HZ10-10/2	380 V 10 A 2 极	1
T	照明变压器	BZ-50	50 VA 380/36 V	1
EL	车床照明灯	JC11	带 40 W, 36 V 灯泡	1

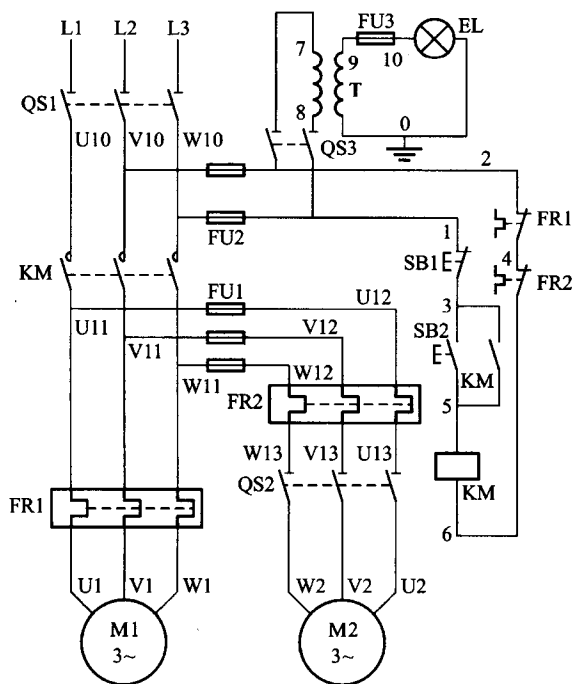
2. 其他器材

(1) 控制箱:铁箱,参考尺寸 400 mm × 300 mm × 170 mm,内配接线板、线槽、接线端子板等。

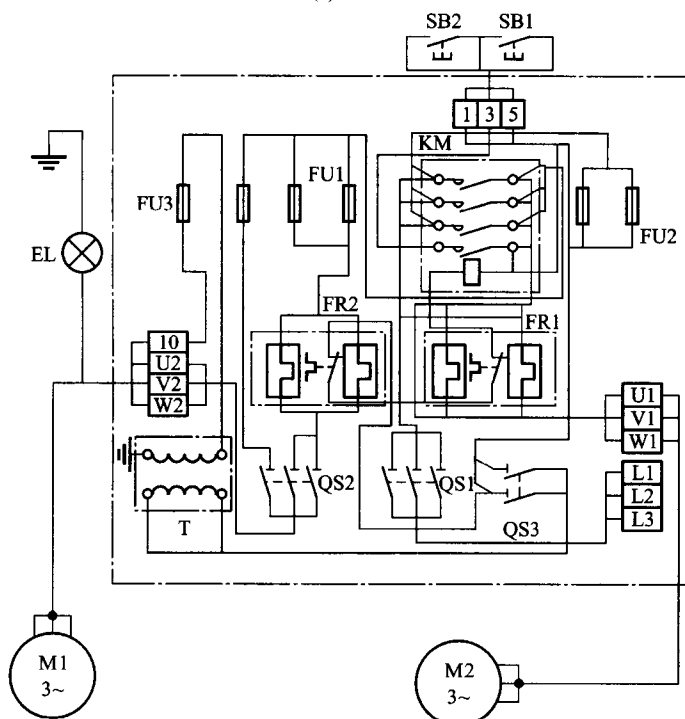
(2) 绝缘导线、金属(或塑料)软管、编码套管、有关工具等。

三、原理与说明

(1) C620-1型普通车床的控制电路是最基本且较典型的生产机械电气控制电路之一,其电路较主教材第二章第五节中介绍的 C650 车床电路要简单一些。电路的原理图和安装接线图如图 1-4 所示,电器的布置图如图 1-5 所示。



(a) 原理图



(b) 安装接线图

图 1-4 C620-1 型普通车床电气控制电路