

21世纪高等学校规划教材



DIANQIKONGZHI YU PLC JISHUYINGYONG
SHIXUNJIAOCHENG

电气控制与PLC技术应用 实训教程

孔祥冰 公利滨 张智贤 编著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

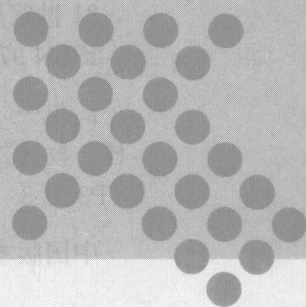
21世纪高等学校规划教材



DIANQIKONGZHI YU PLC JISHUYINGYONG
SHIXUNJIAOCHENG

电气控制与PLC技术应用 实训教程

编著 孔祥冰 公利滨 张智贤
主审 孙颖 高俊山 王海英



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

全书分为电气控制技术实验与实训、可编程控制器 (PLC) 技术实验与实训、特殊 I/O 单元的应用实训与设计举例共三篇, 主要内容包括电气控制基本线路及典型设备的实验、电路故障的分析方法和排除技巧、OMRON 公司 CJ1M 系列 PLC 的结构和工作原理、编程器的操作方法、CX-Programmer 软件的使用、基本逻辑指令编程实验、功能指令编程实验、高性能模块 (如高速计数单元、A/D 转换模块、D/A 转换模块、PID 调节模块、温度控制模块等) 的应用、PLC 与变频器综合应用、PLC 网络通信应用实验、CJ 系列位置控制单元的应用等内容。每章设有学生开发性实验内容, 由学生自行设计实验程序, 同时还备有针对实验内容的思考题和综合实训的项目。本书注重结合实际、突出工程实践应用能力的培养, 在编排实验内容上循序渐进、由浅入深, 简明扼要, 图文并茂, 通俗易懂, 便于教学和自学。

本书可作为高等院校自动化、电气工程及其自动化、机械工程及其自动化等相关专业的一本专科实训教材, 也可作为相关技能培训的教材, 还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与 PLC 技术应用实训教程/孔祥冰, 公利滨, 张智贤编著. —北京: 中国电力出版社, 2009

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-8969-1

I. 电… II. ①孔…②公…③张… III. ①电气控制—高等学校—教材②可编程序控制器—高等学校—教材 IV. TM921.5
TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 097784 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 411 千字

定价 27.20 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

前 言

现代工业控制装置主要有分散型控制系统 (DCS)、可编程控制器 (PLC) 控制系统、工业控制微机系统和智能控制仪表等。其中, PLC 是应用最为广泛和使用最为方便的控制装置。我国工科大专院校已普遍开设了电气控制与 PLC 应用技术课程, 该课程内容已逐渐成为自动化、电气工程及其自动化、机械工程及其自动化等相关专业学生应具备的理论专业知识和基本技能。

在此书编写及出版之前, 由孔祥冰等人编写了《电气控制与 PLC 技术应用》教材。该课程是一门实践性较强的专业课程, 从实际应用角度出发, 在掌握电气控制与 PLC 应用技术原理的基础上, 通过实验的方法和手段, 着重培养学生实际操作和解决实际问题的能力。基于上述指导思想, 为配合《电气控制与 PLC 技术应用》教材的使用, 编写了《电气控制与 PLC 技术应用实训教程》教材。

本书注重精选内容, 结合实际、突出应用; 在编排上循序渐进、由浅入深; 在内容阐述上, 力求简明扼要, 图文并茂, 通俗易懂, 便于教学和自学。本书分 3 篇共 8 章: 第 1 篇的第 1 章, 介绍了电气控制基本线路及典型设备的实验; 第 2 篇从第 2~5 章, 重点介绍了 PLC 技术应用实训概述, CJ 系列 PLC 控制系统的编程工具, CJ 系列 PLC 基本、特殊指令实验与实训, CJ 系列 PLC 变频器与 PLC 的综合实训; 第 3 篇从第 6~8 章, 简要介绍了特殊 I/O 单元的应用实训与设计举例的特殊 I/O 单元实验与实训, CJ 系列位置控制单元的应用简介, CJ 系列位置控制单元的应用举例等内容。

本书的特点是每个实验项目都设有对学生具有开发性实验内容, 同时还备有针对实验内容的思考题; 有的章节设有综合实训的项目, 用以提高工程设计能力和创新能力。本书可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化、机械工程及其自动化等相关专业的本专科实训教材, 也可作为相关技能培训的教材, 还可供相关工程技术人员参考。

本书由哈尔滨理工大学自动化学院孔祥冰、公利滨、张智贤主编, 哈尔滨理工大学自动化学院的杜洪越、贾德利, 哈尔滨工业大学温奇咏, 四川宜宾学院的杨欣参加编写。其中, 温奇咏编写了第 1 章; 杜洪越编写了第 2 章和第 5 章的 5.2 节; 杨欣编写了第 3 章; 张智贤编写了第 4 章; 公利滨编写了第 5 章的 5.1、5.3 节和第 6 章; 贾德利编写了第 7 章; 孔祥冰编写了第 8 章。全书由孔祥冰负责统稿, 长春工业大学孙颖教授、哈尔滨理工大学自动化学院高俊山教授、王海英教授主审。

本书在编写过程中, 得到了哈尔滨理工大学自动化学院殷玉恒、刘跃军老师的帮助, 并对教材的编写提出了许多宝贵的意见, 在此表示衷心感谢。本书是哈尔滨理工大学“十五”教材建设规划中首批校级重点教材。本书的出版得到了哈尔滨理工大学和自动化学院的大力资助, 在此一并表示感谢。

由于编者水平有限, 书中疏漏和不妥之处, 敬请读者批评指正。

编 者

2009 年 6 月

目 录

前言

第 1 篇 电气控制技术实验与实训

第 1 章 电气控制实验与工程实践	1
1.1 电气控制实验的目的、任务、方法和要求	1
1.2 三相异步电动机点动及连续控制线路实验	3
1.3 三相异步电动机正反转控制线路实验	5
1.4 三相异步电动机减压启动控制线路实验	7
1.5 三相绕线式异步电动机启动控制线路实验	10
1.6 三相异步电动机反接制动控制线路实验	11
1.7 三相异步电动机能耗制动控制线路实验	14
1.8 C650 型普通车床控制线路实验	17
1.9 X62W 型万能铣床控制线路实验	21
1.10 综合实训	25

第 2 篇 可编程控制器 (PLC) 技术实验与实训

第 2 章 PLC 技术应用实训概述	33
2.1 实训目的和要求	33
2.2 教学实验内容和方法	34
2.3 教学实验考核办法	37
第 3 章 CJ 系列 PLC 编程工具操作实验	39
3.1 CJ 系列 PLC 编程器的使用	39
3.2 CJ1 系列编程软件 CX-Programmer 的使用	43
第 4 章 CJ1M 系列基本、特殊指令应用实验	68
4.1 PLC 基本编程实验	68
4.2 电动机自动往复循环的正反转 PLC 控制实验	73
4.3 电动机正反转反接制动 PLC 控制实验	75
4.4 可编程控制器 (PLC) 控制的电动机 Y- Δ 降压启动	77
4.5 四节传送带的 PLC 控制实验	81
4.6 自动抢答器的实验	84
4.7 多种液体自动混合装置 PLC 控制实验	87
4.8 流动彩灯 PLC 控制实验	91
4.9 交通信号灯的 PLC 控制实验	94

4.10 综合实训	99
第5章 变频器与 PLC 的综合实训	107
5.1 变频器基本使用方法和实训	107
5.2 六层变频调速电梯的 PLC 控制实训	126
5.3 变频恒压供水系统的 PLC 控制实训	149
 第3篇 特殊 I/O 单元的应用实训与设计举例	
第6章 特殊 I/O 单元实验与实训	163
6.1 基本概述	163
6.2 高速计数单元在位置检测中的应用实训	163
6.3 PLC 之间 1:1 链接通信实训	172
6.4 串行 PLC 链接的远程控制实训	178
第7章 CJ1 系列位置控制单元的应用简介	189
7.1 位置控制单元概述	189
7.2 位置控制单元基本结构和使用步骤	190
7.3 位置控制单元安装与接线	192
7.4 位置控制单元数据区分配	202
7.5 位置控制单元的数据传送与保存	211
7.6 CX-Position 位置控制单元软件包的使用	215
7.7 原点搜索	221
第8章 CJ 系列位置控制单元的应用实例	224
8.1 立体仓库模型概述	224
8.2 立体仓库模型的检测与执行装置	227
8.3 立体仓库模型控制系统设计	230
8.4 辊道输送带控制	237
8.5 四自由度机械手控制	239
8.6 自动化立体仓库堆垛机控制	249
8.7 上位机监控系统设计	253
附录 OMRON 3G3RV-ZV1 变频器参数一览	256
参考文献	263

第 1 篇 电气控制技术实验与实训

第 1 章 电气控制实验与工程实践

通常在生产机械电气控制线路中,异步电动机的启、停、保护电气控制线路是广泛应用的,也是最基本的控制线路。以三相交流异步电动机和由其拖动的机械运动系统为控制对象,通过由接触器、熔断器、时间继电器、热继电器和按钮等所组成的控制装置对控制对象进行控制。

实验教学是整个教学环节的一个重要组成部分,将所学理论知识应用于实际并解决实际问题,是培养学生工程实践能力的重要手段。通过实验学生可以验证理论的正确性,同时也可以巩固理论知识并获得实践技能。

1.1 电气控制实验的目的、任务、方法和要求

工程实验是整个教学过程的一个重要环节,实验是培养学生独立工作能力、使用所学理论解决实际问题、巩固基本理论并获得实践能力的重要手段。

1.1.1 实验目的

- (1) 进行实验基本技能的训练。
- (2) 巩固、加深并扩大所学的基本理论知识,培养解决实际问题的能力。
- (3) 培养实事求是、严肃认真的科学作风和良好的实验习惯,为将来从事生产和科学实验打下坚实的基础。

1.1.2 实验任务

- (1) 观察常用电器的结构,了解其规格和用途,学会正确选择电器的方法。
- (2) 掌握继电器、接触器控制线路的基本环节。
- (3) 能独立操作一般生产机械的电力装备,分析其工作原理。
- (4) 掌握典型电气线路安装、调试、分析与排除故障等基本技能。
- (5) 初步掌握控制系统的调试方法。

学生应以严肃认真的精神、实事求是的态度对待实践教学,并在工程实践中注意培养自己的独立工作能力和创新精神。

1.1.3 实验方法

工程实践大致可分为三个阶段,即实验前的准备、进行实验、实验后的数据处理分析及写出实验报告。其中,进行实验又可分为连接实验电路和观察与记录两个阶段。

1. 实验前的准备

实验前应认真阅读实验指导书,明确实验目的、要求、内容、步骤,并复习有关理论知识,在实验前要记住有关线路和实验步骤。

进入实验室后,不要急于连接线路,应先检查实验所用的电器、仪表、设备是否良好,了解各种电器的结构、工作原理、型号规格,熟悉仪器设备的技术性能和使用方法,并合理选用仪表及其量程。发现实验设备有故障时,应立即请指导教师检查处理,以保证实验顺利进行。

2. 连接实验电路

接线前合理安排电器、仪表的位置,通常以便于操作和观测读数为原则。各电器相互间距离应适当,以连线整齐美观并便于检查为准。主令控制电器应安装在便于操作的位置。连接导线的截面积应按回路电流大小合理选用,长度要适当。每个节点连接线不得多于2根。电器接点上垫片为“瓦片式”时,连接导线只需要去掉绝缘层,导体部分直接插入即可;当垫片为圆形时,导体部分需要顺时针方向打圆圈,然后将螺钉拧紧,不允许有松脱或接触不良的情况,以免通电后产生火花或断路现象。连接导线裸露部分不宜过长,以免相邻两相间造成短路,产生不必要的故障。

连接电路完成后,应全面检查并确认无误,请指导教师检查后,方可通电实验。

在接线中,要掌握一般的接线规律,如先串联后并联,先主电路后控制电路,先控制触点,后保护触点等。

3. 观察与记录

观察实验中各种现象或记录实验数据是整个实验过程中最重要的步骤,必须认真对待。

进行特性实验时,应注意仪表极性及量程。检测数据时,在特性曲线弯曲部分应多选取几个点,而在线性部分则可少取几个点。

进行控制电路实验时,应有目的地操作主令电器,观察分析、排除故障后继续进行实验。

注意:运用万用表检测线路故障时,一般在断电情况下,采用电阻档检测故障点;需要在通电情况下检测故障点时,应用电压档测量(注意电压性质和量程);此外,还要注意被检测点之间有无其他寄生电路或旁路现象,以及对测量仪表的阻抗要求,以免造成判断不准确。

4. 实验结束工作

实验结束应先断开电源,认真检查试验结果,确认无遗漏或其他问题后,经指导教师检查同意后,方可拆除线路,清理实验设备、导线、工具,并报告指导教师后方可离开实验室。

1.1.4 实验报告及要求

实验报告是实验工作的全面总结,要用简明的形式将实验结果完整、真实地表达出来。报告要求简明扼要,字迹工整,分析合理,图表整齐清楚,曲线和线路图用铅笔及绘图仪器绘制,不应徒手描画。报告包括以下几项内容:

- (1) 实验名称、专业、班级、姓名、同组者姓名、实验台号、实验日期、交报告日期。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验线路图及控制电路的工作原理。
- (4) 实验设备。
- (5) 根据实验原始记录整理而成的数据表格、曲线及计算数据等。
- (6) 对实验结果进行分析讨论,并回答实验指导书所提出的问题。

1.2 三相异步电动机点动及连续控制线路实验

1.2.1 实验目的

(1) 熟悉三相异步电动机、交流接触器、热继电器、按钮等元件的结构、工作原理、型号、使用方法及其在线路中的作用。

(2) 掌握三相异步电动机点动、单方向控制线路的工作原理、接线方法、线路调试及故障排除的方法。

1.2.2 实验原理线路

图 1-1 所示为三相异步电动机单向运行及点动运行控制线路。

1. 启动电动机

图 1-1 (a) 是最基本电动机单向运行控制线路的主回路。合上转换开关 QS, 当接触器 KM 的主触点闭合时, 电动机 M 通电运行; 当接触器 KM 的主触点复位时, 电动机 M 断电, 停止运行。图 1-1 (b) 所示为最基本的点动控制线路。按下点动按钮 SB, KM 线圈通电, 其主触点闭合, 电动机启动运行; 松开 SB 按钮, 其触点复位, 接触器线圈断电, 电动机断电停止转动。这种线路不能实现连续运行, 只能实现点动控制。

图 1-1 (c) 所示为最基本的单向运行控制线路。按下按钮 SB2, KM 线圈通电, 其主触点闭合, 电动机启动运行。电路中接触器 KM 的辅助常开触点并联于启动按钮 SB2, 称为“自锁”触点。这种由接触器(继电器)利用其本身的触点来使其线圈长期保持通电的现象称之为“自锁”。按下按钮 SB1, 接触器 KM 线圈断电, 其主触点复位, 电动机断电停止转动。

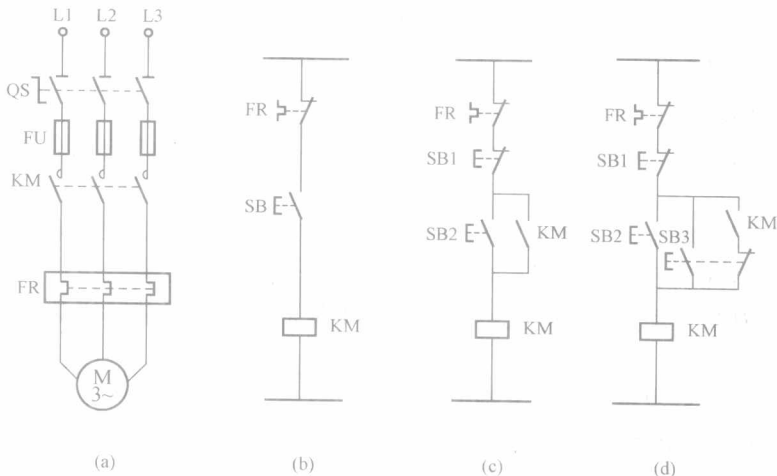


图 1-1 三相异步电动机单向运行控制线路

(a) 主回路; (b) 点动控制线路; (c) 单向运行控制线路; (d) 点动与连续运行的控制线路

图 1-1 (d) 所示为采用按钮的复式触点切断接触器线圈的自锁回路, 实现点动与连续运行的控制线路。按下连续运行按钮 SB2, 使接触器 KM 线圈得电, 同时接触器 KM 的辅助常开触点闭合与点动按钮 SB3 的常闭触点共同组成的自锁回路实现自锁, 实现电动机连续运行。只有按下停止按钮 SB1 时, 电动机才断电停转。按下点动按钮 SB3, 接触器 KM

的吸引线圈得电,主触点 KM 闭合电动机启动运行;同时,SB3 的辅助常开触点切断自锁回路,使接触器 KM 的吸引线圈线路无法实现自锁,实现电动机的点动运行;松开按钮 SB3,接触器 KM 的吸引线圈断电,接触器主触点复位,电动机断电,停止转动。

2. 停止电动机

按停止按钮 SB1 时,接触器 KM 的吸引线圈失电,KM 主触点复位,电动机失电停转。

3. 线路保护环节

线路保护环节包括短路保护、过载保护、零压保护等。

(1) 短路保护:当电路发生短路时熔断器 FU 的熔体熔断,切断电路,使电动机断电。

(2) 过载保护:通过热继电器 FR 实现。当负载过载或电动机缺相运行时,FR 动作,其常闭触点 FR 断开控制电路,KM 线圈失电使接触器的主触点复位,切断电动机主电路使电动机停转。

(3) 零压保护及欠压保护:通过接触器 KM 的自锁触点来实现。当电源电压消失(如停电)或者电源电压严重下降,使接触器 KM 的铁心电磁吸力消失或减小而释放,使电动机断电,同时,接触器常开触点 KM 断开并失去自锁作用。欠压保护可以防止电压严重下降时电动机在负载情况下的低压运行;零压保护防止电源电压恢复时,电动机突然自行启动运转,造成设备和人身事故。

1.2.3 实验设备及电器元件

(1) 三相笼型异步电动机	JO2-12-4 型	0.8kW	1 台
(2) 三相自动开关	DZ20Y-20 型		1 台
(3) 交流接触器	CJ20-20 型		1 台
(4) 控制按钮	LA2-11D 型		3 个
(5) 热继电器	JR20-20/3D 型		1 个
(6) 电工工具及导线			若干

1.2.4 实验步骤

(1) 首先认真观察各电器元件的结构,用万用表检查电器元件的触头、线圈是否完好,并了解其使用方法。

(2) 按电气原理图 1-1 正确连接线路,先连接主电路,再连接控制电路。

(3) 自己检查无误后,并经指导老师检查认可后合闸通电实验。

(4) 操作和观察电动机启停情况。若电动机不能启动,记录故障现象并分析故障原因,直至故障排除。

(5) 记录实验过程出现的问题并加以分析。

1.2.5 实验注意事项

(1) 在接线时,要断开工作台的总控开关,保证在断电的情况下接线。

(2) 实验中出现故障时,先断开电源,再进行故障分析排除。

(3) 在电动机连续控制线路接线中,应注意自锁触点作用。

1.2.6 思考题

(1) 在实验中出现故障时,画出故障现象的原理图,并分析故障原因及排除方法。

(2) 在电动机点动及连续控制线路的实验中,如出现按下连续工作按钮、电动机不能连续运行的现象,分析故障原因。

(3) 在电动机点动及连续控制线路的实验中, 若将 KM 控制回路中的自锁触点 KM 误接成 KM 的常闭触点, 会出现何种现象?

1.3 三相异步电动机正反转控制线路实验

1.3.1 实验目的

(1) 熟悉三相异步电动机、交流接触器、热继电器、按钮及自动开关等元件的结构、工作原理、型号、使用方法及其在线路中的作用。

(2) 掌握三相异步电动机正反向控制线路的工作原理、接线方法、线路调试及故障排除的方法。

1.3.2 实验原理线路

图 1-2 所示为三相异步电动机正反向运行控制线路。

1. “正—停—反”控制电路

图 1-2 (a) 所示为电动机“正—停—反”控制线路的主电路, 通过接触器 KM1、KM2 实现对电动机的正反转控制。

“正—停—反”控制电路是指电动机正向运转后要反向运转, 必须先停下来再反向。图 1-2 (b) 所示为电动机“正—停—反”控制线路。KM1 为正转接触器, KM2 为反转接触器。

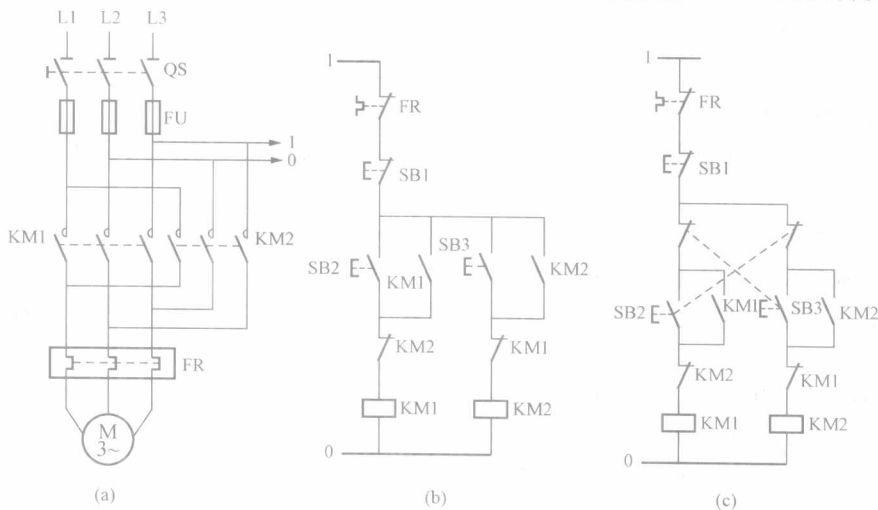


图 1-2 三相异步电动机正反向运行控制线路

(a) 主电路; (b) “正—停—反”控制线路; (c) “正—反—停”控制线路

线路工作原理如下: 按下正向启动按钮 SB2 时, 接触器 KM1 得电吸合, 其常开主触点将电动机定子绕组接通电源, 相序为 U、V、W, 电动机正向启动运行。

按停止按钮 SB1 时, KM1 失电释放, 电动机停转。

按反向启动按钮 SB3 时, KM2 线圈得电主触点吸合, 其常开触点将电源相序改为 W、V、U 接至电动机, 电动机反向启动运行。再按停止按钮 SB1 时, 电动机停转。

由于采用了 KM1、KM2 的常闭辅助触点串入对方的接触器线圈电路中, 形成电气互锁。因此, 当电动机正转时, 即使误按反转按钮 SB3, 反向接触器 KM2 也不会得电。要电

动机反转,必须先按停止按钮,再按反向按钮。

2. “正—反—停”控制电路

在实际生产过程中,为了提高劳动生产率,常要求电动机能够直接实现正、反向转换。利用按钮可构成“正—反—停”控制线路,如图1-2(c)所示。线路工作原理是:若需电动机反转,不必按停止按钮SB1,直接按下反转按钮SB3,按钮SB3的常闭触点首先断开接触器KM1线圈回路,接触器KM1触点复位,电动机先脱离电源,停止正转,同时其常闭触点复位,接触器KM2线圈得电,主触点吸合,电源相序改为W、V、U接至电动机,电动机反向启动运行。反之,亦然。

1.3.3 实验设备及电器元件

(1) 三相笼型异步电动机	JO2-12-4 型	0.8kW	1 台
(2) 三相自动开关	DZ20Y-20 型		1 台
(3) 交流接触器	CJ20-20 型		2 台
(4) 控制按钮	LA2-11D 型		3 个
(5) 热继电器	JR20-20/3D 型		1 个
(6) 电工工具及导线			若干

1.3.4 实验步骤

(1) 首先认真观察各电器元件的结构,用万用表检查电器元件的触头、线圈是否完好,并了解其使用方法。

(2) 按电气原理图1-2(a)、(b)正确连接线路,先连接主电路,再连接控制电路。

(3) 自己检查无误,并经指导老师检查认可后合闸通电实验。

(4) 操作和观察电动机启停情况。若电动机不能启动,记录故障现象并分析故障原因,直至故障排除。

(5) 在上述实验基础上,再根据图1-2(c)连接电动机“正—反—停”的控制线路,检查线路正确无误,并经指导老师检查后合闸通电实验。

(6) 操作正转启动按钮,待电动机正常运转后,直接按下反转启动按钮,使电动机反方向运转。

(7) 操作正转启动按钮,待电动机正常运转后,很轻地按一下反方向启动按钮,看电动机运转状态是否有变化,为什么?

(8) 记录实验过程出现的问题并加以分析。

1.3.5 实验注意事项

(1) 在接线时,要断开工作台的总控开关,保证在断电的情况下接线。

(2) 实验中出现故障时,先断开电源,再进行故障分析排除。

(3) 电动机正反向的控制线路接线中,应注意互锁触点的应用。

1.3.6 思考题

(1) 在实验中出现故障时,画出故障现象的原理图,并分析故障原因及排除方法。

(2) 电动机正反向控制线路的实验中,如出现按下反向按钮、电动机旋转方向不变的现象,分析故障原因。

(3) 在电动机正反向控制线路的实验中,若将KM1线圈回路中的互锁触点KM2误接成KM1,会出现何种现象?

1.4 三相异步电动机减压启动控制线路实验

1.4.1 实验目的

- (1) 进一步熟悉交流接触器、热继电器、时间继电器、按钮及自动开关等元件的结构、工作原理、型号、使用方法及其在线路中的作用。
- (2) 掌握三相异步电动机串电阻减压启动控制线路的工作原理及接线方法。
- (3) 掌握三相异步电动机星形—三角形减压启动控制线路的工作原理及接线方法。
- (4) 掌握三相异步电动机自耦变压器减压启动控制线路的工作原理及接线方法。
- (5) 进一步熟悉电气控制线路调试及故障排除的方法。

1.4.2 实验原理线路

1. 三相异步电动机星形—三角形减压启动控制线路

图 1-3 所示为三相异步电动机星形—三角形减压启动控制线路。其工作原理：Y-△降压启动。设计思想仍是按时间原则控制。

按下启动按钮 SB2：

- (1) 接触器 KM1 线圈得电，电动机 M 接入电源。
- (2) 接触器 KM3 线圈得电，其常开主触点闭合，电动机绕组 Y 形启动，KM3 常闭辅助触点断开，保证了接触器 KM2 线圈不得电。
- (3) 时间继电器 KT 线圈得电，经过一定时间延时，KT 常闭触点断开，切断 KM3 线圈电源。
- (4) KM3 主触点断开，KM3 常闭辅助触点闭合，KT 常开触点闭合，接触器 KM2 线圈得电，KM2 主触点闭合，使电动机 M 绕组由 Y 形启动切换为△形运行。按下停止按钮 SB1，切断控制线路电源，电动机 M 停止运转。

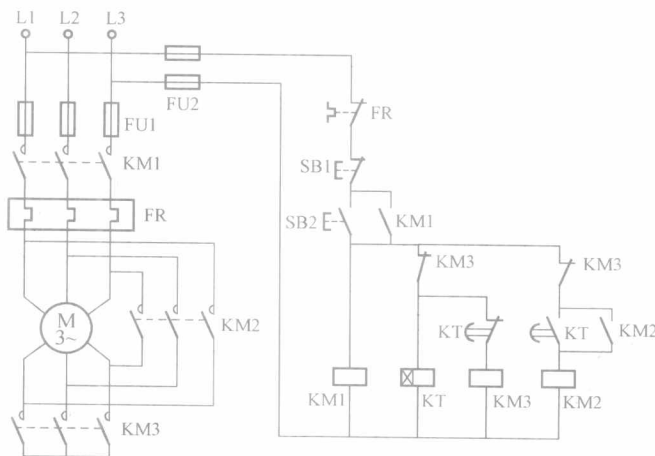


图 1-3 Y-△降压启动控制线路

2. 三相异步电动机串电阻减压启动控制线路

图 1-4 所示为三相异步电动机串电阻减压启动控制线路。

定子串电阻降压启动方法是：电动机启动时在三相定子电路中串接电阻，使电动机定子绕组电压降低，启动结束后再将电阻短接。由于定子串电阻降压启动，启动电流随定子电压成正比下降，而启动转矩则按电压下降比例的平方倍下降。显然，这种方法会消耗大量的电能且装置成本较高，三相鼠笼式异步电动机采用电阻降压启动方法，适用于要求启动平稳的小容量电动机以及启动不频繁的场合。

在图 1-4 所示的三相异步电动机串电阻减压启动控制线路中，图 1-4 (a) 为三相异步电动机串电阻减压启动控制线路的主回路，图 1-4 (b) 为三相异步电动机串电阻减压启动控制线路的控制回路，在整个启动和运行过程中，时间继电器 KT 都始终通电。图 1-4 (c) 为三相异步电动机串电阻减压启动控制线路的控制回路，时间继电器 KT 只在启动过程中通电，而在正常运行中不工作。

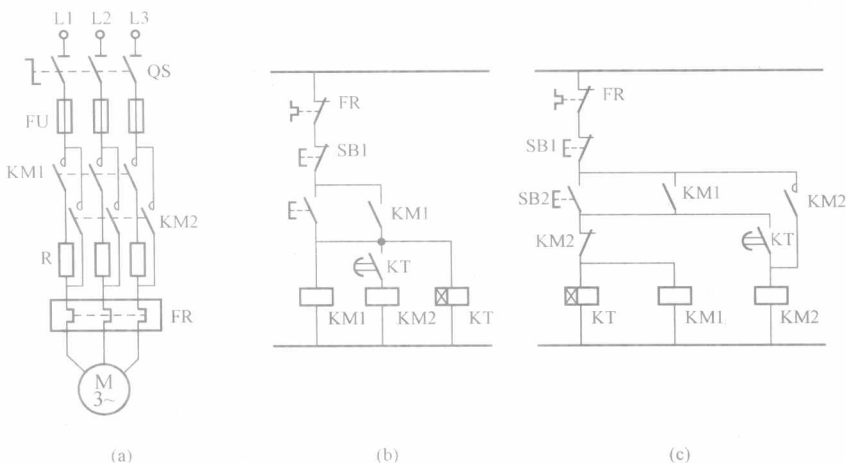


图 1-4 三相异步电动机串电阻减压启动控制线路

(a) 主回路；(b) KT 始终通电；(c) KT 在运行中不工作

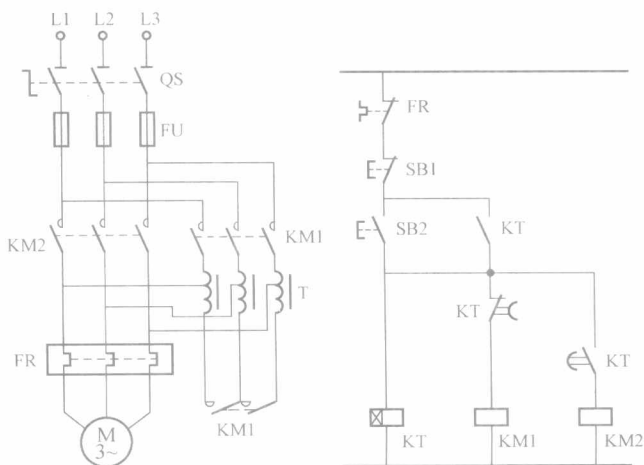


图 1-5 三相异步电动机串自耦变压器减压启动控制线路

3. 三相异步电动机串自耦变压器减压启动控制线路

图 1-5 所示为三相异步电动机串自耦变压器减压启动控制线路。

线路的工作原理如下：

(1) 合上转换开关 QS，按下启动按钮 SB2 运行过程如下：

1) 经接触器 KM1 得电，KM1 常开主触点闭合，电动机经 Y 形连接的自耦变压器接至电源降压启动。

2) 时间继电器 KT 得电，时间继电器 KT 经一定时间到达延时值后，其常闭延时触点断开，使接

触器 KM1 线圈失电, KM1 主触点断开, 将自耦变压器从电网切除。同时, 时间继电器的常开延时触点闭合, 接通接触器 KM2 的线圈回路, KM2 主触点闭合将电动机直接接入电源, 使之在正常电压下运行。

(2) 按下停止按钮 SB1, 接触器 KM2 线圈失电, 其触点复位, 电动机停止转动。

1.4.3 实验设备及电器元件

(1) 三相笼型异步电动机	JO2-12-4 型	0.8kW	1 台
(2) 三相自动开关	DZ20Y-20 型		1 台
(3) 交流接触器	CJ20-20 型		3 台
(4) 控制按钮	LA2-11D 型		3 个
(5) 热继电器	JR20-20/3D 型		1 个
(6) 时间继电器	JS20 型		1 个
(7) 自耦变压器			1 台
(8) 电工工具及导线			若干

1.4.4 实验步骤

(1) 首先认真观察各电器元件的结构, 用万用表检查电器元件的触头、线圈是否完好, 并了解其使用方法。

(2) 按电气原理图 1-3 正确连接线路, 先连接主电路, 再连接控制电路。

(3) 自己检查无误, 并经指导老师检查认可后合闸通电实验。

(4) 操作和观察电动机启停情况。若电动机不能启动, 记录故障现象并分析故障原因, 直至故障排除。

(5) 在上述实验基础上, 再根据图 1-4 连接三相异步电动机串电阻减压启动控制线路接线, 接线完毕后, 检查线路正确无误后, 并经指导老师检查后合闸通电实验。

(6) 操作启动和停止按钮, 观察电动机的启动和停止过程。

(7) 调节时间继电器的延时时间, 观察时间继电器的延时通断触点动作是否正确, 对电动机启动过程的影响。

(8) 记录实验过程出现的问题并加以分析。

1.4.5 实验注意事项

(1) 在接线时, 要断开工作台的总控开关, 保证在断电的情况下接线。

(2) 实验中出现故障时, 先断开电源, 再进行故障分析排除。

(3) 在电动机星形—三角形减压启动控制线路接线中, 应注意电动机绕组的接法。

(4) 根据启动过程调整时间继电器的延时时间, 应避免启动时间过长。

1.4.6 思考题

(1) 在实验中出现故障时, 画出故障现象的原理图, 并分析故障原因及排除方法。

(2) 在电动机星形—三角形减压启动控制线路的实验中, 如出现电动机不能换成三角形接法运行, 分析故障原因。

(3) 在电动机星形—三角形减压启动控制线路的实验中, 若将 KT 常开、常闭触点接反, 会出现何种现象?

(4) 试用断电延时型时间继电器设计一个电动机星形—三角形减压启动控制线路。

1.5 三相绕线式异步电动机启动控制线路实验

1.5.1 实验目的

- (1) 进一步熟悉交流接触器、热继电器、时间继电器、按钮及自动开关等元件的结构、工作原理、型号、使用方法及其在线路中的作用。
- (2) 掌握三相绕线式异步电动机启动控制线路的工作原理及接线方法。
- (3) 进一步熟悉电气控制线路调试及故障排除的方法。

1.5.2 实验原理线路

图 1-6 所示为三相绕线式异步电动机启动控制线路。线路工作原理如下:

合上电源开关 QS, 按启动按钮 SB2, 运行过程如下:

- (1) 接触器 KM1 线圈得电, 其主触点闭合, 将电动机转子串入全部电阻进行启动, KM1 辅助触点闭合自锁。
- (2) 时间继电器 KT1 得电, 时间继电器 KT1 的常开触点经一定延时后闭合, 使接触器 KM2 线圈得电吸合, 切除第 1 级启动电阻 R1。同时, 时间继电器 KT2 得电。
- (3) 时间继电器 KT2 的常开触点经一定延时后闭合, 使接触器 KM3 得电吸合并自锁, 短接第 2 级启动电阻 R2。同时, 时间继电器 KT3 得电。
- (4) 时间继电器 KT3 的常开触点经一定延时后闭合, 使接触器 KM4 得电吸合并自锁, 短接第 3 级启动电阻 R3, 启动过程全部结束。
- (5) 接触器 KM4 得电, KM4 常闭触点断开, 切断时间继电器 KT1 线圈电源, 使 KT1、KM2、KT2、KM3、KT3 依次释放。当电动机进入正常运行时, 只有 KM4 和 KM1 保持得电吸合状态, 其他电器全部复位。

按下停止按钮 SB1, KM1 线圈失电切断电动机电源, 电动机停转。

1.5.3 实验设备及电器元件

- | | | |
|----------------|--------------|-----|
| (1) 三相绕线式异步电动机 | | 1 台 |
| (2) 三相自动开关 | DZ20Y-20 型 | 1 台 |
| (3) 交流接触器 | CJ20-20 型 | 4 台 |
| (4) 控制按钮 | LA2-11D 型 | 3 个 |
| (5) 热继电器 | JR20-20/3D 型 | 1 个 |
| (6) 时间继电器 | JS20 型 | 3 个 |
| (7) 电阻器 | | 9 个 |
| (8) 电工工具及导线 | | 若干 |

1.5.4 实验步骤

- (1) 首先认真观察各电器元件的结构, 用万用表检查电器元件的触头、线圈是否完好, 并了解其使用方法。
- (2) 按电气原理图 1-6 正确连接线路, 先连接主电路, 再连接控制电路。
- (3) 自己检查无误, 并经指导老师检查认可后合闸通电实验。
- (4) 操作和观察电动机启停情况。若电动机不能启动, 记录故障现象并分析故障原因, 直至故障排除。

- (5) 调节时间继电器的延时时间, 观察对电动机启动过程的影响。
- (6) 记录实验过程出现的问题并加以分析。

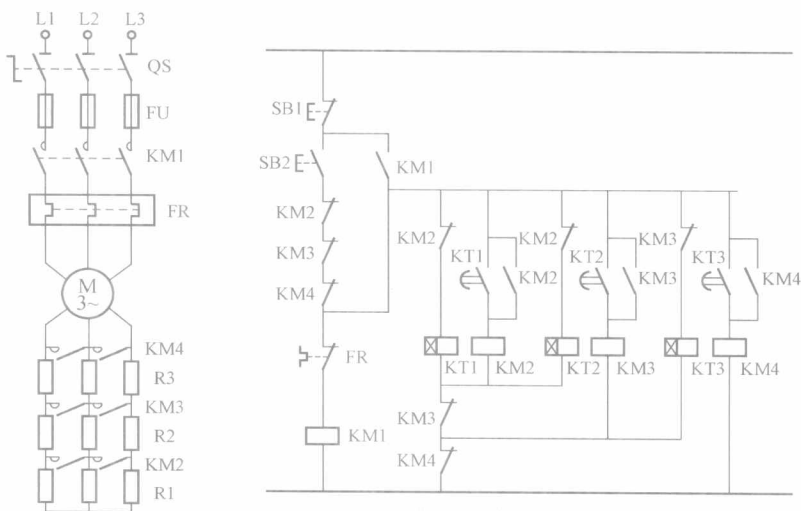


图 1-6 三相绕线式异步电动机启动控制线路

1.5.5 实验注意事项

- (1) 在接线时, 要断开工作台的总控开关, 保证在断电的情况下接线。
- (2) 实验中出现故障时, 先断开电源, 再进行故障分析排除。
- (3) 在三相绕线式异步电动机启动控制线路接线中, 应注意电动机定子、转子绕组的接法。
- (4) 根据启动过程调整时间继电器的延时时间, 应避免启动时间过长。

1.5.6 思考题

- (1) 在实验中出现故障时, 画出故障现象的原理图, 并分析故障原因及排除方法。
- (2) 在三相绕线式异步电动机启动控制线路的实验中, 如出现电动机转子中的电阻不能短接, 试分析故障原因。
- (3) 试分析 KM1 线圈回路中, KM2、KM3、KM4 常闭触点的作用。
- (4) 试用电流继电器设计一个三相绕线式异步电动机启动控制线路。

1.6 三相异步电动机反接制动控制线路实验

1.6.1 实验目的

- (1) 进一步熟悉交流接触器、热继电器、时间继电器、速度继电器、按钮及自动开关等元件的结构、工作原理、型号、使用方法及其在线路中的作用。
- (2) 掌握三相异步电动机单向反接制动和可逆运行反接制动控制线路的工作原理及接线方法。
- (3) 进一步熟悉电气控制线路调试及故障排除的方法。

1.6.2 实验原理线路

1. 单向反接制动控制线路

单向反接制动控制线路如图 1-7 所示, 其中 KS 为速度继电器。