

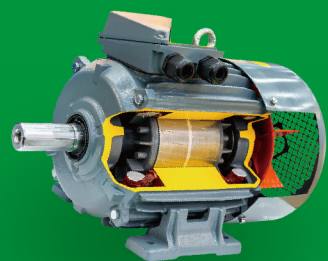
巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 高宇
责任编辑 胡思佳
封面设计 黄燕美

电工技能

D IANGONG JINENG



电工技能

中等职业学校自动化专业系列教材

中等职业学校自动化专业系列教材

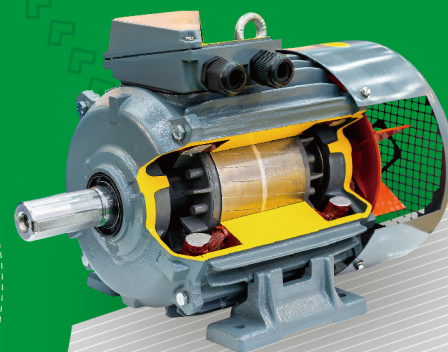
电工技能

主编 孔春梅 卢丽丽 陈焱

主编 孔春梅 卢丽丽 陈焱



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



www.xinsijiaocai.com

赠精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-33200-4



9 787313 332004 >

定价: 39.90元

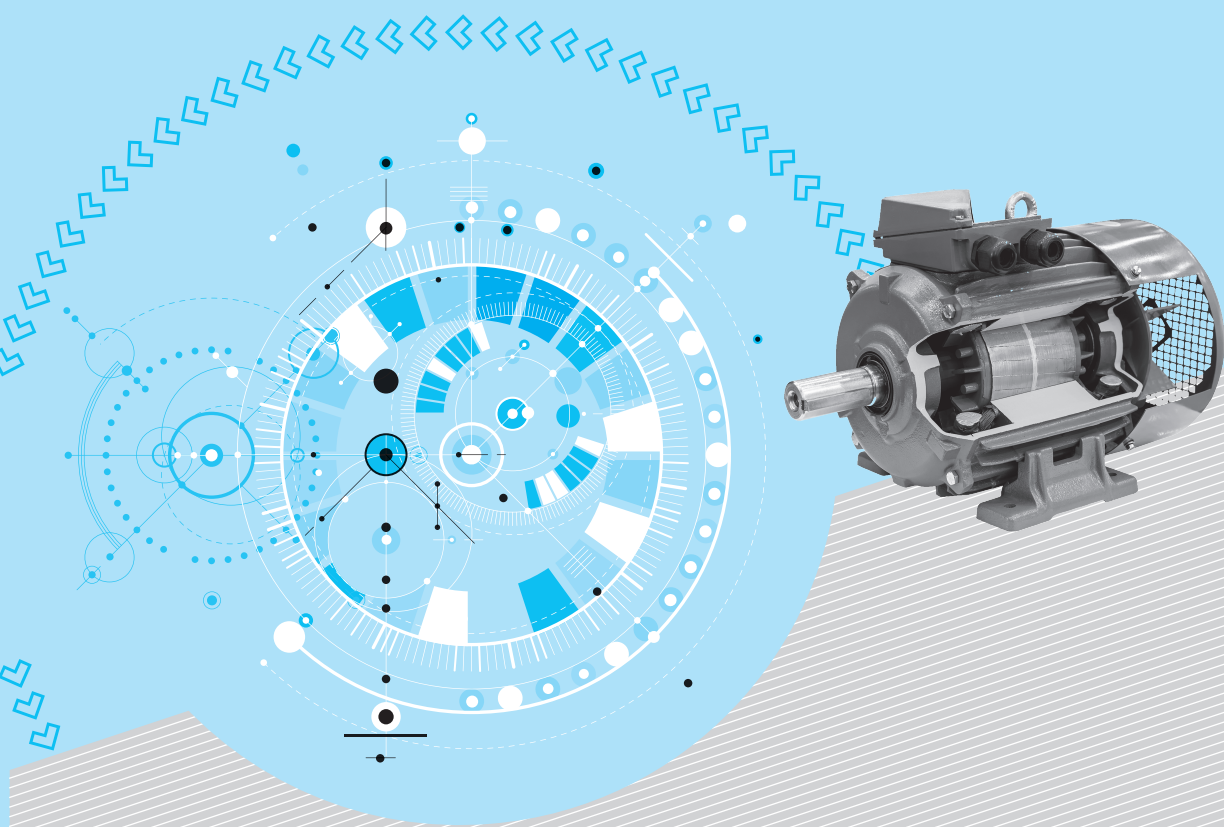


上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

»»»»»» 中等职业学校自动化专业系列教材

电工技能

● 主 编 孔春梅 卢丽丽 陈 焱
● 副主编 付广一 葛文军 崔仁杰
● 参 编 李 鹏 王丽荣 刘 爽



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书以电工国家职业技能标准为核心,围绕基本继电控制电路安装与调试、电气设备(装置)安装与调试、自动控制电路安装与调试、基本电子电路安装与调试、低压供配电线路安装与维护 5 个项目展开,涵盖 18 个教学任务,强化低压电器控制、智能设备操作等技能训练,对接职业资格认证(中级电工)要求。

本书适用于中等职业学校或技工学校机电技术应用、电气设备运行与控制、工业机器人技术应用等专业的学生,以及需提升电工技能的在职人员。

图书在版编目(CIP)数据

电工技能/孔春梅,卢丽丽,陈焱主编. -- 上海:
上海交通大学出版社, 2025. 8. -- ISBN 978-7-313
-33200-4

I. TM

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20255FC011 号

电工技能

DIANGONG JINENG

主 编:孔春梅 卢丽丽 陈 焱

出版发行:上海交通大学出版社

地 址:上海市番禺路 951 号

邮政编码:200030

电 话:021-64071208

印 制:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

经 销:全国新华书店

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:12

字 数:241 千字

版 次:2025 年 8 月第 1 版

印 次:2025 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-313-33200-4

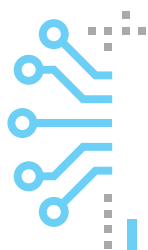
电子书号:ISBN 978-7-89564-403-8

定 价:39.90 元

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-8836866



前言

Preface

电工技能是中等职业学校或技工学校机电技术应用、电气设备运行与控制、工业机器人技术应用等专业的一门核心专业课,是电工电子技术、电工基础的后续课程,以技能训练为主,渗透专业理论知识。本书以电工国家职业技能标准为依据,按照《中华人民共和国职业分类大典》中提出的电工的主要工作任务,并参考教育部颁布的《中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲》《中等职业学校电工电子技术与技能教学大纲》编写而成,能够为中等职业学校、技工学校学生和相关行业工作人员学习及考取中级电工职业资格证书提供技能实训方面的帮助。

本书以培养学生的综合素养,提高学生的技术技能水平,满足企业用人要求,促进学生就业等目标设计教学内容,五大项目对应职业标准系统中电工(6-31-01-03)四级/中级工标准中的职业功能,18个教学任务涵盖职业功能对应的工作内容、技能要求、相关知识要求。教学任务均为技能实训,要求学生在实操过程中掌握常见的低压继电器-接触器对电动机的控制,PLC对电动机的控制,自动控制设备传感器的使用,常见电子元器件典型电路的制作,家庭开关箱、配电箱、配电柜的制作等。根据教学进度,总参考课时为72课时,其中有的任务可以作为选修。

序 号	教 学 项 目	参 考 课 时
项目一	基本继电控制电路安装与调试	30
项目二	电气设备(装置)安装与调试	12
项目三	自动控制电路安装与调试	6
项目四	基本电子电路安装与调试	8
项目五	低压供配电线路安装与维护	16
合 计		72



本书在编写过程中力求编出特色,编出质量,具有以下特点:

(1)内容落实“岗课赛证”相结合,融入思政元素。本书融入装备制造类大赛电气控制内容,对接中级电工职业资格证书的理论知识考试和技能操作考核内容;落实立德树人根本任务,引导学生热爱职业岗位,树立正确的价值观,形成良好的职业道德和职业意识。

(2)对接生产实际,实现情境教学。教学任务结合生产生活实际,最大限度缩短教学与实际的距离,实现学以致用。

(3)项目完成职业功能,任务实现学做一体。每个项目中教学任务的顺序和内容设计遵循职业发展和学生认知规律。

(4)配套资源有很强的参考价值,学生可通过扫描二维码观看相关视频,延伸教材功能,丰富学生学习途径。

本书由石家庄工程技术学校孔春梅、卢丽丽、陈焱任主编,石家庄工程技术学校付广一、石家庄常山北明科技股份有限公司葛文军和石家庄工程技术学校崔仁杰任副主编,石家庄工程技术学校李鹏、王丽荣和石家庄技师学院刘爽参与编写。

为进一步提高本书的质量,欢迎广大读者提出宝贵意见和建议!

编 者



目录

Contents

项目一	基本继电控制电路安装与调试	1
任务一	三相异步电动机单向运行控制电路的安装与调试	2
任务二	三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试	14
任务三	三相异步电动机多地控制电路的安装与调试	22
任务四	三相异步电动机顺序启动控制电路的安装与调试	28
任务五	三相异步电动机双速控制电路的安装与调试	35
任务六	Z37 摇臂钻床电气控制电路排故	44
项目二	电气设备(装置)安装与调试	56
任务一	PLC 控制三相异步电动机正反转电路的安装与调试	57
任务二	PLC 控制两台三相异步电动机顺序启动电路的安装与调试	69
任务三	PLC 控制三相异步电动机 Y/ Δ 启动电路的安装与调试	80



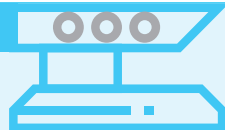
项目三	自动控制电路安装与调试	91
	任务一 自动送料装置中传感器的安装与调试	92
	任务二 物品分拣装置中传感器的安装与调试	100
	任务三 行走气爪手装置中传感器的安装与调试	108
项目四	基本电子电路安装与调试	119
	任务一 单相桥式整流稳压电路的安装与调试	120
	任务二 晶闸管调光电路的安装与调试	134
	任务三 LM317 数显可调稳压电源电路的安装与调试	141
项目五	低压供配电线路安装与维护	149
	任务一 家庭开关箱的安装与维护	150
	任务二 配电箱的安装与维护	158
	任务三 配电柜的安装与维护	170
参考文献		185



项目

基本继电控制电路安装与调试

在现代工业自动化体系中,继电控制电路是电气控制技术的基石,承担着设备启停、转向切换、多地操作、顺序控制、速度切换等方面的任务。继电控制电路以结构简单、成本低廉、可靠性高为显著特点,通过采用低压电器(如接触器、继电器、按钮等电气元件)作为基本单元,结合逻辑组合,从而构建稳定高效的控制系统,被广泛应用于机械加工制造、生产线、物流运输等领域。同时,热继电器、熔断器等保护元件的集成,为电动机过载、短路等故障提供了可靠屏障,以确保设备与人身安全。学习继电控制技术,不仅是掌握一项传统技能的开端,更是培养严谨思维与规范意识的起点。本项目主要介绍三相鼠笼式异步电动机常见的控制电路的安装与调试,包括单向运行控制、正反转控制、多地控制、顺序启动控制、双速控制,以及多种控制电路的综合运用实例——Z37 摇臂钻床电气控制电路排故。





任务一

三相异步电动机单向运行控制电路的安装与调试



任务描述

三相异步电动机(本书中三相异步电动机均指三相鼠笼式异步电动机)单向运行控制电路是指三相异步电动机绕组接通三相交流电后,电动机以单一方向旋转的控制电路。三相异步电动机的单向运行控制电路是电动机控制系统中最基本的控制形式,它包括单向点动控制电路和单向连续运行控制电路。在实际生产中,这种控制电路被广泛应用于需要电动机单向点动运行或连续运行的场合,如机械加工中普通车床的手动进给控制电路和工厂的生产线、输送带等控制电路。本任务是完成三相异步电动机单向运行控制电路的安装与调试。



学习目标

素养目标

- (1)通过学习树立安全意识和责任意识。
- (2)通过生产实际案例与对应知识点的学习,提升专业素养。
- (3)通过实际操作培养行为规范意识。
- (4)通过小组合作培养团队合作意识。

知识目标

- (1)掌握电路中各元件的电气符号含义、结构及功能。
- (2)掌握三相异步电动机单向运行的原理。
- (3)掌握三相异步电动机单向运行的控制过程。
- (4)掌握元件布局、安装注意事项和电路接线的工艺要求。
- (5)掌握使用万用表测试电路故障的方法。

技能目标

- (1)能够按电气符号对应实物,根据实物结构按照电气原理图找到正确的接线位置。

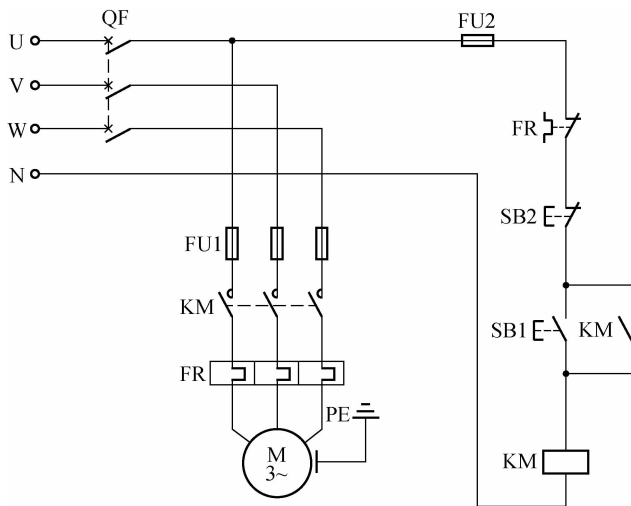


- (2)能够根据电气原理图合理进行元件布局,使用工具安装元件。
- (3)能够根据电气安装接线图进行正确接线,并符合工艺要求。
- (4)能够规范对电路进行通电前的检查、通电调试,以保证人身和设备安全。



任务分析

三相异步电动机单向连续运行控制电路适用于电动机长时间运行且不需要人为参与的工作场合,如连续运行工作的水泵电动机控制、通风机控制、自动生产线驱动电动机控制等。图 1-1-1 所示为三相异步电动机单向连续运行控制电路的电气原理图,要求学生完成电路的安装与调试。其中包括:电路原理分析、元件布局、电路安装、线路检查,无误后,进行通电试运行和调试。



视频

三相异步电动机连续运行电路控制过程分析

图 1-1-1 三相异步电动机单向连续运行控制电路的电气原理图

(1)观察图 1-1-1 三相异步电动机单向连续运行控制电路,与图 1-1-2 三相异步电动机单向点动运行控制电路进行比较,请指出两种控制电路的不同之处:_____,此环节实现了由点动控制到连续运行控制的转换过程。

(2)分析电路的工作过程。

①如图 1-1-2 所示,主回路采用一个接触器来控制电动机的通断电,控制回路中按钮的按下、松开控制接触器线圈的通电、断电。控制过程分析如下:将 QF 合上,接通电源,按下按钮 SB1→KM 线圈得电→KM 主触点吸合→电动机启动;松开按钮 SB1→KM 线圈断电→KM 主触点断开→电动机停转。

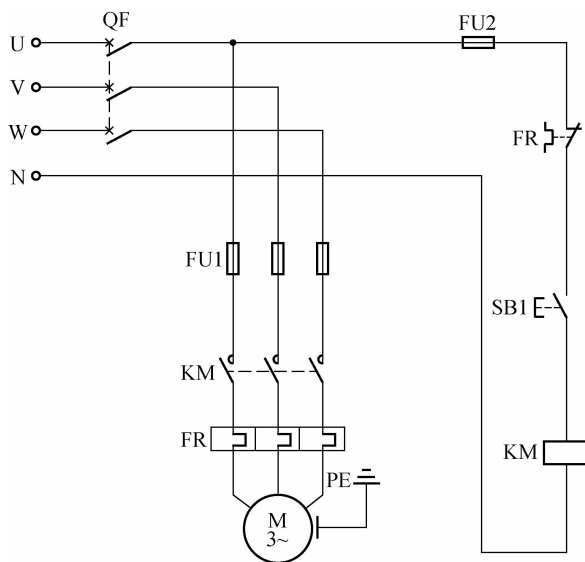


图 1-1-2 三相异步电动机单向点动运行控制电路的电气原理图

②在以上分析的基础上,分析图 1-1-1 三相异步电动机单向连续运行控制电路的工作过程:

③由三相异步电动机的点动控制转换到连续控制,需要增加的电路功能是_____,实现这一功能的电路元件是_____的_____结构。



任务实施

(1)按照图 1-1-1 准备电路所需的元件并填写元件清单表,见表 1-1-1。

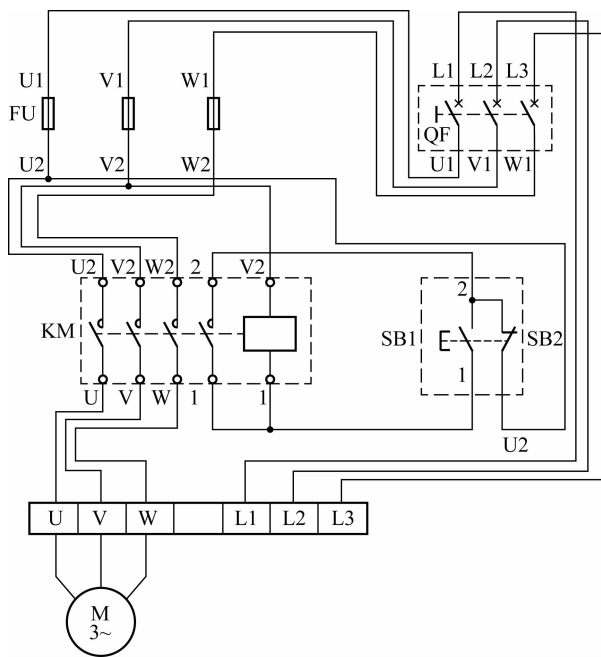
表 1-1-1 元件清单表

序 号	电 气 符 号	元 件 名 称	元 件 数 量



(2)检测元件的好坏。使用万用表的欧姆挡检查各元件的常开、常闭触点的通断情况。

(3)绘制电气安装接线图,如图 1-1-3 所示。



视频

三相异步电动机连续运行电路安装

图 1-1-3 三相异步电动机连续运行控制电路的电气安装接线图

(4)安装元件。按照电气安装接线图进行安装时,需注意从低压断路器的下端开始自上而下接线,先控制电路,后主电路,先串联后并联,线号一样的端子连接在一起,按钮的进出线经过接线端子,最后接电源线。

(5)电路接线。布线时要符合电气原理图,先配控制回路的导线,再配主电路的导线;布线时还应符合平直、整齐、紧贴敷设面、走线合理及接点不得松动等要求,具体注意以下几点:

- ①走线通道应尽可能少,按主、控电路分类集中,单层平行密排,并紧贴敷设面。
- ②同一平面的导线应高低一致或前后一致,不能交叉。当必须交叉时,该导线应在接线端子引出时就水平架空跨越,但必须走线合理。
- ③布线应横平竖直,变换走向应垂直。
- ④导线与接线端子或线桩连接时,应不压绝缘层及不露铜过长,并做到同一元件、同一回路的不同接点的导线间距离保持一致。
- ⑤一个电气元件接线端子上的连接导线不得超过两根,每节接线端子排上的连



接导线一般只允许连接一根。

⑥布线时,严禁损伤线芯和导线绝缘。

⑦布线时,不在控制板上的电气元件要从接线端子排上引出。

⑧主电路使用导线的粗细按电动机的工作电流选取,中小容量电动机的控制回路一般可用截面积为 1 mm^2 左右的导线。

(6)电路检查。

①对照电气原理图,逐线检查电气安装接线图,核对线号,防止导线错接和漏接。

②检查所有端子接线接触情况,排除虚接处。

③在不带电的情况下,用万用表检查并排除导线错接和漏接处。

(7)通电并调试运行。

①通电试车:接通交流电源,按下相应按钮,观察是否符合线路功能要求,观察电气元件动作是否灵活,有无噪声过大现象,观察电动机运行是否正常。

②若电动机不能正常工作,则应分析并排除故障。

(8)故障分析。

①常见故障分析见表 1-1-2。

表 1-1-2 常见故障分析

序 号	故 障 现 象	故 障 原 因
1	合上 QF,交流接触器 KM 主触点立即吸合,电动机直接启动	按钮 SB1 短路
		交流接触器主触点熔焊粘连在一起,不能分开
2	按下启动按钮 SB1,交流接触器 KM 不吸合	主电路熔断器 FU1 熔断,或控制电路熔断器 FU2 熔断,切断了电源
		停止按钮 SB2 损坏或接触不良
		启动按钮 SB1 损坏或接触不良
		交流接触器 KM 线圈断线
3	按下启动按钮 SB1,交流接触器 KM 吸合,电动机运行;松手后,交流接触器 KM 断电,电动机停转	热继电器 FR 的常闭触点接触不良
		缺少自锁
4	按下启动按钮 SB1 即烧断熔断器	交流接触器线圈 KM 短路,控制电路熔断器 FU2 和主电路熔断器 FU1 一起熔断

②实际故障分析。请在表 1-1-3 中写出在实际调试过程中遇到的故障现象以及故障原因。

表 1-1-3 实际故障分析

序 号	元 件 名 称	故 障 现 象	故 障 原 因



任务评价

任务完成后,请根据实施过程和结果在表 1-1-4 中进行打分。

表 1-1-4 任务评价表

评 价 项 目	评 价 内 容	分 值	自 我 评 价	小 组 评 价	教 师 评 价
理论知识	自锁的概念	10			
	单向连续运行控制过程的叙述	10			
	电路元件电气符号的掌握	10			
实操技能	元件安装的正确性、规范度	10			
	布线与接线的正确性、规范度	10			
	通电前的检测情况	10			
	通电运行情况	10			
	故障排除及调试情况	10			
学习态度	出勤情况及纪律	5			
	团队协作精神	5			
安全文明生产	工具的正确使用及维护	5			
	实训场地的整理和卫生保持	5			
各项分数总和		100			
总分(自我评价占 40%,小组评价占 30%,教师评价占 30%)					

- 注:1. 自我评价:根据展示的结果,小组各成员对自己的工作过程、成果进行打分。
2. 小组评价:根据展示的结果,各小组之间进行互评打分。
3. 教师评价:根据整个活动过程及产品质量,教师给出对每组、每个学生的公正评价。



一、低压电器开关及其检测、选用

1. 低压断路器

低压断路器又称自动空气开关,适用于不频繁接通和切断电路或启动、停止电动机,并能在电路发生过负荷、短路和欠电压等情况下自动切断电路,是低压交、直流配电系统中重要的控制和保护电器。低压断路器实物如图 1-1-4(a)所示,低压断路器的电气符号如图 1-1-4(b)所示。

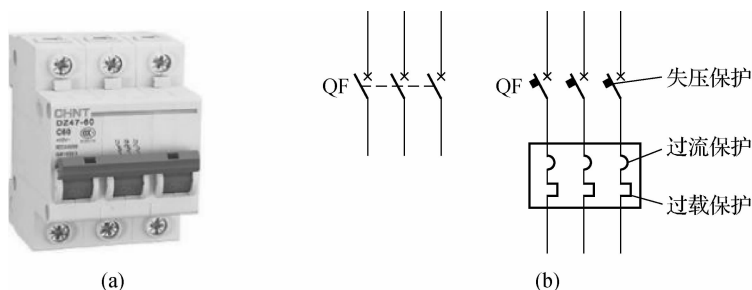


图 1-1-4 低压断路器

(a)实物;(b)电气符号

1) 低压断路器的检测

将万用表调到蜂鸣挡,用万用表的两支表笔分别接到低压断路器的一个触点的两端,若没有蜂鸣声,闭合按钮时有蜂鸣声,则说明低压断路器可以正常工作,否则说明低压断路器有损坏。

2) 低压断路器的选用原则

- (1) 低压断路器的额定工作电压不小于线路额定电压。
- (2) 低压断路器的额定电流不小于线路计算负荷电流。
- (3) 热脱扣器的整定电流等于所控制负载的额定电流。
- (4) 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流大于负载电路正常工作时的峰值电流。

2. 按钮

按钮又称控制按钮,是发出控制指令和信号的电气开关,是一种手动且一般可以自动复位的主令电器,用于对电磁起动器、接触器、继电器及其他电气线路发出控制信号指令。按钮可以完成启动、停止、正反转、变速以及互锁等基本控制。

通常每一个按钮有两对触点,即一对常开触点和一对常闭触点。按下按钮时,

两对触点同时动作,常闭触点断开,常开触点闭合。按钮实物如图 1-1-5(a)所示,电气符号如图 1-1-5(b)所示。



图 1-1-5 按钮
(a)实物;(b)电气符号

1)按钮的检测

将万用表调到蜂鸣挡,将万用表的两支表笔分别接到按钮的一对常开触点的两端,若按下按钮有蜂鸣声,松开按钮无蜂鸣声,则说明这对常开触点正常;用同样方法检测常闭触点,若按下按钮前有蜂鸣声,按下按钮后无蜂鸣声,则说明这对常闭触点正常。

2)按钮的选用原则

- (1)满足控制电路的电气要求,如额定电压、额定工作电流、额定通断能力、额定限制短路电流等。
- (2)满足控制电路的控制要求,如触点类型、触点数目、组合型式等。
- (3)人力操作控制按钮除满足控制电路电气要求外,还要考虑安全与防护等级的要求。选择按钮时应注意其颜色标记必须符合国家规定,见表 1-1-5。

表 1-1-5 按钮颜色标记表

序 号	颜 色	按钮的含义
1	红色	危险情况下的操作、停止或分断
2	黄色	应急、干预
3	绿色	启动或接通
4	蓝色	其他任何功能
5	白色、黑色、灰色	无专门指定功能

3. 熔断器

熔断器俗称保险,其主要作用是电路过载和短路保护。熔断器实物如



图 1-1-6(a)所示,熔断器的电气符号如图 1-1-6(b)所示。



图 1-1-6 熔断器

(a)实物;(b)电气符号

1)熔断器的检测

将万用表调到蜂鸣挡,将万用表的两支表笔分别接到熔断器的两端,若有蜂鸣声则说明熔断器可以正常工作,否则说明熔断器有损坏。

2)熔断器的选用原则

熔断器能对短路和过电流起到简单可靠的保护作用。选择熔断器额定电流主要依据最大负荷电流,一般的照明电器可以按照最大电流的 1.2 倍选取。如果是电动机,启动电流可达额定电流的 4~6 倍,只要在此基础上放大 20%即可。

4. 交流接触器

交流接触器是一种用来接通或断开带负载的交、直流主电路或大容量控制电路的自动化切换器,主要控制对象是电动机。交流接触器不仅能接通和切断电路,而且具有低电压释放保护作用。交流接触器控制容量大,适用于频繁操作和远距离控制的场合,是自动控制系统中的重要元件之一。交流接触器实物如图 1-1-7(a)所示,交流接触器的电气符号如图 1-1-7(b)所示。

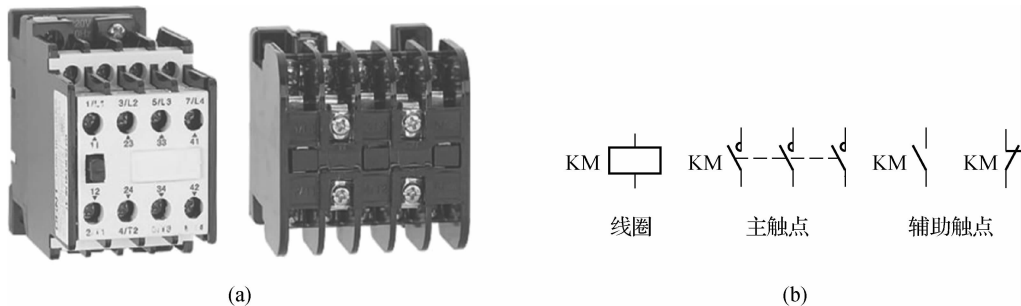


图 1-1-7 交流接触器

(a)实物;(b)电气符号

1)交流接触器的检测

(1)触点的检测。将万用表调到蜂鸣挡,用万用表的蜂鸣挡来分别检测主触点、



辅助触点在交流接触器常态和吸合状态时的通断情况,判断其触点是否正常。交流接触器在常态时,主触点断开,辅助常闭触点闭合,辅助常开触点断开;交流接触器在吸合状态时,主触点闭合,辅助常闭触点断开,辅助常开触点闭合。

(2)线圈的检测。将万用表调到电阻挡适当挡位,将万用表的两支表笔分别接到交流接触器线圈的两端,测量其电阻值,如果等于标称值,则说明线圈完好,否则有损坏。

2) 交流接触器的选用原则

(1)交流接触器的类型选择。交流接触器的类型应根据负载电流的类型和负载的轻重来选择,即是交流负载还是直流负载,是轻负载、一般负载还是重负载。

(2)主触点的额定电流。主触点的额定电流可根据经验公式计算:

$$I_N \geq P_N / (1 \sim 1.4) U_N$$

式中, I_N 为主触点的额定电流(A); P_N 为电动机的额定功率(kW); U_N 为电动机的额定电压(V)。

如果交流接触器控制的电动机启动、制动或反转频繁,一般将交流接触器主触点的额定电流降低一级使用。

(3)主触点的额定电压。交流接触器铭牌上所标电压是指主触点能承受的额定电压,并非吸引线圈的电压,使用时交流接触器主触点的额定电压应不小于负载的额定电压。

(4)操作频率的选择。操作频率是指交流接触器每小时通断的次数。当通断电流较大及通断频率过高时,会引起触点严重过热,甚至熔焊。操作频率若超过规定数值,应选用比额定电流大一级的交流接触器。

(5)线圈额定电压的选择。线圈额定电压不一定等于主触点的额定电压,当线路简单,使用电器少时,可直接选用 380 V 或 220 V 电压的线圈;如线路复杂,使用电器超过 5 h,可用 24 V、48 V 或 110 V 电压的线圈。

5. 热继电器

热继电器主要用于电动机的过负荷保护。热继电器利用电流热效应使受热元件发生形变,当形变达到一定程度时,就推动连杆动作,使控制电路断开,从而使接触器线圈失电,主电路断开,实现电动机的过载保护。热继电器实物如图 1-1-8(a)所示,热继电器的电气符号如图 1-1-8(b)所示。

1) 热继电器的检测

(1)触点的检测。用万用表欧姆挡检测热继电器的常开(常闭)触点能否可靠断开或闭合。

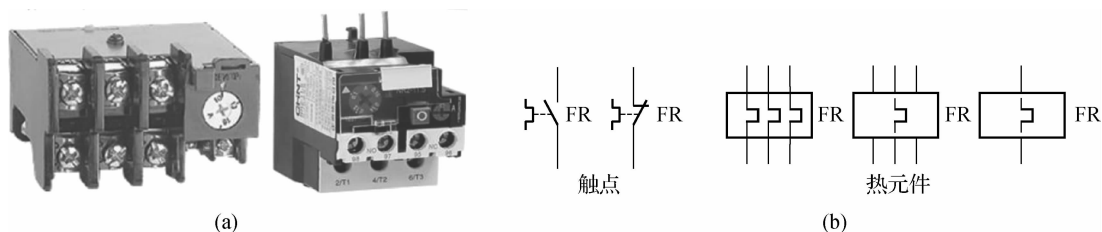


图 1-1-8 热继电器

(a)实物；(b)电气符号

(2)热元件的检测。将万用表调到蜂鸣挡,用万用表的两支表笔分别接到热继电器热元件的两端,若有蜂鸣声则说明热元件良好,否则就是有损坏。

2)热继电器的选用原则

热继电器主要用于电动机的过载保护,使用中应考虑电动机的工作环境、启动情况、负载性质等因素,具体应按以下几个方面来选择。

(1)热继电器结构型式的选择:星形接法的电动机可选用两相或三相结构热继电器,三角形接法的电动机应选用带断相保护装置的三相结构热继电器。

(2)热继电器的动作电流整定值一般为电动机额定电流的 1.05~1.1 倍。

(3)对于重复短时工作的电动机(如起重机电动机),由于电动机不断重复升温,热继电器双金属片的温升跟不上电动机绕组的温升,电动机将得不到可靠的过载保护。因此,不宜选用双金属片热继电器,而应选用过电流继电器或能反映绕组实际温度的温度继电器来进行保护。

二、电气安装接线图的绘制原则

为了具体安装接线、检查线路和排除故障,必须根据电气原理图绘制电气安装接线图。在电气安装接线图中,各电气元件都应按照在安装底板(或电气控制箱、控制柜)中的实际安装位置绘出;元件所占据的面积按它的实际尺寸依照统一的比例绘制;一个元件的所有部件应画在一起;元件之间的位置关系视安装底板的面积大小、长宽比例及连接线的顺序来决定,并应注意不得违反安装规程。

绘制电气安装接线图时应注意以下几点:

(1)电气安装接线图中各电器元件的电气符号必须与电气原理图一致,并应符合国家标准。

(2)各电气元件凡是需要接线的部件,端子都应绘出,并且应标注端子编号;各接线端子的编号必须与电气原理图上相应的线号一致;同一根导线上连接的所有端



子的编号都应相同。

(3)安装底板(或电气控制箱、控制柜)内外的电气元件之间的连线,应通过接线端子排进行连接。

(4)走向相同的相邻导线可以绘制成一股线。

(5)应将绘制好的电气安装接线图对照电气原理图仔细核对,防止错画、漏画,避免给制作线路和试车过程造成麻烦。



课后习题

一、单项选择题

1. 下列低压电器开关,()不是自动电器。
A. 组合开关 B. 交流接触器 C. 中间继电器 D. 热继电器
2. 交流接触器的常态是指()。
A. 线圈未通电情况 B. 线圈带电情况 C. 触点断开 D. 触点动作
3. 由接触器、按钮等构成的电动机连续运行控制回路中,如漏接自锁环节,其后果是()。
A. 电动机无法启动 B. 电动机只能点动
C. 电动机启动正常,但无法停机 D. 电机启动正常,但会产生过热现象
4. 下列低压电器开关不能用来通断主电路的是()。
A. 交流接触器 B. 低压断路器 C. 刀开关 D. 热继电器
5. 交流接触器的文字符号是()。
A. KM B. KS C. KT D. KA

二、简答题

1. 画出电动机点动控制电路图,并写出其控制过程。
2. 电动机点动运行电路中,主电路中若有一相熔体接触不良,会出现什么情况?
3. 画出电动机连续控制电路图,并写出其运行过程。
4. 简述电气控制线路中,“自锁”功能是如何实现的。
5. 简述热继电器的主要功能。
6. 电动机点动控制电路中为什么无须使用热继电器?
7. 简述熔断器的主要功能。
8. 电动机连续运行控制电路中,主回路与控制回路所选用的熔断器是否一样?如何合理选择?



任务二

三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试



任务描述

在日常生活和工业生产中,我们经常会看到电梯的上行和下行、电动伸缩门的展开和收缩、起重机吊钩的上升和下降、铣床主轴的正转和反转、机床工作台的前进和后退等,它们常常具有上、下、左、右、前、后等相反方向的运动,这就要求电动机能实现双向运行控制,即正反转控制。三相异步电动机的正反转控制是指通过改变接入电动机定子绕组的电源相序,从而使电动机转轴上形成正向电磁转矩或反向电磁转矩,最终形成转轴上正反两个方向的运动。本任务是完成带有限位保护功能的三相异步电动机正反转控制电路的安装与调试。



学习目标

素养目标

- (1)通过学习树立安全意识和责任意识。
- (2)通过生产实际案例与对应知识点的学习,提升专业素养。
- (3)通过实际操作培养行为规范意识。
- (4)通过小组合作培养团队合作意识。

知识目标

- (1)掌握电路中各元件的结构、电气符号及主要功能。
- (2)掌握三相异步电动机正反转控制的工作原理。
- (3)掌握电动机双向运转的控制过程。
- (4)掌握安装、接线的工艺要求及注意事项。
- (5)掌握使用万用表检测电路故障及排除的步骤与方法。

技能目标

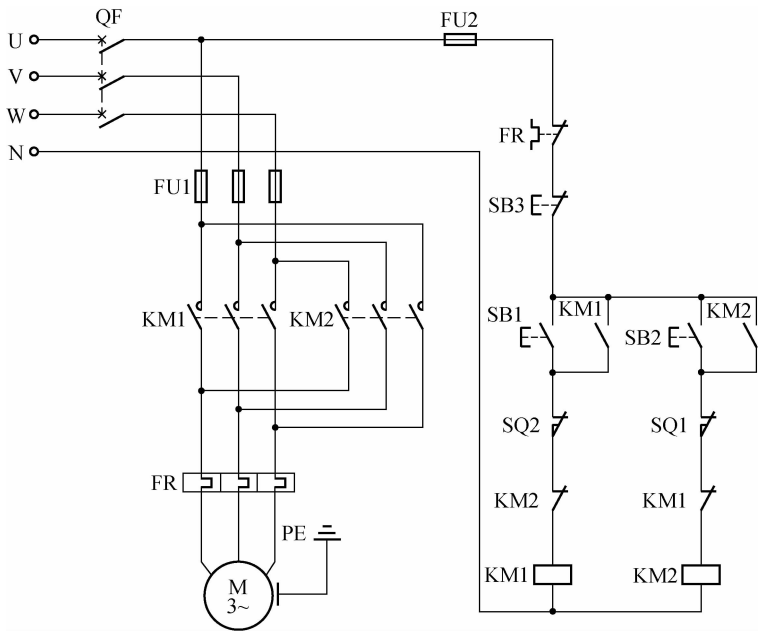
- (1)能够正确使用电工仪表检测电路中的元件。
- (2)能够规范使用电工工具完成电路的安装。
- (3)能够根据电气安装接线图进行正确接线,并符合工艺要求。

(4)能够使用电工仪表对电路进行正确调试,如遇故障能够进行自查和排除。

任务分析

本任务要求学生按照图 1-2-1 所示的三相异步电动机正反转控制电路的电气原理图进行控制线路的安装与调试。其中包括:低压电器的选择、布局及电路连接,完成电路连接之后进行检查,检查无误后,进行通电试运行和调试。

三相异步电动机的正反转控制电路所用到的低压电器有低压断路器、熔断器、按钮、交流接触器、热继电器和行程开关。



视频

三相异步电动机正反转运行控制工作过程分析

图 1-2-1 三相异步电动机正反转控制电路的电气原理图

1. 原理分析

如图 1-2-2 所示,主回路采用两个接触器,即正转接触器 KM1 和反转接触器 KM2。当接触器 KM1 的三对主触点接通时,三相电源的相序按 L1 — L2 — L3 接入电动机,电动机就正向转动。当接触器 KM1 的三对主触点断开,接触器 KM2 的三对主触点接通时,三相电源的相序按 L3 — L2 — L1 接入电动机,电动机就反方向转动。电路要求接触器 KM1 和接触器 KM2 不能同时接通电源,否则它们的主触点将同时闭合,造成 L1、L3 两相电源短路。为此在 KM1 和 KM2 线圈各自支路中相互串联对方的一对辅助常闭触点,以保证接触器 KM1 和 KM2 不会同时接通电源。KM1 和 KM2 的这两对辅助常闭触点在线路中所起的作用称为联锁或互锁作用,这两对辅助



常闭触点就叫联锁或互锁触点。图 1-2-1 中 SQ1 和 SQ2 的常闭触点用于在电动机拖动的设备运行到极限位置时,切断控制回路,从而使电动机停止运行。

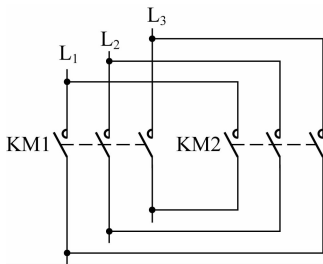


图 1-2-2 正反转主回路中接触器的主触点接线图

2. 控制过程分析

(1) 正向启动过程(图 1-2-3)。

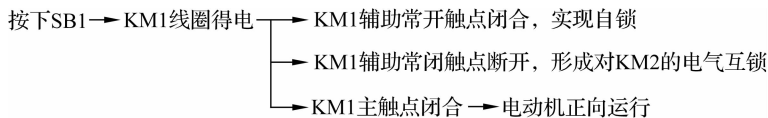


图 1-2-3 正向启动过程

(2) 正向停止过程(图 1-2-4)。

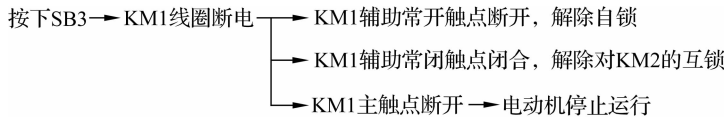


图 1-2-4 正向停止过程

(3) 反向启动过程(图 1-2-5)。

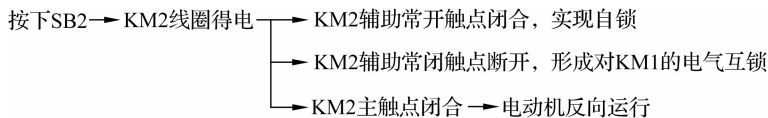


图 1-2-5 反向启动过程

(4) 反向停止过程(图 1-2-6)。

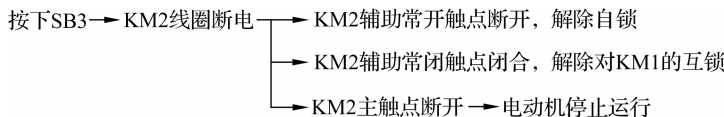


图 1-2-6 反向停止过程



任务实施

(1) 准备电路所需的元件并填写元件清单表,见表 1-2-1。

表 1-2-1 元件清单表

序 号	电 气 符 号	元 件 名 称	元 件 数 量

(2)检测元件的好坏。使用万用表的欧姆挡检查元件常开触点和常闭触点的通断情况。

(3)完成元件布局及电气安装接线图的绘制。

(4)安装电动机正反转控制电路。从低压断路器开始自上而下接线,先控制电路,后主电路;先串联后并联;线号一样的端子连接在一起,按钮的进出线经过接线端子,最后接电源线。

接线时,按照电气安装接线图先配控制回路的导线,再配主电路的导线;布线时还应符合平直、整齐、紧贴敷设面、走线合理及接点不得松动等要求,具体应注意以下几点:

- ①走线通道应尽可能少,按主、控电路分类集中,单层平行密排,并紧贴敷设面。
- ②同一平面的导线应高低一致或前后一致,不能交叉。当必须交叉时,该导线应在接线端子引出时就水平架空跨越,但必须走线合理。
- ③布线应横平竖直,变换走向应垂直。
- ④导线与接线端子或线桩连接时,应不压绝缘层、不露铜过长,并做到同一元件、同一回路的不同接点的导线间距离保持一致。
- ⑤一个电气元件接线端子上的连接导线不得超过两根,每节接线端子排上的连接导线一般只允许连接一根。
- ⑥布线时,严禁损伤线芯和导线绝缘。
- ⑦布线时,不在控制板上的电气元件要从接线端子排上引出。
- ⑧主电路使用导线的粗细按电动机的工作电流选取,中小容量电动机的控制电路一般可用截面积为 1 mm²左右的导线。

(5)检查电路。

- ①对照电气原理图,逐线检查电气安装接线图,核对线号,防止导线错接和漏接。
- ②检查所有端子接线接触情况,排除虚接处。



③在不带电情况下,用万用表检查并排除导线错接和漏接处。

(6)通电并调试运行。

①通电试车:接通交流电源,按下相应按钮,观察是否符合线路功能要求,观察电气元件动作是否灵活,有无噪声过大现象,观察电动机运行是否正常。

②若电动机不能正常工作,则应分析并排除故障。

(7)故障分析。

①常见故障分析见表 1-2-2。

表 1-2-2 常见故障分析

序 号	故 障 现 象	故 障 原 因
1	按下 SB1/SB2 断路器跳闸	接触器 KM1 线圈烧坏,造成短路
		电动机绕组烧坏,造成短路。可用万用表欧姆挡测量电动机绕组电阻值,三相绕组的电阻值应该相等,若有某相阻值偏小或为 0,即为该相绕组短路
2	按下 SB3 后交流接触器 KM1/KM2 主触点仍吸合,电动机不能停机	按钮 SB3 短路
		接触器主触点粘连,不能分开
3	按下按钮 SB1/SB2,电动机嗡嗡响,电动机不转动	QF 触点烧蚀不通电,造成缺相
		接触器 KM1/KM2 触点烧蚀,接触不良
		电动机绕组线圈某相断线或线圈引出线松动
4	按下按钮 SB1/SB2,电动机接触器无任何反应	交流接触器线圈被烧断,不通电
		按钮 SB1/SB2 触点烧蚀或触点有污垢,接触电阻过大,接触不良

②实际故障分析。请在表 1-2-3 中写出在实际调试过程中遇到的故障现象以及故障原因。

表 1-2-3 实际故障分析

序 号	元 件 名 称	故 障 现 象	故 障 原 因



任务评价

任务完成后,请根据实施过程和结果在表 1-2-4 中进行打分。

表 1-2-4 任务评价表

评价项目	评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价
理论知识	互锁的概念	10			
	电路控制过程的叙述	10			
	行程开关的符号及功能	10			
实操技能	元件安装的正确性、规范度	10			
	布线与接线的正确性、规范度	10			
	通电前的检测情况	10			
	通电运行情况	10			
	故障排除及调试情况	10			
学习态度	出勤情况及纪律	5			
	团队协作精神	5			
安全文明生产	工具的正确使用及维护	5			
	实训场地的整理和卫生保持	5			
各项分数总和		100			
总分(自我评价占 40%,小组评价占 30%,教师评价占 30%)					

注:1. 自我评价:根据展示的结果,小组各成员对自己的工作过程、成果打分。
2. 小组评价:根据展示的结果,各小组之间进行互评打分。
3. 教师评价:根据整个活动过程及产品质量,教师给出对每组、每个学生的公正评价。



知识拓展

1. 原理分析

按钮互锁正反转控制电路是把接触器的互锁触点用复合按钮中的常闭触点来代替,通过机械方式实现互锁控制的目的,因而具有操作方便的特点,电气原理图如图 1-2-7 所示。

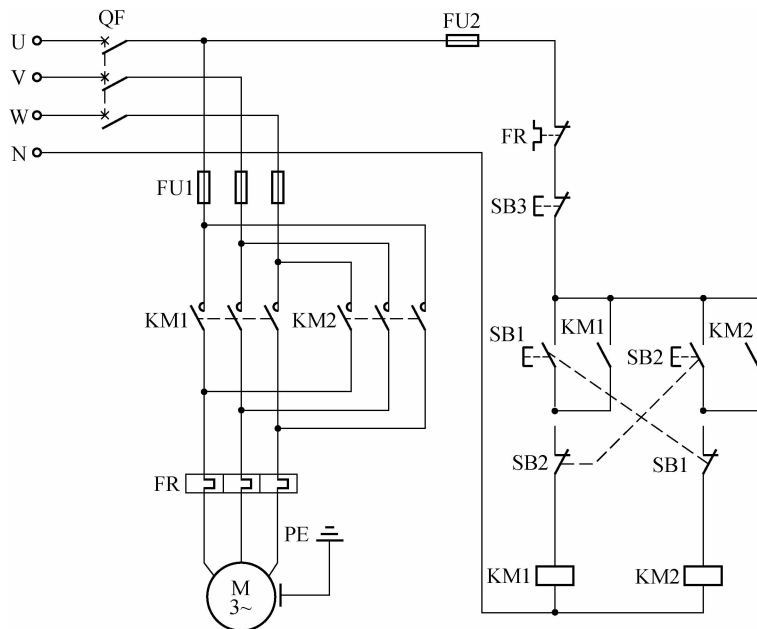


图 1-2-7 三相异步电动机按钮互锁正反转控制电气原理图

2. 控制过程分析

(1) 合上电源开关 QF, 接通三相电源。

(2) 正向控制过程(图 1-2-8)。

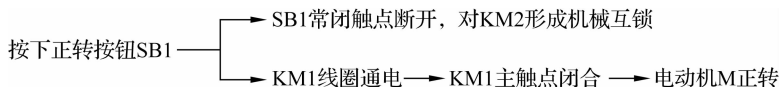


图 1-2-8 正向控制过程

(3) 反向控制过程(图 1-2-9)。

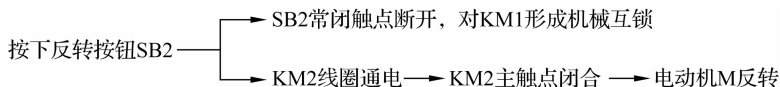


图 1-2-9 反向控制过程

(4) 停机控制过程(图 1-2-10)。

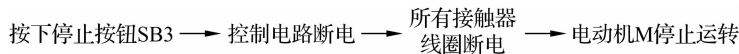


图 1-2-10 停机控制过程



知识链接

1. 行程开关的概念

行程开关又称限位开关, 是根据运动部件位置而切换电路的自动控制电器。动



作时,由挡块与行程开关的滚轮相碰撞,触点会接通或断开,进而实现对运动部件的方向切换、行程调控或位置保护。行程开关实物如图 1-2-11(a)所示,行程开关的电气符号如图 1-2-11(b)所示。

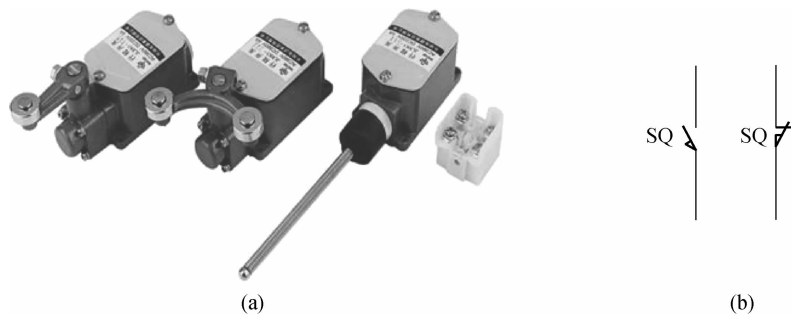


图 1-2-11 行程开关

(a)实物;(b)电气符号

2. 行程开关的检测

将万用表调到蜂鸣挡,通过该挡位检测行程开关的常开、常闭触点,判断其在开关动作时能否可靠实现闭合或断开。

3. 行程开关的选择

(1)满足控制电路的电气要求,如额定电压、额定工作电流、额定通断能力、额定限制短路电流等。

(2)满足控制电路的控制要求,如触点类型、触点数目、组合型式等。

(3)其他特殊要求。



课后习题

一、单项选择题

1. 行程开关的符号为()。

- A. SK B. SB C. SQ D. ST

2. 电动机正反转控制电路中,各低压电器 QF、KM、FU 对应的中文名称是()。

- A. 低压断路器、接触器、热继电器 B. 低压断路器、接触器、熔断器
C. 按钮、接触器、热继电器 D. 按钮、熔断器、接触器

3. 属于自动控制电器的是()。

- A. 低压断路器、熔断器、接触器 B. 低压断路器、熔断器、热继电器
C. 接触器、热继电器、按钮 D. 接触器、热继电器、行程开关



4. 正、反转控制电路中互锁的作用是()。
- A. 防止正、反转不能顺利过渡 B. 防止主电路电源短路
C. 防止控制电路电源短路 D. 防止电动机不能停车

二、简答题

1. 在电动机正反转控制电路中,为什么必须保证两个接触器不能同时工作? 采用什么措施可以保证两个接触器不同时工作?
2. 请写出如下正反转控制电路中各低压电器的作用。
QF: _____ KM1: _____
KM2: _____ FU: _____
SB1: _____ SB2: _____
FR: _____ SB3: _____
3. 在电动机正反转控制电路中,KM1 和 KM2 的辅助常闭触点起到什么作用?
4. 如果将两个接触器的辅助常闭触点的位置对换,则控制回路能否正常工作?
5. 文中图 1-2-2 通过接触器 KM2 的主触点交换的是哪两相的相序? 还有其他交换方式吗,请把它们画出来。
6. 请简述行程开关的功能。
7. 请写出电动机正向启动并运行的控制过程。
8. 请写出电动机反向启动并运行的控制过程。

任务三

三相异步电动机多地控制电路的安装与调试



任务描述

所谓多地控制,是指能够在不同地点对电动机的动作进行控制。在一些大型机床设备中,为了操作方便,经常采用多地控制方式。通常把启动按钮并联在一起,实现多地启动控制;而把停止按钮串联在一起,实现多地停止控制。本任务是完成三相异步电动机三地控制电路的安装与调试。



学习目标

素养目标

- (1)通过学习增强安全意识和责任意识。



(2)通过生产实际案例与对应知识点的学习,培养创新设计的思维。

(3)通过实际操作培养行为规范意识。

(4)通过小组合作培养团队合作意识。

知识目标

(1)熟练掌握电路中各元件的结构、电气符号及主要功能。

(2)掌握三相异步电动机两地控制的工作原理。

(3)掌握三相异步电动机三地控制电路的设计方法。

(4)掌握安装和接线的工艺要求及注意事项。

技能目标

(1)能够结合低压电气开关的功能特点进行实际电路的设计。

(2)能够熟练使用电工工具对电路进行安装。

(3)能够根据电气安装接线图进行正确、规范的接线。

(4)能够熟练使用电工仪表对电路进行正确调试,如遇故障能够进行自查和排除。



任务分析

本任务是设计三相异步电动机的三地控制电路并完成安装与调试。如何进行电路设计,可以从主回路和控制回路两方面进行分析:根据前面完成的安装与调试任务可知,主回路需用到的电路元件有低压断路器、熔断器、交流接触器主触点;控制回路应该包括启动按钮、停止按钮、交流接触器、热继电器和熔断器。

原理分析:按下三个启动按钮中的任意一个,再松开,都可以接通控制回路,并实现电动机的启动及连续运转;按下三个停止按钮中的任意一个,都可以切断控制回路,使接触器断电释放,实现电动机停转。

请同学们根据以上原理分析,并结合本任务“知识链接”的内容,自行设计并在下方空白处绘制“三地控制一台电动机”的电气原理图,最后根据电气原理图写出控制过程。

电动机三地控制电气原理图:



电动机三地控制的控制过程分析:



任务实施

(1)准备电路所需的元件并填写元件清单表,见表 1-3-1。

表 1-3-1 元件清单表

序 号	电 气 符 号	元 件 名 称	元 件 数 量

(2)检测元件的好坏。使用万用表的欧姆挡检查各元件的常开触点和常闭触点的通断情况。

(3)完成元件布局及电气安装接线图的绘制。

(4)安装电动机三地控制电路。从低压断路器的下端开始自上而下接线,先控制电路,后主电路,先串联后并联,线号一样的端子连接在一起,按钮的进出线经过接线端子,最后接电源线。

布线时要符合电气原理图,先配控制回路的导线,再配主电路的导线;布线时还应符合平直、整齐、紧贴敷设面、走线合理及接点不得松动等要求,具体应注意以下几点:

- ①走线通道应尽可能少,按主、控电路分类集中,单层平行密排,并紧贴敷设面。
- ②同一平面的导线应高低一致或前后一致,不能交叉。当必须交叉时,该导线应在接线端子引出时就水平架空跨越,但必须走线合理。
- ③布线应横平竖直,变换走向应垂直。
- ④导线与接线端子或线桩连接时,应不压绝缘层及不露铜过长,并做到同一元件、同一回路的不同接点的导线间距离保持一致。



视频

Eplan 软件绘制三相异步电动机点动电路

⑤一个电气元件接线端子上的连接导线不得超过两根,每节接线端子排上的连接导线一般只允许连接一根。

⑥布线时,严禁损伤线芯和导线绝缘。

⑦布线时,不在控制板上的电气元件要从接线端子排上引出。

⑧主电路使用导线的粗细按电动机的工作电流选取,中小容量电动机的控制电路一般可用截面积为 1 mm²左右的导线。

(5)检查电路。

①对照电气原理图,逐线检查电气安装接线图,核对线号,防止导线错接和漏接。

②检查所有端子接线接触情况,排除虚接处。

③在不带电的情况下,用万用表检查并排除导线错接和漏接处。

(6)通电并调试运行。

①通电试车:接通交流电源,按下相应按钮,观察是否符合线路功能要求,观察电气元件动作是否灵活,有无噪声过大现象,观察电动机运行是否正常。

②若电动机不能正常工作,则应分析并排除故障。

(7)故障分析。根据前面已完成的电路安装与调试任务,依据你所具备的电路调试与检修经验,在表 1-3-2 中写出在实际调试过程中遇到的故障现象以及原因。

表 1-3-2 实际故障分析

序 号	元 件 名 称	故 障 现 象	故 障 原 因



任务评价

任务完成后,请根据实施过程和结果在表 1-3-3 中进行打分。

表 1-3-3 任务评价表

评价项目	评价内容	分 值	自我 评价	小组 评价	教师 评价
理论知识	三地控制电路的控制过程叙述	5			
	多地控制电路中启动按钮、停止按钮分别采用的连接方式	5			
	电气原理图的绘制	10			
	电气安装接线图的绘制	10			



(续表)

评价项目	评价内容	分值	自我评价	小组评价	教师评价
实操技能	元件安装的正确性、规范度	10			
	布线与接线的正确性、规范度	10			
	通电前的检测情况	10			
	通电运行情况	10			
	故障排除及调试情况	10			
学习态度	出勤情况及纪律	5			
	团队协作精神	5			
安全文明生产	工具的正确使用及维护	5			
	实训场地的整理和卫生保持	5			
各项分数总和		100			
总分(自我评价占 40%,小组评价占 30%,教师评价占 30%)					

注:1. 自我评价:根据展示的结果,小组各成员对自己的工作过程、成果进行打分。

2. 小组评价:根据展示的结果,各小组之间进行互评打分。

3. 教师评价:根据整个活动过程及产品质量,教师给出对每组、每个学生的公正评价。



知识链接

两地控制的概念在于将电动机的控制装置分布在两个不同的地方,通常是一个控制中心和一个远程控制站点。这种方式允许从两个地点对电动机进行启动、停止控制。这种分布式控制方式极大地方便了实际生产中对电动机的管理和控制,提高了生产效率和运行的安全性。在实际应用中,两地控制可以应用于多个场景。例如,在工业生产中的生产线控制系统,通过两地控制可实现对电动机的远程监控和调节。此外,在特殊环境下,如危险区域或高温、低温环境中,通过两地控制也可以实现电动机的安全操作。

图 1-3-1 所示为三相异步电动机两地控制电路的电气原理图。其中 SB3、SB1 为甲地启动、停止控制按钮;SB4、SB2 为乙地启动、停止控制按钮,两组按钮共同控制电动机 M。两地控制电路的特点是:两个停止按钮需串联,两个启动按钮需并联。

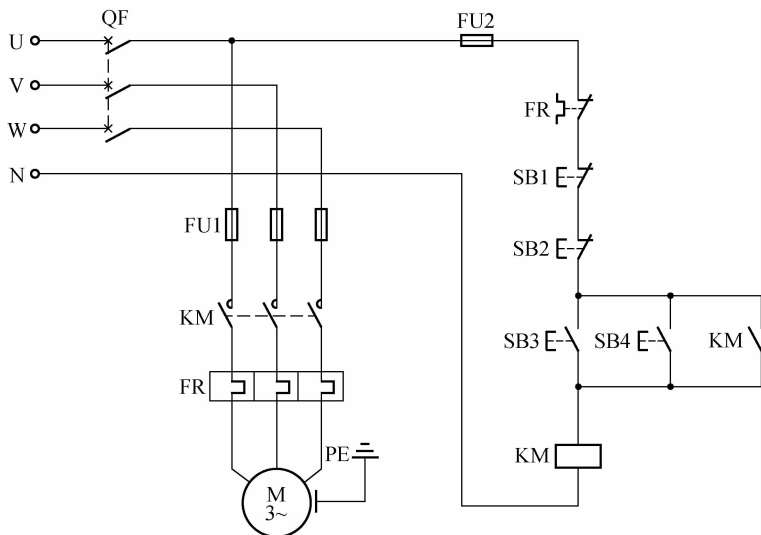


图 1-3-1 三相异步电动机两地控制电路的电气原理图

控制过程分析如图 1-3-2 所示。



图 1-3-2 控制过程分析



课后习题

一、单项选择题

- 电动机两地控制电路中需要启动按钮_____个、停止按钮_____个。()
A. 2、1 B. 2、2 C. 1、2 D. 1、1
- 电动机三地控制电路中需要启动按钮_____个、停止按钮_____个。()
A. 3、1 B. 1、3 C. 3、3 D. 3、2
- 电动机三地控制电路中,所有启动按钮采用的连接方式为()。
A. 相互并联 B. 相互串联 C. 既有并联,又有串联
- 电动机两地控制电路中,所有停止按钮采用的连接方式为()。
A. 相互并联 B. 相互串联 C. 既有并联,又有串联

二、简答题

- 简述三相异步电动机两地控制的控制过程。
- 简述三相异步电动机三地控制的控制过程。
- 请根据所学的电动机多地控制内容,试着设计三相异步电动机四地控制的电

路并画出电气原理图,说明控制过程。

4. 请根据所学的电动机多地控制内容,试着设计两台三相异步电动机两地控制的电路并画出电气原理图,说明控制过程。

任务四

三相异步电动机顺序启动控制电路的安装与调试



任务描述

所谓顺序启动控制,是指在生产过程中,对多台电动机的启动顺序进行计划和控制,以实现对生产流程的管理和控制。例如,在自动化生产线中,通常有多台设备需要协同工作才能完成整个生产流程,这些设备通常由多台电动机组成,通过顺序启动控制,可以确保多台设备的启动顺序符合生产流程的要求,从而实现整个生产线的高效运行和稳定生产。另外,生产中采用顺序启动控制也可以避免电动机过载、故障和损坏等问题,从而大大延长设备的使用寿命、降低设备维修成本、提高生产效益。本任务是完成两台三相异步电动机顺序启动、同时停止控制电路的安装与调试。



学习目标

素养目标

- (1)通过生产运用的实例与对应知识点的学习,提升专业素养。
- (2)通过完成电路的设计培养独立自主、积极创新的意识。
- (3)通过小组合作强化团队意识和沟通协作的意识。
- (4)通过完成电路的安装与调试强化安全意识、规范意识和质量意识。

知识目标

- (1)熟练掌握电路中各元件的结构、电气符号及主要功能。
- (2)掌握三相异步电动机顺序启动控制的工作原理。
- (3)掌握三相异步电动机顺序启动控制电路的设计方法。
- (4)掌握安装和接线的工艺要求及注意事项。

技能目标

- (1)能够结合低压电器开关的功能特点熟练进行实际电路的设计。



- (2)能够熟练使用电工仪表检测电路中的元件。
- (3)能够根据电气安装接线图对电路进行正确、规范的安装、接线。
- (4)能够熟练使用电工仪表对电路进行正确调试,如遇故障能够进行自查和排除。



任务分析

本任务是设计并安装与调试两台三相异步电动机顺序启动、同时停止的控制电路。根据前面项目的学习设计所积累的经验可知:主回路安装有两台电动机作为负载,则需对应安装两个交流接触器来完成对电动机的控制,则主回路需用低压电器开关为低压断路器(或刀闸开关)、熔断器、交流接触器、热继电器;另外,在控制回路中只有当控制1号接触器得电后,2号接触器才能得电,一个停止按钮可以控制同时停机,则控制回路应该包括电动机1的启动按钮、电动机2的启动按钮、停止按钮、交流接触器、热继电器和熔断器。

原理分析:合上电源总开关,按下第一个启动按钮,可实现电动机1的启动及连续运转;此时再按下第二个启动按钮,可实现电动机2的启动及连续运转;当按下停止按钮时,可以让两个电动机同时停止。如果先按第二个启动按钮,此时电动机2是不可能启动的,即只有当电动机1启动后,才能启动电动机2,这样的控制才能符合生产流程的要求。

请同学们根据以上原理分析,并结合任务三的设计思路与方法开展电路设计,在下方空白处绘制“两台电动机顺序启动、同时停止”控制电路的电气原理图,最后根据电气原理图写出控制过程。

- (1)两台电动机顺序启动、同时停止控制电路的电气原理图:



(2)两台电动机顺序启动、同时停止电路的控制过程:



任务实施

(1)准备电路所需的元件并填写元件清单表,见表 1-4-1。

表 1-4-1 元件清单表

序 号	电 气 符 号	元 件 名 称	元 件 数 量

(2)检测元件的好坏。使用万用表的欧姆挡检查各元件常开触点和常闭触点的通断情况。

(3)完成元件布局及电气安装接线图的绘制。

(4)安装两台电动机顺序启动、同时停止的控制电路。从低压断路器的下端开始自上而下接线,先控制电路,后主电路;先串联后并联;线号一样的端子连接在一起,按钮的进出线经过接线端子,最后接电源线。

布线时要符合电气安装接线图,先配控制回路的导线,再配主电路的导线;布线时还应符合平直、整齐、紧贴敷设面、走线合理及接点不得松动等要求,具体应注意以下几点:

- ①走线通道应尽可能少,按主、控电路分类集中,单层平行密排,并紧贴敷设面。
- ②同一平面的导线应高低一致或前后一致,不能交叉。当必须交叉时,该导线应在接线端子引出时就水平架空跨越,但必须走线合理。
- ③布线应横平竖直,变换走向应垂直。
- ④导线与接线端子或线桩连接时,应不压绝缘层及不露铜过长,并做到同一元件、同一回路的不同接点的导线间距离保持一致。