

三相异步电动机起停控制模块化教学研究

章晓眉

(浙江科技学院 工程训练中心,杭州 310023)

摘 要: 为实现电工电子实习模块化教学,针对电动机双向转动控制电路制作与调试实习项目的模块化教学进行了研究。在对高校电动机控制电路实训教学项目教学现状进行调研的基础上,按照实习内容与任务,将整个实习内容进行重新构建,分解为4个实习模块,即主电路、测量电路、接触器点动和自锁控制电路、指示电路,以期为同类实践教学提供参考。

关键词: 电工电子实习;模块化教学;电动机

中图分类号: G642.44

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2018)03-0263-06

Modular teaching research of start-stop control of three-phase asynchronous motor

ZHANG Xiaomei

(Center of Engineering Training, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: In order to realize modular teaching of electrical and electronic practice, the research explored the modular teaching aimed at fabricating and debugging practices of bidirectional rotation control circuit of the motor. Based on investigations of the current teaching situation regarding motor control circuit practices in universities, it has rebuilt and divided the whole practice content into 4 practice modules according to the practice content and task; the main circuit, the measuring circuit, the contactor jog control and the self-locking control circuit, and the indicator circuit, in order to provide references for homogeneous teaching practice.

Keywords: electrical and electronic practice; modular teaching; motor

电工电子实习是全国各综合性及理工科高校学生一门必修的实践性技术基础课,是工程训练课程五大模块之一,是理工科有关专业教学计划中重要的实践教学环节之一。电工电子实习充分体现

收稿日期: 2017-09-20

基金项目: 浙江省教育厅一般科研项目(Y201533187);浙江科技学院卓越计划实施教改成果培育项目(2015-z16)

通信作者: 章晓眉(1987—),女,浙江省玉环人,助理实验师,硕士,主要从事电工电子实践教学与研究。E-mail: zhangzxm@qq.com。

应用型人才培养的特点,在内容上注意了广泛性、先进性和实用性^[1]。在保留实用的传统工艺的基础上,增加了对新器件、新技术的介绍。以操作工艺为主线,培养学生的工程意识、动手能力与分析解决工程实际问题的能力,以及工程设计能力和创新精神,提高学生的综合素质。要求学生通过训练,掌握常用电工工具和常用电工电子测试仪器仪表的使用方法,掌握现代电气、电子设备制造的工艺流程及操作工艺,会读图,会看图装配,初步具备小型电动机、变压器、常用机床电气控制线路、电子线路等的故障分析与处理能力。

在实施过程中以实践教学为主,安排学生进行独立操作,并辅以讲解及示范^[2-3]。学生通过实习获得电子电气的基本知识,形成电子电气制造生产过程的概念;具有运用电子线路知识的能力和从事电子产品生产与开发的技能,为进一步学习专业知识和专业技能,更好地适应工作岗位打下一定的基础。

1 调研阶段

对电工电子实习模块化教学进行社会调研,对现高校电动机控制电路实训教学项目进行调研与引入。

1.1 模块化教学的意义

电工电子实习模块化教学按照实习内容及任务的不同,分解为各个实习模块,将整个实习内容进行重新构建^[4-5]。它不但使学生的学习时间更加灵活和自由,也使课程教学更加灵活,使电工电子实习不但可以作为必修课程,也可以作为选修课程,让更多的学生根据自己的专业、学习兴趣、学习基础、学习能力来更合理地选择实习内容。

通过学生自主选择实习模块,更能突出模块化教学是以学生为主体的教学方式。根据各高校卓越工程师教育培养计划提出的模块化教学改革,国内许多高校已经尝试在电工电子实习课程中进行模块化教学^[6-7]。

1.2 教学现状

浙江科技学院电工电子实习课程面向大一与大二的学生,按照专业不同,根据各专业培养计划要求将实习时间安排为 1 周(非电类工科专业学生)或 2 周(电类专业学生)。在实习的 1 周或 2 周中学生暂停所有其他课程,以接受比较全面的工程训练实践性教育。为响应学校提出的电工电子实习模块化教学改革,笔者主要针对电动机双向转动控制电路制作与调试实习项目的模块化教学进行研究。按照实习内容与任务,结合对高校电动机控制电路实训教学项目的教学现状的调研,将整个实习内容进行重新构建,分解为 4 个实习模块,即主电路、测量电路、接触器点动和自锁控制电路、指示电路。

2 实习内容设计与构建阶段

三相异步电机启动控制电路设计制作主要是针对电工类和电子类开设的实习内容之一^[8-9]。通过课程的实践教学,学生应达到下列教学目标:掌握电工操作规程,安全用电;熟悉继电器控制电路的基本元件及特性;掌握简单继电器控制电路的基本设计方法,学习实现三相异步电机启动系统的基本组成、系统的保护措施及控制原理;了解电动机启动的基本原理;掌握根据原理图绘制接线图的方法;掌握基本的电工作业技能。

电动机双向转动控制电路的制作与调试实习项目原为 16 学时,每天 8 学时,两天连续实习完成。实习内容为电动机双向转动控制的主电路、测量电路、控制电路和指示电路制作与调试。电工电子实习模块化教学后,学生实习时间分散,每次 4 学时,原连续两天实习的教学任务必然无法完成。因此将实习项目调整为三相异步电动机的单向启动控制电路,包括接触器点动控制电路和接触器自锁控制连续运行控制电路。学时分配为主电路 4 学时、测量电路 4 学时、控制电路 4 学时、指示电路 4 学时。构建的电动机控制电路实训教学内容体系,包括低压电器、电路原理电路连接、电路检查调试等,设备元件表如表 1 所示。

表 1 设备元件表

Table 1 Device component table

序号	名称	型号与规格	数量
1	实训安装架		1
2	电流表	6L2,10/5	3
3	电压表	6L2,450 V	1
4	转换开关	LW5D-16/3	1
5	三相异步电动机	Y132MS-4、1.5 kW、380 V、11.6 A、Δ 联结、1440 r/min	1
6	低压断路器三相空气开关	DZ47-C16(3P)	1
7	漏电保护单相空气开关	DZ47-C16DZ47LE(1P)	1
8	接触器	CJX1-9、线圈电压 220 V	1
9	热继电器	JRS2-2.5/4 A	1
10	热继电器座	配在(JRS2-2.5/4 A)上	1
11	接线端子	JF5-1.5	2
12	按钮开关	LA22D-11D/220 V	2
13	电路导线	BV-1 mm ²	若干
14	接地线	BVR-1 mm ²	若干
15	走线槽	18 mm×25 mm	若干
16	电工通用工具	验电笔、斜口钳、螺丝刀(一字、十字)、尖嘴钳、剥线钳、万用表等	各 1

三相异步电动机单向启动控制电路的电源采用 380 V 的交流电源,由电源开关 QF1 引入。输入接线端用来外接电源,即总电路的电源进线端;输出接线端外接负载,即三相异步电动机。电路需要具有短路、过载、断相以及电流不平衡的保护功能,有电压和电流监测功能。

2.1 主电路

主电路包括接触器、输入输出接线端、过流及短路保护器件。从接触器的特性可知,接触器具有通断电路的功能,所以可以利用接触器使电机的进线端得到或失去电源(可控制电机的启动与否)。输入接线端用来外接电源,即总电路的电源进线端。输出接线端外接负载(即电机)用来向电机提供电源,并可通过控制改变输出接线端上的电压状况(有无电压或何种电压的相序)来控制电机的运行状态。通过控制装置可使进线端电源在不变的情况下,在输出端得到所需的电压。过流及短路保护器件选用的是自动空气开关和热继电器,空气开关具有短路及过流保护作用,但过流保护相对来而言不是很灵敏,可用来作为整个电路及负载的保护。热继电器适用于电机的过流保护,而且动作电流可调,作为负载的过流保护,可接在输出接线端之前。主电路的器件位置从进线端到出线端的顺序如下:输入接线端→空气开关→接触器→热继电器→输出接线端。

2.2 测量回路

实验只测量电压及电流。由于电动机在正常运行时,三相电流强度相同,所以只需测量一相电流强度即可。在工厂实际使用中,在电流较大的情况下,测量电流时电流表不能直接接入主回路,而是利用电流互感器,使电流表处于电流互感器的次级,构成测量电流的二次回路。如果电流表接入主回路,电流表也可以测量电流,但当负载电流很大时,电流表同样承受很大的电流;当电流过大或其他原因使电流表损坏,则电流表开路,主电路也被断开。此种接法测量装置的损坏会影响主回路的工作。

电压的测量相对简单,由于电压表的理论工作状态是处于开路状态,所以只需让电压表的两端处于所需测试的线路上即可。当电压表损坏后开路,并不影响主回路的工作。

2.3 控制电路

控制电路的主要作用是控制主电路接触器的状态。从接触器的特性可知,决定接触器状态的唯一因素是,接触器的线圈是否承受额定电压。整个控制装置的操作部分只有一绿(如图 1 中的 SB)或一红一绿(如图 2 中的 SB1 和 SB2)的按钮,所以只需利用按钮常开及常闭开关来控制接触器线圈的供电回路,即可控制接触器的工作状态,从而达到控制回路的目的。在实际使用电路中是一种称为自锁的连接,如

图 2 虚线部分所示,通过利用接触器的一对常开触点来达到自锁的目的;当启动按钮 SB2 按下,SB2 上的常开开关变为常闭开关即 SB2 导通,接触器上的辅助常开触点 KM1 闭合,当 SB2 复位,SB2 断开;但接触器的供电回路仍然是导通的,因为接触器线圈得电后 KM1(图 2 虚线部分中的 KM1)常开开关变为常闭开关。

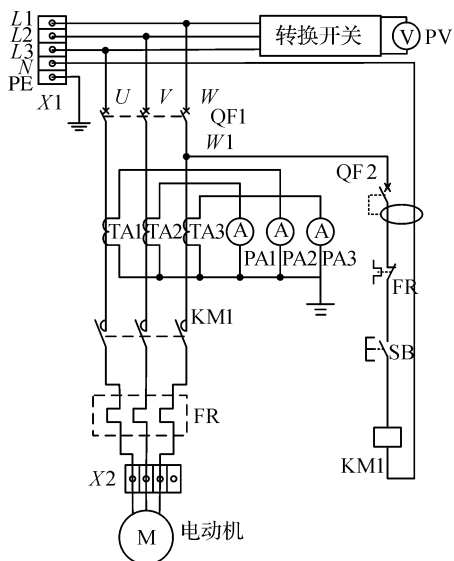


图 1 接触器点动控制电路

Fig. 1 Contactor jog control circuit

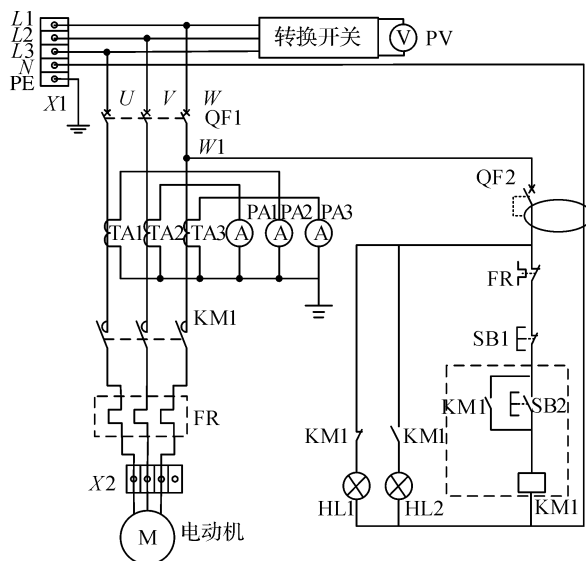


图 2 接触器自锁控制连续运行控制电路及指示电路

Fig. 2 Contactor self-locking control continuous operation control circuit and indicating circuit

2.4 指示电路

指示电路的主要作用是显示电动机的运转状态。指示灯 HL1 为电动机停止指示灯,通过交流接触器 KM1 的辅助常闭触点控制;指示灯 HL2 为电动机运转指示灯,通过交流接触器 KM1 的辅助常开触点控制。

3 教学实践阶段

主电路电源采用 380 V 的三相交流电源,由电源开关 QF1 引入 U、V、W 三根火线(如图 1~2 所示)。控制电路电源采用 220 V 的单相交流电源,由电源开关 QF2 引入 W1、N(如图 1~2 所示)。因实习用的电动机功率只有 1.5 kW,故将热继电器的整定值设置为最小,即 2.5 A,如图 3 所示。

3.1 点动控制线路

按图 1 点动控制线路进行安装接线^[10],步骤如下。1)接主电路:主电路采用 380 V 三相五线制电源,3 根火线 1 根零线 1 根地线,接入接线端子 X1,由低压断路器三相空气开关 QF1 引入 U、V、W;再经交流接触器 KM1 的主触头,热继电器 FR 的热元件到电动机 M 的 3 个线端,用 1 mm 的电路导线依次串联起来。2)主电路连接完毕检查无误后,再连接测量电路:测量电路分为电压测量电路及电流测量电路。电压测量电路,由接线端子 X1 的 L1、L2、L3 开始,经万能转换开关再接电压表。电流测量电路是将电流表并联在电流互感器上,利用电流互感器使电流表处于电流互感器的次级,构成测量

电流的二次回路。3)测量电路连接完毕检查无误后,再连接控制电路:控制电路电源采用 220 V 的单相交流电源,由接线端子 X1 的第 4 端(零线 N)和三相空气开关 QF1 的第 3 输出端(W1)接入单项空气开关(带漏电保护)QF2 开始,经过热继电器 FR 的常闭触头,按钮开关 SB 的常开触头,交流接触器 KM1 的线圈,最后回到 QF2 的零线端。



图 3 热继电器

Fig. 3 Thermal relay

接线过程中遵照从上到下,从左到右的顺序接线,以防漏线;导线接入元器件时要遵照上进下出的原则,一旦线路有误可以快速找到错误。接好线路,学生使用万用表按照指导教师讲述的线路检查方法自行检查,经教师检测未短路后,才可以进行通电调试。调试过程如下。

1)将电源线接入接线端子,闭合空气开关 QF1、QF2 测试插头有无短路,未短路,断开空气开关 QF1,插上电源插头,闭合空气开关 QF1 引入。

2)按住启动按钮开关 SB,使按钮开关 SB 的常开触头变为常闭状态,从而使交流接触器 KM1 的线圈得电,KM1 的主触头由常开变为常闭,电动机 M 开始运行;松开按钮开关 SB,即恢复 SB 的常开状态,交流接触器 KM1 的线圈失电,KM1 的主触头恢复常开,电动机 M 停止运行。

3)实验完毕,断开空气开关 QF1、QF2,拔下电源插头切断 380 V 的三相交流电源。

3.2 自锁控制电路与指示电路

进行自锁线路接线,主电路与测量电路一致,控制电路经过 QF2 和 FR 后,接按钮开关 SB1 的常闭触头、按钮开关 SB2 的常开触头,在 SB2 上并联交流接触器 KM1 的常开辅助触头,最后经交流接触器 KM1 的线圈,回到 QF2 的零线端。进行指示电路接线,电路经过 QF2 后,接交流接触器 KM1 的辅助常闭触点和辅助常开触点,KM1 的辅助常闭触点再接指示灯 HL1,KM1 的辅助常开触点再接指示灯 HL2,最后指示灯 HL1、HL2 的另一端接零线。接好线路,学生使用万用表按照指导教师讲述的线路检查方法自行检查,经教师检测未短路后,才可以进行通电调试。图 4 为浙江科技学院 2017 级物联网专业学生在实习过程中按图 2 电路连接的实物图。通电过程如下:

1)将电源线接入接线端子,闭合空气开关 QF1、QF2 测试插头有无短路,未短路,断开空气开关 QF1,插上电源插头,闭合空气开关 QF1 引入,此时电动机 M 的停止指示灯 HL1 亮。

2)按启动按钮开关 SB2,使按钮开关 SB2 的常开触头变为常闭状态,从而使交流接触器 KM1 的线圈得电,KM1 的主触头由常开变为常闭,电动机 M 开始运行;松开按钮开关 SB2,即恢复 SB2 的常开状态,此时电动机 M 并未停止运行。因为 KM1 的线圈得电,KM1 的常开辅助触头也由常开变为常闭。接触器的供电回路仍然是导通的(通过接触器本身的一对触点)。再按 SB2 线路状态不会改变,这就是称为自锁的连接电路^[11-12]。此时电动机 M 的停止指示灯 HL1 灭,电动机运转指示灯 HL2 亮。电动机启动的瞬间电流达到 1.5 A,运行后电流降至 1.0 A。

3)按停止按钮开关 SB1,使按钮开关 SB1 的常闭触头变为常开状态,从而使交流接触器 KM1 的线圈失电,KM1 的主触头恢复常开,电动机 M 停止运行。此时电动机运转指示灯 HL2 灭,电动机 M 停止指示灯 HL1 亮。

4)断开空气开关 QF1、QF2,拔下电源插头切断 380 V 的三相交流电源。拆除控制回路中并联在 SB2 上的自锁触头 KM1。测试未短路后,再接通 380 V 电源,此时电动机 M 停止指示灯 HL1 亮。按启动按钮开关 SB2,电动机 M 开始运行;此时电动机 M 停止指示灯 HL1 灭,电动机运转指示灯 HL2 亮;松开按钮开关 SB2,电动机 M 停止运行,此时电动机运转指示灯 HL2 灭,电动机 M 停止指示灯 HL1 亮。对比过程 2)与 4)的现象可以验证自锁触头 KM1 的作用。

5)实验完毕,断开空气开关 QF1、QF2,拔下电源插头切断 380 V 的三相交流电源。

4 结 语

电工电子实习模块化教学可以在必修课上先采用培训的方式进行实践教学,然后逐步推广到相关专业的开放实验、公共拓展等实践教学。将模块化教学在浙江科技学院 2017 级物联网学生实习中模拟,教学中因为学生平时很少动手连接电路线路,实际操作中会出现各种问题,模块化教学更容易找出学生在

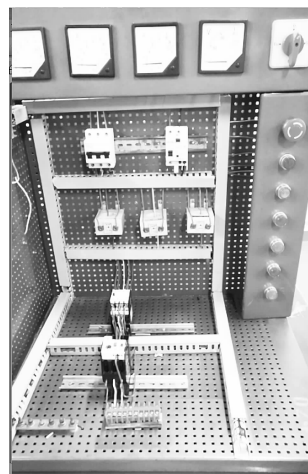


图 4 电路实物图

Fig. 4 Circuit physical map

实践中哪个模块中出现问题。电工电子实习模块化教学可以根据学生的基本情况进行分组,完成不同的实习模块^[13]。对于实习能力强、完成快的学生还可以根据情况完成课堂以外的训练项目。例如三相异步电机启动的项目,实习能力强的学生可以接着学习机械互锁和电气互锁完成电动机双向转动控制电路,也可以让这些学生指导实习能力较差的学生,这样既可以促进学生之间的交流与合作,也可以提高学生查错排故等综合能力。电工电子实习模块教学使学生实习灵活化,是一种以学生为主体的教学方式。

参考文献:

- [1] 岑盈盈,朱建华. 电工电子实习模块化教学模式的构建与探索[J]. 浙江科技学院学报,2010,22(3):238.
- [2] 黄艳芳,郭立群,赵晶,等. 电工电子实习教学的改革与创新[J]. 实验室研究与探索,2015,34(12):223.
- [3] 黄艳芳,吴波,赵晶,等. 电工电子实习教学的现状与改革[J]. 实验室研究与探索,2011,30(3):149.
- [4] 胡维,张方樱. 电工电子实习教学改革探索[J]. 实验科学与技术,2015,13(1):126.
- [5] 岑盈盈,莫云峰,戴敏,等. 电工电子实习模块化教学研究与管理平台实现:借鉴德国应用科学大学实践教学模式[J]. 浙江科技学院学报,2015,27(5):384.
- [6] 姜文彪,陈正伟,裘君英,等. 电工电子技术实践教学评价体系设计:以“卓越工程师培养计划”为背景[J]. 浙江科技学院学报,2015,27(4):308.
- [7] 刘美华,李建明,何雪冰. “卓越计划”背景下电工电子实习的改革与实践[J]. 湖南工程学院学报 2013,23(4):99.
- [8] 周海妮. 电动机星-三角减压启动控制实训电路的设计与安装[J]. 中国科技信息,2014(18):133.
- [9] 段文群. 三相异步电动机正反转控制线路的设计与分析[J]. 现代工业经济和信息化,2014,84(12):23.
- [10] 方洁,欧阳艳蓉,谭耀洲. 《电动机控制线路的制作》实训内容设计[J]. 科技风,2014(8):93.
- [11] 王学品. 谈“三相异步电动机正反转控制电路”的教学思路[J]. 成功(教育),2013,10(20):89.
- [12] 宋俊平. 浅谈《三相异步电动机正反转控制线路》教学体会[J]. 机电技术,2013,36(6):156.
- [13] 王留芳,董德礼,周拓宇. 多模式、多层次电子电工实践教学改革的探索与实践[J]. 实验室研究与探索,2011,30(3):96.

~~~~~

(上接第 243 页)

- [3] 温裕春. 武汉地铁盾构下穿京广铁路变形影响分析[J]. 现代城市轨道交通,2016(1):30.
- [4] 李茂文. 下穿复杂建筑物盾构法隧道施工技术研究[D]. 成都:西南交通大学,2011.
- [5] 曹剑峰,韦凯. 软土地区盾构下穿铁路地表变形规律研究[J]. 甘肃科技,2008,24(4):111.
- [6] 杨啸南. 地铁隧道盾构法施工下穿建筑物分析[D]. 南昌:南昌大学,2015.
- [7] 李林,郑余朝,张俊儒,等. 盾构隧道下穿既有铁路现场测试研究[J]. 现代隧道技术,2006,43(6):51.
- [8] 高志刚,冯超. 地铁隧道下穿既有铁路施工时的地基加固分析[J]. 城市轨道交通研究,2015(6):105.
- [9] 傅江华. 盾构下穿对既有高铁的沉降影响及控制研究[J]. 中国水运,2015,15(12):244.
- [10] 晁峰,王明年,刘大刚,等. 长沙起伏板岩地层盾构施工地表沉降预测研究[J]. 铁道科学与工程学报,2016,13(1):125.
- [11] 李超人,周传波,陈东,等. 双线盾构施工引起地表及建筑物沉降规律研究[J]. 城市轨道交通研究,2017,20(6):108.
- [12] 申兴柱,高锋,王少鹏,等. 盾构隧道施工对浅基础建筑物影响研究[J]. 施工技术,2017,46(13):132.
- [13] 容继盘,卢鹏,李弈杉,等. 基于地质区划下地铁盾构引起的建筑物沉降预测[J]. 广西大学学报(自然科学版),2017,42(1):196.
- [14] 严涛. 软土地区盾构区间下穿既有铁路的沉降分析及安全性评价[J]. 铁道建筑技术,2015(1):24.
- [15] 姜忻良,王振军. 盾构法隧道施工工序对地表既有铁路的影响分析[J]. 建筑结构,2013,43(增刊 2):96.
- [16] 中国有色金属工业协会. 工程测量规范:GB50026—2007[S]. 北京:中国计划出版社,2008:76.