

21 世纪

高级应用型人才



中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专系列规划教材



YZLI0890169616

电工技能实训指导丛书

电工初级技能实训 (第二版)

主 编 杜 江

主 审 张迎辉



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专系列规划教材

电工技能实训指导丛书

电工初级技能实训

(第二版)

主 编 杜 江

副主编 颜全生

主 审 张迎辉



YZLI0890169616

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书将电工实际工作中的基本常识和最实用的职业技能选作实训项目,教学内容与国家职业资格证书考试体系相衔接,与企业初级电工技能要求相结合,并充分运用现代教育技术和现代信息技术,建立丰富教学资源 and 交互性强的课程网站平台(荣获国家网络课程一等奖 <http://jpkc1.szpt.edu.cn/gyzx/dgjn/index.asp>),整合资源,引导学生个性化、自主性学习,使学生通过本教材的学习和训练,真正达到初级电工的技能水平。

本书内容共分为三篇:电力拖动篇、电子技术篇、综合技能篇。每篇都本着突出实用性、由浅入深、循序渐进的原则,精选了若干个技能实训项目。每个实训项目都列有实训目的、实训电路图、动作原理、接线图、元件介绍、电气元件的选择和检查、实训工具、线路检查、通电试车、注意事项、故障分析和思考等内容。经过精心施教、准确示范和强化训练等环节,可使学生在基本原理、实际操作、工艺要求、故障检查等方面打下坚实的基础。

图书在版编目(CIP)数据

电工初级技能实训/杜江主编. —2版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2012.9

(高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-5606-2917-9

I. ① 电… II. ① 杜… III. ① 电工技术—高等职业教育—教材 IV. ① TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 198665 号

策 划 马乐惠

责任编辑 买永莲 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2012年9月第2版 2012年9月第3次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 13.5

字 数 310千字

印 数 6001~9000册

定 价 22.00元

ISBN 978-7-5606-2917-9 / TM · 0100

XDUP 3209002-3

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

总序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,必须重视内涵建设,不断深化教育教学改革。根据市场和社会的需要,不断更新教学内容,编写具有鲜明特色的教材是其必要任务之一。

为配合教育部实施紧缺人才工程,解决当前机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。

教材建设是高职高专院校基本建设的一项重要工作,多年来,各高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2005 年 10 月

李家亮

序 言

随着科学技术的迅猛发展,要求各行各业的从业人员应不同程度地掌握电工的基本知识和基本技能,同时对机电类工程技术人员必须掌握的电工技术和技能提出了更新、更高的要求。为此,国家制定了不同等级的职业技能鉴定标准。为帮助大中专院校、技校学生以及相关从业或待业人员更好更快地掌握电工技术和技能,顺利通过电工各等级的职业技能鉴定的考核,根据中华人民共和国职业技能鉴定规范,参考深圳市电工技能职业标准,我们编写了这套《电工技能实训指导丛书》。

本套丛书的编写指导思想是:力求所有实训项目能满足企业生产的实际需要;能体现相应等级电工的实际工作经验和技能水平;能反映本工种新技术的应用;具有很强的操作性,能在实训(或实验)室里完成,便于培训与考核。本书也可供电工技能培训、考证训练和高校学生提高各等级电工技能水平时使用。

本书作者中,有长期从事实践教学的教师、高级工程师和高级技师,他们在电工技能实训教学方面积累了丰富的实践经验和独到的见解,经过精心筹划完成了本套丛书的编写。

本套丛书共四册,分为《电工技能实训基础》、《电工初级技能实训》、《电工中级技能实训》和《电工高级技能实训》;在内容编排、取材等方面具有以下特点:

(1) 始终贯彻以学生为主体、以能力培养为中心的教育原则。从符合技能等级考核要求的角度来确定教材的内容,对理论阐述与实训操作两部分内容进行了合理安排,较好地科学性、实用性、易学性结合起来。在教材的组织上,注意规范化、标准化、实用化。

(2) 遵循由浅入深、由易到难、循序渐进的教学规律,将全部教学内容分为四个分册。其中《电工技能实训基础》分册适用于非机电类学生。其余三册组成三个不同层次的教学平台,学员每学完一个分册,即在原有的基础上提高一个技能等级,形成进阶式教学。

(3) 每一分册都由若干个不同的实训大类组成,如供配电类、民居用电类、电机控制类、电子技术类和新技术应用类等,涵盖了从电工基础实训到高级电工专业技能实训的不同技术类型和层次的要求。每一实训大类又由若干个实训模块组成,使学生既能全面掌握不同实训类型的要求,又能在同一类型的实训中反复训练,迅速提高,体现了组合型、模块化的实训教学思路。

(4) 在实训类型和模块的安排上,注意前后有序、深入浅出;每个实训项目都配有实训目的、控制原理、电气线路、设备与元件、接线技巧、线路检查、故障分析、注意事项、分析思考和应用场合等具体内容。将“理论与实践相结合,教、学、练相结合,传统技术与新技术相结合”的教育理念落实在具体的实训项目中。

通过本教材的指导,可达到举一反三、融会贯通的目的,能有效地提高学生的实训效率,使学生在理解基本原理、熟悉工艺要求、掌握实践技能、学会故障检查、提高文字表达能力等方面有长足进步。我们期待这套丛书在提高各类人员电工技能培训质量方面发挥积极的作用。

《电工技能实训指导丛书》编委会

2005年12月15日

电工技能实训指导丛书编委会

主 任：刘守义

副主任：张永枫 张迎辉 陈素芳

委 员：颜全生 李益民 韩秀清 张仁醒

阮友德 杜 江 林 丹

前 言

本书第一版本发行以来,读者运用书中的原理、方法去解决学习、工作中的实际问题,得到了良好效果。此次再版主要增加了固定式三端稳压器输出电压可调电路的焊接与调试、电子趣味制作等内容和课程网站,文字上也做了必要的修订。笔者所在学校的该课程网站获得了国家网络课程一等奖。该网络课程的内容有如下特点:

- 职业化。根据实际工作岗位能力要求,按照工业环境、生产设备、工艺要求等来设置教学内容,实现技能培训与实际工作的有机结合。

- 现代化。利用现代教育信息技术,以工学结合为原则,以完成工作任务为主线,通过互动与引导和视、听、做、用并举的方法,力求使学生成为新知识的实践者、工作过程的执行者、工作任务的完成者、工作成果的归纳者和创新任务的探索者。

- 系统化。对已制定的电工规范性文件和操作流程进行归类、整理,并结合实际工作岗位,开发出相应的教学设备及编写出配套教材,系统地培养学生的实际操作能力和应用能力,构建出全方位的能力培养评价体系。

- 层次化。构建了基于工作过程的“能力模块—工程项目—工作任务”的三层次电工技能实训课程体系;将难点逐个分解成多个任务,通过任务的完成,实现一个工程项目,最终达到提高学生操作能力的目的;由浅到深、由易到难的内容安排和通俗易懂的语言,使学生很容易接受技能知识。

本课程网站教学资源丰富、交互性强,具体体现在如下几个方面:

- (1) 教学内容体系完整。教学内容由浅入深,覆盖整个课程体系,每个章节都有大量的拓展资源、习题、测试。

- (2) 资源丰富,原创性强。我们建立了完善的资源库,独立开发了 100 多个 Flash 课件,拍摄了大量的原创视频和图片,包含图片库、课件库、视频库、动画库等,资源总数近千条,资源服务于具体的教学内容。

- (3) 开发了多种接近实战的实践教学模块,如切合实际需求的项目教学、虚拟的电工器材实训、模拟考场、远程的实际设备编程操作、在线随机测试等,构建了基于工作过程的“能力模块—工程项目—工作任务”的三层次电工技能实训课程体系。

(4) 互动功能完善, 提供了论坛、答疑、站内邮箱、在线 QQ 等多种交互方式, 便于师生以及学生之间进行互动。

(5) 考核功能完善, 提供了作业、考试(记录考生试卷)、测试(只记成绩, 不记分数)等模块。

(6) 建成了完善的专业题库。目前系统已经收录了 4000 多道题目, 很多题目是我们自己整理、编写的, 可实现随机出题测试。学生可以自己选择题目数量和知识点范围, 系统会随机出题, 做完提交后可立即得到成绩, 有助于学生快速巩固知识。

(7) 支持教学过程完全自主化, 这在国内网络课程中是首创。

此外, 系统可通过记录学习进度和控制学习过程来实现自主学习。

记录学习进度: 本课程的每一个知识点都设置了相关测试, 学生学完某个知识点之后, 必须通过该知识点的所有测试, 才算掌握该知识点, 整个测试过程系统自动完成。系统根据总的知识点和已学知识点的数量来估计学生的学习进度。学生可以查看自己的学习进度, 当学完所有知识点后即认为完成了自主学习过程, 系统对整个过程都有记录。

控制学习过程: 本课程中每个章节都可以设置学习约束, 约束由测试来组成, 只有完成相应的测试, 并且达到规定的成绩, 才算满足约束, 才可以继续学习。通过这种方式来控制学生的学习顺序。

本书在修订时, 唐上峰等老师提出了很多宝贵的建议, 在此表示感谢, 并再次衷心地感谢广大读者。

编者 E-mail: dujiang@szpt.edu.cn。

课程网站地址: <http://jpkc1.szpt.edu.cn/gyzx/dgjn/index.asp>。

编 者

2012 年 7 月于深圳职业技术学院

第一版前言

本书是为高职高专机电类相关专业学生编写的初级电工技能实训教材,也可作为初级电工职业技能鉴定考核的培训教材。我们本着“以培养职业能力为核心,以满足岗位需求为目标”的职业教育原则,在总结了深圳职业技术学院多年来电工实训教学成功经验的基础上,对传统的初级电工实训内容进行了整理和拓宽,强调以学生为主体,以能力为中心,以知识为技能服务的教学思路,目的是使学生在最短的时间内,真正掌握初级电工技能。

在上述思想的指导下,本书将实践教学内容划分为若干个相对独立而完整的模块(并配以相关的电工指导材料、习题集、多媒体教学课件和电教片等放于校园网上),每一模块又包含若干个实训项目,每个实训项目都有明确的实训目的、动作原理、故障分析、思考分析等,既适合组织统一教学,又适合学生自学。

在教材的编写过程中,我们在原有讲义的基础上进行了深入的讨论、论证和补充,较好地处理了理论知识与技能训练的关系,充分地体现了以下特色:

(1) 本书内容通俗易懂,易于学习,便于施教。在完成实践教学目标的同时,使学生学习愉快,教师教学轻松。

(2) 将先进的多媒体教学引入电工实践教学中,较好地体现在采用新的教学思想、新的教学模式去开发学生的创新意识、创新能力,使学生对自己的学习能力、实践能力、创新能力更加自信。

(3) 改善教学环境和条件,建立并完善各项规章制度和考核制度,采用“网络化实践教学管理”系统,实现了开放式教学,提高了教学层次,使教学、实训流程更规范,结果更精确。

本教材在编写的过程中得到了深圳职业技术学院工业中心领导的重视和电工技术实训室全体教师的大力支持。颜全生、宋宇、阮友德等教师参加了编写工作,刘剑珺进行了资料整理、插图绘制、文字校对等方面的工作。他们的辛勤工作,为编好本教材提供了良好的技术保证,在此一并表示衷心的感谢。

由于时间和编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者提出宝贵意见,以便修改。

编者 E-mail: dujiang@szpt.edu.cn。

编 者

2006年3月于深圳职业技术学院

目 录

第一篇 电力拖动篇

第一章 电力拖动操作技能	8
第一节 安全用电	8
第二节 电工常用仪表的使用	10
第三节 电气元件的识别	17
第四节 电工常用工具的使用	28
第五节 导线的选用和导线的连接方法	33
第二章 电力拖动操作实训	39
实训一 单向转动与连续运行控制	39
实训二 带电能表的两地控制与测量	45
实训三 半波整流能耗制动控制与测量	50
实训四 电动机 Y/ Δ 降压启动控制与测量	57
实训五 电动机正反转行程控制与测量	63
实训六 手动顺序控制与测量	69
实训七 带有功电度表的正反转控制与测量	73
实训八 自动顺序控制与测量	78
实训九 带有功、无功电度表的电动机的连续控制与测量	82
实训十 空载自停控制与测量	87

第二篇 电子技术篇

第三章 电子技术操作技能	92
第一节 电子元器件的识别	92
第二节 电子常用仪表的使用	117
第四章 电子技术操作实训	124
实训一 二极管整流电路的焊接与调试	124
实训二 串联可调稳压电源的装接与调试	128
实训三 延时开关电路的组装与调试	134
实训四 固定式三端稳压器输出电压可调电路的焊接与调试(三端稳压电源)	139
实训五 电子趣味制作	142

第三篇 综合技能篇

第五章 综合操作技能.....	150
第一节 照明电路的安装与维护.....	150
第二节 房间照明电路的施工.....	152
第三节 消防和安全知识.....	160
第四节 高低压倒闸.....	167
第六章 综合操作实训.....	174
实训一 室内照明线路的安装.....	174
实训二 触电急救.....	180
实训三 三相五线供电系统.....	184
实训四 施工图的识读及供电图的绘制.....	188
实训五 导线连接后绝缘的恢复.....	192
实训六 消防和安全实训.....	194
实训七 倒闸操作.....	196
附录一 职业道德考核大纲.....	198
附录二 职业道德考核内容.....	200
参考文献.....	204

第一篇

电力拖动篇

电力拖动技术也叫电机拖动技术,是一门运用开关、接触器、继电器等电器元件对电机进行控制的技术。根据图纸完成电力拖动系统的安装、调试和一般的故障判断是初级电工必备的基本技能。本篇力图通过若干个电力拖动实例来快速地提高学员的实践技能。

一、实训教学方法

在教学中,采用传统教学模式与现代教育信息技术相结合的方法,要求课前自学(网站)、预习,教师给出预习提纲,学生通过查阅相关资料进行自学。

具体要求如下:

1. 课前自学、预习(<http://jpkc1.szpt.edu.cn/gyzx/dgjn/index.asp>)

- (1) 查阅相关书籍,整理读书笔记。
- (2) 在所发资料上作批注,画出关键元器件。
- (3) 思考以下问题,并扼要地写出思考笔记。

① 如何识图?

② 根据各项目的特点,通过分析,总结实操项目要点。

③ 思考系统的操作过程。

④ 分析、比较各项目的特点。

2. 质疑

学生对各实操项目提出疑难问题,在独立思考后通过网站实时交流或送交老师解答,以培养学生发现问题和解决问题的能力。

3. 点拨与答疑

根据学生的质疑,教师应针对性地对学生进行解答,也可引导学生设计一些与生活有关的简单电路。

4. 递进式教学

按“解疑→讲解元器件→分析动作原理→介绍接线技巧→概述检查线路要点→通电试车”等环节,递进地进行教学。注重运用启发式方法,通过对实训项目的操作,让学生自主参与到学习中。

教师每堂课通常要考虑如下问题：中心课题是什么；重点是什么；难点是什么；前、后联系的知识点有哪些；教学过程、步骤如何；如何开讲切入；如何因势利导、巧妙推进；如何穿插调控；如何巧设结尾，为下一课创造条件；如何同中求异；如何应变。同时，教学过程中应注意三个思路：教材内在构成思路，老师授课思路和学生接受思路。例如：

电气控制线路

总体思想：精讲多练，让学生在实践中发现、解决问题。

准备：

- 上午 2 节连堂课。
- 学生——五专生。
- 特点——文科生多，女生多。
- 预备工作：(1) 开课前，联系学生班主任(辅导员)和学生班委，充分沟通，了解并掌握学生的兴趣、姓名、知识结构、上课纪律等情况。

(2) 根据掌握的学生的知识情况，调整授课思路。

- 主题——半波整流能耗制动控制线路。
- 重点(加重语气、提醒学生)——接线。
- 难点(放慢语气、举例反复讲解)——检查线路。
- 本题所需的知识——电器元件、导线的选择等。

目的：让学生了解三相异步电动机的可逆运行方式；理解半波整流能耗制动的工作原理；掌握半波整流能耗制动控制线路的连接。

步骤：

1. 开讲切入(根据情况选择)。

(1) 可直接切入主题，分析“半波整流”的整流元件，“能耗”是耗谁的能，“制动”是对谁制动。

(2) 从学生所掌握的电子知识(二极管的作用)或从物理知识或企业实例引入主题。

2. 画图(根据情况选择)。

(1) 画出线路图(不能擦掉，画在黑板的左边，留出右边分析讲解)。

(2) 投影线路图，展示动画(规范、易懂、节约画图时间)。

3. 根据了解的学生情况，选用相应的方式，引入元件、导线选择知识(内容精讲、选讲，以实训的知识够用为原则)。

(1) 熔断器类型的选择。熔断器类型应根据负载的保护特性和短路电流来选择。

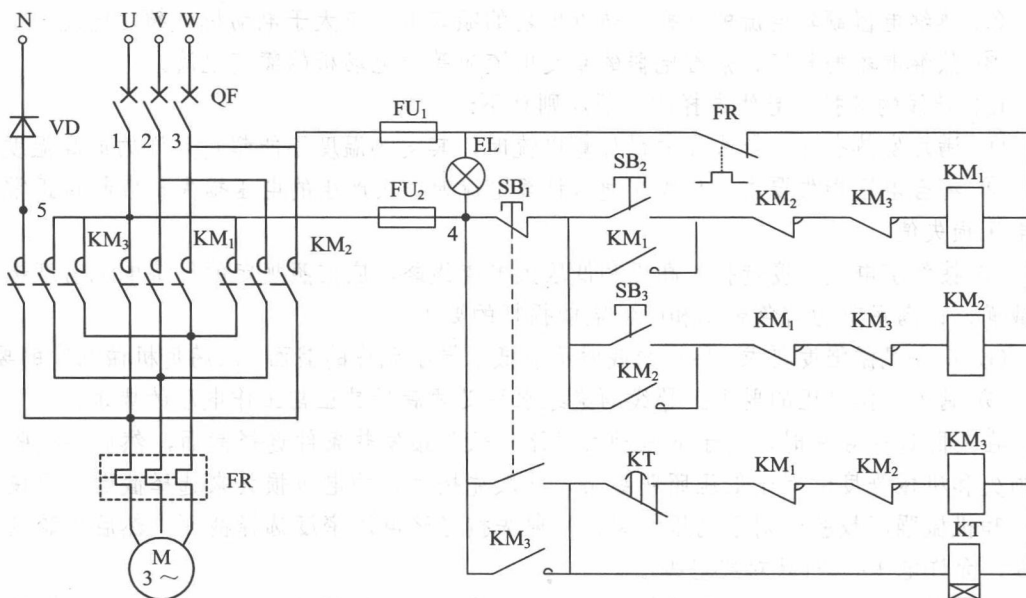
① 车间配电网络，若短路电流较大，则应选高分断能力的 RTO 系列。

② 机床电气设备，一般选体积较小的 RL1 系列。

③ 在经常发生故障的地方，应考虑选用 RC1 和 RM10 系列。

④ 半导体整流元件应选用快速熔断器。

⑤ 在易燃易爆场所，不允许选用敞开式熔断器。



(2) 熔体额定电流的选择。熔体额定电流不能大于熔断器的额定电流，具体原则如下：

① 照明及电热设备。线路总熔体的额定电流，等于电度表额定电流的 0.9~1.0 倍；支路熔体的额定电流，等于支路所有电气设备额定电流总和的 1~1.1 倍。

② 单台鼠笼式电动机。

熔体额定电流 $I_{re} \geq (1.5 \sim 3)$ 倍的电机额定电流 I_{de}

所选电机额定电流的倍数一般为：轻载起动的电机可取 1.5~2；重载起动的电机可取 2~2.5；频繁起动的电机可取 2.5~3；绕组式电机和降压起动电机及直流电机可取 1.2~2。

③ 多台鼠笼式电动机。

$$I_{re} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{zde} + \sum I_e$$

其中， I_{zde} ——容量最大的一台电机的额定电流(A)；

$\sum I_e$ ——其他各台电机的额定电流之和(A)。

(3) 低压断路器的选择及整定。

① 低压断路器的额定电压 $\geq$ 线路的额定电压。

② 低压断路器的额定电流 $\geq$ 线路的计算电流(一般按其 1.3 倍计算)。

③ 短延时或瞬时动作的脱扣器的整定电流 $I_{de} \geq KI_m$ 。其中， I_m 为线路的峰值电流或电动机的起动电流。对于动作时间小于 0.02 s(DZ)的，K 取 1.7~2；对于动作时间大于 0.02 s(DW)的，K 取 1.35。

④ 长延时脱扣器的整定电流 $I_{zd} \geq I_{de}$ 。

(4) 热继电器的选择及整定。

① 热继电器类型的选择。当电动机为“ Δ ”接法时，应选带断相保护的热继电器；当电动机为“Y”接法时，可选带断相或不带断相保护的热继电器。

③ 热继电器的整定。热继电器的整定电流应等于电动机的额定电流。

① 满足发热条件。导线在通过计算电流时,其发热温度不能超过允许的最高温度。

③ 按经济电流密度选择。高压和低压大电流线路,应按照规定经济电流密度选择导线截面,以满足节约有色金属和降低电能损耗的要求。

④ 符合机械强度要求。导线的截面不能低于最小允许的截面,以满足机械强度的要求。

⑤ 满足工作电压的要求。导线的绝缘水平必须满足其正常工作电压的要求。

在实际选择导线时，对于低压动力线路一般先按发热条件选择截面，然后再校验其电压损失和机械强度；对于低压照明线路，一般先按允许的电压损失来选择截面，再按发热条件和机械强度校验；对于高压线路，一般先按经济电流密度选择截面，然后校验其发热条件，允许电压损失(只对架空线)。

例：现有一 30 kW 的三相鼠笼式电动机，采用 Y/△降压启动，试选择其低压断路器、熔体额定电流、交流接触器、热继电器及导线。

解：根据经验公式

$$I_{de} = 2P_e = 2 \times 30 = 60 \text{ (A)}$$

① 低压断路器的选择。低压断路器的额定电流为 $1.3 \times 60 = 78(\text{A})$ ，应选 DZ10-100 型低压断路器，其额定电压 $U_e = 380 \text{ V}$ ，主触头额定电流为 100 A，脱扣器额定电流为 100 A，脱扣器整定电流为脱扣器额定电流的 $1.7 \sim 2$ 倍。

② 熔断器的选择。熔体额定电流为 $(1.2 \sim 2) \times 60 = 72 \sim 120(\text{A})$ (单台电动机降压启动), 应选 RT0-100 型熔断器, 其熔体额定电流为 100 A。

③ 交流接触器额定电流的选择。交流接触器额定电流为 $1.3 \times 60 = 78(\text{A})$, 因此应选 100 A 的交流接触器。

④ 热继电器额定电流的选择。热继电器额定电流为 100 A，整定电流为 60 A，且带断相保护。

⑤ 导线的选择(按常温 25°C)。

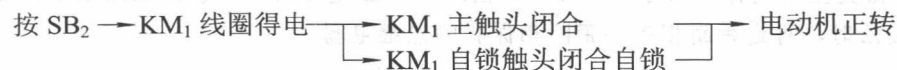
(i) 常温明敷。查阅相关资料后可得, BV 铜芯塑料绝缘导线的允许载流量大于 60 A 的一级为 75 A, 导线截面积为 10 mm^2 。

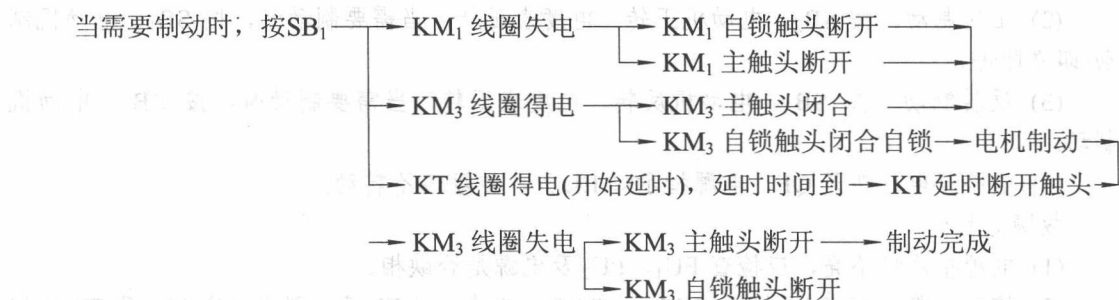
(ii) 常温穿钢管暗敷。查阅资料, BV 铜芯塑料绝缘导线的允许载流量大于 60 A 的一级为 72 A, 导线截面积为 16 mm^2 (设导线为 3 根), 穿电线管管径为 32 mm。

(iii) 常温穿硬塑料管暗敷。查阅资料, BX 铜芯橡皮绝缘导线的允许载流量大于 60 A 的一级为 75 A, 导线截面积为 25 mm^2 (设导线为三火一零, 共 4 根), 穿管管径为 40 mm。

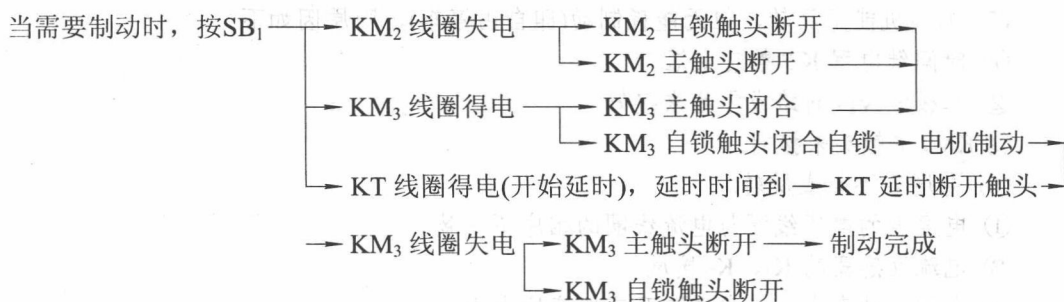
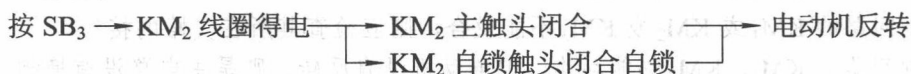
4. 半波整流能耗制动控制线路的工作原理(提醒学生, 注意理解)。

正转制动:





反转制动:



5. 半波整流能耗制动控制线路的接线(重点。加重语气，提醒学生，强调最终接线成功率)。

先根据图形讲解，再展示动画，最后示范接线。

6. 线路的检查(难点。放慢语气，举例反复讲解)。

主电路的检查(万用表打到 $R \times 1$ 或数字表的 200Ω 挡):

- (1) 表笔放在 1、2 处，分别按 KM₁、KM₂，读数为电动机两绕组的串联电阻值。
- (2) 表笔放在 1、3 或 2、3 处，分别按 KM₁、KM₂，读数为电动机两绕组的串联电阻值。
- (3) 表笔放在 1、5 处，按 KM₃，读数为电动机两绕组并联后再与另一绕组串联的电阻值。

控制电路的检查(万用表打到 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ ，或数字表的 $2 k$ 挡，表笔放在 3、4 处):

- (1) 此时万用表读数应为无穷大;
- (2) 按 SB₂(或 KM₁)，读数应为 KM₁ 线圈的电阻值，轻按 SB₁，则变为无穷大。
- (3) 按 SB₃(或 KM₂)，读数应为 KM₂ 线圈的电阻值，轻按 SB₁，则变为无穷大。
- (4) 按 SB₁(或 KM₃)，读数应为 KM₃ 与 KT 线圈的并联电阻值。
- (5) 同时按 KM₁、KM₂、KM₃ 中的任何两个，读数为无穷大。

通电试车:

经上述检查无误后，可在教师监护下通电试车。

- (1) 电路送电。合上 QF，电源指示灯 EL 亮，电度表不转动。

(2) 正转制动。按 SB_2 ，电动机正转，电度表正转；当需要制动时，按 SB_1 ，电动机制动(即立即停)。

(3) 反转制动。按 SB_3 ，电动机反转，电度表正转，当需要制动时，按 SB_1 ，电动机制动。

(4) 电路停电。断开 QF ，电源指示灯 EL 灭，电度表不转动。

故障分析：

(1) 电源指示灯不亮，应检查 FU_1 、 FU_2 及电源是否缺相。

(2) 控制回路的 KM_1 (正转)和 KM_2 (反转)都不吸合，但 EL 亮，则应检查 SB_1 及 FR 的常闭触头，以及两个线圈的公共部分的接线。

(3) 控制回路的 KM_1 或 KM_2 或 KM_3 不能吸合，则应检查其所在支路的接线。

(4) 控制回路的 KM_1 、 KM_2 都能动作，但电动机没有反转，则是主电路没有换相。

(5) 电动机能正反转，但无能耗制动(即自由停车)，则原因如下：

① 时间继电器 KT 整定太短。

② 二极管 VD 断路或零线未接好。

③ KM_3 主触头未接对。

(6) 电度表不转或反转。

① 电度表的电压线圈与电流线圈的相序不一致。

② 电流互感器的 K_1 、 K_2 接反。

③ 电动机功率太小，或电流互感器变比太大。

注意事项：

(1) 时间继电器的整定不能太长，也不能太短。

(2) 电流互感器二次侧的一端要接地， K_1 、 K_2 不能接反。

(3) 电度表的电压与电流线圈的相序要一致。

(4) 正、反转的主电路要调换相序。

7. 总结、分析思考(根据学习情况选 1~2 个问题，让学生通过查阅相关资料完成)。

(1) 正、反转能耗制动应用在什么场合？

(2) 无功和有功电度表有何区别？

(3) 二极管的阴阳极能否反过来连接，为什么？

(4) 测量无功电能的目的是什么？

(5) 供电局规定功率因数一般要大于多少？

二、实训教学要求

一名合格的初级电工应具备以下各项能力：能遵守相关规章制度；具有做好本职工作的责任心和良好的职业道德；具有安全意识；具有阅读电器设备使用说明书的能力；具有简单元件的识别能力；具有常用工具、仪表的使用能力；具有简单电路图的装接、调试、检修能力；具有简单电路图的分析能力；具有手工绘制简单电路图的能力；具有简单电路图的初步设计能力；具有应用本职技能安全操作的能力；具有能应用电工相关知识进行宣传、救援、检查、监督规章制度的执行能力。