

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

The Projected Teaching Materials of "Double-Certificate Curriculum" Training for Electrical Automation Discipline in Higher Vocational Education



电力电子技术

徐立娟 主编

冯凯 副主编

Power Electronics

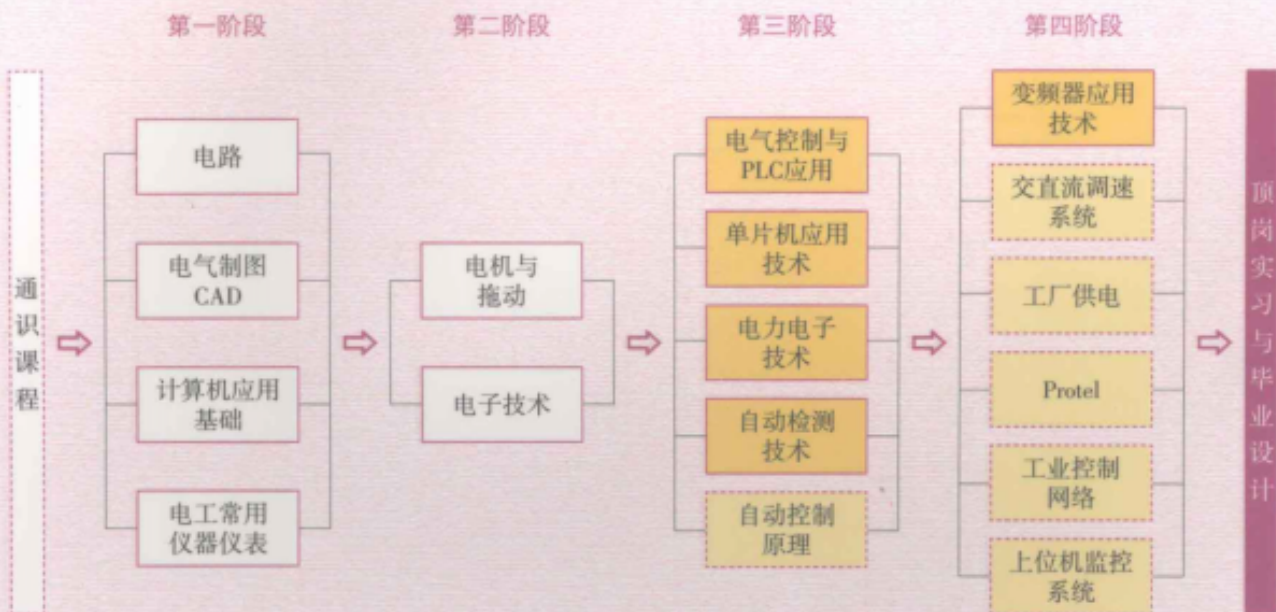
- ◆ 以真实设备为载体 教材结构模块化
- ◆ 以工作任务为驱动 采用项目式编写
- ◆ 以职业能力为目标 理论实践一体化



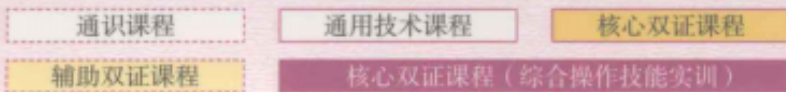
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

本课程为2008年湖南省精品课程和2009年高职高专机电设备类教学指导委员会精品课程, 配套建设有丰富教学资源的课程网站。本教材根据从事电力电子技术岗位(群)工作任务所需知识与技能, 以真实设备为载体, 以工作任务为驱动, 采用模块化结构、项目式编写。全书以5个电力电子技术应用最广泛的实际案例为载体, 设计了包括电力电子技术中的常用电力电子器件、电力电子电路、晶闸管触发电路和自关断器件驱动保护等完整知识体系的11个教学项目。教材内容符合学生的认知规律, 易于激发学生的学习兴趣。

电气自动化专业“双证课程”培养方案的课程体系框架图

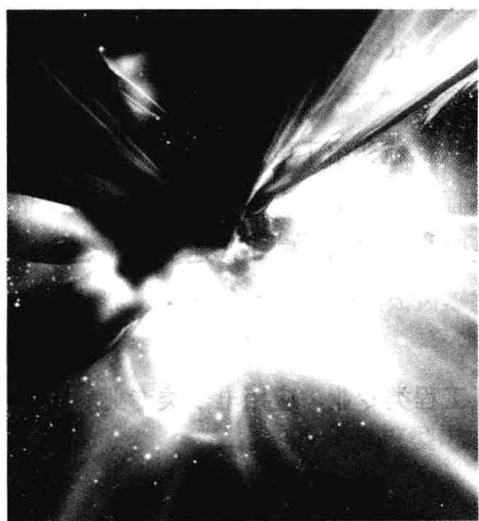


图例



高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

The Projected Teaching Materials of "Double-Certificate Curriculum" Training for Electrical Automation Discipline in Higher Vocational Education



电力电子技术

徐立娟 主编

冯凯 副主编

Power Electronics

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电力电子技术 / 徐立娟主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2010.2 (2012.2 重印)

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案
规划教材

ISBN 978-7-115-21859-9

I. ①电… II. ①徐… III. ①电力电子学—高等学校
: 技术学校—教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第007929号

内 容 提 要

本书以 5 个电力电子技术应用最广泛的实际案例为载体, 由浅入深地介绍了电力电子技术中的常用电力电子器件(晶闸管、双向晶闸管、可关断晶闸管、大功率晶体管、功率场效应晶体管、绝缘门极晶体管)的工作原理及特性, 电力电子电路(单相和三相可控整流电路、交流调压电路、逆变电路、直流斩波电路)的工作原理, 晶闸管触发电路(单结晶体管触发电路、锯齿波触发电路、集成触发器及数字触发器), 自关断器件驱动电路等内容。

本书可供高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学的电气工程类专业、应用电子类专业、机电一体化专业选用, 也可供工程技术人员参考。

高等职业教育电气自动化专业“双证课程”培养方案规划教材

电力电子技术

- ◆ 主 编 徐立娟
- 副 主 编 冯 凯
- 责任编辑 李育民
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京中新伟业印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.25 2010 年 2 月第 1 版
字数: 355 千字 2012 年 2 月北京第 3 次印刷

ISBN 978-7-115-21859-9

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

高等职业教育电气自动化专业
“双证课程”培养方案规划教材编委会

主任：程 周

副主任：李金钟

委员：刘小春 华满春 刘高锁 徐立娟 郭艳萍 张伟林 黄 玮
韩满林 李金钟 王金花 巩运强 刘春梅 黄 星 邹 奇 冯 凯
王文立 陈 冰 李晓波 邱丽芳 李德尧 赵亚芳 陈迎松 刘红兵
姜凤武 周欢喜 黄会雄 袁力辉 陶 敏 程 周 郭建尊 王翠兰
李育民 潘新文

前言

本书根据相关电力电子技术岗位（群）所需知识与技能，以真实设备为载体、以工作任务驱动，采用模块化结构、项目式编写。全书以 5 个电力电子技术应用最广泛的实际案例（调光灯、三相可控整流电源、开关电源、中频感应加热电源和变频器）为载体，设计了包括电力电子技术中的常用电力电子器件、电力电子电路、晶闸管触发电路和自关断器件驱动保护 11 个教学项目。通过 11 个教学项目介绍电力电子技术的相关知识。本书特点如下。

① 采用模块化结构。每个模块的内容既是独立的又都有其明确的教学目标，并针对各项目教学目标的要求展开相关知识的介绍和项目实施。使教材内容的组织方式更加符合学生的认知规律，易于激发学生的学习兴趣，同时有利于学生掌握与生产技术有关的必要的基本技能和动手能力。

② 在内容的承载方式上，增加了直观的图形、波形，力求图文并茂，从而提高了教材的可读性。

③ 本教材面向工程现场，增加了电力电子装置的安装、调试、维护及故障处理内容。

④ 根据科学技术发展，合理更新教材内容，尽可能多地在教材中充实新知识、新技术、新设备和新材料等方面的内容，力求使教材具有较鲜明的时代特征。

⑤ 在编写过程中贯彻国家关于职业资格证书与学生证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的政策精神，参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中高级维修电工等级考核标准。内容上注重基本知识和基本技能，理论分析以定性为主，突出概念，理论联系实际以求实用。

本书参考学时为 64~78 学时，建议采用理论实践一体化教学，各项目的参考学时见学时分配表。

学时分配表

序号	模块	内容	学时
1	绪论	电力电子技术发展及应用	1
2	模块一 调光灯	项目一 认识晶闸管和单结晶体管	5~7
		项目二 晶闸管调光灯电路	10~12
3	模块二 三相可控整流电源	项目三 触发电路	5~6
		项目四 三相可控整流电源主电路	16~20
4	模块三 开关电源	项目五 认识大功率晶体管和功率场效应晶体管	4
		项目六 开关电源主电路	5~6
5	模块四 中频感应加热电源	项目七 认识中频感应加热电源	2
		项目八 中频感应加热电源逆变主电路	6~8
6	模块五 变频器	项目九 认识变频器	4
		项目十 认识绝缘门极晶体管	2
		项目十一 变频器逆变电路	4~6
合计			64~78

本书可作为高职高专电类专业教材或培训教材,也可供从事电力电子技术工作的工程技术人员参考。

本书由长沙民政职业技术学院的徐立娟任主编,漯河职业技术学院的冯凯任副主编。全书共设置了5个模块,其中绪论、模块一、模块三和模块四、模块五由徐立娟编写,模块二由冯凯编写,参加编写的人员还有周口职业技术学院的孙小冬、孙娟、长沙民政职业技术学院的雷翔霄、唐春霞、邱俊、刘定良。

在编写过程中,参阅了许多同行专家们的论著文献,在此一并真诚致谢。

限于编者的学识水平及实践经验,书中定有疏漏及错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009年12月

目 录

绪论	1
一、什么是电力电子技术	1
二、电力电子技术的发展	1
三、电力电子技术的主要功能	1
四、电力电子技术的应用	1
五、本教材的内容介绍	3
六、教学建议	3
模块一 调光灯	5
项目一 认识晶闸管和单结晶体管	6
一、项目分析	6
二、相关知识	6
(一) 普通晶闸管	6
(二) 双向晶闸管	15
(三) 单结晶体管	17
三、项目实施	20
(一) 认识晶闸管和单结晶体管	
外形	20
(二) 解释普通晶闸管、双向晶闸管	
和单结晶体管型号的含义	20
(三) 晶闸管和单结晶体管简单	
测试	22
(四) 项目实施标准	26
四、拓展知识——可关断晶闸管	26
(一) GTO 的结构及工作原理	26
(二) GTO 的阳极伏安特性	27
(三) GTO 的主要参数	28
(四) 可关断晶闸管的测试	28
项目小结	31
习题与思考	31
项目二 晶闸管调光灯电路	32

一、项目分析	33
二、相关知识	34
(一) 单相半波可控整流电路	34
(二) 单结晶体管触发电路	42
(三) 单相交流调压电路	46
(四) 单相桥式整流电路	48
三、项目实施	55
(一) 晶闸管调光灯电路的安装	
与调试	55
(二) 单结晶体管触发电路和单相	
半波可控整流电路调试	56
(三) 单相交流调压电路调试	58
(四) 单相桥式全控整流电路调试	59
(五) 项目实施标准	62
项目小结	64
习题与思考	64
模块二 三相可控整流电源	67
项目三 触发电路	68
一、项目分析	68
二、相关知识	68
(一) 锯齿波同步触发电路	68
(二) 集成触发器	72
(三) 数字触发电路	77
三、项目实施	79
(一) 锯齿波同步触发电路及调试	79
(二) 集成触发器及调试	81
(三) 项目实施标准	82
项目小结	83
习题与思考	83
项目四 三相可控整流电源主电路	83
一、项目分析	83

二、相关知识	84
(一) 三相半波可控整流电路	84
(二) 三相桥式全控整流电路	93
(三) 触发电路与主电路电压的 同步	98
(四) 整流电路的保护	100
三、项目实施	103
(一) 三相半波可控整流电路及其 调试	103
(二) 三相桥式全控整流电路及其 调试	105
(三) 项目实施标准	106
四、拓展知识——有源逆变电路及其 应用	107
(一) 有源逆变电路	107
(二) 有源逆变电路的应用——晶闸管 直流电动机可逆拖动系统	113
项目小结	116
习题与思考	117
模块三 开关电源	118
项目五 认识大功率晶体管和功率 场效应晶体管	120
一、项目分析	120
二、相关知识	120
(一) 大功率晶体管	120
(二) 功率场效应晶体管	126
三、项目实施	130
(一) 认识 GTR 和功率 MOSFET 外形	130
(二) 解释 GTR 和功率 MOSFET 型号的含义	131
(三) GTR 和功率 MOSFET 的 简单测试	133
(四) 项目实施标准	138
项目小结	138
习题与思考	138
项目六 开关电源主电路	139
一、项目分析	139
二、相关知识	139

(一) DC/DC 变换电路的工作 原理	139
(二) 开关状态控制电路	147
(三) 其他电路	152
三、项目实施	153
(一) 认识 DC/DC 变换电路	153
(二) 控制电路调试	153
(三) DC/DC 变换电路调试	154
(四) 项目实施标准	155
四、拓展知识——软开关技术	156
(一) 问题的提出	156
(二) 软开关的基本概念	156
(三) 软开关电路简介	156
项目小结	159
习题与思考	159
模块四 中频感应加热电源	160
项目七 认识中频感应加热电源	160
一、项目分析	161
二、相关知识	161
(一) 感应加热的原理	161
(二) 中频感应加热电源的用途	162
(三) 中频感应加热电源的组成	164
项目小结	166
习题与思考	166
项目八 中频感应加热电源逆变 主电路	166
一、项目分析	167
二、相关知识	167
(一) 逆变的基本概念和换流方式	167
(二) 单相谐振逆变电路	168
(三) 逆变触发电路	171
(四) 逆变主电路的起动与保护	174
三、项目实施	177
(一) 认识单相并联逆变电路	177
(二) 单相并联逆变触发电路 调试	177
(三) 单相并联逆变主电路调试	178
(四) 项目实施标准	179

四、拓展知识——中频感应加热电源的 调试与常见故障处理	179	(三) IGBT 的驱动电路	201
(一) 中频感应加热电源的调试	179	(四) IGBT 的保护电路	201
(二) 中频感应加热电源常见故障 处理	183	三、项目实施	204
项目小结	188	(一) 认识 IGBT 外形	204
习题与思考	188	(二) 解释 IGBT 型号的含义	205
模块五 变频器	189	(三) IGBT 的简单测试	205
项目九 认识变频器	189	(四) 项目实施标准	206
一、项目分析	189	项目小结	206
二、相关知识	190	习题与思考	206
(一) 变频器的用途	190	项目十一 变频器逆变电路	207
(二) 变频器的基本结构	191	一、项目分析	207
(三) 变频器的主电路结构	192	二、相关知识	207
项目小结	196	(一) PWM 控制的基本原理	207
习题与思考	197	(二) PWM 变频电路的调制控制 方式	212
项目十 认识绝缘门极晶体管	197	三、项目实施	213
一、项目分析	197	(一) 单相正弦波脉宽调制 SPWM 逆变电路	213
二、相关知识	197	(二) 三相正弦波脉宽调制 SPWM 电路调试	217
(一) 绝缘门极晶体管的结构和基本 工作原理	197	(三) 项目实施标准	218
(二) IGBT 的基本特性与主要 参数	198	项目小结	219
		习题与思考	219
		参考文献	220

一、什么是电力电子技术

电力电子技术是建立在电子学、电力学和控制学三个学科基础上的一门边缘学科,它横跨“电子”、“电力”和“控制”三个领域,主要研究各种电力电子器件,以及由电力电子器件所构成的各种电路或变流装置,以完成对电能的变换和控制。它运用弱电(电子技术)控制强电(电力技术),是强弱电相结合的新学科。电力电子技术是目前最活跃、发展最快的一门学科。随着科学技术的发展,电力电子技术又与现代控制理论、材料科学、电机工程、微电子技术等许多领域密切相关,已逐步发展成为一门多学科互相渗透的综合性技术学科。

二、电力电子技术的发展

电力电子技术的发展是以电力电子器件为核心发展起来的。

从 1957 年第一只晶闸管诞生至 20 世纪 80 年代为传统电力电子技术阶段。此期间主要器件是以晶闸管为核心的半控型器件,由最初的普通晶闸管逐渐派生出快速晶闸管、双向晶闸管等许多品种,形成一个晶闸管大家族。器件的功率越来越大,性能越来越好,电压、电流、 di/dt 、 du/dt 等各项技术参数均有很大提高。目前,单只晶闸管的容量已达 8 000V、6 000A。

三、电力电子技术的主要功能

电力电子技术的功能是以电力电子器件为核心,通过对不同电路的控制来实现对电能的转换和控制,其基本功能如下。

① 可控整流。把交流电变换为固定或可调的直流电,亦称为 AC/DC 变换。

② 逆变。把直流电变换为频率固定或频率可调的交流电,亦称为 DC/AC 变换。其中,把直流电能变换为 50Hz 的交流电反送交流电网称为有源逆变,把直流电能变换为频率固定或频率可调的交流电供给用电器则称为无源逆变。

③ 交流调压与周波变换。把交流电压变换为大小固定或可调的交流电压称为交流调压。把固定或变化频率的交流电变换为频率可调的交流电称为变频(周波变换)。交流调压与变频亦称为 AC/AC 变换。

④ 直流斩波。把固定的直流电变换为固定或可调的直流电,亦称为 DC/DC 变换。

⑤ 无触功率静态开关。接通或断开交直流电流通路,用于取代接触器、继电器。

上述变换功能通称为变流,故电力电子技术通常也成为变流技术。实际应用中,可将上述各种功能进行组合。

四、电力电子技术的应用

电力电子技术的应用领域相当广泛,遍及庞大的发电厂设备到小巧的家用电器等几乎所有

电气工程领域。容量可达 1GW 至几瓦不等,工作频率也可由几赫兹至 100MHz。

① 一般工业。工业中大量应用各种交直流电动机。直流电动机有良好的调速性能。为其供电的可控整流电源或直流斩波电源都是电力电子装置。近年来,由于电力电子变频技术的迅速发展,使得交流电动机的调速性能可与直流电动机相媲美,交流调速技术大量应用并占据主导地位。大至数千千瓦的各种轧钢机,小到几百瓦的数控机床的伺服电动机都广泛采用电力电子交直流调速技术。一些对调速性能要求不高的大型鼓风机等近年来也采用了变频装置,以达到节能的目的。还有一些不调速的电动机为了避免启动时的电路冲击而采用了软起动装置,这种软起动装置也是电力电子装置。

电化学工业大量使用直流电源,电解铝、电解食盐水等都需要大容量整流电源。电镀装置也需要整流电源。

电力电子技术还大量用于冶金工业中的高频或中频感应加热电源、淬火电源等场合。

② 交通运输。电气化铁道中广泛采用电力电子技术。电力机车中的直流机车中采用整流装置,交流机车采用变频装置。直流斩波器也广泛用于铁道车辆。在未来的磁悬浮列车中,电力电子技术更是一项关键技术。除牵引电动机传动外,车辆中的各种辅助电源也都离不开电力电子技术。

电动汽车的电机靠电力电子装置进行电力变换和驱动控制,其蓄电池的充电也离不开电力电子装置。一台高级汽车中需要许多控制电机,它们也要靠变频器和斩波器驱动并控制。

飞机、船舶需要很多不同要求的电源,因此航空和航海都离不开电力电子技术。

如果把电梯也算做交通运输工具,那么它也需要电力电子技术。以前的电梯大都采用直流调速系统,而近年来交流调速已成为主流。

③ 电力系统。电力电子技术在电力系统有着非常广泛的应用。据估计,发达国家在用户最终使用的电能中,有 60% 以上的电能至少经过一次以上的电力电子变流装置的处理。电力系统在通向现代化的进程中,电力电子技术是关键技术之一。可以毫不夸张地说,如果离开电力电子技术,电力系统的现代化是不可想象的。

直流输电在长距离、大容量输电时有很大的优势,其送电端的整流阀盒、受电端的逆变阀都采用晶闸管变流装置。近年发展起来的柔性交流输电也是依靠电力电子装置才得以实现。

无功补偿和谐波抑制对电力系统有重要的意义。晶闸管控制电抗器(TCR)、晶闸管投切电容器(TSC)都是重要的无功补偿装置。近年来出现的静止无功发生器(SVG)、有源电力滤波器(APF)等新型电力电子装置具有更为优越的无功功率和谐波补偿的性能。在配电网系统,电力电子装置还可用于防止电网瞬时停电、瞬时电压跌落、闪变等,以进行电能质量控制,改善供电质量。

在变电所中,给操作系统提供可靠的交直流操作电源,给蓄电池充电等都需要电力电子装置。

④ 电子装置用电源。各种电子装置一般都需要不同电压等级的直流电源供电。通信设备中的程控交换机所用的直流电源采用全控型器件的高频开关电源。大型计算机所需的工作电源、微型计算机内部的电源也都采用高频开关电源。在各种电子装置中,以前大量采用线性稳压电源供电,由于开关电源体积小、重量轻、效率高,现在已逐步取代了线性电源。因为各种信息技术装置都需要电力电子装置提供电源,所以可以说信息电子技术离不开电力电子技术。

⑤ 家用电器。种类繁多的家用电器,小至一台调光灯具、高频荧光灯具,大至通风取暖设

备、微波炉以及众多电动机驱动设备都离不开电力电子技术。

电力电子技术广泛用于家用电器使得它和我们的生活变得十分贴近。

⑥ 其他。不间断电源（UPS）在现代社会中的作用越来越重要，用量也越来越大。目前，UPS 在电力电子产品中已占有相当大的份额。

以前电力电子技术的应用偏重于中、大功率。现在，在 1kW 以下，甚至几十瓦以下的功率范围内，电力电子技术的应用也越来越广，其地位也越来越重要。这已成为一个重要的发展趋势，值得引起人们的注意。

总之，电力电子技术的应用范围十分广泛。从人类对宇宙和大自然的探索，到国民经济的各个领域，再到我们的衣食住行，到处都能感受到电力电子技术的存在和巨大魅力。

五、本教材的内容介绍

本书内容分 5 个模块共 11 个项目。

模块一为调光灯，包括认识晶闸管和单结晶体管与晶闸管调光灯电路两个项目。主要讲述了普通晶闸管、双向晶闸管、可关断晶闸管、单结晶体管器件的工作原理、特性及由其组成的单相可控整流电路工作原理、单结晶体管触发电路工作原理。

模块二为三相可控整流电源，包括触发电路和三相可控整流电源主电路两个项目。主要讲述了锯齿波触发电路、集成触发器、数字触发器三种触发电路工作原理，三相半波和三相全控桥式整流电路、有源逆变电路的工作原理及晶闸管保护电路、触发电路与主电路电压同步。

模块三为开关电源，包括认识大功率晶体管（GTR）和功率场效应晶体管（MOSFET）和开关电源主电路两个项目。主要讲述了大功率晶体管、功率场效应晶体管的工作原理及驱动电路、DC/DC 变换电路和工作原理、保护电路。

模块四为中频感应加热电源，包括认识中频感应加热电源和中频感应加热电源逆变主电路两个项目。主要介绍了中频感应加热电源的组成和应用，单相串并联谐振逆变电路、逆变触发电路以及中频感应加热装置的安装、调试，简单的故障维修方法。

模块五为变频器，包括认识变频器、认识绝缘门极晶体管（IGBT）、变频器逆变电路三个项目。主要介绍了变频器的结构、发展及应用，绝缘门极晶体管的工作原理以及 PWM 调制型逆变电路工作原理。

六、教学建议

① 教学内容选取。不同学校可根据不同专业、就业方向和课时来选择其中一个或几个模块作为教学内容。如弱电类专业（如电子技术等）可选择模块一、模块三作为教学内容。强电专业（如电气自动化技术专业）可选择模块一、模块二、模块三、模块四、模块五作为教学内容。

② 教学形式。可采用理论实践一体化教学。

③ 项目实施的组织形式。项目实施可按照如下步骤进行。

第一步，下达项目任务书，学生先预习相关内容。

第二步，指导教师集中介绍项目实施的目的和内容、实施本项目所需设备和仪器、项目实施步骤、提醒学生实施过程中注意事项，要求学生熟悉所使用的设备、仪器的功能与使用方法。

第三步，根据项目内容和教学条件学生分组实施项目，小组成员应分工明确，协调操作，提高动手能力。

第四步，项目实施完成后请指导教师检查数据、记录的波形，整理好连接线、仪器、工具，保持现场干净整齐。

第五步，项目完成后，学生以小组为单位介绍实施过程解决的问题，分享成功的经验。

第六步，项目实施结束后，学生利用课余时间对记录的波形和数据进行整理，分析项目实施过程中出现的现象，写出项目实施总结。

模块一

调光灯

调光灯在日常生活中应用非常广泛，其种类也很多，旋动调光旋钮便可以调节灯泡的亮度。图 1-1 (a) 是常见的调光台灯。图 1-1 (b) 为晶闸管相控调光灯电路原理图。

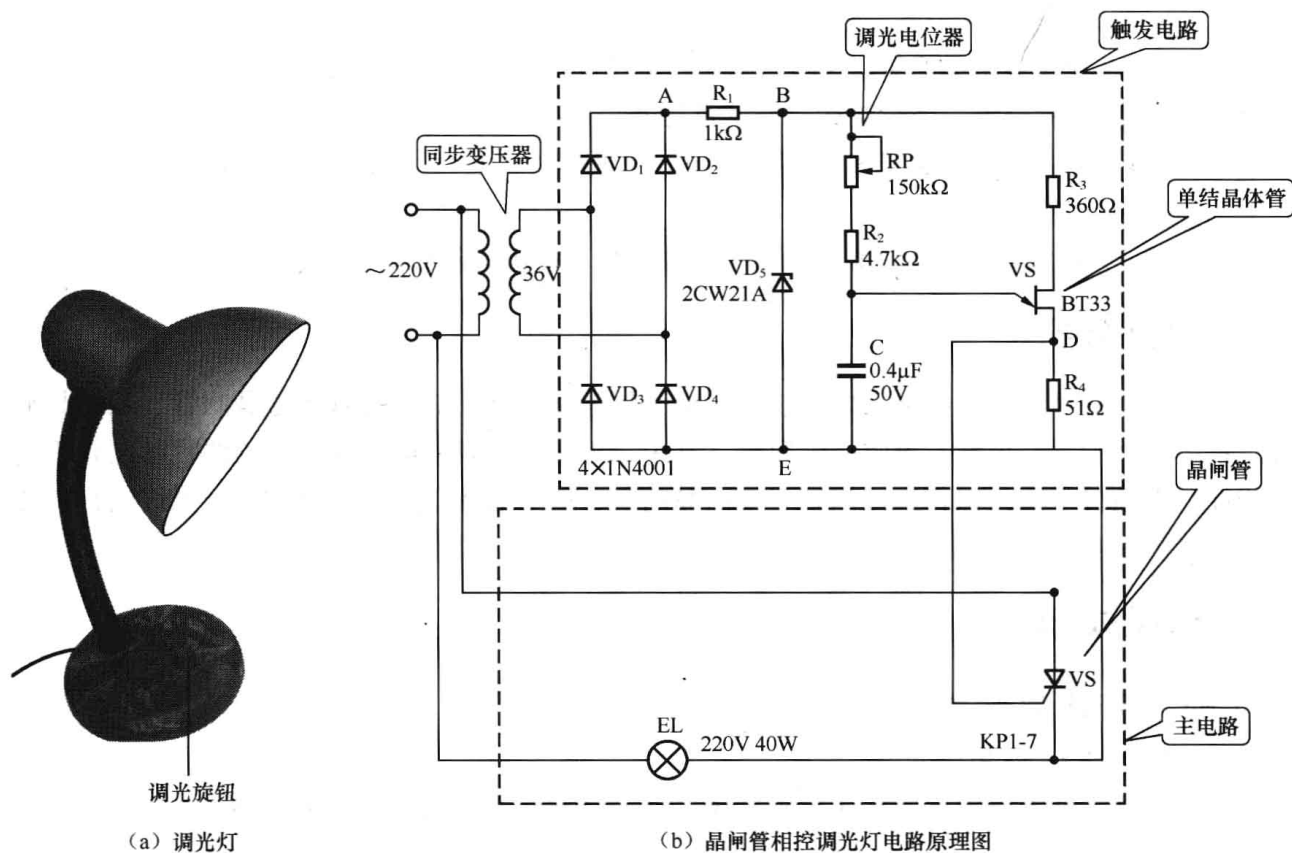


图 1-1 调光灯

调光灯是通过改变流过灯泡的电流，来实现调光的。调光可以是连续调光，也可以是步进调光。常用的方法有可变电阻调光法、调压器调光法、脉冲占空比调光法、晶闸管相控调光法、脉冲调频调光法等。晶闸管相控调光是通过控制晶闸管的导通角，改变输出电压的大小，从而实现调光。由于这种调光方法具有体积小、价格合理和调光功率控制范围宽的优点，是目前使用最为广泛的调光方法。同时，晶闸管相控调光电路也是中级维修电工职业资格考核内容。

根据晶闸管相控调光灯的工作原理，将本模块分解成认识晶闸管和单结晶体管、晶闸管相控调光灯电路两个项目，通过学习相关的知识和实施相应的项目，使学生在完成本模块的项目

后能够做到如下几点。

- ① 认识普通晶闸管、双向晶闸管、可关断晶闸管和单结晶体管器件。
- ② 会选用和检测普通晶闸管、双向晶闸管、可关断晶闸管和单结晶体管。
- ③ 能分析普通晶闸管、双向晶闸管、可关断晶闸管和单结晶体管的工作原理。
- ④ 能分析单相整流电路和单结晶体管触发电路的工作原理。
- ⑤ 能了解触发电路与主电路电压同步的基本概念。
- ⑥ 学会调光灯电路的安装与调试技能。
- ⑦ 在小组合作实施项目过程中培养与人合作的精神。

项目一 认识晶闸管和单结晶体管

【学习目标】

- 观察普通晶闸管、双向晶闸管和单结晶体管的外形，让同学们认识这三种器件的外形结构、端子及型号。
- 通过测试，会判别器件的端子、判断器件的好坏，并能通过原理说明原因。
- 通过选择器件，掌握器件的基本参数，初步具备成本核算意识。

一、项目分析

调光灯是一种最简单的电力电子装置，调光灯电路中常用的器件有普通晶闸管、双向晶闸管、单结晶体管、二极管、电阻、电容等。其中二极管、电阻、电容等是前续课程已经介绍过的器件，本项目主要认识普通晶闸管、双向晶闸管、单结晶体管器件，为分析调光灯电路和其他电力电子电路打下基础。

二、相关知识

（一）普通晶闸管

1. 晶闸管的结构

晶闸管是一种大功率 PNP 4 层半导体元件，具有 3 个 PN 结，引出 3 个极，阳极（A）、阴极（K）、门极（控制极，G），其外形及符号如图 1-2 所示，各引脚名称（A、K、G）标于图中。图 1-2（g）所示为晶闸管的图形符号及文字符号。

晶闸管的内部结构和等效电路如图 1-3 所示。

2. 晶闸管的工作原理

为了说明晶闸管的工作原理，先做一个实验，实验电路如图 1-4 所示。阳极电源 E_A 连接负载（灯泡）接到晶闸管的阳极 A 与阴极 K，组成晶闸管的主电路。流过晶闸管阳极的电流称阳极电流 I_A ，晶闸管阳极和阴极两端电压，称阳极电压 U_A 。门极电源 E_G 连接晶闸管的门极 G 与阴极 K，组成控制电路亦称触发电路。流过门极的电流称门极电流 I_G ，门极与阴极之间的电压称门极电压 U_G 。用灯泡来观察晶闸管的通断情况。该实验分 9 个步骤进行。

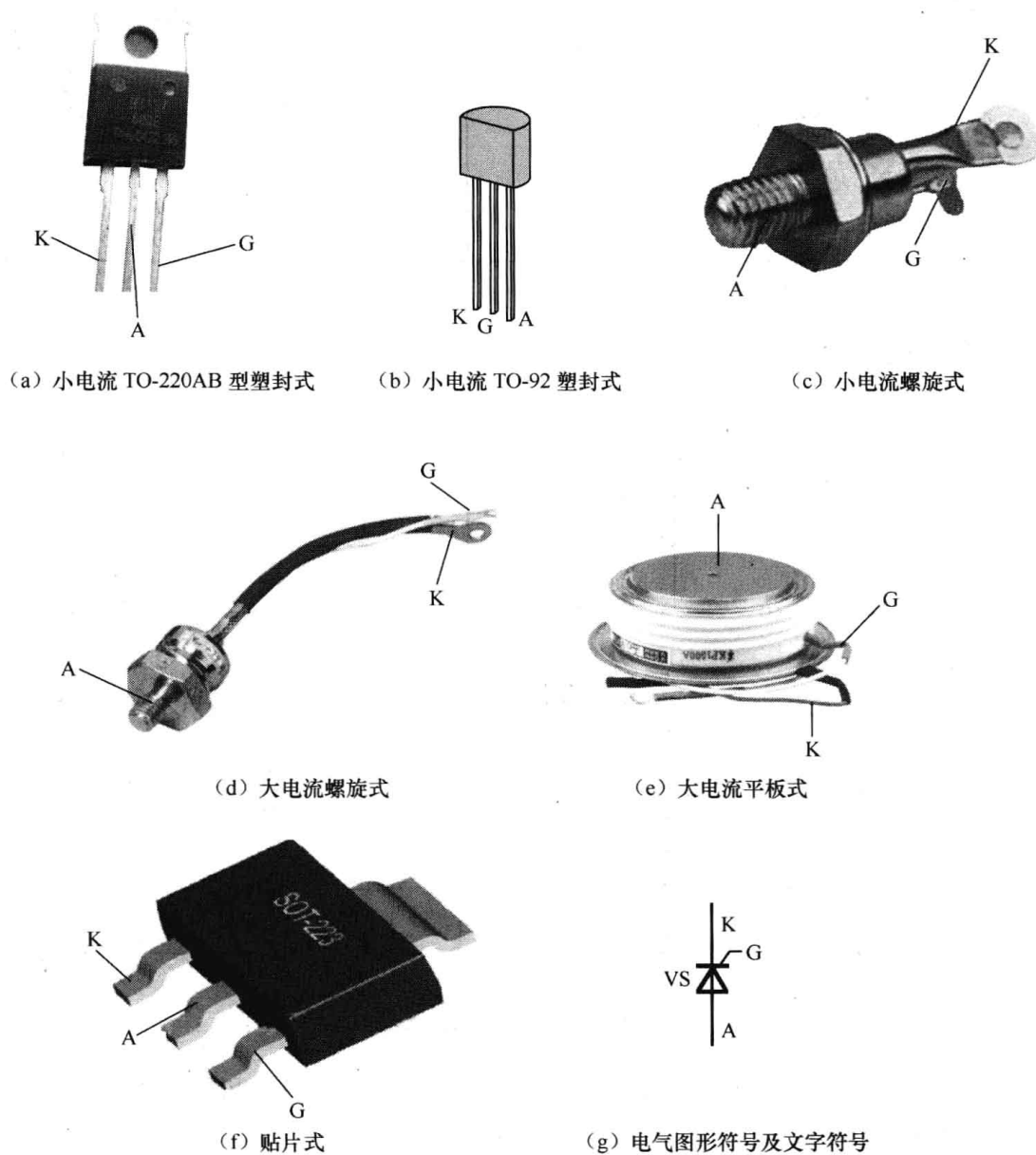


图 1-2 晶闸管的外形及符号

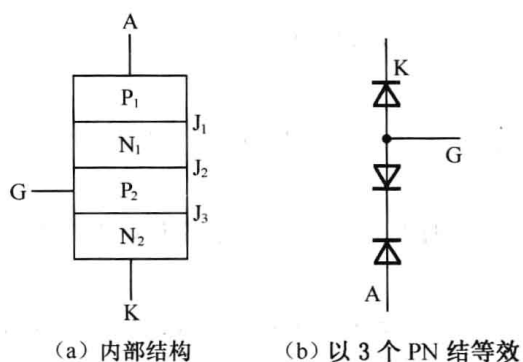


图 1-3 晶闸管的内部结构及等效电路

第一步,按图 1-4 (a) 接线,阳极和阴极之间加反向电压,门极和阴极之间不加电压,指示灯不亮,晶闸管不导通。