

高等学校“十一五”规划教材
高职高专电子信息类系列

电力电子技术

杨 杰 訾兴建 主编

DIANLI DIANZI JISHU



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

高等学校“十一五”规划教材
高职高专电子信息类系列

DIANLI DIANZI JISHU

电力电子技术

杨 杰 訾兴建 主编

陈 静 杨洁霞 何 旭 副主编

常州大学图书馆
藏书章



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

内容简介

本书是结合我国现阶段高职高专的教学特点而编写的,在注重基础理论教育的同时,突出实践性教学环节。本书共分七章,主要内容为电力电子器件、单相可控整流电路、三相可控整流电路、晶闸管的串并联及保护、晶闸管触发与驱动电路、有源逆变电路、交流开关与交流调压电路、无源逆变与变频电路、直流斩波电路、软开关和变频器。在每一章后附录了相关的电力电子技术实验实训。本书注重基本理论的了解,摒弃了繁杂的公式推导过程,同时增加了一些实验实训内容,加强了理论和实践结合能力的锻炼,力求做到知识点与能力点的结合与统一。

本书可作为高职高专电气自动化、机电一体化、应用电子技术、供用电技术、发电厂及电力系统等工科专业的教学用书,也可作为函授和自考的辅导教材,还可作为相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子技术 / 杨杰 曾兴建主编. —合肥:安徽大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-81110-813-2

I. ①电… II. ①杨… 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 151628 号

电力电子技术

杨 杰 曾兴建 主编

出版发行: 北京师范大学出版集团
安 徽 大 学 出 版 社
(安徽省合肥市肥西路3号 邮编 230039)
www.bnupg.com.cn
www.ahupress.com.cn

经 销: 全国新华书店
印 刷: 合肥育才印刷厂
开 本: 184mm×260mm
印 张: 13.5
字 数: 330 千字
版 次: 2010 年 8 月第 1 版
印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷
定 价: 24.50 元
ISBN 978-7-81110-813-2

责任编辑: 赵小文 江 琛 姜 萍
装帧设计: 孟献辉
责任印制: 陈 如 韩 琳

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 0551—5106311

外埠邮购电话: 0551—5107716

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 0551—5106311

前 言

近年来,随着现代电力电子技术的快速发展,新型电力电子器件及电路不断涌现,电力电子技术学科内涵不断发展和更新,电力电子技术在新能源发电、直流输电、节能技术、交直流供电电源、电力机车、城市轻轨交通、船舶推进、电梯控制、机器人控制等领域,以及日常生活等多方面的应用不断扩大和延伸。

本书共分7章,主要介绍了常用电力电子器件的结构、特性及用途,整流电路、直流斩波电路、逆变电路、交流变换电路的工作原理、参数计算及工程应用,并针对现代电力电子技术的飞速发展,特别引入了“软开关技术”及“变频器”等相关内容。为适应高等职业教育的人才培养目标,满足现代经济发展对电力电子技术应用型人才的培养要求,本书在编写中力求突出以下几个特点:

1. 力求突出高职教育教学特色,本着“深入浅出、够用为度、实用为本”的原则,对课程主要理论进行了较为详尽地阐述,在保证内容连贯的前提下,对不常用和较陈旧的知识进行了删减。

2. 淡化理论推导,注重职业岗位及工程实际中常用技术的分析与应用,注重职业素质和创新精神的培养。

3. 结合编者多年实际教学经验,融入了编者教学研究和教学实践中的一些成果与特色。

4. 注重强化学生的工程意识,培养学生掌握专业理论、专业技能与解决实际问题的能力。

5. 注重学生动手能力的培养,每章均精选了实验实训项目并编排在理论知识内容之后,实现了理论教学与实践教学的紧密结合。

本书由芜湖信息技术职业学院杨杰副教授、淮北职业技术学院訾兴建副教授任主编,淮北职业技术学院陈静老师、安徽职业技术学院杨洁霞老师、合肥通用职业技术学院何旭老师任副主编,安徽电子信息职业技术学院路月潭



老师、安徽工商职业学院聂凯老师、安徽水利水电学院唐振老师、安徽机电职业技术学院朱文武老师、安徽工业经济学院姚烨老师参与了本书的编写,全书由杨杰、管兴建最终整理并定稿。上述编者所在学校及安徽大学出版社对本书的编写给予了大力支持,在此一并致以诚挚的谢意。

由于时间仓促和编者水平所限,书中难免存在一些疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

绪 论	1
0.1 什么是电力电子技术	1
0.2 电力电子技术的发展	2
0.3 电力电子技术的应用	4
0.4 本课程的教学要求	4
第 1 章 电力电子器件	6
1.1 电力电子器件概述	6
1.2 不可控型器件——电力二极管	9
1.3 半控型器件——晶闸管	12
1.4 典型全控型电力电子器件	24
1.5 其他新型电力电子器件	35
1.6 电力电子器件的驱动与保护	37
1.7 电力电子器件的串联和并联使用	44
综合实训一 晶闸管的检测与选用	45
习题及思考题	48
第 2 章 整流电路	50
2.1 单相可控整流电路	50
2.2 三相可控整流电路	59
2.3 变压器漏感对整流电路的影响	72
2.4 整流电路的谐波和功率因数	75
2.5 大功率可控整流电路	76
2.6 相控电路的驱动控制	79



综合实训二 单相桥式半控整流电路实验	84
习题及思考题	85
第 3 章 直流斩波电路	87
3.1 直流斩波电路工作原理	87
3.2 降压斩波器	89
3.3 升压斩波器	92
3.4 升降压斩波器	94
3.5 Cuk 斩波器	96
综合实训三 DC/DC PWM 升压、降压变换电路性能实训	99
综合实训四 半桥型开关稳压电源的性能研究	101
习题及思考题	103
第 4 章 逆变电路	105
4.1 有源逆变电路	105
4.2 无源逆变电路	108
4.3 电压型及电流型逆变电路	112
4.4 脉宽调制(PWM)型逆变电路	115
习题及思考题	121
第 5 章 交流变换电路	123
5.1 交流调压电路	123
5.2 交交变频电路	127
5.3 其他交流电力控制电路	131
综合实训五 单相交流调压电路研究	134
习题及思考题	136
第 6 章 软开关技术	138
6.1 软开关的实现及其类型	139



6.2 典型的软开关电路	141
综合实训六 谐振软开关电路实训	148
习题及思考题	151
第 7 章 变频器	152
7.1 变频器的概述	152
7.2 变频器的分类	153
7.3 变频器的结构	155
7.4 变频调速系统	158
7.5 通用变频器功能介绍	171
7.6 变频器的安装及维护	180
7.7 变频器的实例	188
综合实训七 台安变频器的频率设定方法	201
综合实训八 外端子控制变频器运行的运行模式	203
习题及思考题	205
参考文献	206

绪 论

20 世纪 50 年代随着晶闸管的诞生,引起了电力变流技术的革命,从而产生了电力电子技术(Power Electronics)。电力电子技术是一门新兴的电子技术门类,是利用电力电子器件对电能进行变换及控制的一种现代技术。走进 21 世纪,电力电子技术已经渗透到各行各业,几乎所有与航空航天、智能电网、新能源、新材料、通信、机器人、汽车工业、空调制冷等相关的科技成果都不同程度地应用到了电力电子技术,电力电子技术在当今科学技术的发展中扮演着至关重要的角色。

0.1 什么是电力电子技术

电力电子技术可以看成是电子技术的一个分支,主要研究电力的变换、传送、控制和开关,是一门融合了电力技术、电子技术和控制技术的交叉学科,包括电力电子器件、电力电子电路(变流电路)和控制技术 3 个主要组成部分。电力电子技术的研究任务包括电力电子器件的应用、变流电路的基本原理、控制技术,以及电力电子装置的开发与应用等。

1974 年美国学者 W. Newell 提出了电力电子学著名的“倒三角”定义(如图 0-1 所示),把电力电子学定义为一门交叉于电力学、电子学和控制理论三大领域之间的交叉边缘科学,近年来已为各国学术界普遍接受。

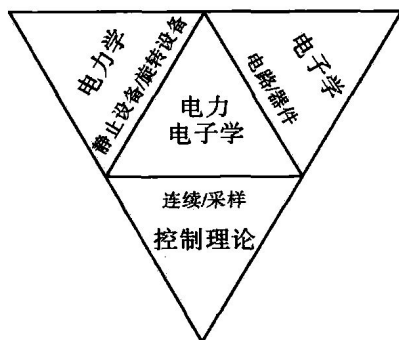


图 0-1 电力电子学倒三角示意图

在实际应用中,电力电子技术利用电力电子器件实现电能的高效率转换和控制(电力学),利用电子器件、电子技术和通信等知识构建电力电子电路(电子学),利用自动控



制系统实现良好的静态和动态特性(控制理论),可见电力电子技术实现了电力学、电子学和控制理论的融合。

0.2 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的发展为基础,伴随着半导体技术的突飞猛进,电力电子器件得到了迅猛的发展,其发展历程如图 0-2 所示。与电力电子器件的发展相对应,变流电路则先后经历了整流器、逆变器和变频器 3 个阶段。在控制技术上也经历了从模拟电路控制到数字信号处理(DSP)、专业控制集成电路(ASIC)、智能控制的发展过程。

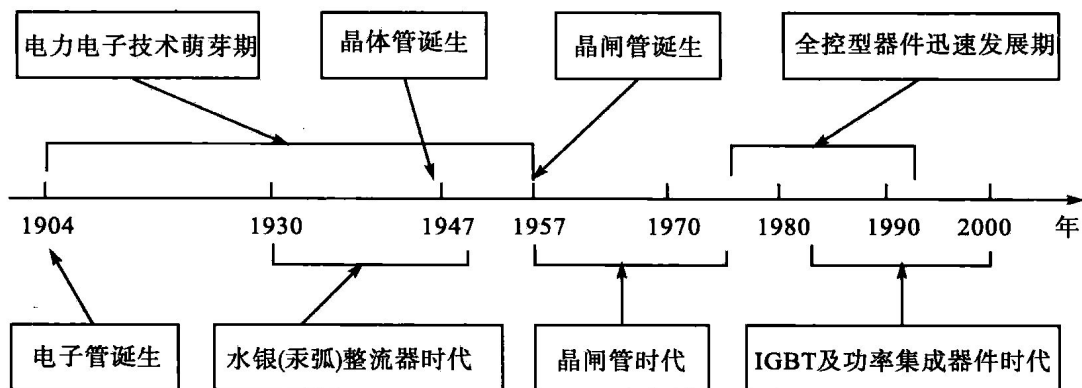


图 0-2 电力电子器件的发展历史

0.2.1 电力电子器件的发展

20 世纪初,水银整流器(汞弧整流器)的出现满足了当时电气化学和电气牵引等对直流电的迫切需要,为电力电子技术的产生奠定了基础。

自 20 世纪 50 年代末第一只晶闸管问世以后,在整流领域晶闸管开始全面替代水银整流器,开辟了电力电子技术发展的新纪元,这标志着电力电子技术的诞生,此时的电力电子技术主要是整流过程(交流转变为直流)和简单的逆变技术。

20 世纪 60 年代中期,晶闸管在功率和频率上有了很大的发展,完全替代了水银整流器,这标志着电力电子技术的形成并日趋成熟。随着晶闸管及其派生器件的产生和发展,以晶闸管为代表的第二代电力电子器件解决了电力电子系统应用中电能变换装置中所存在的能耗大、噪声大等问题,大大提高了电能的利用率。

自 20 世纪 70 年代中期起,随着半导体等关键技术的突破,电力电子器件也由小功率、半控型、低频器件发展到超大功率、高频全控器件,电力晶体管(GTR)、可关断晶闸管(GTO)、电力场控晶体管(功率 MOSFET)、绝缘栅双极型晶体管(IGBT)等第二代电力电子器件应运而生。由于全控型器件可以控制开通和关断,大大提高了开关控制的灵

活性。

20 世纪 90 年代以来,电力电子器件进一步向高频化、集成化和智能化方向发展,其中功率集成电路(PIC)的出现是这种发展方向的重要标志。功率集成电路是将高压功率器件与信号处理系统及外围接口电路、保护电路、检测诊断电路等集成在同一芯片的集成电路,目前已形成了智能功率集成电路,它将信息采集、处理与功率控制合而为一,电力电子技术已经进入了全新的智能化时代。

0.2.2 电力电子变流电路的发展

电力电子器件、变流电路是电力电子技术中两个重要的组成部分。随着电力电子器件的迅猛发展,变流电路也随之发生了日新月异的变化,共有整流电路、逆变电路、调压电路和斩波电路 4 种形式(如图 0-3 所示),先后经历了整流器、逆变器和变频器 3 个发展阶段。

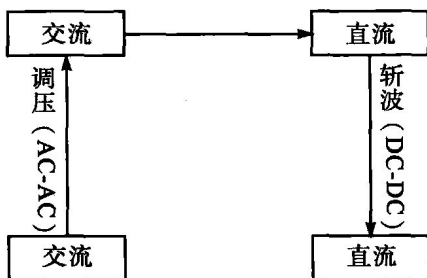


图 0-3 变流电路四种基本形式

在工业用电消费中,电解电镀(有色金属和化工原料需要直流电解)、电力牵引(电气机车、地铁机车、城市无轨电车等)和直流传动(轧钢、造纸等)都需要使用直流电,所以需要将工频交流电转化为直流电。在 20 世纪 60 年代和 70 年代的晶闸管时代,大功率硅整流二极管和晶闸管组成的整流电路得到了很大的发展。

20 世纪 70 年代,交流电动机变频调速因节能效果显著而得到迅速发展。变频调速的关键技术是将直流电逆变为 $0\sim 100\text{Hz}$ 的交流电。随着大功率晶闸管、巨型功率晶体管和门极可关断晶闸管的广泛应用,实现了由蓄电池、干电池、太阳能电池等直流电源向交流负载供电的逆变电路。除此之外,逆变电路还广泛应用于交流电机调速变频器、不间断电源、感应加热电源等电力电子装置的核心部分。

0.2.3 电力电子控制技术的发展

在将控制技术运用于电力电子之初,均采用模拟电路实现控制调节,但是其电路结构复杂、调试困难、温度特性差。随着单片机的出现,单片机逐渐替代模拟电路控制,简化了电路结构,提高了控制精度。当系统要实现非线性控制时,需要大量的运算,此时单片机的资源明显不足。这些复杂控制对控制电路的要求越来越高,因此,数字信号处理器、现场可编程门阵列逻辑(FPGA)、专用控制集成电路(ASIC)等器件逐渐应用到电力



电子技术控制中,大大提高了控制的效率。

0.3 电力电子技术的应用

电力电子技术广泛应用于电源系统、电力系统、变频调速系统、新能源技术、节能照明技术、感应加热等方面,主要分布在一般工业、交通运输、电力系统、家用电器等领域。

在电源方面,通过电力电子技术对电能的处理,使电能的使用达到合理、高效和节约,实现了电能使用最佳化。因此,电源是电力电子技术应用的一个重要方面,包括直流开关电源、电池及充电装置、不停电电源等多种形式。计算机系统的绿色电源、通信装置高频开关电源、无轨电车、地铁列车、电动车的无级变速斩波器等都是电力电子技术在电源系统中的典型应用。

20 世纪 80 年代后期,电力电子技术在电力系统有了许多应用,诸如,灵活交流输电技术(FACTS)、定质电力技术(Custom Power Technology)、新型直流输电技术(特别是高压直流输电技术)、同步开关技术(Synchronized Switching)、电力有源滤波器等。

变频调速是通过变频器实现对交流电机速度的控制。变频调速已经广泛应用于工业、交通运输、家用电器等领域。

我国大力提倡节能环保,使用清洁能源,在这些领域电力电子技术也无处不在。大到太阳能发电(光伏技术)、风力发电,小到家用电器中的电子镇流器、节能灯等都体现了电力电子技术在新能源、家电领域中的突出作用。

另外,电力电子技术还可以应用于工业冶炼、电焊、电磁加热等加热环节。通过整流、逆变将信号转变为高频电流,从而产生大量的热。

0.4 本课程的教学要求

电力电子技术是电气类专业的专业基础课,是一门理论与应用相结合的课程,具有很强的实践性。内容包括:电力电子器件的结构、特性及用途,整流电路、直流斩波电路、逆变电路、交流变换电路的工作原理、参数计算及工程应用,软开关技术及变频器等几个方面。

学生通过本课程的学习,掌握电力电子技术必要的基本理论、基本分析方法以及基本技能,为学习后续专业课程打下一定的基础。

本课程的基本要求:

(1)了解电力电子技术的应用和发展方向。

(2)熟悉和掌握各种电力电子器件的结构、工作原理、特性和使用方法。

(3)熟练掌握单相、三相整流电路的基本原理、波形分析和各种负载对电路工作的影响,并能对上述电路进行设计、计算。



- (4) 熟练掌握无源逆变电路、直流斩波变换电路的工作原理、波形分析和参数计算。
- (5) 了解软开关技术的基本原理与控制方式。
- (6) 掌握变频器及调速系统的工作原理和应用。
- (7) 掌握基本实验方法、基本实验技能。

第 1 章 电力电子器件

电力电子器件是千变万化的电力电子电路的核心,掌握各种常用电力电子器件的特性和正确使用方法是我们学好电力电子技术的基础。

1.1 电力电子器件概述

1.1.1 电力电子器件的概念和特征

在电气设备或电力系统中,直接承担电能的变换或控制任务的电路被称为“主电路”(Power Circuit)。电力电子器件(Power Electronic Device)是指可直接用于处理电能的主电路中,实现电能的变换或控制的电子器件。它是电子器件的一大分支,能承受高电压和大电流,是弱电控制强电的纽带。电力电子器件目前往往专指电力半导体器件,其主要制造材料仍然是单晶硅。由于电力电子器件直接用于处理电能的主电路,因而同处理信息的电子器件相比,它一般具有如下的特征:

(1)电力电子器件所能处理电功率的大小,也就是其承受电压和电流的能力,是最重要的参数。其处理电功率的能力小至毫瓦级,大至兆瓦级,一般都远大于处理信息的电子器件。

(2)因为处理的电功率较大,所以为了减小本身的损耗,提高效率,电力电子器件一般都工作在开关状态。在对电能的变换和控制过程中,电力电子器件可以抽象成图 1-1 所示的理想开关模型,它有 3 个电极,其中 A 和 B 代表开关的 2 个主电极,K 是控制开关通断的控制极。它只工作在“通态”和“断态”两种情况下,导通时(通态)阻抗很小,接近于短路,管压降接近于零,而电流由外电路决定;阻断时(断态)阻抗很大,接近于断路,电流几乎为零,而管子两端电压由外电路决定,就像普通晶体管的饱和与截止状态一样。电力电子器件的动态特性(也就是开关特性)和参数,也是电力电子器件特性很重要的方面,有些时候甚至上升为第一位的重要问题。通常将一个电力电子器件或者外特性像一个开关的几个电力电子器件的组合称为“电力电子开关”,或称“电力半导体开关”。广义上讲,电力电子开关有时候也指由电力电子器件组成的、在电力系统中起开关作用的电气装置。做电路分析时,为简单起见,电力电子开关往往用理想开关来代替。

(3)在实际应用中,电力电子器件往往需要由信息电子电路来控制。由于电力电子器件所处理的电功率较大,普通的信息电子电路信号一般不能直接控制电力电子器件的



导通或关断,需要一定的中间电路对这些控制信号进行适当的放大,这就是所谓的“电力电子器件的驱动电路”。

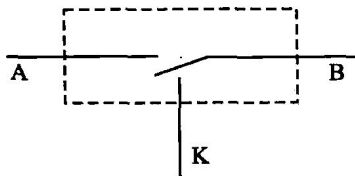


图 1-1 电力电子器件的理想开关模型

(4) 尽管工作在开关状态,但是电力电子器件自身的功率损耗通常仍远大于信息电子器件,因而为了保证不至于因损耗散发的热量导致器件温度过高而损坏,不仅在器件封装上比较讲究散热设计,而且在其工作时一般都还需要安装散热器。这是因为电力电子器件在导通或者阻断状态下,并不是理想的短路或者断路。导通时器件上有一定的通态压降,阻断时器件上有微小的断态漏电流流过,尽管其数值都很小,但分别与数值较大的通态电流和断态电压相作用,就形成了电力电子器件的通态损耗和断态损耗。此外,还有在电力电子器件由断态转为通态(开通过程)或者由通态转为断态(关断过程)的转换过程中产生的损耗,分别称为“开通损耗”和“关断损耗”,总称“开关损耗”。对某些器件来讲,驱动电路向其注入的功率也是造成器件发热的原因之一。通常来讲,除一些特殊的器件外,电力电子器件的断态漏电流都极其微小,因而通态损耗是电力电子器件功率损耗的主要成因。当器件的开关频率较高时,开关损耗会随之增大而可能成为器件功率损耗的主要因素。

1.1.2 电力电子器件的系统组成

如图 1-2 所示,电力电子器件在实际应用中,一般是由控制电路、驱动电路和以电力电子器件为核心的主电路所组成的一个系统。由信息电子电路组成的控制电路按照系统的工作要求形成控制信号,通过驱动电路去控制主电路中电力电子器件的导通或者关断,来完成整个系统的功能。因此,从宏观的角度讲,电力电子电路也被称为“电力电子系统”。在有的电力电子系统中,需要检测主电路或者应用现场中的信号,再根据这些信号并按照系统的工作要求来形成控制信号,这就还需要有检测电路。通常将检测电路和驱动电路这些主电路以外的电路都归为控制电路,从而粗略地说电力电子系统是由主电路和控制电路组成。因此,在主电路和控制电路连接的路径上,如驱动电路与主电路的连接处,或者驱动电路与控制信号的连接处,一般需要进行电气隔离,通过其他手段如光、磁等来传递信号。此外,由于主电路中往往有电压和电流的过冲,而电力电子器件一般比主电路中普通的元器件要昂贵,但承受过电压和过电流的能力却要差一些,因此,在主电路和控制电路中需附加一些保护电路,以保证电力电子器件和整个电力电子系统正常可靠地运行。

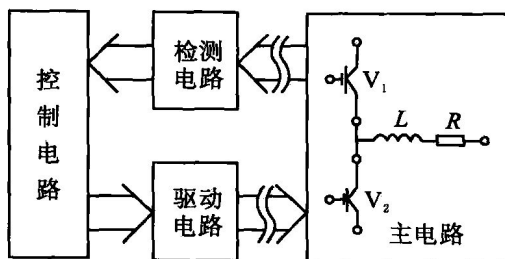


图 1-2 电力电子器件在实际应用中的系统组成

1.1.3 电力电子器件的分类

按照电力电子器件被控制电路信号所控制的程度,可将电力电子器件分为以下 3 类:

(1)不可控型器件:不能用控制信号来控制其通断的电力电子器件。因此,该类电力电子器件不需要驱动电路。这种器件只有 2 个端子,其基本特性与信息电子电路中的二极管一样,器件的导通和关断完全是由其在主电路中承受的电压和电流决定的,如 PN 结整流管、肖特基势垒二极管等。

(2)半控型器件:通过控制信号可以控制其导通而不能控制其关断的电力电子器件。这类器件通常为三端器件,晶闸管及其大部分派生器件属这一类,器件的关断完全是由其在主电路中承受的电压和电流决定的。

(3)全控型器件:通过控制信号既可控制其导通,又可控制其关断的电力电子器件。这种器件又称“自关断器件”,是三端器件。这类器件品种很多,目前最常用的是绝缘栅双极型晶体管和电力场效应晶体管,在处理兆瓦级大功率电能的场合,门极可关断晶闸管的应用也较多。

按照驱动电路加在电力电子器件控制端和公共端之间信号的性质,又可以将电力电子器件(电力二极管除外)分为电流驱动型和电压驱动型两类。如果是通过从控制端注入或者抽出电流来实现导通或者关断的控制,这类电力电子器件被称为“电流驱动型电力电子器件”,或者“电流控制型电力电子器件”。如果是仅通过在控制端和公共端之间施加一定的电压信号就可实现导通或者关断的控制,这类电力电子器件则被称为“电压驱动型电力电子器件”,或者“电压控制型电力电子器件”。由于电压驱动型器件实际上是通过加在控制端上的电压在器件的两个主电路端子之间产生可控的电场来改变流过器件的电流大小和通断状态的,所以电压驱动型器件又被称为“场控器件”,或者“场效应器件”。

此外,电力电子器件还可以按照器件内部电子和空穴 2 种载流子参与导电的情况分为单极型器件、双极型器件和复合型器件 3 类。由一种载流子参与导电的器件称为“单极型器件”;由电子和空穴两种载流子参与导电的器件称为“双极型器件”;由单极型器件和双极型器件集成混合而成的器件则被称为“复合型器件”,也称“混合型器件”。

以下各节将按照不可控器件、半控型器件、典型全控型器件和其他新型器件的顺序,分别介绍各种电力电子器件的工作原理、基本特性、主要参数以及选择和使用中应注意

的一些问题,然后集中讲述电力电子器件的驱动、保护和串、并联使用这3个问题。

1.2 不可控型器件——电力二极管

电力二极管(Power Diode)自20世纪50年代初期就获得应用,当时也被称为“半导体整流器”(简称SR)。虽然是不可控器件,但其结构和原理简单,工作可靠,所以,直到现在,电力二极管仍然大量应用于许多电气设备当中,特别是快恢复二极管和肖特基二极管,仍分别在中、高频整流和逆变以及低压高频整流等场合具有不可替代的地位。

1.2.1 PN结与电力二极管的工作原理

电力二极管的基本结构和工作原理与信息电子电路中的二极管是一样的,都是以半导体PN结为基础的。电力二极管实际上是由一个面积较大的PN结和两端引线封装组成的。图1-3是电力二极管的外形、结构和电气图形符号。从外形上看,电力二极管主要有螺栓型和平板型两种封装。

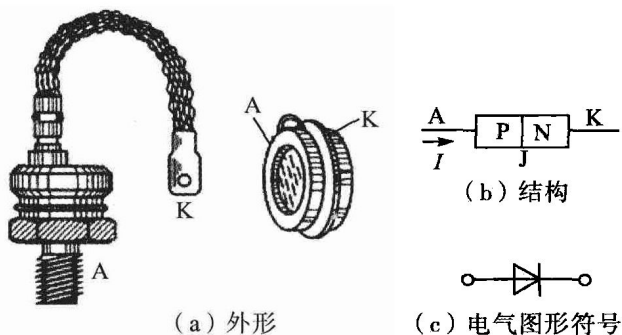


图 1-3 电力二极管的外形、结构和电气图形符号

PN结具有单向导电性。当PN结外加正向电压(正向偏置),即P正N负时,在外电路上形成自P区流入N区流出的电流,称之为“正向电流” I_F 。当外加电压升高时,电流进一步增加,PN结正向导通。当PN结上流过的正向电流较小时,二极管的电阻值较高且为常量,因而管压降随正向电流的上升而增加;当PN结上流过的正向电流较大时,其电阻率明显下降,也就是电导率大大增加,这就是电导调制效应。电导调制效应使得PN结在正向电流较大时压降仍然很低,维持在1V左右,所以正向偏置的PN结表现为低阻态。

当PN结外加反向电压(反向偏置),即P负N正时,在外电路上形成自N区流入P区流出的电流,称之为“反向电流” I_R ,但这个电流极小。因此反向偏置的PN结表现为高阻态,几乎没有电流流过,被称为“反向截止状态”。这就是PN结的单向导电性,二极管的基本原理就在于PN结的单向导电性这个主要特征。

PN结具有一定的反向耐压能力,但当施加的反向电压过大,反向电流将会急剧增