

高等学校 **电气工程及其自动化专业** 应用型本科系列规划教材

电力电子技术

(第2版)

DIANLI DIANZI YINGYONG JISHU

主 编 雷慧杰
副主编 卢春华 李正斌



重庆大学出版社

电力电子技术

DIANLI DIANZI YINGYONG JISHU

(第2版)

主 编 雷慧杰

副主编 卢春华 李正斌



重庆大学出版社

内容提要

本书介绍了典型电力电子器件和由这些器件组成的各种电力电子电路。全书共分7章。绪论部分主要介绍电力电子技术的基本概念和发展史、主要应用领域及本书的学习方法;第1章介绍作为电力电子变流开关的各种电力电子器件;第2~5章分别介绍整流电路、无源逆变电路、直流-直流变换电路以及交流-交流变换电路,并对各种变流电路的应用和仿真作了介绍;第6章介绍PWM原理与控制技术;第7章介绍电力电子器件的驱动技术和保护措施。

本书主要作为工程应用型高等院校自动化、电气工程及其自动化等电类专业教材,也可为广大科技工作者和工矿企业从事相关专业的工程技术人员提供参考和帮助。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子应用技术 / 雷慧杰主编. -- 2版. -- 重庆:
重庆大学出版社, 2017.7

高等学校电气工程及其自动化专业应用型本科系列规划教材

ISBN 978-7-5689-0658-6

I. ①电… II. ①雷… III. ①电力电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第175675号

电力电子应用技术

(第2版)

主 编 雷慧杰

副主编 卢春华 李正斌

策划编辑:彭 宁

责任编辑:彭 宁 版式设计:彭 宁

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆市正前方彩色印刷有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.25 字数:352千

2017年7月第2版 2017年7月第2次印刷

印数:1 501—2 500

ISBN 978-7-5689-0658-6 定价:35.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

电力电子技术是利用电力电子开关器件进行电能变换和控制的技术。作为自动化、电气工程及其自动化专业一门重要的专业基础必修课,电力电子技术课程的地位相当重要。本书定位于工程应用型高等院校,以培养工程应用型人才为主要目标,注重应用能力的培养。全书内容以电力电子器件为基础,以各种电力变换电路为重点,结合应用案例和仿真,重点分析各种电路的结构特点和工作原理,为后续课程的学习和实际工作奠定基础。

全书共分7章,包括电力电子器件、可控整流及有源逆变、无源逆变电路、直流-直流变换电路、交流-交流变换电路、PWM原理与控制技术和电力电子器件的驱动与保护。本书建议讲授48~56学时,另加12学时实验,可根据具体情况适当调整教学内容。

本书的第1章、第3章、第5章、第6章、第7章主要由雷慧杰编写,第2章主要由卢春华编写,第4章主要由于江涛编写,绪论和第5章主要由李正斌编写。各章节的仿真由雷慧杰编写,安阳钢铁集团公司电气工程师张艳伟编写部分章节的应用部分即2.8节、3.4节、4.3节、6.3节。全书由雷慧杰统稿、定稿。

本书在编写过程中得到了安阳工学院电子信息与电气工程学院赵建周教授、张继军教授和赵艳春高级实验师的大力支持,同时秦长海教授对本书的编写给予了指导,在此表示衷心的感谢。同时本书的编写参考了很多同类教材,一部

分在参考文献中列出,但还有很多不能一一列出,在此一并表示感谢。

限于编者的学识水平,加之时间仓促,本书中难免存在不足和疏漏之处,恳请读者谅解并予以指正,我们将不胜感激。

编者
2016年10月

目 录

绪 论	1
0.1 电力电子技术的概念	1
0.2 电力电子技术的发展史	3
0.3 电力电子技术的应用领域	5
0.4 电力电子电路的仿真	7
0.5 本教材的主要内容和学习方法	8
习题	9
第1章 电力电子器件	10
1.1 电力电子器件概述	10
1.2 不可控器件	14
1.3 半控型器件	20
1.4 典型全控型器件	29
1.5 其他全控型电力电子器件	38
1.6 宽禁带电力电子器件	41
1.7 电力电子器件仿真模型	42
本章小结	48
习题	48
第2章 整流电路	50
2.1 单相可控整流电路	51
2.2 三相可控整流电路	69
2.3 大功率可控整流电路	83
2.4 交流侧电感对相控整流电路性能的影响	87
2.5 电容滤波的不可控整流电路	90
2.6 全控整流电路的有源逆变	94

2.7 整流电路的相位控制	99
2.8 整流电路的应用	105
2.9 整流电路的仿真	111
本章小结	122
习题	123
第3章 无源逆变电路	125
3.1 逆变电路概述	125
3.2 电压型逆变电路	129
3.3 电流型逆变电路	135
3.4 逆变电路的应用	141
3.5 逆变电路的仿真	145
本章小结	153
习题	153
第4章 直流-直流变换电路	154
4.1 基本斩波电路	154
4.2 带隔离的直流-直流变流电路	161
4.3 直流-直流变换电路的应用	167
4.4 直流-直流变换电路的仿真	171
本章小结	176
习题	176
第5章 交流-交流变换电路	177
5.1 交流调压电路	178
5.2 交流调功电路	186
5.3 交-交变频电路	187
5.4 矩阵式变频电路	193
5.5 交流-交流变换电路的应用	196
5.6 交流-交流变换电路的仿真	202
本章小结	207
习题	207
第6章 PWM 原理与控制技术	208
6.1 PWM 控制的基本原理	208
6.2 PWM 逆变电路及其控制方法	209

6.3 PWM 逆变电路的应用	214
6.4 PWM 逆变电路的仿真	223
本章小结	226
习题	226
第 7 章 电力电子器件的驱动和保护	228
7.1 电力电子器件的驱动技术	228
7.2 电力电子器件的保护	231
本章小结	234
习题	235
参考文献	236

绪 论

在自动化领域工业生产中广泛应用的电力传动系统是由电动机、功率放大与变换装置、控制器及相应的传感器四部分组成,如图 0.1 所示。高性能的电源装置是由电力电子器件组成的电力电子变流电路。电路系统中,电能质量的提高、电力的传输及洁净能源的并网越来越多地依靠电力电子技术来完成,而各种控制装置及检测环节所使用的电源也是由电力电子电路变换而来的。生活和工业生产中广泛应用的各类电源(开关电源、UPS 电源、电池充电电源、工业电解电镀电源、直流电焊机电源、交流稳压电源、感应加热电源等)都是电力电子产品。因此,电力电子技术在日常生活和工业生产中,特别是在自动化领域和电力系统中占有越来越重要的地位。

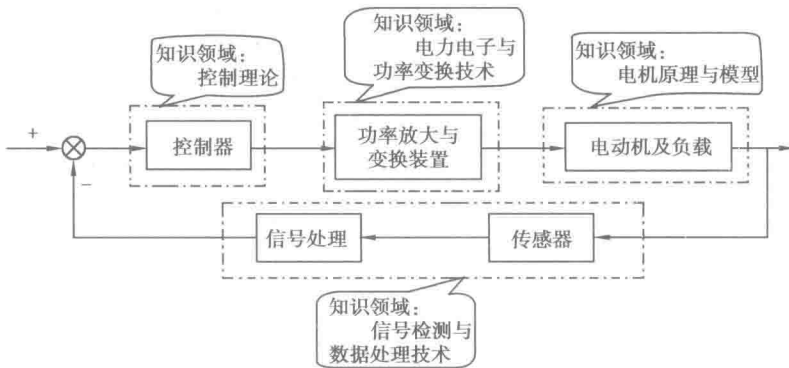


图 0.1 电力传动系统原理框图

0.1 电力电子技术的概念

0.1.1 电力电子技术的基本概念

根据国际电工委员会(IEC)给出的定义,电力电子技术是将电子技术和控制技术引入传统的电力技术领域,利用半导体电力开关器件组成各种电力变换电路实现电能的(高效能)变换和控制的一门完整的学科,也称为电力电子学(Power Electronics)。它一般是指以电力为控

制对象,运用各种电力电子器件,对电能进行电压、电流、频率和波形等方面的控制和变换的技术,也可以简单地描述为应用于电力领域的电子技术。

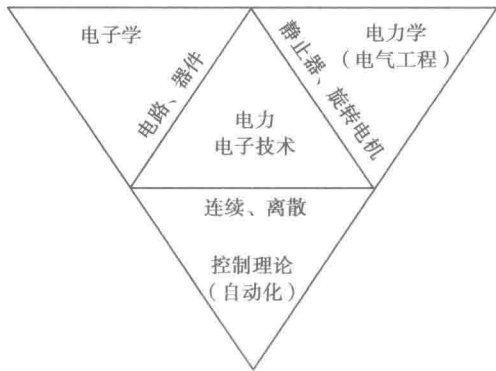


图 0.2 W.Newell 倒三角理论

电力电子学(Power Electronics)名称在 20 世纪 60 年代出现。1973 年,第四届国际电力电子会议首次引用美国学者 W.Newell 关于电力电子技术的倒三角形描述,如图 0.2 所示。W.Newell 认为电力电子技术是由电力学、电子学和控制理论三个学科交叉而形成的,这一观点被全世界普遍接受。直到 1980 年,国际上又出现了电力电子技术的新定义,如图 0.3 所示。新定义几乎覆盖了所有电工及电气学科,体现了电力电子技术是一门多学科相互渗透的综合性技术学科。两种定

义的差别反映了电力电子技术的迅速发展,所涉猎以及应用领域的不断扩大,预示着电力电子技术无限的发展前景和未来。

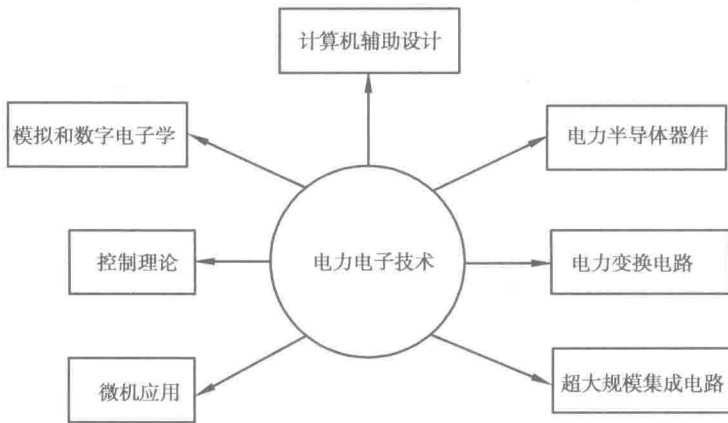


图 0.3 电力电子技术的新定义

0.1.2 电力电子技术与信息电子技术的区别

电子技术包括信息电子技术和电力电子技术两大类。

模拟电子技术和数字电子技术都属于信息电子技术,它主要用于信息处理,所使用的器件为半导体材料制成的电子器件。在信息电子电路中,电子器件大多工作于放大状态,也可处于开关状态。因工作于弱电场合,故其损耗发热较小。

电力电子技术主要用于电力变换和控制,所变换的电力功率从数 W 到数百 MW 甚至 GW。这是电力电子技术与信息电子技术在功能上的本质区别。它所使用的器件为电力电子器件,也是利用半导体材料,使用集成电路制造工艺或微电子制造技术制成的,这一点与信息电子技术同根同源。在电力电子电路中,为避免功率损耗过大,电力电子器件一般工作在开关状态。尽管如此,其自身功率损耗仍远大于信息电子器件,为了保证器件不至于因发热而

损坏,一般需安装散热器。实际上,电力电子器件一般需要信息电子电路来控制 and 驱动。

0.1.3 电力变换

电力电子技术有两大分支:一个是电力电子器件制造技术;另一个是变流技术(电力电子器件的应用技术)。变流技术包括用电力电子器件构成电力变换电路和对其进行控制的技术,以及由这些电路构成电力电子装置和电力电子系统的技术。电力电子器件制造技术是电力电子技术的基础,其理论基础是半导体物理;变流技术是电力电子技术的核心,理论基础是电路理论。

电力通常有交流和直流两种,从公用电网直接得到的电力是交流,从蓄电池和干电池得到的电力是直流。为了满足人们生产生活需要,通常要求进行电力变换。

如表 0.1 所示,电力变换通常分为四大类,即交流变直流(AC/DC)、直流变交流(DC/AC)、直流变直流(DC/DC)、交流变交流(AC/AC)。交流变直流称为整流,它是发展最早、最成熟的电力变换类型,整流技术的出现甚至早于电力电子技术本身(1957年)。直流变交流称为逆变。直流变直流是指一种电压(或电流)的直流变为另一种电压(或电流)的直流,可用直流斩波电路实现。交流变交流可以是电压或电力的变换,称为交流电力控制,也可以是频率或相数的变换。进行上述电力变换的技术就是变流技术。

表 0.1 电力变换种类

输出 \ 输入	交流(AC)	直流(DC)
直流(DC)	整流	直流斩波
交流(AC)	交流电力控制、 变频、变相	逆变

0.2 电力电子技术的发展史

电力电子器件的发展对电力电子技术的发展起着决定性的作用,因此,电力电子技术的发展史是以电力电子器件的发展史为纲的。电力电子技术的发展史如图 0.4 所示。

电力电子技术的发展方向,是从以低频技术处理问题为传统的电力电子学转变为以高频技术处理为主的电力电子学。一般认为,电力电子技术的诞生是以 1957 年美国通用电气公司研制出的第一个晶闸管为标志的。由于其功率处理能力的突破,于是以整流管和晶闸管为核心的、对电能处理的庞大分支从电子技术中分离出来,形成了电力电子技术。其发展先后经历了整流器时代(晶闸管时代)、全控型器件时代和电力电子集成电路时代(PIC),到了 20 世纪 80 年代末 90 年代初,以电力 MOSFET 和 IGBT 为代表的集高频、高压和大电流于一身的功率半导体复合器件的兴起,表明传统电力电子技术已经进入了新的电力电子技术时代。

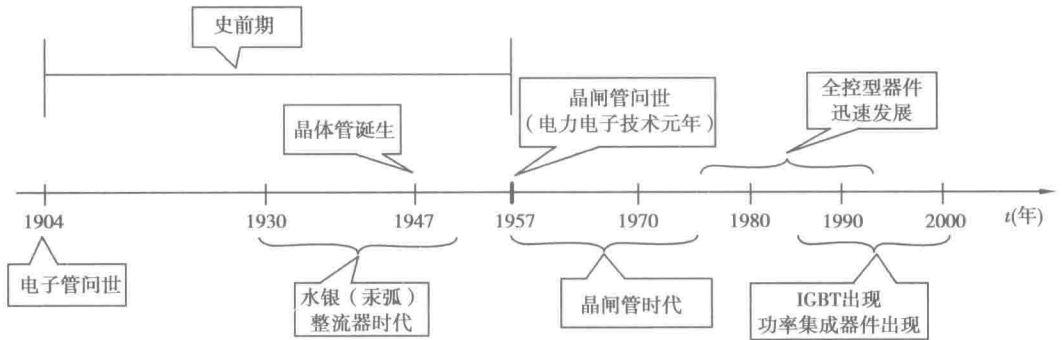


图 0.4 电力电子技术发展史

(1) 整流器时代

大功率的工业用电由工频(50 Hz)交流发电机提供,但是大约 20%的电能是以直流形式消耗的,其中最典型的是电解(有色金属和化工原料需要直流电解)、牵引(电气机车、电传动的内燃机车、地铁机车、城市无轨电车等)和直流传动(轧钢、造纸等)三大领域。因此,把大功率的交流电变成直流电就成为迫切的工业需求。

在晶闸管出现之前,用于整流的电子技术就已经存在了,比如 20 世纪 30 年代迅速发展的水银整流器。它把水银封于密闭罐内,利用对其蒸汽的电弧可对大电流进行控制,其原理与晶闸管非常相似。这一时期,水银整流器广泛应用于电化学工业、电气铁道直流变电所以及轧钢用直流电动机的传动。但是,由于水银本身对人体有害,且其电压降过大,性能不够理想,因此逐渐被电气性能和控制性能更优越的晶闸管所取代。所以电力电子技术的概念和基础就是由于晶闸管及晶闸管变流技术的发展而确立的。但是晶闸管属于半控型器件,对它的控制方式主要是相位控制方式,简称相控方式。晶闸管的关断通常依靠电网电压等外部条件来实现,这就使得它的应用受到了很大的限制。

(2) 全控型器件时代

20 世纪 70 年代后期,以门极可关断晶闸管(GTO)、电力双极型晶体管(GTR)和电力场效应晶体管(Power-MOSFET)为代表的全控型器件迅速发展。它们的开关速度普遍高于晶闸管,可用于开关频率较高的电路。这些优越的性能使得电力电子技术的面貌焕然一新,把电力电子技术推到了一个新的发展阶段。

与晶闸管电路的相位控制方式相对应,采用全控型器件电路的主要控制方式为脉冲宽度调制(PWM)方式。PWM 控制技术在电力电子变流技术中占有十分重要的位置,它在逆变、直流斩波、整流、交流-交流控制等所有电力电子电路中均有应用。它使电路的控制性能大为改善,使以前难以实现的功能也得以实现,对电力电子技术的发展产生了深远的影响。

在这一阶段中,最具代表性的产品是交流电动机的变频调速装置,其调速性能、功率范围、价格都可与直流传动相媲美,交流调速大量应用并占据了主导地位。除此之外,不间断电源(UPS)、变频电源、开关电源、电磁灶等也是这一时期的热门产品。

在 20 世纪 80 年代后期,以绝缘栅极双极型晶体管(IGBT)为代表的复合型器件异军突起。它是 MOSFET 和 GTR 的复合,综合了两者的优点,性能十分优越,已成为现代电力电子技术的主导器件。

(3) 电力电子集成电路时代(PIC)

为了使电力电子装置的结构紧凑、体积减小,常常把若干个电力电子器件及必要的辅助

元件做成模块的形式。后来,又把驱动、控制、保护电路和电力电子器件集成在一起,就构成了电力电子集成电路(PIC)。目前 PIC 的功率都还较小,电压也较低。高度集成化将面临电压隔离(主电路为高压,而控制电路为低压)、热隔离(主电路发热严重)、电磁干扰(开关器件通断高压大电流,它和控制电路处于同一芯片上)等几大难题,但它代表了电力电子技术发展的一个重要方向。

目前,电力电子集成技术的发展十分迅速,除以 PIC 为代表的单片集成技术外,电力电子集成技术发展的焦点是混合集成技术,即把不同的单个芯片集成封装在一起。这样,虽然其功率密度不如单片集成,但却为解决上述三大难题提供了很大的方便。这里,封装技术就成了关键技术。除单片集成和混合集成外,系统集成也是电力电子集成技术的一个重要方面,特别是对于超大功率集成技术更是如此。

电力电子技术在 21 世纪的主要研究方向之一是实现电力电子装置的“无公害绿色化”,其含义是:装置功率因数接近 1,输入电流正弦无谐波;电压、电流均过零切换,以实现开关损耗为零;避免装置对电网与负载的电磁辐射和射频干扰。如前所述,电力电子技术的每一次飞跃都是以新器件的出现为契机的,那么,要实现“无公害绿色化”,电力电子器件的发展方向主要有以下六个方面:

①大容量化。应用微电子工艺,使单个器件的电压、电流容量进一步提高,以满足高压大电流需求。

②高频化。采用新材料、新工艺,在一定的开关损耗下尽量提高器件的开关速度,使装置运行在更高频率。

③易驱动。由电流驱动发展为电压驱动,大力发展 MOS 结构的复合器件。由于驱动功率小,因此可研制专用集成驱动模块,甚至把驱动与器件制作于一个芯片,以便更适合中小功率控制。

④降低导通管压降。研制出比肖特基二极管正向压降还低的器件以提高变流效率、节省电能,特别适用于便携式低压电器。

⑤模块化。采用制造新工艺如塑封化、表面贴装化和桥式化,将几个器件封装在一起以缩小体积与减小连线。如几个 IGBT 器件与续流管以及保护、检测器件、驱动等组成桥式模块,称为智能器件,缩写为 IPM(Intelligent Power Module)。

⑥功率集成化。充分应用集成电路工艺,将驱动、保护、检测、控制、自诊断等功能与电力电子器件集成于一块芯片上,实现集成电路功率化、功率器件集成化,使功率与信息集成在一起,成为机电一体化的接口,并逐步向智能化(Smart PIC)方向发展。

0.3 电力电子技术的应用领域

电力电子技术的应用范围十分广泛,按应用领域主要分为以下几个行业。

(1) 一般工业

工业中大量应用各种交直流电机。直流电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

数兆瓦(MW)的各种轧钢机,小到几百瓦的数控机床的伺服电机,以及矿山牵引等场合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。还有些不调速的电机为了避免启动时的电流冲击而采用了软启动装置,这种软启动装置也是电力电子装置。

电化学工业大量使用直流电源,而电解铝、电解食盐水等也需要大容量整流电源,尤其是工业电镀装置更需要整流电源。

电力电子技术还大量用于冶金工业中的高频、中频感应加热电源、淬火电源及直流电弧炉电源等场合。

(2) 交通运输

电气化铁路中广泛采用电力电子技术。电气机车中的直流机车多采用整流装置,交流机车采用变频装置。直流斩波器也广泛用于铁道车辆。在磁悬浮列车中,电力电子技术更是一项关键技术。除牵引电机传动外,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、轮船需要很多不同要求的电源,因此航空和航海也都离不开电力电子技术。

(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装置的处理。在电力系统通向现代化的进程中,电力电子技术是关键技术。

直流输电在长距离、大容量输电时有很大的优势,其送电端的整流阀和受电端的逆变阀都采用晶闸管变流装置。近年来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的。

无功补偿和谐波抑制对电力系统有重要意义。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。近年来出现的采用全控型器件(如IGBT)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补偿和谐波补偿性能。在配电网系统中,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) 各种电源系统

在各种电源系统中,电力电子技术的应用十分重要,尤其在开关电源技术中更是处于核心地位。对于大型电解电镀电源,传统的电路非常庞大而笨重,而如果采用高频开关电源技术,则电路的体积和质量都会大幅下降,而且可极大地提高电源的利用效率,节省材料,降低成本。在电动汽车和变频传动中,更是离不开开关电源技术。通过开关电源改变用电频率,可达到接近于理想的负载匹配和驱动控制。高频开关电源技术已经成为各种大功率开关电源(如逆变焊机、通信电源、高频加热电源、激光器电源、电力操作电源等)的核心技术。随着开关电源高频化、模块化、数字化、绿色化等的实现和新技术的不断涌现,未来开关电源技术还会开拓更多新的应用领域。

(5) 家用电器

照明在家用电器中占有十分突出的地位。由于电力电子照明电源体积小、发光效率高,通常被称为“节能灯”,它正在逐步取代传统的白炽灯和日光灯。

变频空调器是家用电器中应用电力电子技术的典型例子。电视机、音响设备、家用计算机等电子设备的电源部分也都需要电力电子技术。此外,洗衣机、电冰箱、微波炉等电器也应用了电力电子技术。

(6) 其他

航天飞行器中的各种电子仪器需要电源,载人航天器也离不开各种电源,这些都必须采用电力电子技术。

传统的发电方式是火力发电、水力发电以及后来兴起的核能发电。如今,各种新能源、可再生能源及新型发电方式越来越受到重视。其中太阳能发电、风力发电的发展较快,燃料电池更是备受关注。太阳能发电和风力发电受环境的制约,发出的电力质量较差,常需要储能装置缓冲以改善电能质量,这就需要电力电子技术。当需要和电力系统联网时,也离不开电力电子技术。

为了合理地利用水力发电资源,近年来抽水储能发电站受到重视。其中,大型电动机的启动和调速都需要电力电子技术。

核聚变反应堆在产生强大磁场和注入能量时,需要大容量的脉冲电源,这种电源就是电力电子装置。科学实验或某些特殊场合,常常需要一些特种电源,这也是电力电子技术的用武之地。

电力电子技术对节省电能有重要意义。特别在大型风机、水泵采用变频调速方面,在使用量十分庞大的照明等方面,电力电子技术的节能效果十分显著,因此它也被称为节能技术。

总之,从人类对宇宙和大自然的探索,到国民经济的各个领域,再到人们的衣食住行,到处都能感受到电力电子技术的存在和巨大魅力。这也激发了一代又一代的学者和工程技术人员学习、研究电力电子技术并使其飞速发展。

0.4 电力电子电路的仿真

由于电力电子器件具有非线性特性,给电力电子电路讨论和分析带来了一定的困难,使电路计算的复杂程度增加。对于电力电子电路的分析,一般采用波形分析和分段线性化的处理方法。现代计算机仿真技术为电力电子电路和系统分析提供了崭新的方法,使复杂的电力电子电路分析和设计变得更加容易和简单。

所谓仿真,指的是在计算机平台上虚拟实际的物理系统,用数学模型代替实际的物理器件和电路,从而实现对实际电路工作过程的研究和讨论。随着数值算法的不断完善,已经出现了大量的通用数字仿真语言和软件。现代仿真软件已经模块化,更适合工程的应用,各种仿真软件已经成为科研、设计及学生学习的必备工具和好助手。

电力电子电路的仿真软件有很多,目前最常用的是 MATLAB 的 Simulink 平台。MATLAB 配备了电力系统仿真(SimPowerSystems)工具包,可与 Simulink 下的其他模块并列存在,使用

起来比较方便。本书结合目前国内常用的仿真软件 MATLAB2014a,对电力电子电路仿真的基本理论、方法和思路进行简要介绍。

通过仿真软件的使用,电力电子电路设计人员可以在进行电路实验前先进行电路仿真分析,确定合理应用的主电路和控制方式,大大减小了电力电子装置开发和设计的工作量,缩短了开发和设计时间。所以,电力电子仿真软件的学习对于从事电力电子装置开发和应用的工程技术人员来说是非常重要的。

0.5 本教材的主要内容和学习方法

《电力电子技术》是自动化、电气工程及其自动化专业一门重要的专业基础必修课。是一门横跨电力、电子和控制的新兴学科。它主要研究利用电力电子器件对电能进行变换和控制的技术,包括对电压、电流、频率、波形等方面的调控、变换。电力电子技术由三部分内容组成,即电力电子器件、电力电子电路、电力电子系统及其控制。本课程着重学习电力变换电路的基本工作原理。通过本课程的学习,使学生:

①了解电力电子技术的发展概况、技术动向和新的应用领域。

②了解与熟悉常用的电力电子器件的工作原理、电气特性和主要参数,具有对电力电子器件基本应用的能力。

③理解和掌握基本的电力电子电路的电路结构、工作原理、电气性能、波形分析方法和参数计算,具有对电力变换和控制电路进行分析的能力,并能进行初步的系统设计。

④具有一定的电力电子电路实验和调试的能力。

本书共分7章。

第1章电力电子器件是全书的基础。电力电子器件能以小信号控制大功率器件,开关时间短,接近理想开关,但不同器件性能不同,因而控制方法和应用场合不同。本章主要介绍常用的电力电子器件的基本结构、工作原理和电气特性,并列举部分生产厂商的器件型号和主要技术参数。

第2章至第5章介绍了四种基本变换电路,即交流-直流、直流-交流、直流-直流、交流-交流,重点介绍各种电路的基本组成结构、工作原理、波形分析和参数计算。波形分析是电力电子电路的重要分析方法,只有依据电路的通断过程分析并画出各种状态下的波形,才能在此基础上对各种量进行定量分析。为了分析简化,在画波形和计算时常忽略一些次要因素,或对电路某些元件作理想化的假设。每一章后都有相应的应用举例,主要涉及电气传动、电力系统、电源技术三个领域。此外,每章结合 MATLAB2014a 对典型常用电路进行了仿真。

第6章介绍了电力电子的 PWM 控制技术。PWM 控制技术对电力电子装置的性能有极大的改善,一些以前难以实现的控制策略借助这一技术而得以实现。

第7章从应用电力电子器件的角度出发,介绍了各种器件的驱动和保护措施。

为了便于读者学习,教材中每章都有例题,最后有小结和习题。

作为一种应用技术,电力电子技术的特点是:综合性强、应用涉及面广、与工程实践联系密切。在学习本课程之前应掌握“电路原理”“模拟电子技术”“数字电子技术”“电机与拖动”

“自动控制原理”等相关课程的知识,并熟练掌握示波器等电子仪器的使用方法。本课程也为自动化专业的后续课程“运动控制系统”和电气工程及其自动化专业的后续课程“直流输电和 FACTS 技术”打下基础。

习 题

- 1.什么是电力电子技术?说明其主要应用领域。
- 2.电力电子技术与信息电子技术有什么联系与区别?
- 3.电力变换有哪些?什么是整流?什么是逆变?
- 4.电力电子技术的发展历史与发展方向是怎样的?
- 5.通过观察,说出电力电子技术在日常生活中都有哪些典型应用?