

21世纪

高等学校本科电子电气专业系列实用教材

电源技术教程

张建生 主编
王伟 张燕红 副主编
华容茂 主审

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

21 世纪高等学校本科电子电气专业系列实用教材

电源技术教程

	张建生	主 编
王 伟	张燕红	副主编
	华容茂	主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍作为仪器仪表、通信机房用电源的原理,并根据实际情况从内容和难点上着重介绍高精度电源的几种形式及设计仿真。全书内容包括线性电源、开关电源原理、开关电源性能分析、开关电源功率器件的性能、交流稳压电源、仪器电池、智能开关电源仿真设计等内容。本书的编著宗旨是新型、实用、应用广泛。

本书可作为电气工程及其自动化专业、电子信息专业、通信工程专业的教科书或辅导书,也可供其他相关专业的读者阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电源技术教程/张建生主编. —北京:电子工业出版社,2007.4

(21世纪高等学校本科电子电气专业系列实用教材)

ISBN 978-7-121-03400-8

I. 电… II. 张… III. 电源—技术—高等学校—教材 IV. TM91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 036700 号

责任编辑:刘继红 宋兆武

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市万和装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:13.25 字数:339.2 千字

印 次:2007 年 4 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:19.00 元

凡所购买的电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序 言

随着世界经济一体化的进程,我国已成为世界最大的加工基地和制造基地,尤其是长江三角洲地区更为突出,已有近百家名列世界五百强的企业落户该地区,带动了该地区经济突飞猛进的发展,同时也为就业创造了广阔的前景。企事业单位对应用型本科人才的需求多了,但要求也提高了。这就对工程教育的发展提出了新的挑战,同时也提供了新的发展机遇。

在此形势下,国家教育部近年来批准组建了一批以培养应用型本科人才为宗旨的高等院校,同时举办了多次“应用型本科人才培养模式研讨会”,对应用型本科教育的办学思想和发展定位进行初步探讨。并于2002年在全国高等院校教学研究中心立项,成立了21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践课题组,有十几所应用型本科院校参加了课题组的研究,取得了多项研究成果,并于2004年结题验收。我们就是在这种形势下,组织了多所应用型本科院校编写本系列教材,以适应国家对工程教育的新要求,满足培养素质高、能力强的应用型本科人才的需要。

工程强调知识的应用和综合,强调方案优缺点的比较并做出论证和合理应用。这就要求我们对应用型本科人才的培养需实施与之相配套的培养方案和培养模式,采用具有自身特点的教材。同时,避免重理论、轻实践、工程教育“学术化”的倾向;避免在工程实践能力的培养中,轻视学生个性及创新精神的培养;避免工程教育在实践中与社会经济、产业的发展脱节。为使我国应用型人才培养适应社会发展的新形势,我们必须开拓进取、努力改革。

组织编写本系列教材,有利于应用型人才培养所需要的、富有特色的本科教材的建设。本系列教材的编写原则如下。

1. 确保基础

在内容安排上,本系列教材确保学生掌握基本的理论基础,满足本科教学的基本要求。

2. 富有特色

围绕培养目标,以工程应用为背景,通过理论与实践相结合,构建应用型本科教育系列教材特色。在融会贯通本科教学内容的基础上,挑选最基本的内容、方法和典型应用,将有关技术进步的新成果、新应用纳入教学内容,妥善处理传统内容的继承与现代内容的引进;在保持本科教学基本体系的前提下,处理好与交叉学科的关系,并按新的教学系统重新组织;在注重理论与实践相结合的基础上,注入工程概念,包括质量、环境等诸多因素对工程的影响,突出特色、强化应用。

3. 精选编者,保证质量

参编院校根据编委会要求推荐了一批具有丰富工程实践经验和教学经验的教师参加编写工作。本系列教材的许多内容都是在优秀教案、讲义的基础上编写的,并由主编全文统稿,以确保教材质量。

本系列教材的编写得到了电子工业出版社的大力支持。他们为编好这套教材做了大量认真细致的工作,为教材的出版提供了许多有利条件,在此深表感谢!

编委会

前 言

高科技设备的发展离不开电源技术的进步,高精度电源已广泛应用于通信、工业、军事、航空航天、家电等领域,人们对它的研究、开发技术水平也越来越高。

人们在科学实践中越来越注重电源,电源质量直接影响其工作效果,有时会决定一个科研项目的成败。对于各类仪器设备,有不同种类的电源。从广义上讲,它包括交流电源、逆变式交流电源、直流电源、直流线性电源、开关型直流电源等多种。随着科技和生产力的不断提高,高科技设备在整个国民经济中的地位也变得越来越重要,新型电源的作用也越来越大。例如,作为整个通信系统原动力的通信开关电源,其地位也日益提高。随着现代通信设备的迅速发展,特别是微电子技术的发展,任何通信设备都离不开电源,开关电源设备的质量直接影响通信的质量。通信设备对开关电源的要求越来越高,不断出现各种新型电源,如相控型稳压电源、集成化线性稳压电源、新型智能开关电源、不停电电源、太阳能电源和程控电源等已开始应用于通信设备中。广大通信科技工作者迫切需要了解这些新型智能开关电源的原理、结构和使用。本书根据这些要求,介绍现代新型智能开关电源设备的理论和实用知识。

本书共分9章,着重从工程实用的角度来阐述各种电源。第1章阐述电源基础;第2章介绍电源性能指标的测试方法、主要性能要求、技术规范 and 组成;第3章阐述直流线性电源的原理与组成类型、结构、性能、参数;第4章着重介绍开关电源的主要元器件;第5章介绍开关电源的设计;第6章介绍通信电源监控系统设计;第7章介绍开关电源仿真设计;第8章介绍交流稳压电源;第9章介绍通信用新型电源电池。书末附录A给出了高频功率变压器的设计资料。

本书前言、第4~7章由常州工学院张建生同志编写,第2、9章及附录A由常州工学院张燕红同志编写,第1章、第3章由常熟理工学院王伟同志编写,第8章由常州工学院郑仲桥同志编写,本书最后由张建生同志统稿。对在本书编写过程中给予支持和帮助的江苏大学李金伴教授和江苏科技大学李众教授及常州工学院致以衷心的感谢。

本书由张建生同志任主编,王伟、张燕红同志任副主编。由于本书编撰时间仓促,加之开关电源技术本身发展迅猛,书中的内容难免会有一些不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电源基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 电源的分类	1
1.1.2 交流和直流电源的组成	1
1.2 电源指标体系介绍	2
1.2.1 电源指标体系的作用和特点	2
1.2.2 电源的技术指标体系	2
1.3 直流电源的性能比较	5
1.3.1 开关电源与线性稳压电源的比较	5
1.3.2 开关电源与低压开关电源的比较	6
1.3.3 开关电源与电池的比较	6
1.4 电源的发展趋势	6
1.4.1 向多元化技术发展	7
1.4.2 依靠性能/价格比赢得市场占有率	7
1.4.3 高频、高效、低压、大电流化、标准化趋势	7
1.4.4 一流电源产品离不开先进的元器件及先进的工艺	8
小结	9
习题与思考题	10
第 2 章 电源性能指标的测试方法	11
2.1 交流稳压电源性能指标的测试方法	11
2.1.1 输入电压范围测试	11
2.1.2 负载效应测试	11
2.1.3 源电压效应测试	12
2.1.4 失真度测试	13
2.2 直流电源性能指标的测试方法	13
2.2.1 源效应测试	13
2.2.2 输出电压纹波指标测试	14
2.2.3 与瞬态条件有关量的测试	14
2.3 其他性能指标的测试方法	15
2.3.1 关注电磁兼容(EMC)设计水平	15
2.3.2 电磁兼容(EMC)测试	16
小结	16
习题与思考题	17
第 3 章 直流线性电源	18
3.1 整流、滤波电路及参数计算	18
3.1.1 整流电路原理	18
3.1.2 整流电路参数计算	18

3.1.3 滤波电路原理	21
3.1.4 滤波电路参数计算	23
3.2 稳压电路	24
3.2.1 基准电压电路	25
3.2.2 采样和调整电路	25
3.2.3 复合调整管电路	25
3.2.4 三端集成稳压器	26
小结	29
习题与思考题	30
第4章 开关电源主要元器件	31
4.1 二极管	31
4.2 功率晶体管	32
4.2.1 功率晶体管的工作状态	33
4.2.2 额定电流	34
4.2.3 安全工作区	34
4.2.4 功率晶体管的特性	34
4.3 功率 MOS 场效应晶体管	35
4.3.1 MOSFET 管的主要特点	35
4.3.2 功率 MOSFET 管的驱动电路	36
4.3.3 MOSFET 的选择与保护	37
4.4 绝缘栅双极型晶体管	38
4.4.1 绝缘栅双极型晶体管简介	38
4.4.2 IGBT 的输出特性和主要参数	38
4.4.3 IGBT 应用技术	39
4.5 光电耦合器	44
4.6 精密可调基准电源 TL431	45
4.6.1 精密基准电压源	45
4.6.2 可调稳压电源	45
4.6.3 恒流源电路	45
4.6.4 比较器	46
4.6.5 电压监视器	46
4.7 开关电源中使用的厚膜电路	46
4.7.1 厚膜电路的简介	46
4.7.2 彩色电视机电源厚膜电路的代换	47
4.8 开关电源中使用的电容器	50
4.8.1 陶瓷电容器	50
4.8.2 薄膜电容器	53
4.8.3 铝电解电容器	54
小结	55
习题与思考题	56
第5章 开关电源的设计	57
5.1 隔离型开关电源	57
5.2 变压器设计的一般方法	60

5.3	开关晶体管与整流二极管的选择	61
5.4	开关晶体管的一般选择方法	62
5.4.1	单端反激式变换器电路中开关晶体管的选择	62
5.4.2	推挽式变换器电路中开关晶体管的选择	62
5.5	功率晶体管的保护电路设计	64
5.5.1	双极型晶体管正偏压的二次击穿	64
5.5.2	反偏压的二次击穿	64
5.5.3	开关晶体管的阻容(RC)吸收回路	65
	小结	66
	习题与思考题	66
第 6 章	通信电源监控系统设计	67
6.1	通信电源的集中监控	67
6.1.1	通信系统集中监控内容	67
6.1.2	监控系统的结构	69
6.1.3	监控系统的管理	71
6.2	监控系统的通信接口与通信协议	72
6.2.1	监控通信的基本概念	72
6.2.2	通信接口	73
6.2.3	通信协议	76
6.3	DK04 监控模块	76
6.3.1	DK04 监控模块的特点及性能	76
6.3.2	模块硬件组成及软件工作原理	78
6.3.3	DK04 监控模块的参数设置	79
6.4	MSS3000 多媒体集中监控系统	79
6.4.1	系统的主要技术指标	79
6.4.2	系统功能及特点	80
6.4.3	系统监控对象及内容	81
6.4.4	系统组网方式	84
6.4.5	数据采集模块	87
6.5	监控系统实例	89
6.5.1	JM—6A 现场监控器	89
6.5.2	PSMS 动力设备及环境监控系统	90
6.6	通信电源的性能与特征	93
6.6.1	发展概况	93
6.6.2	高频开关电源系统基本组成	93
6.6.3	性能指标	94
6.6.4	先进电路技术	95
6.7	PS48600 型智能高频开关电源系统	96
6.7.1	系统简介	96
6.7.2	交/直流配电系统	96
6.7.3	整流系统	98
6.7.4	监控单元	100
6.8	谐振型通信开关稳压电源系统	101

6.8.1	SWICHTEC 谐振型通信开关稳压电源系统	101
6.8.2	DPC400 II 谐振型通信开关电源系统	106
小结		108
习题与思考题		108
第 7 章	开关电源仿真设计	109
7.1	开关电源计算机仿真技术	109
7.1.1	开关电源电路的建模	109
7.1.2	SPICE 和 IsPICE 仿真程序	110
7.2	MATLAB 语言在开关电源仿真中的应用	111
7.2.1	MATLAB 语言简介	111
7.2.2	MATLAB 语言	113
7.2.3	电力电子器件的 MATLAB/Simulink 仿真模型	114
7.2.4	MATLAB 在开关电源仿真中的具体应用	117
7.3	IsPICE 的组成及功能特点	118
7.4	开关电源的工程设计简介	119
7.4.1	可行性设计	120
7.4.2	最优设计	120
7.4.3	开关电源的主要性能指标	120
7.5	最优设计的基本内容及特点	121
7.5.1	优化设计模型的三个内容	121
7.5.2	优化数学模型的一般表示形式	123
7.5.3	开关电源工程优化设计的特点	124
7.6	开关电源应用最优化设计方法的几个问题	124
小结		126
习题与思考题		127
第 8 章	交流稳压电源	128
8.1	交流稳压电源的分类及工作原理	128
8.1.1	磁饱和稳压电源原理	128
8.1.2	电子调节式稳压电源原理	129
8.2	磁饱和稳压变压器及其参数设计	129
8.2.1	磁路参数设计和计算	130
8.2.2	电气参数设计和计算	132
8.3	电子调节式稳压电源的原理及参数设计	133
8.3.1	电路原理	133
8.3.2	静态计算	134
8.3.3	动态分析	137
小结		137
习题与思考题		137
第 9 章	通信用新型电源电池	138
9.1	通信电源系统中蓄电池的分类及作用	138
9.1.1	蓄电池的分类	138
9.1.2	蓄电池在通信电源系统中的作用	140

9.2 铅酸蓄电池的基本工作原理和应用	141
9.2.1 铅酸蓄电池的基本工作原理	142
9.2.2 阀控式免维护铅酸蓄电池的结构与特性	144
9.2.3 铅酸蓄电池的运行方式与充电方法	148
9.3 镉镍蓄电池(Cd-Ni Battery)	153
9.3.1 镉镍蓄电池的基本工作原理	154
9.3.2 密封式镉镍蓄电池的工作原理和特性	155
9.4 镍氢蓄电池(Ni-MH Battery)	157
9.4.1 Ni-MH(镍氢)蓄电池的基本工作原理	158
9.4.2 密封 Ni-MH 蓄电池的结构	159
9.4.3 Ni-MH 蓄电池的主要特性	159
9.4.4 Ni-MH、Cd-Ni 蓄电池快速充电控制技术	160
9.5 锂离子电池(Lithium-Ion Battery)	163
9.5.1 锂离子电池的工作原理和结构	163
9.5.2 锂离子电池充放电特性	164
9.5.3 锂离子电池使用中的安全措施	165
9.5.4 锂离子电池的发展前景	166
9.6 太阳能电池	167
9.6.1 太阳能电池的工作原理	168
9.6.2 太阳能电池的等效电路和伏安特性	169
9.6.3 太阳能电池的结构特性及种类	171
9.6.4 太阳能电池的组装方式	172
9.6.5 太阳能电池供电系统	173
9.6.6 太阳能通信电源介绍	182
小结	185
习题与思考题	185
附录 A 高频功率变压器的设计	186
附 A.1 高频功率变压器的输出特性	186
附 A.2 高频功率变压器的参数计算	188
附 A.3 对高频功率变压器的要求	190
附 A.3.1 小漏感要求	190
附 A.3.2 避免瞬态饱和	190
附 A.3.3 合理进行结构设计	190
附 A.4 磁芯材料的选择	191
附 A.5 开关电源用功率变压器的设计方法	192
参考文献	196

第1章 电源基础

在现代高科技时代,随着科学技术的不断深入,在科学实践中,攻克一些技术难关的关键是电源。一个达不到高标准要求的电源甚至会影响到整个科研项目的进程。那么怎样使电源的质量和技术标准不断满足现代科学实践的要求呢?电源本身包含的不少理论和技术关键点是值得去研究的。因此,作为一名电气信息类的专门人才,有必要把研究电源作为科学体系中的一部分,去专门研究电源理论和开发电源产品。

1.1 概 述

电源作为所有用电设备及电气控制器的能量提供单元,其种类和规格较多,不同的用电设备及电气控制器所使用的电源种类和规格不同。如以电动机为执行机构的设备多用三相交流电作电源,当然在电动机中也有一定比例的电机是使用其他电源的,如直流电动机使用直流电源,两相步进电动机使用两相脉冲电源,三相步进电动机使用三相脉冲电源等;对控制精度有较高要求的电气控制器,如以仪表、单片微型计算机为核心的控制器,其电源往往是5 V的直流稳压电源;一些模拟信号放大器往往用 $\pm 12\text{ V}$ 或 $\pm 15\text{ V}$ 等高精度稳压电源。总之,电源理论是电气信息类专业学生及从事电气信息类技术工作的人员必须学习和掌握的。

1.1.1 电源的分类

一般将提供电能的设备称为电源,根据能量的来源可分为3类:

(1) 把其他能量转换成电能,如水力、火力、风力及核能发电等,一般称这种电源为一次电源(即供电电源,俗称电网或市电)。

(2) 在电能传递过程中,在供电电源与负载之间对电能进行转换或稳定处理,一般称这种电源为二次电源(即对已有的电源进行控制)。

(3) 平时把能量以某种形式储存起来,使用时再变成电能供给负载,典型的器件就是各种蓄电池。

就技术本身而言,电源也分为3类:

(1) 直流电源 输入可以是交流电或直流电,输出是直流电(含稳压或稳流)。稳压或稳流可分为线性控制和开关控制两种。

(2) 交流电源 输入多为单相或三相交流电,输出仍为交流电(单相或三相,当输入为直流电时称为逆变器),分为稳压、稳流、稳频、不间断供电等类型。

(3) 特种电源(或称工业电源) 如电镀、电解、电焊、激光、高压等类型电源,输入多为交流电,输出则有直流、交流或脉冲形式。

1.1.2 交流和直流电源的组成

交流电源由变压器、放大器、稳压电路、采样控制电路和保护电路等组成。

直流电源的组成主要包括:

输入变压器 直流电源中输入变压器常为降压变压器,由初、次级绕组和铁芯等组成;

整流电路 利用二极管的单向导电性将交流电压变为脉动直流电压的电路;

滤波电路 用来降低输出的整流电压中的脉动成分,尽量保持直流分量的电路;

稳压电路 稳定输出电压,抑制由于电网电压或负载的变化而产生的波动;

保护电路 用来防止因过流、过压或过热而损坏电源中的器件,电源正常工作时,保护电路不应影响电源电路的工作性能。

1.2 电源指标体系介绍

欲使电源适应现代科学实践和产品的需要,首先要根据实际情况确立当前电源质量的评价方法,即电源指标评价体系,以满足各类电源的质量评价,这对电源产品的开发及电源技术的研究起指导作用。

1.2.1 电源指标体系的作用和特点

对于各种规格的电源,其质量的好坏必须有一个评判的依据,而这个依据是由一系列的参数和指标组成的,这些指标的确定要有科学性、可行性、普遍性、合理性和权威性,甚至在电源应用及产品检验和销售中起到一定的法规作用,这些有法规意义的性能参数及指标和它们的测试方法就构成指标体系。电源指标体系的建立来自于实际工作,不同的用电设备和仪器需要不同的指标。因此,对于电源就自然形成了一个指标体系。这个指标体系具有如下特点。

(1) 有较高科学性。

(2) 是一个不断发展的结构体系。

(3) 对电源产品开发及电源技术的研究有一定的指导作用。

电源指标体系不但包括使用电源的仪器设备对电源的要求,也有环境对电源的要求,还有电源对外界环境的适应性等指标。

1.2.2 电源的技术指标体系

1. 输入技术指标

电源输入技术指标有:输入电源相数、额定输入电压及输入电压变化范围、频率、输入电流等。输入电源一般为单相二线制和三相三线制,还有单相三线制及三相四线制等。电源的额定输入电压因国别或地区而异。例如,美国规定的交流输入电源电压为 120 V,欧洲为 220~240 V,日本为 100 V 及 200 V,中国为 220 V 及 380 V。输入电压的变化范围一般为 $\pm 10\%$,加上配线路径及各国的具体情况,输入电压的变化范围多为 $-20\% \sim +15\%$ 。

(1) 输入频率 市网为 50 Hz 或 60 Hz,在频率变化范围不影响电源的特性时多为 48~63 Hz。特殊电源频率为 400 Hz。

(2) 最大输入电流 输入电压为下限值,输出电压及电流为上限值时的输入电流。

(3) 额定输入电压 瞬时跌落或瞬时断电时,在额定输出电压与电流条件下规定的输入电压。

(4) 额定输入电流 输入电压、输出电压及电流为额定时的输入电流。

(5) 峰值电流 在规定的时间间隔对输入电压进行通断而输入电流达到稳定状态之前流经的最大瞬时电流,一般为 30~50 A。

(6) 漏电流 流经输入侧地线的电流,从安全考虑一般规定为 0.5~1 mA。

(7) 效率 输入、输出为额定值时,其输出功率与输入有效功率之比值;效率因输出电压、电流、输出路数及开关方式而异,多为 70%~80%,并随输入与输出的条件变化而变化。

2. 输出技术指标

(1) 输出电压 输出端直流电压的公称值,对于公称电压规定有精度与纹波系数等。

(2) 额定输出电流 输出端供给负载的最大平均电流,根据电子设备的不同,多路输出电源中某路输出电流增大,另路输出电流就得减小,以保持总的输出电流不变。

(3) 稳压精度 输出电压的变化值与额定电压值之比的百分数,可以反映出电源产品的性能和质量;直流电源常用的精度一般 $\leq \pm 1\%$,交流电源常用的精度一般 $\leq \pm 5\%$;稳压精度也称为输出电压精度或电压调整率,输出电压的变动有如下多种原因。

① 静态输入电压引起的变动。其他指标为额定条件下,在规定范围内输入电压缓慢变动时输出电压的变动。

② 静态负载引起的变动。其他指标为额定条件下,输出电流在规定范围内缓慢变动时输出电压的变动。在规定负载变动范围内及多路输出的条件下,可能有非稳定输出的情况。因此,还应包括规定最高负载电流。最高负载电流下的规定精度,一般是指保护功能尚未发挥作用时的情况。另外,对于多路输出的电源,电路方式的不同也会受到其他输出负载变动的影响。

③ 动态输入电压引起的变动。输入电压以规定的幅度急剧变化时输出电压的变动。一般是把输入电压的上限与额定输入电压及输入电压的下限作为变动幅度。

④ 动态负载引起的变动。输出电流按规定的幅度急剧变化时输出电压的变动,动态负载引起的变动不包括恒定的脉冲负载引起的变动。

(4) 输出电压可调范围 在保证电压稳定精度条件下,外部可调整的输出电压范围一般为 $\pm 5\%$ 或 $\pm 10\%$ 。条件是输入电压为下限时输出电压取最大值,以及输入电压为上限时输出电压取最小值。

(5) 纹波 纹波是直流稳压电源输出端呈现交流成分的分量,用峰-峰值表示,一般为输出电压的 0.5%以内。噪声是输出端呈现的除纹波以外频率的分量,也用峰-峰值表示,一般为输出电压的 1%。当噪声与纹波没有明确区分时,应规定纹波与噪声的总合成值。多数场合中规定纹波与噪声的总合成值为输出电压的 2%以内。

(6) 线路调整率 输入电压的波动范围与输出电压的波动范围之比。随着技术的发展,线路调整率不断提高。电源对电网的适应能力很重要,尤其是现在我国的电网相对来说还不太稳定,有时电网电压会有较大波动。

3. 过电流保护

输出短路或过载时对电源或负载进行的保护,即为过电流保护。过电流的设定值一般为额定电流的 110%~130%。但在不损坏电源与负载的前提下,不规定短路保护时的电流值的

情况也很多,这种情况下电路一般为自动恢复型。

4. 过电压保护

当输出端出现过大电压时对负载进行保护的功能。过电压保护值一般规定为额定输出电压的 130%~150%。发生过电压时应使开关电源停止工作,并断开输出。一般可通过再接通输入电源或加复位信号,使开关电源恢复正常工作状态。

5. 欠压保护

当输出电压低于规定值时为保护负载及防止负载误动作,电压监测电路发出电源停止工作信号,并发出报警信号。

6. 过热保护

因电源内部异常或使用方法不当而使电源温升超过规定值时,使电源停止工作,并发出报警信号,同时进行强制风冷;当冷却功能异常,部件温度超过规定使用部件最高温度时电源关闭。

7. 远程通/断控制

规定由外部信号控制通/断电源的输出所采用的装置。如采用 TTL 等半导体器件或继电器与开关等开环通/断控制。这种控制还要规定采用继电器与开关时的机械振荡持续时间。

8. 顺序

不仅要规定输出电压的上升与下降时间,还要规定电源准备就绪的各种信号。

9. 远程检测

用输出端到电压检测点的输出引线的电压降对电压降进行补偿。但这种功能对于大电流与高精度输出的电源不太适用。该功能的补偿电压降一般为额定电压的 5%,在输出电压的可调范围内。补偿时要根据负载条件而定,以免引起振荡等故障。

10. 接口

规定输入、输出及信号等的端子,除标记端子形状、配列形式与接插件的名称以外,还要标记使用端子的编号,使输入与输出及信号端子很好地分离开,有接插件时还要标记好对方的编号。

11. 绝缘

用 500 V 摇表测得输入端与框体间、输入与输出端子间的绝缘电阻一般在 50 M Ω 以上,用 100 V 摇表测得输出与框体间绝缘电阻一般在 10 M Ω 以上。

绝缘耐压根据输入电压的不同而异,但除各种安全规格规定以外,输入与框体间、输入与输出端子间的每分钟绝缘耐压值为交流 1000 V、1250 V 或者 1500 V。输出与框体间一般没有其他的特殊规定。必要时输出端子间需规定特殊的绝缘。

12. 机械结构

机械结构规定的项目有:机箱的形状、外型尺寸与公差、装配位置、装配孔及螺钉的长度等,框体的材料及表面处理,冷却条件,通风方向与风量及开口尺寸,机外温升,接口位置及显示,操作部件的位置及文字显示的位置,电源设备的重量等。

13. 环境条件

规定的使用温度范围随使用场所不同而异,一般为 $-5\sim 50^{\circ}\text{C}$ (保存温度一般为 $-25\sim 75^{\circ}\text{C}$)。在温度急剧变化的场所使用时,有必要规定温升斜率,其值一般为 $15^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 以内。规定的使用湿度范围一般为 $20\%\sim 85\%$,保存湿度范围一般为 $18\%\sim 90\%$,结露时必须有相应的指示。一般规定常温与常湿的环境:温度 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$;湿度 $25\%\sim 85\%$ 。

14. 电磁传导干扰(EMI)

任何一个合格的电器产品,都要对电磁传导干扰作一定的处理。这包含了两个方面的内容:一是防止外部电磁干扰的侵入,以免影响自身的工作;二是保证产品本身产生的电磁谐波不外泄到电网和周围环境里,以免影响其他电器的正常工作。在日常使用中,像显示器产生雪花、滚动、显示不稳定;打手机、无绳电话时电视机、收音机发出杂音;在计算机开机后,附近其他的电器,如电视机、音响等不能正常使用,都很可能是因为电磁干扰而产生的影响。国家将电磁传导干扰分为A、B级。A级是工业标准,要求相对宽松一些;B级为家用标准,也是目前的最高标准。

15. 耐振动

对于耐振动的规定,多是在振动频率为 $15\sim 55\text{ Hz}$ 时。工作时耐振动力为 $0.5\sim 1.0\text{ g}$,不工作时为 $2.5\sim 4.0\text{ g}$ 。耐冲击的规定随电源产品不同而异,为 $10\sim 100\text{ g}$ 。

1.3 直流电源的性能比较

直流电源有很多类型和规格,它们之间的性能存在很大差别。弄清楚各种直流电源的性能指标,对正确使用电源和产品设计、开发都有指导作用。

本小节首先从线性(模拟)稳压电源和开关电源两大类着手进行比较,再结合应用对两大类电源的实质进行比较。

1.3.1 开关电源与线性稳压电源的比较

20世纪60年代中期出现了一种新的稳压电源,它和线性稳压电源在原理上有本质的区别,其电压调整管工作在开关状态,必须经过储能电路的变换才能得到平滑、稳定的直流电压输出。它是通过取样电压控制和改变开关管导通或截止时间来实现稳定的电压输出的,这就是开关型稳压电源。工作在开关状态下的电压调整管简称为开关管。事实上,开关型稳压电源是利用了晶体管在截止与饱和——即开关工作状态下功耗极小的优点。由于晶体管在截止时流过的电流几乎为零,而饱和导通时的管压降很小,两种情况下的晶体管功耗都极小,所以

电压调整管工作在这种开关状态时,与模拟调整管相比,其功耗很低,工作效率很高,可以达到75%~95%。同时,开关电源可以省去笨重的电源变压器,使得电子设备的重量更轻、体积更小。相比之下,普通的线性稳压电源的调整管工作在放大状态,其输出纹波很小,但是发热量大、效率低(30%~40%)、需要大体积的变压器。而开关电源中调整元件的控制电路比较复杂,开关管工作时会产生较大的尖峰脉冲干扰,输出纹波电压较高,所以开关电源的应用也受到一定的限制。

1.3.2 开关电源与低压开关电源的比较

一般开关电源是将电网电压直接整流成直流电源,然后再用开关电路转换成用户所需电压。但在实际使用中,用户的电网电压有时会发生较大的变化。尤其是在三相四线制电网中,有时会出现三相不平衡(如一个加热炉缺相运行),会产生严重的零线漂移,某一相的电压很有可能远大于220 V,有时甚至会达到350 V左右。此时开关电源工频整流用的滤波电容大多数耐压不够(一般为直流450 V),就会造成爆裂、开关电源损坏,直接影响到生产,也影响到生产商的声誉。高可靠性开关电源应避免这种情况的发生。通常可用“低压开关电源”的模式,即用一只变压器将开关电源的进线电压变为110 V以下,在这种情况下,工频滤波电容的耐压很好选择,如选择400 V就足够了。

1.3.3 开关电源与电池的比较

电池是可逆电源,既可放电也可充电,而开关电源只能放电。如对于某一线圈在脉冲宽度调制信号下通入直流电,如图1.1所示。当开关S作上下周期性倒相工作时,可以使电流 I_L 流过线圈L。当要求 I_L 的平均值大于零时,那么对于 $+E_1$ 来说是放电的,而对于 $-E_2$ 来说是充电的, $+E_1$ 将线圈上的能量通过电流的形式向 $-E_2$ 充电。对于电池供电,以上电路是可行的,而若将 $-E_2$ 改成开关电源就不行了。因为开关电源只能放电,不能连续充电。

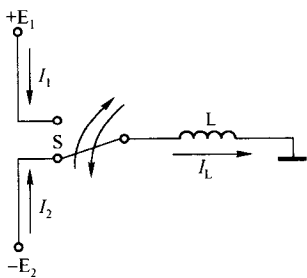


图 1.1 双电源供电时,电源工作状态为可逆电源

1.4 电源的发展趋势

电力电子技术已发展成为一门完整的、自成体系的高科技技术,电源技术属于电力电子技术的范畴。电力电子技术的发展带动了电源技术的发展,而电源技术的发展又有效地促进了电源产业的发展。迄今为止,电源已成为非常重要的基础科技和产业,并广泛应用于各行业,其发展趋势为高频、高效、高密度化、低压、大电流化和多元化。同时,封装结构、外形尺寸也日趋国际化,以适应全球一体化市场的要求。

电源技术主要是为信息产业服务的,信息技术的发展又对电源技术提出了更高的要求,从而促进了电源技术的发展,两者相辅相成才有了现今蓬勃发展的信息产业和电源产业。电源技术和产业对提高一个国家劳动生产率水平,即提高一个国家单位能耗的产出水平,具有举足轻重的作用。在这方面,我国与世界先进国家的差距很大。作为一个电源工作者,不仅应该

完成当前的本职工作,还必须通过各种信息渠道及时掌握电源技术的最新发展方向,相关的元器件、原材料的最新发展动态,国内外先进的薄膜工艺、厚膜工艺、集成化工艺等,只有这样才能设计出世界一流的电源产品。

1.4.1 向多元化技术发展

现今电源设备已广泛应用于工业、能源、交通、运输、信息、航空、航天、航运、国防、教育、文化等领域。在信息时代,各行各业都在迅猛发展,发展的同时又对电源产业提出了更多更高的要求,如节能、节电、节材、缩体、减重、防止污染、改善环境、可靠、安全等。这就迫使电源工作者在电源研发过程中不断探索,利用各种相关技术做出合格的电源产品,以满足各行各业的需求。显然,电源技术的发展将带动相关技术的发展,而相关技术的发展反过来又推动了电源产业的发展。在电源产业,当前占主导地位的产品有各种线性稳压电源、通信用的 AC/DC 开关电源、DC/DC 开关电源、交流变频调速电源、电解电镀电源、高频逆变式整流焊接电源、中频感应加热电源、电力操作电源、正弦波逆变电源、大功率高频高压直流稳压电源、绿色照明电源、化学电源、UPS、可靠高效低污染的光伏逆变电源、风光互补型电源等。而与电源相关的技术有高频变换技术、功率转换技术、数字化控制技术、全谐振高频软开关变换技术、同步整流技术、高度智能化技术、电磁兼容技术、功率因数校正技术、保护技术、并联均流控制技术、脉宽调制技术、变频调速技术、智能监测技术、智能化充电技术、微机控制技术、集成化技术、网络技术、各种形式的驱动技术和先进的工艺技术等。

1.4.2 依靠性能/价格比赢得市场占有率

产品价格、性能指标、品牌效应及使用寿命一直是用户最关心的问题。纵观国内外几家知名电源厂商及世界顶级电源供应商,他们都面对同样的压力,即价格之争、性能比拼、产品的精益求精以至艺术化竞争。特别是在信息时代,由于信息网络给用户带来网上订货采购的可能,这使产品价格变得日趋公开,迫使每个电源供应商冥思苦想,寻求降低成本的一系列措施,尽量提高性价比,以赢得市场占有率。

降低成本的主要途径如下:

- (1) 采用先进的产品设计管理模式,尽量缩短产品研发周期;
- (2) 加强全员质量意识,把产品质量贯穿于设计和生产的全过程,力争产品一次合格率为 100%,确保合同履行率 100% 与顾客满意度 100%;
- (3) 电源产品的性能以满足用户为宜,不须过分地追求高指标,应合理地选择元器件、原材料,尽可能地降低成本;
- (4) 重视人才资源管理,走以人为本的路子,不但要培养、尊重和爱护人才,还要合理地安排和使用,有效地发挥其作用,绝不浪费;
- (5) 以最大的信息量和信誉度加大市场占有率和资金回收率。

1.4.3 高频、高效、低压、大电流化、标准化趋势

1. 在封装结构上正朝着薄型和超薄型方向发展

以前标准模块的高度是 12.7 mm(0.5 英寸),最近已下降到 9.53 mm(0.375 英寸)。一