

21 世纪高职高专信息类专业系列教材

实用电源技术



主 编 王 川
副主编 姚建永
主 审 张学礼

重庆大学出版社

21 世纪高职高专信息类专业系列教材

实用电源技术

主 编 王 川
副主编 姚建永
主 审 张学礼

重庆大学出版社

• 内 容 提 要 •

全书共六章。较系统地阐述了稳压电源的基本原理。以开关电源为主,精要地介绍了常用和新型彩电、录像机、微机主机、外设所用电源及通信电源电路的结构、工作原理、典型故障分析及检修方法。本书所提供的实绘电路图,技术数据和分析方法与故障的检修思路具有十分实用的参考价值。

本书是高等职业技术学院信息类、计算机类相关专业电子技术课程教材用书。

图书在版编目(CTP)数据

实用电源技术/王川主编. —重庆:重庆大学出版社,2000.8

21世纪高职高专信息类专业系列教材

ISBN 7-5624-2169-2

I. 实… I. T… III. 电流-高等学校:技术学校-教材 N. TM91

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第38503号

• 21世纪高职高专信息类专业系列教材 •

实用电源技术

主 编 王 川

副主编 姚建永

主 审 张学礼

责任编辑 肖顺杰 杨永发

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

*

开本:787×960 1/16 印张:9.25 字数:197千

2000年8月第1版 2000年8月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-2169-2/TM • 63 定价:15.00元

· 系列教材编委会 ·

主任单位：

重庆电子职业技术学院

副主任单位：

武汉职业技术学院

邢台职业技术学院

陕西工业职业技术学院

贵州大学职业技术学院

编委(以姓氏笔画为序)：

才大颖

王晓敏

王兆其

王柏林

刘真祥

刘业厚

刘建华

朱新才

李传义

吕何新

张学礼

张明清

张 洪

张中洲

张国勋

张西怀

李永平

杨滨生

林训超

赵月望

涂湘循

唐德洲

徐民鹰

曹建林

程迪祥

黎省三

· 系列教材参编学校(排名不分先后) ·

武汉职业技术学院
重庆电子职业技术学院
陕西工业职业技术学院
邢台职业技术学院
贵州大学职业技术学院
河南职业技术学院
三门峡职业技术学院
湖南工业职业技术学院
昆明大学
广西机电职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
昆明冶金高等专科学校
珠海职业培训学院
广东交通职业技术学院
浙江省树人大学
江西工业职业技术学院
成都航空职业技术学院
辽宁仪器仪表工业学校
北京信息职业技术学院
徐州交通职业技术学院
重庆大学职业技术学院
重庆邮电学院
重庆工业高等专科学校
重庆石油高等专科学校
重庆职工大学
西南农业大学
长沙航空职业技术学院
番禺职业技术学院

总序

当今世界,科学技术的发展日新月异。在这空前的技术发展进程中,电子信息技术以其独特的渗透力和亲和力,正在迅速地改变着我们周围的一切。利用现代电子信息技术来改变我们的生活与学习,改造传统的各行各业,已成为当今社会人们的共识。

教育在我国社会主义建设发展进程中所具有的战略地位和基础作用已被越来越多的人所认识。职业技术教育、特别是高等职业技术教育在近二十年来得到了长足的发展,“高等教育法”、“职业教育法”的颁布与实施,使我国高等职业教育步入了法制轨道,国家与社会的进步与发展,需要高等职业教育,技术的进步与发展,也需要高等职业教育,高等职业教育成为世界教育发展的共同趋势。

在我国内,高等职业教育毕竟是一种新型的教育类型,发展历史还不太长,在教育观念、教育体制、教育结构、人才培养模式、教育内容、教学方法、教材、教法诸方面,有不少问题需要研究与探索。重庆大学出版社从促进高等职业教育发展战略的角度,于1999年邀请国内三十余所长期开办电子信息类专业的学校,开展对电子信息类高职、高专教材的开发研讨。与会学校有独立设置的职业技术学院、高等专科学校、职业大学、普通高校中的职业技术学院、多年试办高职班的重点中专学校。大家一致认为,我国高等职业教育的教材建设非常薄弱,基本上没有自己的教材,从而导致针对性、适应性差。从电子信息类专业角度看,缺乏成体系的系统教材,从而导致不同层次教材的交叉重复现象严重;再者,现行教材中缺乏对新技术、新工艺、新产品相关内容的介绍。因此,开发适应新世纪高等职业技术教育的教材就成为当务之急,它的总的原则应是:根据培养应用型、技能型人才的目标,从职业岗位对专业知识的需要来确定教材的知识深度及范围,坚持“必须、够用”的原则;同时注意知识的应用价值在教材中的科学体现,力求构筑具有高职特色的理论知识体系;基本概念、基本原理以讲明为

度,同时将一些内容相近的部分进行合并。另外,针对高职教育培养技能型、现场型人才的目标,把训练职业能力的实践技能体系方面的内容,与理论知识体系有机地结合起来,力求在这方面有所突破。根据教育部在高职、高专教材建设方面采用先解决有无问题,再解决提高与系统性问题的原则,我们在一开始就力求站在一个较高起点上,先从电子信息类教材开发做起,然后再进一步开发其他专业大类的应用型高职教材。

经过近一年的努力,电子信息类高职、高专系列教材就要与大家见面了。本系列教材的编写原则、编写体例均是根据教育部高职、高专培养目标并由参与系列教材编写的全国三十余所相关院校经过数次研讨、反复论证确定的。尽管我们对它抱有较高的期望,但这毕竟是一个新生事物,是一种尝试,成功与否,还需要经过教学实践来检验。无论如何,既然已经起步,这条路我们会一直走下去。为了我们共同的高职教育事业,欢迎大家在使用过程中,指出它的不足,以利于我们今后的工作。

编委会

2000年7月

前 言

本书是 21 世纪高职高专信息类专业系列教材之一,根据教育部高职高专培养目标和对本课程的基本要求,结合全国高等职业技术教育信息类专业教材研讨会精神编写而成,由系列教材编委会审定。

本教材力图体现高等职业教育培养目标,在编写过程中,注意了以下几个方面:

1. 注重教材的系统性。本教材较系统地介绍了线性电源和开关稳压电源的基本理论知识,在讲解基本理论时,尽量少作或不作数学推导,多作定性分析。由于现在电子设备电源多采用稳定度高的开关稳压电源,所以主要介绍开关稳压电源。

2. 注重教材的实用性。根据具体的电子设备分别讲解了他们的供电电路的特点、电源的工作原理、检测及维修方法。给初学者提供了必要的理论分析和实际操作方法。

3. 注重选例的代表性。本教材所选的典型电源整机实例都是近几年市场上所流行的电子产品,具有一定的代表性。

4. 在电源整机电路分析时,注意介绍各单元电路在整机及系统中的作用和地位,详细说明其供电方式、整机电源电压的形成、各路电源电压的来龙去脉、供电电路结构、工作过程及元器件在电路中的作用。

5. 全书的图形、符号和术语,尽量采用现行国标。在第一章基础理论部分图形、符号是统一的,在后五章中有些图是采用实绘电路图,图形、符号未作统一。

本书的参考学时为 40 学时,主要内容包括:第一章,直流稳压电源电路基础,系统地介绍了直流稳压电源的基本理论,为后面分析实际电源电路提供必须的理论知识;第二章,彩色电视机电源;第三章,录像机电源;第四章,微型计算机主机电源;第五章,微型计算机外围设备电源;第六章,通信电源;分别介绍了各自的供电系统、供电方式、电路结构特点、实际电路结构和原理分析、故障判断和检修方法。

本书的第一、二、四、六章由王川编写,第三、五章由姚建永、王川编写,全书由王川统稿,主审张学礼副教授在百忙中对全书原稿进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵的意见。

本教材在编写的过程中,得到武汉职业技术学院教材中心给予大力支持,这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2000 年 5 月

目 录

1	第一章 直流稳压电源电路基础
2	第一节 稳压电源的组成及技术指标
6	第二节 整流滤波电路
14	第三节 晶体管直流稳压电源
17	第四节 串联开关稳压电源
22	第五节 并联开关稳压电源
25	第六节 直流变换器式开关稳压电源
30	第七节 开关稳压电源的控制电路及驱动电路
42	小结
43	思考题
44	第二章 彩色电视机电源
44	第一节 彩色电视机的供电系统
47	第二节 开关电源故障检修注意事项及方法
51	第三节 彩色电视机电源电路分析与检修
61	小结
61	思考题
62	第三章 录像机电源
62	第一节 录像机电源电路
64	第二节 录像机开关电源的基本工作原理
66	第三节 录像机开关电源电路的分析与检修
74	小结
74	思考题
75	第四章 微型计算机主机电源
75	第一节 微机主机的供电方式及电源的结构原理
79	第二节 微机主机电源电路分析与检修

94	小结
94	思考题
95	第五章 微型计算机外围设备电源
95	第一节 打印机供电电源
97	第二节 打印机开关电源电路分析
106	第三节 UPS 电源
121	小结
122	思考题
123	第六章 通信设备电源
123	第一节 通信设备供电方式及特性
128	第二节 程控交换机供电电源
131	第三节 移动电话电源
136	小结
136	思考题
137	参考文献

第一章

直流稳压电源电路基础

本章要点

- 稳压电源的组成及主要技术指标
- 串联线性稳压电源、开关稳压电源的组成及工作原理
- 直流变换器、控制和驱动电路的组成及工作原理

当今,电子产品已普及到工作与生活的各个方面,其性能价格比愈来愈高,功能愈来愈强,供电的电源电路在整机电路中是相当重要的。它的性能良好与否直接影响整个电子产品的精度、稳定性和可靠性。随着电子技术的飞速发展,电源技术也得到了很大的发展,它从过去的不太复杂的电子电路变为今日的具有较强功能的功能模块。电压稳定的方式,由传统的线性稳压发展到今天的非线性式稳压,电源电路也由简单变得复杂,电源技术正从过去附属其他电子设备的状态,逐渐演变成为一个独立学科分支。本章将重点介绍稳压电源电路的组成、指标和电路的基本工作原理等基本知识。

我们一般应用的串联调整稳压电源,是连续控制的线性稳压电源,这种传统的串联稳压器,调整管总是工作于放大区,流过的电流是连续的,这种稳压的缺点是承受过载和短路的能力差,效率低,一般只有 35%~60%。由于调整管上损耗较大的功率,所以需要采用大功率调整管并装有体积较大的散热器。

开关电源的调整管工作在开关状态,功率损耗小,效率可高达 70%~95%。开关稳压电源省去了笨重的变压器,稳压器体积小、重量轻,调整管功率损耗较小,散热器也随之减小。此外开关频率工作在几十 kHz,滤波电感、电容可用较小数值的元件。允许的环境温度也可大大提高。但是,由于调整元件的控制电路比较复杂,输出纹波杂音电压较高,瞬态响应较差,所以开关电源的应用也受到一定的限制。

第一节 稳压电源的组成及主要技术指标

一、电子设备对电源的要求

电子设备对电源的最基本的要求就是电源的输出电压或输出电流要稳定,除此之外,不同的电子设备还有各自的特殊要求。

1. 体积小,重量轻

现在随着大规模集成电路的发展,电子设备本身的体积不断地在缩小,因此电源的体积也要小,以与之相称。特别是移动式的电子设备,必须要求其电源体积小,重量轻。

2. 电源输出不间断

随着微型计算机应用的日益普及和处理技术的不断发展,对高质量的供电提出了越来越严格的要求。在微型计算机的运行期间供电的中断,将会导致随机存贮器中数据的丢失和程序的破坏。因此要求一旦市电发生瞬时断电时能在小于 10ms 的时间间隔内重新供电。对于无人值守的电子设备(如通信设备)也需要电源输出不间断。

3. 效率高

对于大功率的电源,从节能角度出发,电源的效率就是一个很重要的要求,对于家用电器(如电视机、音响设备)由于它的用户很多,效率高,对节能意义更大。

4. 造价低

对于普及性比较大的电子设备或电子设备本身造价就比较低,那么就要求电源的造价不能高。

5. 电源能工作在特殊的环境中

有很多电子设备需要工作在特殊的环境中,如在水中,在高温或低温中,在有腐蚀性环境中,那么对电源也就必须要求在特殊环境中能正常工作,以保证电子设备的正常运转。

6. 高稳定性

上面已经说明电源最基本的要求是稳定。但是稳定则有高低之分,有的电子设备(如精密仪器)则要求电源有很高的稳定度。

二、直流稳压电源的组成

直流稳压电源的组成框图如图 1-1 所示,它是由电源变压器、整流器、滤波器和稳压器等四大部分组成。

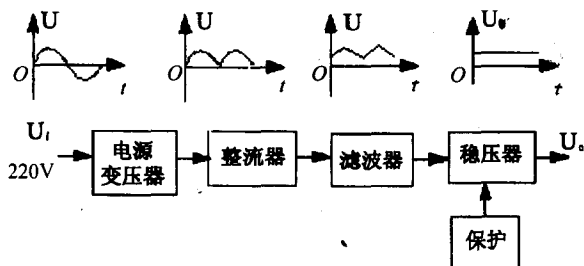


图 1-1 直流稳压电源的组成框图

(1)交流电压变换部分 将交流电网提供的交流电压变换到电子电路所需要的交流电压。同时还可起到直流电源与电网的隔离作用。

(2)整流部分 将变压器变换后的交流电压变为单向的脉动电压(脉动直流)。

(3)滤波部分 对整流部分输出的脉动直流进行平滑处理,使之成为一个含纹波成分很小的直流电压。

(4)稳压部分 将滤波输出的直流电压进行调节,以维持输出电压的基本稳定。由于滤波后输出直流电压受温度、负载、电网电压波动等因素的影响很大,所以要设置稳压电路。

三、直流稳压电源的主要指标

直流稳压电源的指标有两类:一类是特性指标;另一类是技术指标或质量指标。

1. 特性指标

(1)最大输出电流 它主要取决于主调整管的最大允许耗散功率和最大允许工作电流。

(2)输出电压和电压调节范围 按照负载的要求来决定。如果需要的是固定电源的设备,其稳压电源的调节范围最好是小些,电压值一旦调定就不可改变。对于商用电源,其输出范围都从零伏起调,调压范围要宽些,且连续可调。

(3)效率 稳压电源本身是个换能器,在能量转换时有能量损耗,这就存在转换的效率问题。要提高效率主要是要降低调整管的功耗,这样既节能,又提高了电源的工作可靠性。

(4)保护特性 在直流稳压电源中,当负载出现过载或短路时,会使调整管损坏,因此,电源中必须有快速响应的过流、短路保护电路。另外,当稳压电源出现故障时,输出电压过高,就有可能损坏负载。因此,还要求有过压保护电路。

2. 技术指标

(1)电压调整率(S_u) 当市电电网变化时($\pm 10\%$ 的变化是在规定允许范围内),输出直流电压也相应的变化。而稳压电源就应尽量减小这种变化。电压稳定度表征电源对市电电网变化的抑制能力。

表征电源对市电电网变化的抑制能力也用电压调整率 S_u 表示。其电压调整率 S_u 的定义:当电网变化 10% 时输出电压相对变化量的百分比。

$$S_u = \left| \frac{\Delta U_o}{U_o} \right|_{\Delta U_i=0} \times 100\% \quad (1-1)$$

式(1-1)中 S_u 值越小,表示稳压性能越好。

(2)内阻(r_n) 当负载电流变化时,电源的输出电压也会发生变化,变化数值越小越好。内阻正是表征电源对负载电流变化的抑制能力。

电源内阻 r_n 的定义:当市电电网电压不变情况下,电源输出电压变化量 ΔU_o 与输出电流变化量 ΔI_o 之比,即

$$r_n = \left| \frac{\Delta U_o}{\Delta I_o} \right|_{\Delta U_i=0} \quad (1-2)$$

显然, r_n 越小,抑制能力越强。

(3)电流调整率 电流调整率 S_I 是指在输入电压 U_i 恒定的情况下,负载电流 I_L 从零变到最大时,输出电压 U_o 的相对变化量的百分数,即

$$S_I = \left| \frac{\Delta U_o}{U_o} \right|_{\Delta U_i=0} \times 100\% \quad (1-3)$$

从式(1-3)可以看出, S_I 越小,说明电流的调整率越好。电流调整率的大小在一定程度

上也反映了内阻 r_n 的大小,它们都是表示在负载电流变化时,输出电压保持稳定的能力。因此,在一般情况下,二者只用其一,在较多的场合均用内阻 r_n 这个指标。

(4) 纹波系数(S_o) 电源输出电压中,存在着纹波电压,它是输出电压中包含的交流分量。如果纹波电压太大,对音响设备就可能产生杂音,对电视就可能产生图像扭动、滚动干扰等。

输出电压中的交流分量的大小,常用纹波系数 S_o 表示,即

$$S_o = \frac{U_{mn}}{U_o} \quad (1-4)$$

式中 U_{mn} ——输出电压中交流分量基波最大值;

U_o ——输出电压中的直流分量。

由式(1-4)可知, S_o 越小说明纹波干扰越小。

(5) 温度系数 温度系数是用来表示输出电压温度的稳定性。在输入电压 U_i 和输出电流 I_o 不变的情况下,由于环境温度 T 变化引起输出电压 U_o 的漂移量 ΔU_o ,称为温度系数 S_T ,即

$$S_T = \left| \frac{\Delta U_o}{\Delta T} \right|_{\substack{\Delta I_o = 0 \\ \Delta U_i = 0}} \quad (1-5)$$

S_T 越小,说明电源输出电压随温度变化而产生的漂移量越小,电源工作就越稳定。

四、稳压电源的分类

目前生产的电源种类很多,对于品种繁多的稳压电源可以从不同的角度去分。稳压电源可分为交流稳压电源和直流稳压电源。直流稳压电源分为线性稳压电源和非线性稳压电源两大类。线性电源按稳压方式分,有参数稳压电源和反馈调整型稳压电源。参数稳压电源电路简单,主要是利用元件的非线性实现稳压。比如,一只电阻和一只稳压二极管即构成参数稳压器。反馈调整型稳压电源具有负反馈闭环,是闭环自动调整系统,它的优点是技术成熟,性能优良、稳定,设计与制造简单。缺点是体积大,效率低。非线性电源主要是指开关电源,开关电源的分类方法多种多样,按激励方式分,有自激式和它激式。按调制方式分,有保持开关工作频率不变,控制导通脉冲宽度的称为脉宽调制型(PWM);也有保持开关导通时间不变,改变工作频率类型的称为频率调制型(PFM);还有宽度和频率均改变的称为混合型。按开关管电流工作方式分,有开关型变换器和谐振型变换器,前者是用晶体管开关把直流变成方波或准方波的高频交流,后者是将晶体管开关连接在 LC 谐振电路上,开关电流不是方波而是正弦波或准正弦波。按使用开关管的类型分为有晶体管型和可控制硅型。

第二节 整流滤波电路

所谓整流电路就是把交流电能变换为单极性电能的电路,而滤波电路是使整流电路输出的直流成分顺利通过,交流成分被衰减,保证整流器输出脉动值合乎规定的平滑直流电。

一、整流电路

整流电路的种类很多,可分为单相、三相与多相整流电路,还可分为半波、全波或桥式整流电路。本章主要以单相整流电路为主叙述其工作原理。

1. 单相半波整流电路

图 1-2 为单相半波整流电路。为了分析问题清晰,将二极管视为理想的开关特性,即 PN 结为正向电压时视为短路,PN 结为反向电压时视为断路。

电源变压器 T 的初级线圈接到市电网上,次级线圈的交流电压为 $u_2 = U_{2m} \sin \omega t = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$ 。其中 U_{2m} 为其幅值, U_2 为有效值。当 u_2 变化为正半周时,二极管 V_D 受正向电压偏置而导通,电流流过负载电阻 R_L 。负半周时,二极管 V_D 不导通,没有电流流过负载电阻,因此,负载电阻上的电压是单向脉动直流电压。脉动电压的平均值就是整流后的直流输出电压。图 1-3 是半波整流的电流电压波形图。

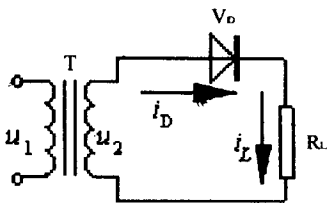


图 1-2 单相半波整流电路

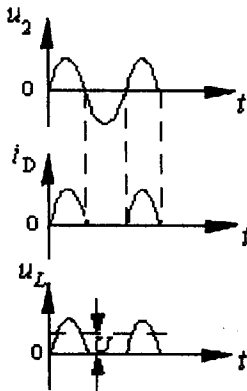


图 1-3 半波整流波形

输出直流电压 U 应等于 U_2 在一个周期内的平均值,即

$$U_{(AV)} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_{2m} \sin \omega t = \frac{U_{2m}}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.45 U_2 \quad (1-6)$$

流过整流管的平均电流值为

$$I_{(AV)} = \frac{U_{(AV)}}{R_L} = \frac{0.45 U_2}{R_L} \quad (1-7)$$

二极管截止时承受的最大反向电压为

$$U_{RM} = U_{2m} = \sqrt{2} U_2 \quad (1-8)$$

根据以上分析,显然,选择二极管的最大整流电流 I_{VDm} 应大于 $I_{(AV)}$; 选择二极管最大反向工作电压 U_R 应大于 U_{RM} 。

2. 单相二极管全波整流电路

从单相半波整流电路可以看出,它只利用了输入电压的半个周期,因此整流效率较低。全波整流电路就是为了解决这个问题。图 1-4 为二极管全波整流电路。

由图 1-4 中可以看出,当市电 u_1 为正半周时, V_{D1} 导通, V_{D2} 截止; 当市电 u_1 为负半周时, V_{D2} 导通, V_{D1} 截止, 这时负载 R_L 上的电流与电压波形如图 1-5 所示。

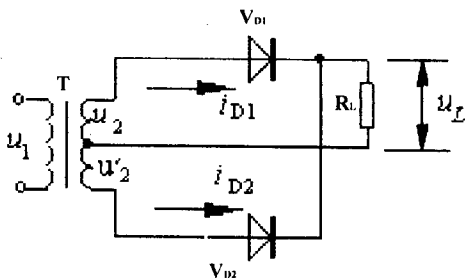


图 1-4 二极管全波整流电路

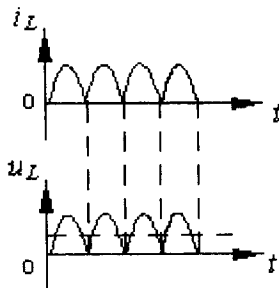


图 1-5 全波整流负载上电流电压波形

比较全波与半波的输出波形可以看出,输出全波整流电压的平均值是半波整流电路的两倍,即

$$U_{(AV)} = 0.9 U_2 \quad (1-9)$$

二极管截止时承受 $2U_{2m}$ 的反向电压。流过每一个二极管的平均电流却只是负载平均电流的一半,因此选择二极管参数的依据与半波整流相比有所不同。由于交流正负两半周均有电流流过负载,因此变压器的利用率也比半波整流高。

二极管全波整流的另一种型式即桥式整流电路。它是目前在工程上最常用的整流电路。其典型电路如图 1-6(a) 所示。电路由变压器、四只二极管和负载组成。为了绘图方便,桥式整流电路常画成如图 1-6(b) 所示的形式。