

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

开关电源

(电子技术应用专业)

主编 张丽华



高等教育出版社

高等教育出版社

中等职业教育电子电器应用与维修、电子信息类专业国家规划教材及配套教学用书目录

专业基础课程教材

电工基础 (3年制)	周绍敏
电工基础 (3年制)	刘志平
电工基础 (3、4年制)	薛涛
电工基础学习辅导与练习	周绍敏
电工基础教学参考书	薛涛
电工基础实验 (3、4年制)	程周
电工基础实验 (3、4年制)	王慧玲
电子技术基础 (3年制)	陈振源
电子技术基础 (3年制)	张龙兴
电子技术基础 (3、4年制)	唐程山
电子技术基础 (3、4年制)	彭利标
电子技术基础实验指导	孙义芳
电子技术基础标准化练习册 (模拟部分) A册	黄毓霞
电子技术基础标准化练习册 (模拟部分) B册	黄毓霞
电子技术基础标准化练习册 (数字部分) A册	于安红
电子技术基础标准化练习册 (数字部分) B册	于安红
电子线路 (3年制)	陈其纯
电子线路 (3、4年制)	熊耀辉
电子线路 (3、4年制)	林东
电子线路学习辅导与练习	陈其纯
电子线路教学参考书	周晖
机械基础	赵祥
机械制图	毛之颖
机械制图习题集	毛之颖
机械工程学	杜建根

电子电器应用与维修专业教材

电子电器应用与维修概论	程周
电子电器产品市场与经营	张百章
电工技能与实训	曾祥富
电子技能与实训	石小法
电热电动机原理与维修	荣俊昌
电热电动机维修实训	荣俊昌
电冰箱、空调器原理与维修	林金泉
电冰箱与空调器维修实训	杨立平

电机与控制	李乃夫
电动机维修实训	李乃夫
音响设备原理与维修	徐治乐
音响设备维修实训	王军伟
电视机原理与维修	章夔
电视机维修实训	聂广林
VCD、DVD原理与维修	袁锡明
办公通信设备原理与维修	唐瑞海
机械常识与钳工技能	戚长政
新型彩色显示器原理与检修	沈大林
微型计算机及外部设备组装与维修	吕勇

电子技术应用专业教材

电子测量仪器	李明生
电工技能训练	张中洲
电子技术技能训练	杨元挺
电子整机装配实习	陈其纯
电子整机原理——音响设备	杨海洋
电子整机维修实习——音响设备	耿德普
电子整机原理——数字视听设备	史新人
电子整机维修实习——数字视听设备	钟光明
电子整机原理——彩色电视机	李伟辉
电子整机维修实习——彩色电视机	曾日波
电机与电气控制	程周
传感器及其应用	谢文和
开关电源	张丽华

电子与信息技术专业教材

单片机原理与应用	梁洁婷
单片机应用综合实习指导	梁洁婷
移动通信设备	伍湘彬
电子设计自动化技术	李新平
电子产品检验	刘豫东
电子产品结构工艺	钟名湖
电子信息专业英语	邓红

通信技术专业教材

数字通信技术	林理明
通信网基础	聂辉海
程控交换原理与设备	罗建国
电话机原理与维修	陈振源
无线寻呼机原理与维修	于殿香
有线电视技术	陈振源
通信用户终端设备 (电话机) 维修实训	邹开跃
寻呼机手机维修实训	黎旺星

ISBN 7-04-011781-9



9 787040 117813 >

定价 6.70 元

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

开关电源

(电子技术应用专业)

主编 张丽华

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材配套教学用书,是根据中等职业学校重点建设专业电子技术应用专业教学指导方案,并参照有关行业职业技能鉴定规范及中级工技术等级考核标准编写的。

本书共分6章,主要内容有:开关电源的特点、功率变换器、开关电源的稳压控制电路、开关电源的输入输出电路和保护电路、软开关电源及其基本电路、常用开关电源及其维修等,此外还包括两个实验项目。

本书可作为中等职业学校电子技术应用专业教材,也可作为相关行业岗位培训及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

开关电源 / 张丽华主编. —北京: 高等教育出版社,
2003.7

中职国家规划教材配套用书

ISBN 7-04-011781-9

I. 开... II. 张... III. 开关电源—专业学校—教材 IV. TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 037244 号

策 划 李新宇 责任编辑 李新宇 封面设计 于 涛 责任绘图 朱 静
版式设计 马静如 责任校对 杨凤玲 责任印制 杨 明

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 4.75

字 数 100 000

版 次 2003 年 7 月第 1 版

印 次 2003 年 7 月第 1 次印刷

定 价 6.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是中等职业教育国家规划教材配套教学用书。主要介绍开关电源,内容包括开关电源系统的组成原理,性能指标和特点;开关电源的基本电路,主要元器件的选择和使用;最新软切换技术的原理及特点;开关电源应用实例及常见故障维修。

本教材力求反映当今电子技术的进展,把科学性、通俗性和实用性有机地结合起来,避免烦琐的数学推导,力求语言简练、通俗易懂,适应培养电子技术应用人才的需要。注重实际能力的培养,读者通过学习本书,可以提高分析问题和解决实际问题的能力。

本书教学参考学时为 51,其中包括两个实验。书中实验仅供参考,各校可根据条件自行安排。课时分配建议表如下:

课时分配建议表

章 号	内 容	课 时
1	概述	2
2	功率变换器	10
3	开关电源的稳压控制电路	8
4	开关电源的输入输出电路和保护电路	6
5	软开关电源及其基本电路	4
6	常用开关电源及其维修	10
实验一	集成开关电源的装配与测试	4
实验二	开关电源的维修	4
机动		3
总计		51

本书由合肥工业大学张丽华主编,合肥工业大学陈梅副教授主审。合肥工业大学的苏建徽老师也提出了许多宝贵意见,为提高本书的质量起到很好的作用。本书的编写参考了许多书籍,在此向提供帮助的各位同仁表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2002 年 11 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 开关电源的特点	1
1.2 开关稳压电源的分类	3
1.3 开关电源的主要性能指标	3
1.4 开关稳压电源的发展	4
本章小结	5
习题	5
第 2 章 功率变换器	6
2.1 概述	6
2.2 串联开关变换器	6
2.3 并联开关变换器	9
2.4 Cuk 变换器	10
2.5 由变压器和开关组成的功率变换器	11
本章小结	14
习题	15
第 3 章 开关电源的稳压控制电路	16
3.1 开关脉冲振荡电路	16
3.2 开关电源的稳压控制电路	17
3.3 集成 PWM 控制器	20
本章小结	29
习题	29
第 4 章 开关电源的输入输出电路和保护电路	31
4.1 开关电源的输入电路	31
4.2 开关电源的输出整流滤波电路	32
4.3 过流保护电路	32
4.4 过压保护电路	35
4.5 负载短路保护电路	36
4.6 启动保护电路	37
本章小结	38
习题	38
第 5 章 软开关电源及其基本电路	39
5.1 开关电源的新技术	39

5.2 软开关电源的基本电路·····	40
5.3 部分谐振变换器(QRC)的基本工作过程·····	43
本章小结·····	43
习题·····	44
第6章 常用开关电源及其维修·····	45
6.1 录像机开关电源·····	45
6.2 微型计算机开关电源·····	47
6.3 VCD机开关电源·····	51
6.4 电视机开关电源·····	53
6.5 电视机开关电源的维修·····	56
本章小结·····	57
习题·····	58
实验一 集成开关电源的装配与测试·····	59
实验二 开关电源的维修·····	63
参考文献·····	66

第 1 章 概 述

1.1 开关电源的特点

电源是各种电子设备必不可缺的组成部分,它在电子设备中的作用就像人体中的心脏,为电子设备提供动力。其性能的优劣直接关系到电子设备的技术指标以及电子设备能否安全可靠的工作。现代电子设备中使用的电源有线性稳压电源和开关稳压电源。

1.1.1 线性稳压电源

线性稳压电源电路如图 1-1 所示。图中 VT_1 为误差放大器, VT_2 为调整管, VD 为稳压二极管,提供基准电压, T 为工频变压器。

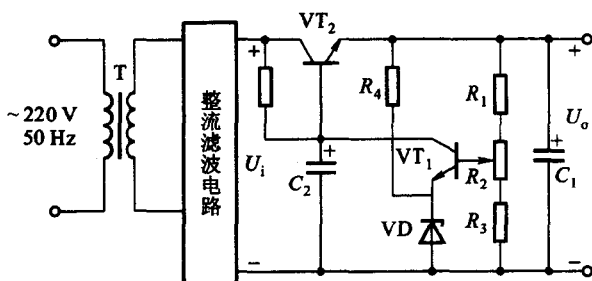


图 1-1 线性稳压电源电路示意图

先把 220V/50Hz 交流电通过变压器降压,然后对其进行整流与滤波,得到未稳定的直流电压 U_i ,再经过稳压调整电路便得到需要的稳定的直流电压。图中, VT_1 、 VT_2 、及其周围电阻电容元件组成一个串联稳压调整电路。当某种原因使电网电压变动或负载电流变化时,输出电压 U_o 必然要随之变化,使 U_o 不稳定。 U_o 的变化量通过 R_1 、 R_2 、 R_3 分压后加到 VT_1 、 VD 组成的比较放大电路,它输出的误差电压控制调整管 VT_2 的管压降 U_{CE} ,从而使输出保持稳定。稳压过程可表示为:当电网电压增加时, $U_i \uparrow \rightarrow U_o \uparrow \rightarrow U_{B1} \uparrow \rightarrow I_{C1} \uparrow \rightarrow U_{C1} \downarrow \rightarrow U_{B2} \downarrow \rightarrow U_{E2} \downarrow \rightarrow U_o \downarrow$ 。

这种稳压电源电路的主要缺点是:

(1) 功耗大,效率低。线性稳压电源的调整管工作在线性放大状态,为了保证输出电压有足够的稳定范围,调整管上的电压降须留有一定余量,这样调整管的功耗增大,而且必须安装体积大的散热器。

(2) 存在着一个体积大并且又笨重的工频变压器。

(3) 可靠性和稳定性差。调整管和变压器散发出的热量使设备的可靠性和稳定性变差。

1.1.2 开关稳压电源

开关稳压电源的种类很多,但基本电路都由线性滤波器、整流滤波器、直流/直流(DC/DC)变换器和稳压控制电路构成,图 1-2 是某开关稳压电源的构成框图。

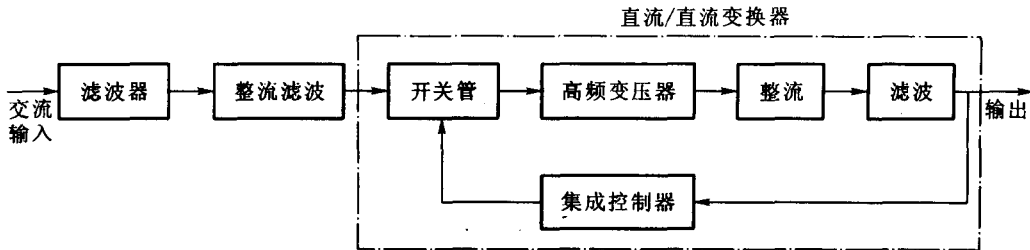


图 1-2 开关稳压电源的构成框图

220V/50Hz 的交流电压经过线性滤波器,滤除电网中的脉冲干扰后进入整流滤波电路,输出直流高压加到 DC/DC 变换器进行功率变换,向负载输出符合要求的直流电压。稳压控制电路包括取样、比较放大,基准和控制调整电路等,当某种原因使输入电压不稳时,通过稳压控制电路的工作,能自动调整直流/直流变换器中开关元件的通断时间比,达到自动调整输出电压的目的,使输出电压保持稳定。

直流/直流变换器是将一种直流电压转换为另一种直流电压的变换电路。通常各种电子设备需要的电源电压不相同,利用直流/直流变换器,就可以把整流器输出的直流电压变换为电子设备需要的直流电压。

与线性稳压电源相比,开关电源的主要特点有:

(1) 效率高,功耗小。开关电源的调整管是工作在开关状态,因此调整管功耗极小,效率在 80% 以上。

(2) 稳压范围宽。线性稳压电源在交流输入电压低于 160V 时,输出电压便不能稳定,输入交流电压偏高时则效率会降低。而开关电源交流输入电压在 130~260V 范围内变化时都能达到很好的稳压效果。

(3) 稳定性和可靠性高。功耗小使得电子设备内温升也低,减小了周围元件的高温损坏率,使设备的热稳定性和可靠性极大地提高。

(4) 体积小,重量轻。开关电源可将电网输入的交流电压直接整流,再通过高频变压器获得各种不同交流电压,省去了笨重的工频变压器,使电源的重量大大减轻。此外,由于开关电源的工作频率较高,滤波电容、电感可用较小数值的元件,也可使体积减小,重量减轻。

(5) 安全可靠。开关电源可以方便地设计自动保护电路。当电路发生故障或短路时,能自动切断电源,防止故障范围扩大。

开关电源的主要问题是电路比较复杂,输出纹波电压较高,瞬态响应差等。目前,世界各国正在大力研制开发新型开关电源,以适应各种电子设备的小型化、高效率化等需要。

1.2 开关稳压电源的分类

随着电子技术和应用的迅速发展,开关稳压电源在计算机、通信、航天、彩色电视等方面都得到了广泛的应用,这大大促进了开关稳压电源的发展,其品种和类型越来越多。常见的开关稳压电源分类方法如表 1-1 所示。

表 1-1 常见开关稳压电源的分类

分 类 方 式	名 称
按激励脉冲产生方式	自激式
	他激式
按稳压控制方式分类	脉冲宽度控制方式
	频率控制方式
	混合方式
按开关管电流的工作方式分类	开关型
	谐振型
按储能电感与负载连接方式分类	串联型
	并联型
按晶体管的连接方式分类	单端式
	推挽式
	半桥式
	全桥式
按输入与输出电压的大小比较分类	升压式
	降压式
按电路结构分类	分立元件式
	集成电路式
按工作方式分类	斩波型
	隔离型

由此可见,开关稳压电源可以采用各种不同的电路。各种形式的电源电路的基本功能块是相同的,只是完成这些功能的技术手段有所不同。实用中常把它们归结为串联型开关稳压电源和并联型开关稳压电源两大类。在本书第 2 章,我们重点讨论这两类电源的变换器。

1.3 开关电源的主要性能指标

稳压电源的性能指标分为两种,一种是特性指标,另一种是质量指标。

1. 特性指标

(1) 输入电压及其变化范围。

(2) 输出电压 U_o 及其输出电压调节范围 $U_{omin} \sim U_{omax}$ 。

(3) 额定输出电流 I_{omax} (指电源正常工作时的最大工作电流)。

2. 质量指标

(1) 稳压系数 S_r 指在负载电流、环境温度不变的情况下,输入电压 U_i 变化 $\pm 10\%$ 时引起输出电压 U_o 的相对变化量。

(2) 电流调整率 S_i 当输入电压及环境温度不变时,输出电流 I_o 从零变化到最大时,输出电压的相对变化量称为电流调整率。

(3) 输出电阻(也称内阻) R_o 。当输入电压、环境温度一定时,由于负载电流变化引起输出电压变化,把输出电压的变化与输出电流的变化的比,称为输出电阻。其大小反映了稳压电源带负载能力的大小, R_o 值越小,带负载能力越强。

(4) 温度系数 S_T 指输入电压、输出电流不变的情况下,稳压电路在周围环境温度变化时所引起的输出电压的变化。

(5) 纹波电压和纹波抑制比 叠加在输出电压 U_o 上的交流分量称为纹波电压。纹波抑制比定义为稳压电路输入纹波电压峰值 U_{iPP} 与输出纹波电压峰值 U_{oPP} 之比,用对数表示: $20\lg(U_{iPP}/U_{oPP})$ (dB)。纹波抑制比表示稳压电路对其输入端引入的交流纹波电压的抑制能力。

(6) 效率 η 指输入、输出为额定值时,其输出功率与输入有效功率之比值。

1.4 开关稳压电源的发展

1955年,美国的科学家罗耶(G. H. Royer)首先研制成功了利用磁芯的饱和来进行自激振荡的晶体管直流变换器,该变换器中的功率晶体管工作在开关状态。用此制成的稳压电源系列产品具有输出的组数多、极性可变、效率高、体积小、重量轻等优点,被广泛应用于航天及军事电子设备上。但由于那时不能制作出耐压较高、开关速度较快、功率较大的晶体管,限制了电源产品的开关频率、转换速度和效率。

20世纪60年代末,随着微电子技术的快速发展,出现了高反压的晶体管,使得直流变换器可以直接由市电经整流、滤波后输入,不再需要用工频变压器降压了。在此基础上诞生了无工频变压器的开关稳压电源,使得电源的体积、重量大为减小,效率提高。

20世纪70年代以后,与开关电源有关的各种元器件不断被研制和生产出来,使无工频变压器开关稳压电源得到了飞速发展,成为各种电源中的佼佼者。特别是适应各类开关电源控制要求的集成开关稳压器应运而生,各种专用芯片大量问世,使开关稳压电源的功能不断完善,外接元件越来越少,设计、生产和调试工作日益简化,成本不断降低。

自20世纪80年代以来,用于开关电源的功率器件出现了高反压MOS大功率场效应晶体管、绝缘栅双极管以及功率模块等多种器件,使得开关电源的工作频率从20kHz左右提高到目前的几百千赫兹。尤其是“谐振式”开关电源的出现,使电源的工作频率能达到数兆赫兹,工作效率大大提高。输出功率也由数十瓦提高到数百瓦甚至数千瓦。被广泛应用于电子计算机、通信、

航天、彩色电视机等领域中。

近年来,随着开关电源技术的不断发展,高频开关电源在设计上所遇到的难题被逐步解决,各种新技术、新产品不断涌现。如实现软开关方式的谐振型开关电源技术和部分谐振型开关电源技术、组件化技术、数字控制技术、小功率开关方式交流适配器等。促使开关稳压电源向高效率化、小型化、高频化迈进的步伐越来越大,使现代电子设备日益满足人们不断发展的要求。

本章小结

(1) 开关稳压电源主要由线性滤波器、整流滤波器、DC—DC 变换器和稳压控制电路等组成。它与线性稳压电源的最大区别是调整管处于开关工作状态而不是线性工作状态。输出直流电压的高低可由开关调整管的导通时间长短与频率来决定。与线性稳压电源相比,开关电源具有效率高、体积小、重量轻、稳压范围宽、稳定性和可靠性高等优点,存在的主要问题是电路比较复杂,输出纹波电压较高,瞬态响应差等。

(2) 开关电源的品种和类型很多,可从不同的角度进行分类,常见的分类方法见表 1-1 所示。

(3) 开关电源的标准是以国际电工委员会标准 IEC 为基础(如 IEC950 标准),各国在制定标准时,都是参照 IEC 的标准。开关电源的性能指标一般分为特性指标和质量指标两种,本书主要介绍一些常用的电气指标。

(4) 从 1955 年开始至今,开关稳压电源沿着高效率、高密度、高可靠性、小型化、高频化的方向迅速发展。目前,供开关电源使用的各种新器件、新材料被广泛采用,许多新技术正在用于开关电源的各种产品中,开关电源的各种专用芯片大量问世,使得开关电源更加满足各种电子设备的需求。

习 题

1. 比较开关稳压电源与线性稳压电源的优缺点。
2. 开关稳压电源主要由哪几部分组成? 简述各部分作用。
3. 解释下列名词:效率、纹波电压、输出电压可调范围。

第2章 功率变换器

2.1 概 述

功率变换器是实现变压、变频以及完成输出电压调整的执行部件,也是开关电源的核心部件。在开关稳压电源中,开关型功率变换器是以功率半导体开关器件为核心的高频功率电子电路,它将直流电源能量传送到负载并加以控制,得到另一个直流输出电压。因此这类变换器也称为直流—直流(DC—DC)变换器。

进行直流变换的第一步是将直流电压转换为高频率的交流电压;这一过程正好与整流器的工作过程相反,因此把它叫作“逆变”,通常利用逆变器来实现。逆变器的主要元件是大功率开关管。第二步是将交流电压转变为直流电压;它通过整流滤波电路实现。

功率变换器有多种形式,本章主要介绍几种基本的 DC—DC 变换器。

2.2 串联开关变换器

2.2.1 串联开关变换器的工作过程

串联开关变换器如图 2-1 所示。其中,VT 为开关功率调整管, L 为储能电感,VD 为续流二极管, C 为滤波电容, R_L 为负载电阻。

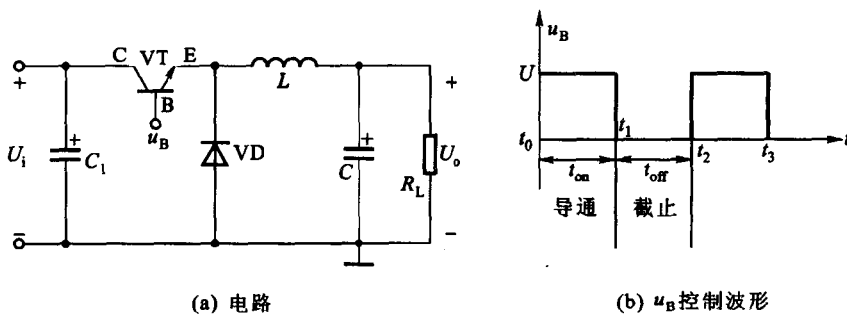


图 2-1 串联开关变换器电路一

该电路的工作过程为:开关管 VT 受开关脉冲 u_B 控制,工作在截止与饱和导通状态, u_B 波形如图 2-1b 所示。当控制脉冲 u_B 为高电平时,VT 饱和导通,输入电压 U_1 经 VT 和 L 给 C 充电,输出电压 U_o 加到负载 R_L 两端。同时,电感 L 内的磁能不断增长。而续流二极管 VD 因反向偏置而截止。这一段时间用 t_{on} 表示。 t_{on} 时间以后,控制脉冲 u_B 为低电平,开关管 VT 截

止, L 上感应出右正左负电压, 续流二极管 VD 导通, L 中的磁场能量经 VD 向 C 及负载释放。这里的 VD 起着续流的作用, 因此称为续流二极管。经过 t_{off} 时间后, 控制脉冲 u_B 又使 VT 导通, 重复上述过程。

图 2-2 是另一种串联开关变换器电路。该电路中开关管 VT 与储能电感的位置调换了一下, 并且储能电感用变压器代替。其工作过程与图 2-1a 电路相同。这两种电路在彩色电视机开关电源中都有应用。

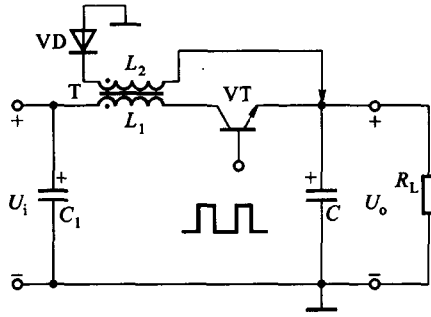


图 2-2 串联开关变换器电路二

2.2.2 输出电压 U_o 与占空系数 δ 的关系

根据图 2-1 电路的工作过程, 我们来推导图 2-1 变换器输出电压 U_o 和输入电压 U_i 之间的关系。

设 $t_0 \sim t_1$ 期间所用的时间为 t_{on} , 此时开关调整管 VT 基极加入正脉冲, 使开关管饱和导通, 电感 L 中的电流不断增大, 等效电路如图 2-3a 所示。

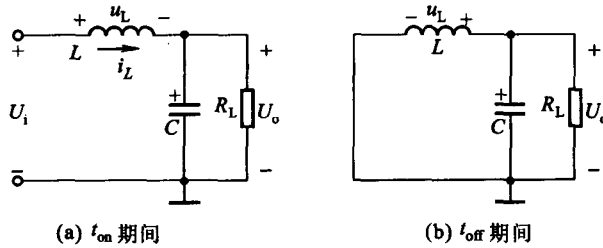


图 2-3 串联开关变换器两种开关状态的等效电路

若假设开关管 VT 具有理想的开关特性, 其饱和压降可以忽略。由图得到:

$$U_L = L \cdot \Delta I_{L1} / t_{\text{on}}$$

$$U_L = U_i - U_o$$

$$U_i - U_o = L \cdot \Delta I_{L1} / t_{\text{on}} \quad (2-1)$$

$t_1 \sim t_2$ 期间所用的时间为 t_{off} , 此时开关管 VT 截止, 电感 L 中的感应电压改变方向, 为左负右正, 续流二极管导通(忽略其导通压降), L 中的电流由最大而下降, 等效电路如图 2-3b 所

示。

由电路有：

$$U'_L = U_o = L \cdot \Delta I_{L2} / t_{\text{off}} \quad (2-2)$$

开关电源正常工作时，电感中的电流应满足： $\Delta I_{L1} = \Delta I_{L2}$ 即电路应处于平衡状态。综合(2-1)式和(2-2)式得： $(U_i - U_o)t_{\text{on}} = U_o t_{\text{off}}$

由此得到：

$$U_o = U_i t_{\text{on}} / (t_{\text{on}} + t_{\text{off}}) = U_i t_{\text{on}} / T = \delta U_i \quad (2-3)$$

式中 t_{on} ——开关管导通时间；

t_{off} ——开关管截止时间；

T ——开关管的工作周期。

$\delta = t_{\text{on}} / T$ ，称为占空系数(也叫占空比)。

由式(2-3)可知，只要改变开关管激励脉冲的占空系数 δ ，就可以控制输出电压 U_o 的大小。

例如，若要保证某电源稳压输出 $U_o = 110 \text{ V}$ ，当电网电压为 220 V 时，由前面整流输出电路得到 $U_i = 280 \text{ V}$ ，则 $\delta = 110 \text{ V} / 280 \text{ V} = 0.4$ 。

若某原因使电网电压上升，超过 220 V ，使其 $U_i = 330 \text{ V}$ 时，要使输出 U_o 仍保持为 110 V ，则需调节电路，使 $\delta = 110 \text{ V} / 330 \text{ V} = 0.3$ ，才能达到要求的效果。

根据 $\delta = t_{\text{on}} / T$ 可以得到改变 δ 的方法有：

- (1) 保持开关周期 T 不变，调整导通时间 t_{on} ，这种方法称为脉宽调制型或调宽型。
- (2) 保持 t_{on} 不变，改变开关周期 T ，即改变开关频率。这种方法称为频率调制型或调频型。
- (3) 激励脉冲的宽度和频率同时改变。这种方法称为混合型。

2.2.3 串联开关变换器的性能

(1) 由于占空比总是小于 1，所以 U_o 总是小于 U_i ，故常称为下降型(降压型)串联开关变换器。也称为 Buck 变换器。

(2) 该下降型电路对开关管及续流二极管的耐压要求不高，一般为 U_i 的 1.5 倍即可。这已经考虑了开关瞬间滤波电感所产生的浪涌电压的影响。

(3) 输出直流电压 U_o 纹波小，带负载能力强。这是因为不管开关管 VT 是饱和还是截止，滤波电容 C 及负载上均有能量补充。

(4) 开关管发射极不接地，这将使其驱动电路复杂。

(5) 输入电流是脉动的，这将会引起对输入电源的电磁干扰。所以在实际应用中常在电源与变换器之间增加一个输入滤波网络。

(6) 如果开关管 C—E 击穿，则全部输入电压 U_i 直接加到负载，会使输出电压 $U_o = U_i$ 而过高，这将会烧毁其他元件，因此应有 U_o 过压保护措施。

2.3 并联开关变换器

2.3.1 并联开关变换器的工作过程

并联开关变换器的电路结构如图 2-4 所示。其中,VT 为开关功率管, L 为储能电感,VD 为续流二极管, C 为滤波电容, R_L 为负载。

与串联换能器的分析方法相同,在 t_{on} 期间 VT 导通,输入电压 U_i 向 L 充磁, L 中的电流线性增大,此时 VD 反偏截止。负载电压 U_o 靠滤波电容 C 维持。其等效电路如图 2-5a 所示。

由图有:

$$U_i = U_L = L \cdot \Delta I_{L1} / t_{on}$$

$$\Delta I_{L1} = U_i \cdot t_{on} / L \quad (2-4)$$

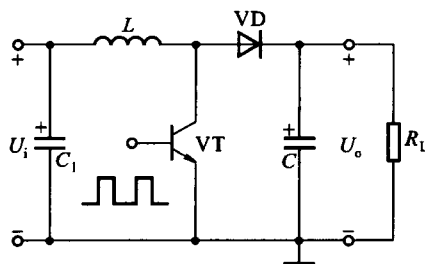


图 2-4 并联开关变换器

在 t_{off} 期间 VT 截止, L 中的电流不能突变,它所产生的感应电势阻止电流减小,感应电势的极性为左负右正,二极管 VD 导通。电感中储存的能量向 C 和负载 R_L 泄放。其等效电路如图 2-5b 所示。

由图有:

$$\Delta I_{L2} = (U_o - U_i) t_{off} / L \quad (2-5)$$

在电路稳定状态下, $\Delta I_{L1} = \Delta I_{L2}$,得

$$U_o = U_i [1 + \delta / (1 - \delta)] = U_i / (1 - \delta) \quad (2-6)$$

同样, $\delta = t_{on} / T$ 为占空系数。由此可看到,与串联变换器一样,改变 δ 便可调节输出电压的大小。在实际电路中, δ 的大小由稳压电路决定。

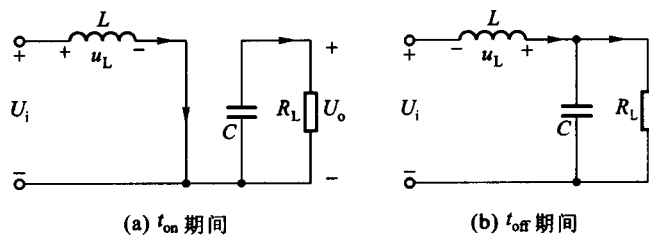


图 2-5 并联开关变换器的等效电路

2.3.2 并联开关变换器的性能

(1) 由于 $\delta < 1$, 由 $U_o = U_i / (1 - \delta)$ 可知,输出电压 U_o 大于 U_i ,形成升压式开关电源。该电路也称为 Boost 变换器。

(2) 输入电流是连续的,这减轻了对电源的电磁干扰。

(3) 开关管发射极接地,使驱动电路简单。

(4) 输出侧二极管的电流是脉动的,使输出直流电压中有较大的纹波。所以实际应用中,在二极管 VD 与输出之间常加入一个输出滤波网络。

2.3.3 另一种形式的并联开关变换器

图 2-6 是另一种形式的并联开关变换器。其工作过程的分析与图 2-4 电路相似。

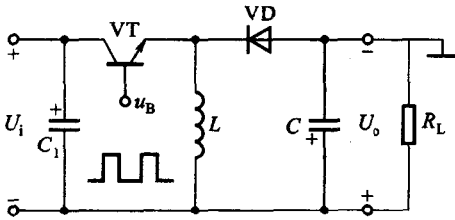


图 2-6 并联开关变换器二

在 t_{on} 期间,VT 饱和导通,VD 截止,有 $\Delta I_{L1} = U_i \cdot t_{on}/L$ 。

在 t_{off} 期间,VT 截止,VD 导通,有 $U_o = U_L = L \cdot \Delta I_{L2}/t_{off}, \Delta I_{L2} = U_o \cdot t_{off}/L$

在电路稳定状态下,由 $\Delta I_{L1} = \Delta I_{L2}$ 得到 $U_i \cdot t_{on}/L = U_o \cdot t_{off}/L$

$$U_o = U_i \cdot t_{on}/t_{off} = U_i \cdot \delta/(1 - \delta) \quad (2-7)$$

该并联开关变换器的性能为:

(1) 由于 $\delta < 1$,由 $U_o = U_i \cdot \delta/(1 - \delta)$ 可知,输出电压 U_o 可小于 U_i ,也可大于 U_i ,既可降压,又可升压。当 $\delta = 0.5$ 时, $U_o = U_i$,并且输出电压与输入电压极性相反。因此称此电路为变极性式变换器,也称 Buck-Boost 型。

(2) 稳压范围较宽。只要稍微改变一下 δ ,就可以使 U_o 稳定。

(3) 开关管和续流二极管承受的峰值电压较高,为 $U_i + U_o$ 。

(4) 输入、输出电流皆有脉动,使得对输入电源有电磁干扰且纹波较大。所以实际应用时常加有输入、输出滤波网络。

(5) 开关管发射极不接地,使驱动电路复杂化。

2.4 Cuk 变换器

Cuk 变换器电路如图 2-7 所示。这种变换器与升降压式变换器电路的原理相似,它的输出电压 U_o 与输入电压 U_i 共地且极性相反。图中, L_1 、 L_2 为储能电感,VT 为开关管,VD 为续流二极管, C_1 为传递能量的耦合电容, C_2 为滤波电容, R_L 为负载。

设在 $0 \sim t_1$ 期间为 t_{off} ,VT 截止,VD 导通,等效电路如图 2-8a 所示,输入 U_i 与电感 L_1 的能量向 C_1 充电储能,同时 L_2 向负载释放能量。随着充电的进行, i_1 逐渐减小, i_2 也减小。

在 $t_1 \sim t_2$ 期间为 t_{on} ,VT 导通,VD 截止,等效电路如图 2-8b 所示。电容 C_1 把前一阶段存储的能量释放给负载 R_L 、滤波电容 C_2 和电感 L_2 、 L_2 、

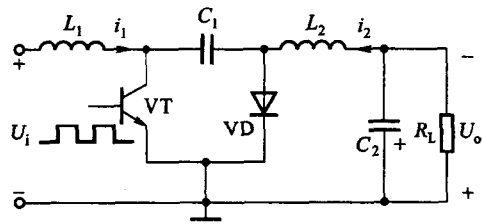


图 2-7 Cuk 变换器电路