

本书由大连市学术专著资助出版评审委员会支持出版

开关集成稳压器 控制器的原理及应用

李峻 编著

人民交通出版社



图书在版编目(CIP)数据

开关集成稳压器控制器的原理及应用/李峻编著.

—北京:人民交通出版社,1997

ISBN 7-114-02581-5

I. 开… II. 李… III. 开关电源:稳压电源-控制器
IV. TM44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 07553 号

开关集成稳压器控制器的原理及应用

Kaiguan Jicheng Wenyaoqi Kongzhiqu

de Yuanli ji Yingyong

李 峻 编著

插图设计:李京辉 正文设计:崔凤莲 责任校对:张 莹

责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:13.25 字数:353 千

1997 年 7 月 第 1 版

1997 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—3500 册 定价:25.00 元

ISBN 7-114-02581-5

TM · 00005

内 容 提 要

这是一本介绍开关集成稳压器和控制器方面的专著。书中首先介绍了开关电源方面的基础知识,开关电源的某些新技术,然后根据作者提出的开关集成稳压器、控制器的分类方法,介绍了国外各主要集成电路生产厂家生产的开关电源专用集成电路的型号、外形封装、内部结构、管脚功能、电气特性、极限参数、工作原理和在生产实践中的具体应用方法,提供了许多有实用价值的典型应用电路,对开关电源设计、研制、生产、维修、学习极为有用,特别适合于从事电子技术、电源生产和使用的工程技术人员及大、中专院校的师生阅读。

**本书由大连市学术专著资助出版评审委员会
支持出版**

**This book is supported by the Dalian Evaluation
Committee for Financing Academic Works**

推荐专家：大连铁道学院 廖 凡 教授

张汉祥 教授

评审专家：大连水产学院 蒋志凯 教授

前 言

80年代兴起的高频开关电源仍是电源电子技术领域的主要课题,近些年来国内的一些专家和教授编著了不少开关电源方面的专著,系统地介绍了开关电源的工作原理、分析和计算方法、设计方法,对我国开关电源的研制和生产,电源技术水平的提高,起了十分重要的作用。

当前,开关电源已经实现了工作频率高频化,控制电路集成化。国外集成化的开关电源控制电路品种繁多,使用亦十分普遍。使用了许多新技术、新工艺生产的第二代、第三代开关集成稳压器和控制器已大量涌现,取代了早期的集成控制器,显著地提高了开关电源的技术性能,增加了开关电源的功能。开关集成稳压器、控制器使开关电源的控制电路的外接元器件减少,电路设计简化,调试维修简单,实现了小型化,轻量化,在开关电源中起着重要的作用。然而,国内开关电源集成化的稳压电源和集成化的控制器品种还很少,只有早期产品 SL-64、X-36 等,数量少,价格也偏高,远远落后于国外的发展。国外生产的最新开关集成稳压器和控制器在国内使用的也不多见,有关的资料很少,没有系统地介绍开关集成稳压器和控制器的专著,影响了这些集成电路在产品设计中的使用。为了提高我国开关电源技术的水平,把国外生产的开关集成稳压器和控制器全面和系统地介绍到我国,促进我国集成电路生产和应用技术的发展,作者编写了《开关集成稳压器控制器的原理及应用》这本书。

为了便于使用开关集成稳压器和控制器,本书在第一章中介绍了开关电源的特点,开关电源的分类;开关电源的电流型控制技术,谐振控制技术;开关集成稳压器和控制器的基本结构和分类方

法。开关集成稳压器和控制器的分类方法是作者在研究了众多开关电源专用集成电路的结构、用途和使用特点的基础上提出来的,不一定妥当。国外生产的开关集成稳压器和控制器日益增多,但在如何分类上并不明确。

本书的第二章至第六章分别介绍了典型的、具有代表性的5种开关电源专用集成电路,这5种类型的专用集成电路分别为:电压型DC-DC变换器;电流型DC-DC变换器;电压型脉宽调制控制器;电流型脉宽调制控制器;固定脉冲宽度,可变频率的控制器。在这5种类型的变换器和控制器中,电压型多数为早期产品,电流型、可变频率控制器多为第二代或第三代专用集成电路,尤其是用于谐振型变换器的控制器,工作频率已经超过1MHz,集成电路的制造采用了不少专利技术,使开关电源的生产发生了重大的变化。

为了学习国外开关电源技术的发展并掌握开关电源的新技术,特编著此书,以飨读者。但由于水平所限,本书中难免有不当之处,恳请有关专家、读者给予指正。

目 录

绪论	1
第一章 开关式稳压电源的基础知识	4
第一节 开关式稳压电源与线性串联型稳压电源的区别	4
第二节 开关式电源的电路结构	6
第三节 非绝缘型(斩波式)开关电路	11
第四节 变换器型开关稳压电源	18
第五节 谐振型变换器电路	31
第六节 电流控制脉宽调制技术	44
第七节 开关稳压电源集成控制器的控制方式和分 类方法	57
第二章 电压型 DC-DC 变换器	64
第一节 MC34063/MC34063A、MC35063/MC 35063A、MC33063/MC33063A DC-DC 变换器	65
第二节 通用开关型稳压器辅助系统 $\mu 7A8S40$	76
第三节 LM2574/LM2574HV 系列 0.5A 降压式电压 型 DC-DC 变换器	85
第四节 LM1577/LM2577 系列升压式电压型单片开关 集成稳压器	97
第五节 L497A、10A 降压式单片功率开关稳压器	108
第六节 MC34165 功率开关稳压器	120
第七节 MAX639 高效率+5V 可调降压稳压器	132
第三章 电流型 DC-DC 变换器	142
第一节 MAX732/MAX733 电流型+12V/+15V DC-DC 升压变换器	143

第二节	MAX736/737/739/759 可调整的逆变电流 型-5V、-12V、-15V 稳压器	156
第三节	MAX742 双路输出电流型+5V 到±12V 或±15V 开关稳压器	167
第四节	MAX743 双路输出电流型+5V,至±15V 或±12V 开关稳压器	179
第五节	MAX1743 3W,+5V 至±12V/±15V DC-DC 转换模块	186
第四章	电压型脉宽调制控制器集成电路.....	191
第一节	开关型脉宽控制集成电路 MC34060/MC35060	193
第二节	开关型脉宽调制控制集成电路 TL494/TL495	208
第三节	SG1525A/SG1527A、SG2525A/SG2527A、SG 3525A/SG3527A 脉宽调制控制电路	220
第四节	SG1526/SG2526/SG3526 脉宽调制控制集成 电路.....	231
第五节	SG1524/SG3524,LT1524/LT3524 脉宽调 制控制集成电路.....	240
第六节	脉宽调制型集成开关电源控制器 CW3420/3520	252
第七节	SL-64 型开关稳压电源集成控制器	265
第五章	电流型脉宽调制控制器集成电路.....	275
第一节	电流控制型开关电源应用中的有关问题.....	276
第二节	高性能电流方式控制器 UC3842A/ UC3843A、UC2842A/UC2843A	285
第三节	高性能电流方式控制器 MC34129、MC33129 ...	303
第四节	高性能双通道电流方式控制器 MC34065/MC33065	321
第五节	可编程集成开关电源控制器 MAX741	337

第六节	电流型 PWM 控制器 LT1846/1847、 LT3846/3847	348
第七节	平均电流 PWM 控制器 UC1848	352
第八节	其它电流型 PWM 控制器简介	361
第六章	固定脉冲宽度,可变频率的开关电源控制器	372
第一节	MC34066 高性能谐振控制器	372
第二节	谐振型开关电源控制器 UC1861~1868	384
第三节	GP605 可变频率谐振型控制器	390
第四节	UC3860 谐振型控制器	395
附录 1	集成开关稳压器控制器的型号和生产厂家一览表	403
附录 2	MOTOROLA 公司生产的开关稳压器控制器	407
附录 3	MAXIM 公司生产的 DC-DC 变换器一览表	409
主要参考文献		412

绪 论

如果说在几年前人们对开关电源还不是很熟悉的话,那么如今开关电源已经大量使用,市场上随处可见,工程技术人员对它已经不是很陌生的了。开关稳压电源由于其技术水平的不断提高,生产工艺的不断改善,新器件、新材料的更多使用,使制造成本进一步降低,可靠性进一步提高,并在整个电源工业中所占的比重愈来愈大。许多电源技术专家所展望的开关电源的发展趋势正在成为现实,开关电源工作频率的高频化,控制电路的集成化取得了引人注目地进展。在开关电源的电能变换技术方面的研究,控制技术方面的研究及专用集成电路的开发上,也取得了重大的进展。在这方面比较突出的是开关电源的电流型控制技术和谐振型变换技术的研究已经在生产实践中广泛应用,开关电源专用集成电路已经形成了系列产品,品种急剧增多,有力地推动着开关电源整机生产水平的提高。为此,加强我国对开关电源专用集成电路的研究和学习是十分必要的。

一、开关集成稳压器、控制器在开关电源中所处的地位和作用

当前开关电源发展的趋势仍然是工作频率高频化,高频化的主要目标是为了进一步减轻开关电源的重量,缩小体积以及改善开关电源的某些性能,如可靠性、瞬态响应等。

高频化的基础是开关电源的两个关键元器件,一个是开关电源用的高频开关功率晶体管,功率场效应管;另一个就是开关电源专用集成电路——开关集成稳压器和控制器。开关电源专用集成电路的工作频率要比开关电源的工作频率更高,高频化的开关电源必须要先有高频化的专用集成电路。开关集成稳压器、控制器的

功能决定了开关电源整机使用元器件的多少,电路设计的复杂程度,调试维修的难易程度。总之,开关集成稳压器、控制器的功能直接影响着开关电源的可靠性及其性能。

二、开关集成稳压器、控制器生产现状

1. 电流控制型 PWM 集成电路成为主流

早期的开关电源专用集成电路多数为电压控制型 PWM 集成电路,它的主要缺点是瞬态响应不好。电流控制型 PWM 集成电路的性能和功能均优于电压控制型 PWM 集成电路,国外新生产的开关集成稳压器和控制器中,电流控制型的品种和数量最多,有完全取代电压控制型的趋势。

2. 开关电源专用集成电路的新家族——谐振型控制集成电路

在更高频率(大于 500kHz)下变换功率的更有效办法是采用谐振式变换器,使用零电流开关和零电压开关技术。但是,由于一直没有生产出可用的控制器,使这项技术的应用受阻。现在国外集成电路制造厂家已经生产出谐振型控制集成电路,使开关电源的工作频率已达 1MHz,使开关电源缩小体积的努力取得了重要进展。

3. 单片集成电路向大功率发展

早期的开关电源专用集成电路输出驱动电流都很小,而现在的开关集成稳压器 L4970 的最大输出电流为 10A, L296 的最大输出电流为 5A; PWM 控制器 UC1856 的输出峰值电流达 1.5A, 驱动功率越来越大,在使用时可不用外接功率开关管。

4. 集成电路所需外部元件数目越来越少

最新的开关集成稳压器,控制器需要外部元件数极少,使用起来十分简便。如以其高效取代了普通三端线性电压稳压器的 LM2574 系列开关降压式稳压器,只需要 4 个外部元器件。MAX1743 DC-DC 变换器能把 +5V 转换至 $\pm 12V$ 或 $\pm 15V$, 而不需要外部元件。脉宽调制控制器在使用时,需要的外部元件数目也

减少了很多。

5. 工作频率已超过 1MHz

开关电源需要越来越高的开关频率,针对这个问题,一种新型 PWM 控制器已经研制出来。它的频率是目前最高的,可达 1MHz 以上,既适用于电压型也适用于电流型应用。这个控制器的型号是 UC3825,在这个控制器的设计上特别提出速度关键参数这个过去一直不明确的概念。采用该控制器制成的开关电源整机频率达 1MHz,功率 50W,证明了它的高频特性。

提高开关频率可以进一步减少开关式变换器及电源的体积,遗憾的是,提高开关频率也增加了开关损耗,使工作在 2~3MHz 的样机的输出功率只有 50W 左右。因而,今后几年重点不是提高频率,而首先要增加工作在 1~2MHz 电路的输出功率容量,并从样机阶段转化为工业化生产;其次是研制新电路结构,提高电路的效率。在降低半导体器件及其它元件的损耗后,研制出各种功率容量较小的新型谐振式电路,这也是意料之中的。此外,目前使用的几种电路中,一个器件的导通/截止产生的零点损耗总要伴生另一个器件导通/截止下的开关损耗,因此要设计一种新的谐振式电路,在零电流开关与零电压开关之间求得合理的平衡。

第一章 开关式稳压电源的基础知识

第一节 开关式稳压电源与线性 串联型稳压电源的区别

开关式稳压电源由于体积小、重量轻、效率高等优点,已经成为电源装置的主流。现在很多电子设备中都采用了开关式稳压电源,市场上也到处可见,出现了取代线性稳压电源的趋势,这两种稳压电源究竟有什么区别呢?我们通过比较两种稳压电源的原理电路和各种性能来回答这个问题。

一、两种稳压电源的原理电路比较

在功率开关晶体管未问世以前,线性串联调整稳压器一直是最简单、最常用的稳压技术,其功率量级可达数百瓦到 1kW,对于更高的功率量级,如数千瓦以上,常常采用可控硅相位控制稳压器,但是,其动态响应慢,稳压性能差。这里我们以最具有代表性的线性稳压电源——串联型稳压电源和开关式稳压电源原理电路的比较,来看一下两种稳压电源在工作原理和电路结构上的区别。

降压式线性串联稳压电源的原理电路如图 1-1a)所示,开关式稳压电源的原理电路见图 1-1b)。降压式串联稳压电源通常把电网交流电压经变压器降压,整流,滤波,串联调整元件输出一个稳定的直流电压。在这种稳压电源中因使用的变压器铁心既重又大,使电源的重量和体积加大。串联调整元件通常由一个,多个工作在线性状态的功率晶体管并联或复合组成,由于偏置关系导致效率很低,要安装很大的散热器。用作输出平滑滤波的电容器,容

量值和体积也很大。

开关式稳压电源是电网交流电压直接整流,滤波后变成高压直流,高压直流经高频变压器和功率开关晶体管变换后,降为低压交流,再经低压整流,滤波输出一路或多路直流电压。功率开关晶体管由高频信号对其进行通断控制,随着开关频率的提高,开关式电源所用的部件体积更小,重量更轻。开关频率从最初的 2kHz 左右实用化以来,到现在已经用到人耳听不到的 20kHz,又因为人们对体积小重量轻的要求日益迫切,频率已经增加到 50kHz、100kHz,甚至 200kHz。将来,更会向着 500kHz,1MHz 更高频率迈进,不用电解电容器作输出平滑滤波恐怕已为期不远了。

二、两种电源的各种性能比较

开关式稳压器与线性串联型稳压器的各种性能比较如表 1-1 所示。开关式稳压器除了轻巧之外,可适用输入电压变化范围很宽的地方,具备了不必更换电路接头或电路常数,就可适用于输入电压不同的国家的特长。

从另一方面看,开关型稳压器的缺点为:变换用功率器件、整流二极管、高频变压器及扼流圈等会产生杂波(noise),这种杂波对其它电路会有妨碍。但是,这种缺点可从电路工艺的改进,加滤波器及隔离等予以改善。

开关式电源稳压器的稳定度,在理论上可达到与串联式稳压电源相同的程度,但由于纹波或杂波会造成稳定度的恶化,为提高其稳定度,在防止这种影响方面必需采取一些措施。然而,对于一般性的使用方法,还不致于发生问题。

在可靠性方面,开关电源使用的零件数较多,所以较串联式稳压电源低。但是,就一般设计而言,电介电容器的寿命对可靠性有很大的影响,其寿命随温度的升高而降低。因此,在尺寸相同的情况下,仍是效率高的开关式电源温度上升较小,可靠性的提高较为可能。然而,由于开关式稳压电源的元件体积小,如果过度将其小型化,致使超过其内部损失能适应的程度时,内部的温度将大幅度

上升,使可靠性降低。

开关式与线性串联型稳压器的比较

表 1-1

项 目	串联型稳压器	开关式稳压器
效 率	低(30%~60%)	高(70%~85%)
尺 寸	大(变压器与散热器体积大)	小(1/4~1/10)
重 量	重(变压器与散热器重量大)	轻(1/4~1/10)
电 路	简单(变压,整流,稳压)	复杂(整流,转换,PWM 控制,变压,整流)
稳 定 度	高(0.001%~0.1%)	普通(0.1%~3%)
纹波(P.P)值	小(0.1~10mV)	大(10~200mV)
暂态反应速度	快(50 μ s~1ms)	普通(500 μ s~10ms)
输入电压范围	输入电压范围大时,效率降低,无直流输入的自由度	输入电压范围很宽,亦可直流输入,100V/200V 共用亦可
成 本	低	普通(差额已急速减少)
可 靠 性	虽然零件数少,可靠性高,但会因温度的上升而降低	可减低温度之上升,将可靠性提高到相同的程度
不必要的干扰 (EMI)	无	有(可利用滤波器或隔离加以防止)
用 途	高精度电源,高速程控电源,10W 以下电源,实验用可变电源	各种装在机器内的电源,直流输入机器,小型而效率高的电源
装 配 工 艺	因变压器很重,不可能装在印刷板上	零件轻巧,数百瓦为止均可装在印刷板上

第二节 开关式电源的电路结构

开关式电源典型的电路结构方框图如图 1-2 所示,从总体上来看电路共分四大部分,分别为输入电路、变换电路、输出电路、控制电路。

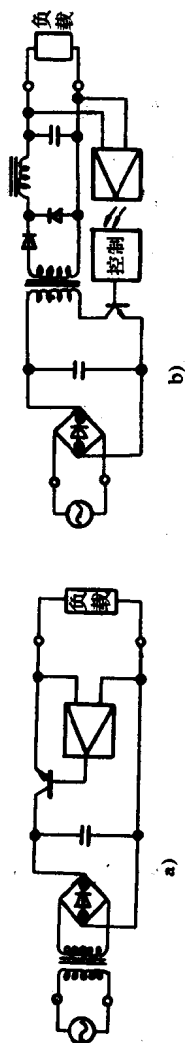


图 1-1 两种稳压电源的电路原理比较
a) 降压式线性稳压电源; b) 开关式电源

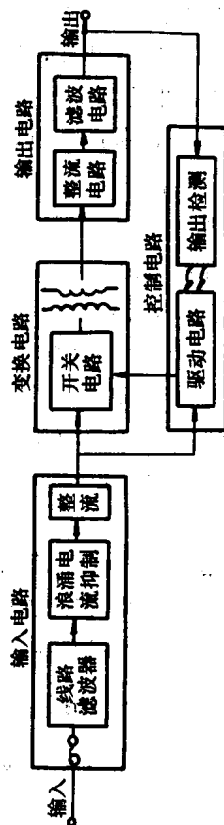


图 1-2 开关电源典型电路结构框图

一、输入电路

输入电路包括有三部分,即线路滤波器、浪涌电流抑制电路以及整流电路。

1. 线路滤波器

线路滤波器的主要作用是将电网电源线进入的外来噪声衰减,防止下级连接的电路或部件,以及接于输出端的设备产生误动作。另一方面,又可对开关电源产生的传导噪声或辐射噪声进行衰减,不致于对其它电子设备产生电磁干扰。组成线路滤波器的主要部件是扼流线圈的电容,根据所产生噪声电平大小以及使用频率高低来选定回路、所用部件、材料以及决定它们的数值等。

2. 浪涌电流抑制电路

输入电路的第二部分,是浪涌电流抑制部分。开关电源的输入端因为是整流平滑滤波电容器输入的,当接通交流电源时,滤波电容器就有充电电流通过。这就是一种浪涌电流,它是在输入电压最大,相位 90° 时得到最大值。为了保护输入电源的 ON/OFF 开关接点,防止电源线发生故障,必须抑制浪涌电流。

3. 整流电路

输入电路的第三部分是整流电路,这种电路可分为电容输入型和扼流圈输入型两大类。在开关电源中通常采用电容输入型,这种类型的整流方式又以桥式整流电路最常使用。

二、功率变换电路

这部分主要由开关电路和开关变压器组成,是开关电源的最关键的部分。

1. 开关电路

开关式电源的电路形式多种多样,如果能够理解和掌握它们的特点,就可以做到性能好,安装易,成本低,高效率的产品设计。开关电路的驱动方式分自激式和它激式两大类;控制方式可分为脉宽调制,频率调制,脉宽、频率混合调制 3 种。功率变换电路的分