

新型开关电源 设计与维修

何希才 编著

国防工业出版社

新型开关电源设计与维修

何希才 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要介绍开关电源设计与维修。内容包括开关电源的基本电路,开关电源集成控制器;新型开关电源电路设计,开关电源主控元器件,开关电源实例与维修,新型开关集成稳压器应用等,内容丰富,实用性强,而且通俗易懂。

本书主要供开关电源设计与维护人员、电子工程师、大专院校师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

新型开关电源设计与维修/何希才编著.北京:国防工业出版社,2001.1

ISBN 7-118-02374-4

I.新... II.何... III.①开关-电源-设计②开关电源-维修 IV.TM56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 42828 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23½ 544 千字

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

开关电源具有效率高、体积小、重量轻等显著特点,因此,近来获得了迅速发展。电路设计师必须要考虑节约电能的问题,否则设计方案再好,也不会通过。而开关电源的采用正是节约能源的一项重要措施。目前,世界各国正在加紧研制新型开关电源,包括新的理论、新的电路方案和新的功率器件。本书参考了国外新的资料,并根据作者亲身实践的经验介绍了新型开关电源的设计方法,为读者设计开关电源提供一种新的思路。现在,计算机、通信、电视及家用电器中逐渐采用了开关电源,而电源又是电子设备的核心,其质量好坏影响整个电子设备的可靠性,电子设备的故障 60% 来自电源,因此,本书参考了国内的有关资料,介绍了在微型计算机、显示器、打印机、录像机和 VCD 机等中采用的开关电源的原理与维修实例,供读者参考。

本书编写过程中,参考了王英剑、常敏慧、姚行中、苏成富、林平、张海笑、马晓平、王斌、姚德玉等有关资料,并得到王桂琴、何川等的支持和帮助,在此表示感谢。由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 概述	1
1.2 开关电源与线性电源的比较	4
1.3 开关稳压电源的技术指标	6
1.4 开关电源的基本构成	9
第 2 章 开关电源电路原理	15
2.1 概述.....	15
2.2 功率转换电路.....	17
2.3 驱动电路.....	21
2.4 谐振开关电源电路.....	29
第 3 章 开关电源集成控制器	43
3.1 概述.....	43
3.2 SG3524/3525A 开关电源集成控制器	43
3.3 TL494 开关电源集成控制器	51
3.4 TL1451 开关电源集成控制器	54
3.5 TDA4918/4919 开关电源集成控制器	58
3.6 L4990 开关电源集成控制器	62
3.7 UC3842/UC3828 开关电源集成控制器	63
3.8 ML4841/UC3852 开关电源集成控制器	68
3.9 SI9114/SI9120 开关电源集成控制器	73
3.10 UC1864 开关电源集成控制器	77
3.11 MC34067/MC33066 开关电源集成控制器	81
3.12 MC3420 开关电源集成控制器	84
3.13 MC44602 开关电源集成控制器	86
第 4 章 新型开关电源设计	90
4.1 RCC 软开关电源设计	90
4.2 正向激励低噪声开关电源设计.....	99
4.3 软开关同步整流的电源设计	107
4.4 频率固定的软开关电源设计	113
4.5 采用同步整流的降压斩波器的设计	121
4.6 功率反馈式高功率因数开关电源的设计	123
4.7 谐振开关稳压电源的设计	131

4.8	整流平滑电路的设计	137
4.9	开关电源保护电路的设计	144
4.10	高频变压器的设计	148
第 5 章	开关电源主控元器件	157
5.1	二极管	157
5.2	功率晶体管	158
5.3	功率 MOS 场效应晶体管	161
5.4	绝缘栅双极晶体管	166
5.5	晶闸管	172
5.6	光电耦合器	173
5.7	精密可调基准电源 TL431	175
5.8	开关电源中使用的厚膜电路	176
5.9	555 定时器	185
5.10	开关电源中使用的电容器	189
第 6 章	新型开关集成稳压器的应用	195
6.1	开关电源的典型方式	195
6.2	降压型斩波式集成稳压器的应用	198
6.3	升压型斩波式集成稳压器的应用	220
6.4	反转型斩波式集成稳压器的应用	229
6.5	多用途回扫型集成稳压器的应用	230
第 7 章	开关电源实例与维修	250
7.1	微型机电源实例与维修	250
7.2	显示器电源实例与维修	271
7.3	打印机电源实例与维修	291
7.4	UPS 不间断电源实例与维修	301
7.5	复印机、传真机电源实例与维修	326
7.6	卫星接收机电源实例与维修	337
7.7	录像机、放像机、VCD 机的电源实例与维修	344
7.8	其它电子设备电源实例与维修	355

第 1 章 概 论

1.1 概 述

开关电源具有效率高、体积小、重量轻等特点,应用越来越广泛,从 70 年代开始,高效的开关电源飞速发展,逐步替代传统的串联线性直流稳压电源,作为开关电源不需要较大的散热器,并用轻量高频变压器替代笨重的工频变压器。开关电源中最基本的是直流/直流降压型变换器,输出直流电压与一个周期中开关的通/断时间成比例。若输出/输入之间需要隔离时可采用高频变压器,即正向激励变换器。当输入电压或负载变动时,为使输出电压基本上保持恒定,在开关电源中采用 PWM 调制方式;另外,若开关电源的纹波电流和电压相同时,开关频率越高,则磁性器件和输出滤波电容就越小,这就使得开关电源能小型、轻量化。到 80 年代,开关频率的高频化对开关电源的小型化作用非常显著,例如,100W 左右的正向激励变换器,在开始产品化时其开关频率为 2kHz,经过 10 年后开关频率提高到 200~500kHz,达到 2 个数量级,其体积降为初始产品的 1/10 以下。但开关频率的提高带来的问题是开关元件的开关损耗的增加以及变压器漏感引起的开关浪涌的增大,为此,增设 LC 谐振回路,使开关电流或电压的波形为正弦波状,电流为零时进行通/断工作的零电流开关 ZCS,或电压为零时进行的通/断工作的零电压开关 ZVS 的谐振型变换器,开发研制出小、轻、薄的变换器。

同时开发研制 ZVS 的准谐振变换器,这种变换器采用双谐振开关,它是传统的 PWM 方式的降压型变换器改进成电流谐振或电压谐振变换器。采用 ZCS 与 ZVS 的技术,开关元件的峰值电流和电压非常大,特别是电压谐振变换器中,作为开关元件 MOSFET 的通态电阻按其耐压的 2.5 次方增大,导通损耗增大,效率降低,除此以外为调整输出电压需要控制开关频率也是一个问题,需要选用为补偿输入电压与负载电流变动影响时,与最低开关频率相匹配的平滑滤波器和噪声滤波器,这样都不利于开关电源的小型化。为此,有专家提出固定开关频率,改变谐振频率的方法,以及控制 2 组谐振电流相位的方法和谐振期间插入休止期间的方法等。

为解决谐振变换器特别是电压谐振变换器中的峰值电压高的问题,有专家提出零电压开关的电压钳位变换器 ZVS-CV,即利用 2 个开关同时截止期间产生的 LC 谐振现象进行 ZVS 的同时对开关两端的电压钳位,并开发研制有源钳位、换流电感等电路方式。这样,可以设计一种开关频率很高,由 ZVS 降低开关损耗,对开关元件两端电压进行钳位,采用 PWM 调制方式的电源。对于这种方式其开关两端的电压为阶梯波,称为狭义上的“软开关”,相对应的开关两端电压为陡峭上升矩形波的传统变换器称为“硬开关”。

软开关技术的设想来自于浪涌吸收回路方式,1974 年有专家提出如图 1-1 所示的小功率降压变换器中采用电容 C_c 中吸收的能量馈送到输入侧,由于采用较大容量的电容

C_C ,可对开关两端电压钳位在 $V_1/(1-D)$ 的电压上,这里 D 为开关 VT_1 的占空比。对于有效性没有进行评价,原因是元器件数目增多。直到 1986 年在国际学术会议上 B. Barn 强调由于对占空比决定主开关电压进行钳位,使其为比较低的电压,因此,对于宽输入电压范围可构成 PWM 控制的变换器。据此,日本电气机械工业的专家就提出图 1-1 中的电感 L 与主变压器耦合而减少元器件,与此同时在 VT_1 和 VT_2 同时截止期间回授 VT_1 的寄生电容蓄积的能量,进行 ZVS 工作的一种变换器电路。进一步的改进是把接入 A 和 B 点的电感 L 兼作变压器励磁电感,即为图 1-2(a) 所示的有源钳位方式的变换器电路。若把 C_C 一端接到输入电源的正侧,也同样能电压钳位而进行 ZVS 工作,如图 1-2(b) 所示。然而,这种有源钳位方式在欧美 B. Carsten 于 1981 年就已提出, P. Vinciarelli 于 1982 年申请了美国专利。

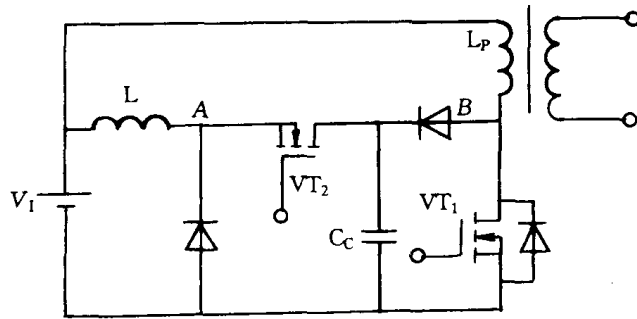


图 1-1 浪涌能量回授方式

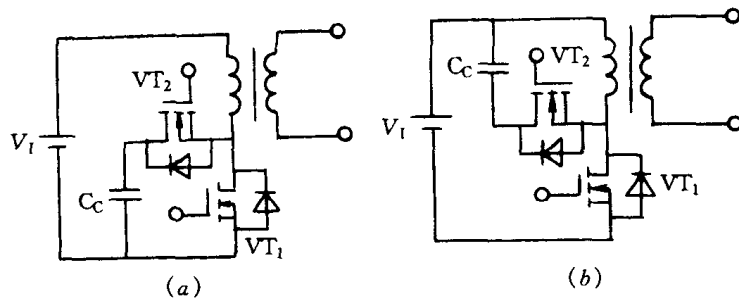


图 1-2 有源钳位方式

(a)有源钳位方式的变换电路; (b)改变 C_C 接法的有源钳位方式变换电路。

提出这种方案的当初,用辅助开关对变压器进行复位,由此磁通电平可取到磁心的磁滞回线的第 3 象限,主要考虑变压器磁心的有效应用,对 ZVS 没有足够的考虑。另一方面,对于像桥式那样具有多个开关的 PWM 变换器,由于没有所有开关同时截止的期间,利用这期间电路内的寄生电感和电容产生谐振,开关两端电容中蓄积电荷能全部回授。其后若开关导通,可以使其开通损耗为零。后来,更重视电压钳位以及 ZVS 的效果,这就是软开关的基本技术,并相应提出多种电路方案。

图 1-3 是一种有源钳位方式的降压型变换器电路,电路中,电容 C_C 上的电压保持为 $[D/(1-D)]V_1$,式中, D 为主开关 VT_{1a} 的占空比。现假设 VT_{1a} 截止,变压器励磁电感以及漏感中蓄积的能量对 VT_{2a} 的电容放电,对 VT_{1a} 的电容充电。若充电电压达到 $V_1/(1-D)$,就进行钳位。若在寄生二极管导通期间 VT_{2a} 导通, VT_{2a} 就能进行 ZVS 工作。其

后,变压器励磁电感及漏感中的能量转移到负载侧及 C_C 中,之后有电流由 C_C 通过 VT_{2a} 经变压器流通。若途中 VT_{2a} 截止,由变压器励磁电流把 VT_{1a} 寄生电容中电荷引出来。其后,若寄生二极管导通时 VT_{1a} 导通, VT_{1a} 可进行 ZVS 工作。

图 1-4 是其改进电路,增设同步整流电路,变成有源钳位方式的同步整流的正向变换器电路。实验结果表明,输入 55V,输出 5.2V/10A,开关频率 1MHz,可获得效率 83%,实装功率密度高达 $3.4W/cm^3$ 。

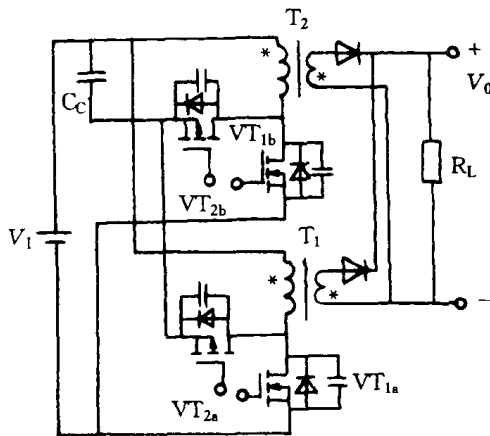


图 1-3 有源钳位的降压型变换器

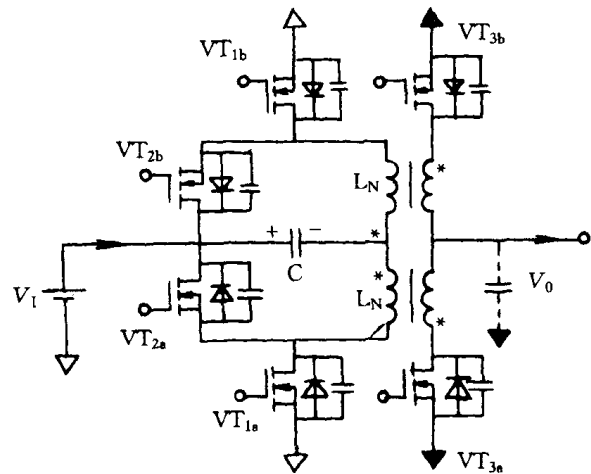


图 1-4 有源钳位方式的同步整流的正向变换器

除此以外,还有图 1-5 所示的 ZVS-PWM 控制方式的串联谐振变换器。这种电路,由于钳位电容的电压为 $[D/(1-D)]V_1$,则由主开关的占空比来控制串联谐振回路的输入电压幅度,因此,可固定开关频率来调整输出电压。另外,开关频率设定高于谐振频率,由谐振电流完成开关的 ZVS 工作。图 1-6 是增设有源钳位的同步整流方式的正向变换器电路,它是为了改善同步整流方式的正向变换器的特性,即在同步整流用 MOSFET 的栅极加入方波电压,确保足够导通状态,这样,通态电压高而反向恢复特性差的寄生二极管中无电流流通。由于开发了低通态电阻 MOSFET,这是提高低电压大电流变换器效率的极其有效的电路方式。

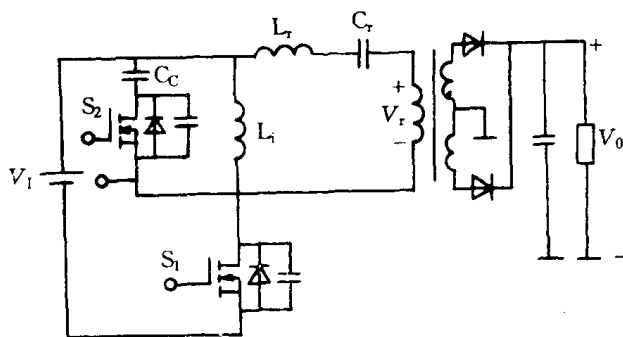


图 1-5 ZVS-PWM 控制方式的串联谐振变换器

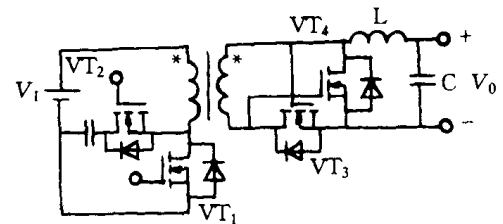


图 1-6 增设有源钳位的同步整流方式的正向变换器电路

开关电源中的传递功率和电气隔离作用的变压器常采用电磁变压器,由于集肤效应和邻近效应的影响,若开关工作频率超过 100kHz,铜损就会显著增大;另外,还有变压器

要求薄而带来的漏磁增多等问题,成为提高开关频率的障碍,很难达到兆赫级。为此,有专家提出采用压电变压器,它是利用振动来传送能量,并能进行电气隔离的一种器件。为使这种压电变压器用于低电压直流输出的交流变换器及通信用电源,要开发多层结构,在厚度方向进行振动的新型压电器件。在电路中压电器件等效具有串联谐振回路的特性,分析可类似于电流谐振变换器。图 1-7 是输入侧采用有源钳位方式进行 ZVS 工作的阶梯波输出的逆变器电路实例。工作频率 2MHz、输出 20W(5V/4A),而效率达到 80%。现对输入侧逆变器和输出整流电路进行改进,输出 10W(5V/2A),其效率约 90%,接近实用化。压电器件的功率密度非常高,进一步改善其特性,就会使变换器变得更加小、轻、薄。

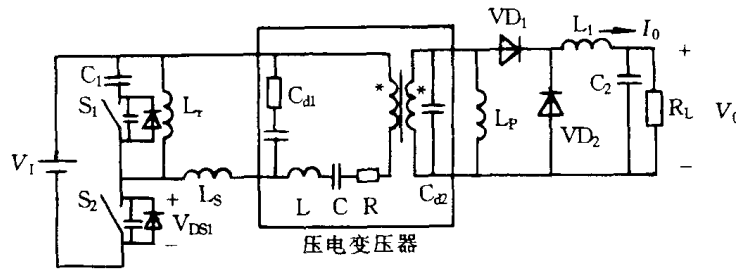


图 1-7 压电变压器的直流/直流变换器

目前,各国正在努力开发新器件、新材料以及改进装连方法,进一步提高效率、缩小体积、降低价格,以解决开关电源面临的新课题,即环境适配性,包括噪声与谐波等的电磁适配性,同人类之间的安全适配性等。

近期要解决的问题:①实现 PWM 的软开关;②有源滤波器中采用谐振开关及软开关技术,效率提高到 90% 以上;③逆变器中采用谐振开关及软开关技术;④谐振及软开关中的浪涌分析;⑤采用高频同步整流技术;⑥用于模拟传导噪声的变换器电路的模拟实验;⑦包含有热回路的变换器电路的分析与 CAD;⑧兆赫级开关中功率开关的智能化;⑨使变压器、电抗器体积最小的开关频率的确定;⑩采用薄膜技术使 3mm 以下的薄形变压器实用化;⑪超薄非晶磁心(微米数量级)的高频特性分析,并用于噪声滤波器;⑫磁性部件的屏蔽与辐射噪声抑制方法的确定;⑬开发用于交流大电流的低损耗电容器;⑭高耐压而大容量的平滑电容器的微型化、平板化以及长寿命化。

将来要解决的问题:①单片电源的实现;②辐射噪声的模型化;③蓄积电荷,正向压降低的高耐压二极管的开发成功;④高温超导体用于变换器;⑤采用光进行功率的传送与变换。

1.2 开关电源与线性电源的比较

图 1-8 是线性串联电源的原理图,其中,图(b)为其等效电路图。输出电压 $V_0 = V_Z - V_{BE}$, 或者 $V_1 = I_0 \times R + V_0$ 。若 V_1 升高,为使 V_0 和 I_0 保持恒定,就需要增大 R;若 I_0 变大,为使 V_0 保持恒定,就需要减小 R。也就是说,对于线性串联电源其调整管可等效为可变电阻。对此电路,当 I_0 、 V_1 及其有关条件变化时, V_{BE} 、 V_Z 对此无补偿功能,只能用作要求稳压精度不高的电源。

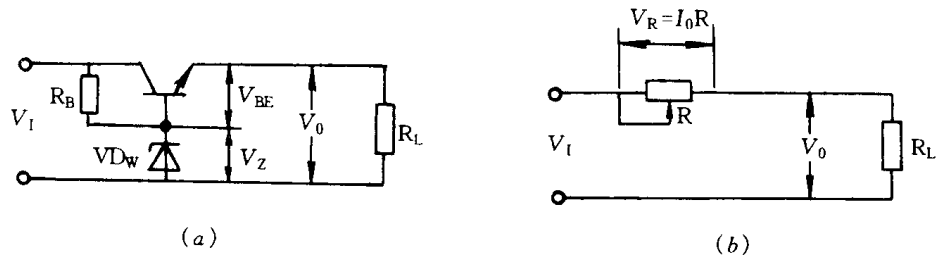


图 1-8 线性串联电源的原理图

(a)电源原理图; (b)等效电路图

实用线性串联电源的电路原理如图 1-9 所示。电路中, V_{REF} 为基准电压源, A 是误差放大器, 它放大 V_0 的变化量同 V_{REF} 进行比较之误差, 一般电子设备中的线性串联电源采用此电路。

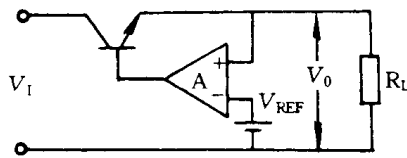


图 1-9 内设误差放大器的线性串联电源的原理图

图 1-10 是开关电源原理图, 由斩波电路控制负载功率, 电路中, VT 为开关工作的晶体管, 保持开关周期 T 不变, 仅改变晶体管的导通时间 T_{ON} , 晶体管形成的开关脉冲经变压器耦合到次级, 再通过整流滤波供给负载功率, 为使输出电压稳定, 输出电压经反馈网络控制开关晶体管的导通时间。输出电压 $V_0 = [T_{ON}/T] \times V_1$, 若输入电压 V_1 升高, 缩短 T_{ON} 时间, 就可使输出电压保持稳定。

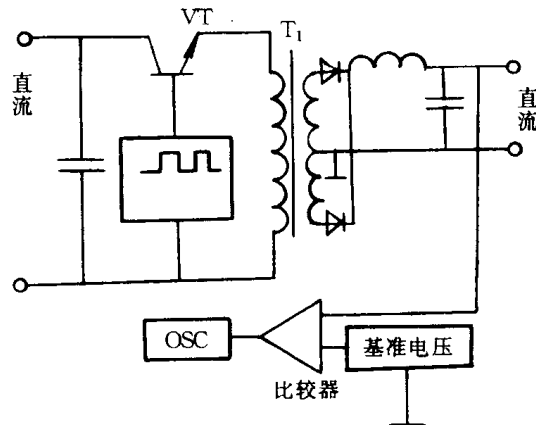


图 1-10 开关电源原理图

由上述分析可知, 线性串联电源的功耗 $I_0 \times V_R$ 大, 需要较大散热器, 变换效率较低。输出 12V/5A 的两种电源之比较是: 开关电源 VT 的功耗为 6W, 整个电源损耗为 20W, 输入功率为 80W, 变换效率为 75%; 而线性串联电源 VT 的功耗为 57W, 整个电源损耗为 75W, 输入功率为 135W, 变换效率为 46%。开关电源的变换效率高、小型轻量, 但有噪声大等很多问题需要解决。

1.3 开关稳压电源的技术指标

开关电源的技术指标有通用事项,包括电源名称、适用规格等,首先是安全规格,有关开关电源各国都有相应的安全规格,例如,国际规格为 IEC950、IEC65;亚洲为电气用品管理法(日本);欧洲统一规格为 EN60-950、EN60065,其中北欧的 VDE(德国),BSI(英国),NEMKO(挪威),SEMKO(瑞典),DEMKO(丹麦),SEV(瑞士);南欧的 CEI(意大利),IRATR(西班牙);北美的 UL1950(美国),CSA950(加拿大)。有关 EMI 的规格,日本为 VCCI 1 类,2 类;美国为 FCCP15J A 类,B 类;德国为 VDE0871 A 类,B 类;国际上为 CISPR Pub11、Pub12。电气技术指标有输入与输出条件、附属功能等。机械结构为外形、安装和冷却条件等。环境条件有温度、湿度、振动和冲击等。其它条件有噪声规定、可靠性等。

一、电气技术指标

1. 输入技术指标

作为开关电源的输入技术指标有输入电源相数、额定输入电压及电压的变化范围、频率、输入电流等。输入电源一般为单相 2 线制和 3 相 3 线制,还有单相 3 线制及 3 相 4 线制等。输入电源的额定电压因各国或地区不同而异,例如,美国规定的交流输入电源电压为 120V,欧洲为 220~240V,日本为 100V 及 200V,我国为 220V 及 380V。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 $-15\% \sim +10\%$ 。

开关电源的输入几乎都是用用电容进行平波的电容输入方式,因此,有高次谐波失真带来的电压尖峰的问题,但通常在正弦波的情况下保证上述给定的指标。3 相输入时虽有相电压的不平衡,但规定在输入电压的变化范围之内。

工频频率为 50Hz 或 60Hz,在频率变化范围不影响开关电源的特性时多半为 48~63Hz。还有船舶用的特殊电源频率为 400Hz,但因输入电容滤波器的电容电流及输入整流二极管的损耗增加等,降低了效率,若考虑要满足 EMI 的规定,可以采取减小此影响。

开关电源最大输入电流是表示输入电压为下限值时,输出电压及电流为上限值时的输入电流。额定输入电流是在输入电压及输出电压、电流为额定时的电流。开关电源的输入平波方式是电容输入方式,有较大的峰值电流,要有考虑电流的波峰系数(最大值/有效值之比,通常为 3.5)以及功率因数的规定。

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是额定输入电压。瞬时断电有 10ms 与 20ms,若实用时按规定瞬时断电,多数情况下不会有问题。在输入的下限,输出保持时间变得很短,但 100% 输出时,在较低额定输入条件下,实用上问题也不大。

在规定的间隔对输入电压进行通断时,输入电流达到稳定状态之前流经的最大瞬时电流为冲击电流。对于开关电源是输入电源接通时与其后输出电压上升时流经的电流,这由输入开关的承受能力所限制,峰值电流一般为 30~50A。

一般情况下,当输入电源跌落与瞬时断电时,防止冲击电流的功能不能动作。另外,用热敏电阻只能防止冷启动时的冲击电流,由于每隔几十秒通断时防止功能不能动作,因此,也要规定通断的重复时间。

漏电流是流经输入侧地线的电流,从安全考虑一般规定为 $0.5\sim 1\text{mA}$ 。

效率是指输入输出为额定值时,其输出功率与输入有效功率之比。效率随输出电压、电流与输出路数及开关方式不同而异,多为 $70\%\sim 80\%$ 。并随输入与输出的条件而变化,因此,要注意电子设备的散热条件等。

2. 输出技术指标

输出端的直流电压的公称值称为额定输出电压,对于其公称电压规定有精度与纹波系数等。

额定输出电流是指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,保持总的输出电流不变。市售的开关电源产品为其使用通用性,多是在初级侧允许功率范围以内,增大次级侧各路输出功率。

稳压精度也称为输出电压精度或电压调整率,输出电压变动有多种原因。例如:

(1)静态输入电压的变动,这是指在其它指标为额定情况时,在规定的范围内输入电压缓慢变动时输出电压的变动。

(2)静态负载的变动,这是指其它指标为额定条件下,输出电流在规定的范围内缓慢变动时的输出电压的变动。在规定负载变动范围,由于多路输出的条件有非稳定输出的情况,包括规定最低负载电流。最低负载电流以下的规定精度一般是指保护功能不动作的范围内的情况。另外,对于多路输出的电源,电路方式的不同也会受到其它输出负载变动的影响。

(3)环境温度的变动,这是指在规定的温度范围内,其它指标为额定值时输出电压的变动。

(4)初始特性的变动,这是指输入输出为额定时,接入输入电源之后到规定时间时输出电压的变动,多为接入输入电源后 30min 时的值。

(5)经时特性的变动,这是指输入输出为额定时,接入输入电源后的规定时间到下一次规定时间时输出电压的变动,也称为长时间特性的变动,一般多为接入输入电源后 $30\text{min}\sim 8\text{h}$ 的值。

(6)动态输入电压的变动,这是指以规定的变化幅度输入电压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以及额定输入电压与输入电压的下限作为变动幅度。

(7)动态负载的变动,这是指规定的变化幅度,输出电流急剧变化时输出电压的变动,后述的脉冲负载的规定等情况除外。

输出电压可调范围是指在保证电压稳定精度条件下,由外部可能调整的输出电压范围,一般为 $\pm 5\%$ 或 $\pm 10\%$ 。条件是输入电压的下限时输出电压的最大值,以及输入电压的上限时输出电压的最小值。

若由电子设备的结构决定负载电流时,输出电流的变动范围则是电流变动较小的负载、感性负载等冲击电流较大的脉冲式负载的电流变动范围。

纹波是与输出端呈现的输入频率及开关变换频率同步的分量,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%,也包括与纹波没用明确区分的部分,规定是纹波与噪声总合值,多数场合是规定纹波噪声总合的情况,为输出电压的 2% 以内。

3. 附属功能

(1)过电流保护。输出短路或过负载时对电源或负载要进行保护,即为过电流保护。保护特性有额定电流下垂特性,即 ∇ 字型特性;恒流特性;恒功率特性,多数为下垂特性。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范围内,特别不规定短路保护时的电流值的情况也很多。一般为自动恢复型。

(2)过电压保护。过电压保护就是输出端出现过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%。对于输出电压可调范围比较大的电源,过电压保护值规定为电压上限时不会发生误动作即可。发生过电压时使开关电源停振,断开输出。恢复的方法一般是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。

(3)欠压保护。在输出电压达到规定值以下时,检测输出电压下降值,为保护负载以及防止负载误动作,使电源停止工作,并送出报警信号。

(4)过热保护。电源内部异常或使用方法不当,电源温升超过规定值以上时,使电源停止工作,并送出报警信号。强制风冷情况下,当冷却功能异常时,多数情况规定使用部件最高温度以内使电源动作。

(5)远程通/断控制。规定由外部信号通/断电源的输出所采用的装置,例如,采用 TTL 等半导体器件或继电器与开关等开环通/断控制。还必要规定采用继电器与开关时的机械振荡持续时间。

(6)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。

(7)远程检测。用输出端到电压检测点的输出引线对电压降进行补偿。但对于大电流与高精度输出的电源这种功能不太适用。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。

(8)接口。规定输入、输出以及信号等用端子,除端子形状、配列形式与接插件的名称以外,还要标记使用端子的编号。这时输入部与输出部及信号端子要很好分离开。有接插件时要标记对方的编号,以免弄错。

(9)绝缘。用 500V 摇表测得输入端与框体间以及输入输出端子间绝缘电阻一般要为 50M Ω 以上,用 100V 摇表测得输出与框体间绝缘电阻一般要为 10M 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,输入与输出端子间以及输入与框体间每分钟为交流 1000V、1250V 或者 1500V,输出与框体间一般没有其它特殊的规定。输出端子间必要时规定特殊的绝缘。

二、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,如强制风冷还是自冷、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,重量等。

三、环境等条件

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,有必要规定温度斜率,一般为 $15^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 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 $18\%\sim 90\%$,结露时必须要有相应指示。一般规定常温与常湿的环境为 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ 及 $25\%\sim 85\%$ 。

对于耐振动的规定,多是在振动频率为 $10\sim 55\text{Hz}$ 时,工作时耐振动力为 $0.5\sim 1.0\text{g}$,不工作时为 $2.5\sim 4\text{g}$ 。耐冲击的规定随电源产品不同而异,为 $10\sim 100\text{g}$ 数量级。

对于噪声的规定有输入噪声、雷击浪涌以及静态噪声等。输入噪声是叠加在工频频率上的脉冲状电压造成的,脉冲宽度一般为 $100\sim 800\mu\text{s}$,加的电压为 1000V ,最近也有规定脉冲宽度为几毫秒,电压为几百伏。雷击浪涌的规定对于通信设备为几千伏,一般为 1200V 。静态噪声的规定随电容容量与串联电阻值不同而异。

1.4 开关电源的基本构成

一、基本构成框图

开关电源就是采用功率半导体器件作为开关元件,通过周期性通断开关,控制开关元件的占空比来调整输出电压。开关电源的基本构成如图 1-11 所示,DC/DC 变换器是进行功率变换,它是开关电源的核心部分,此外,还有启动电路、过流与过压保护电路、噪声滤波器等组成部分。反馈回路检测其输出电压,并与基准电压比较,其误差电压通过误差放大器进行放大,控制脉宽调制电路,再经过驱动电路控制半导体开关的通断时间比,从而调整输出电压的大小。

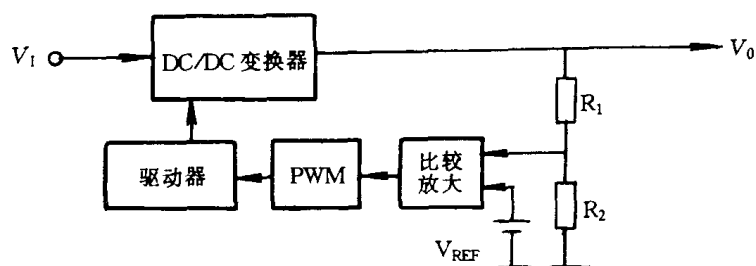


图 1-11 开关电源的基本构成

DC/DC 变换器有多种电路方式,但常用的有工作波形为方波的 PWM 变换器以及工作波形为正弦波的谐振型变换器。

二、降压型、升压型和升降压型变换器

1. 概述

DC/DC 变换器的基本电路有降压型、升压型和升降压型变换器,这些基本电路如图 1-12 所示。分析这些电路的工作原理时,为简单起见,假定开关为理想开关,电路中各元件的内阻忽略不计。另外,输入电压设为 V_1 ,输出电压设为 V_0 ,电感与电容的值足够大,

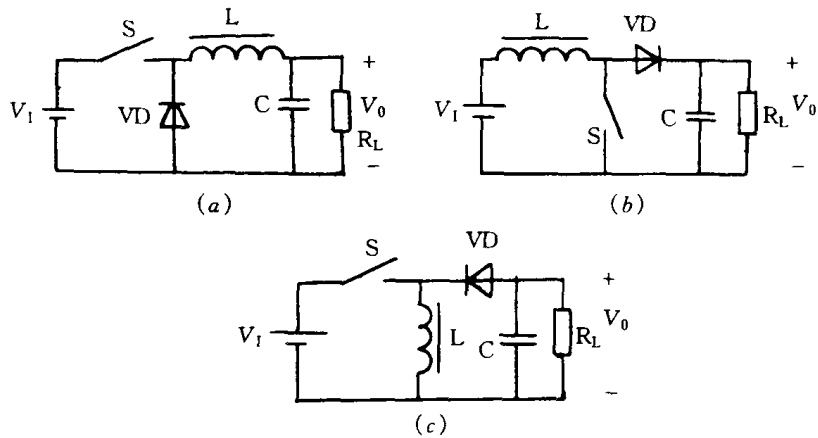


图 1-12 DC/DC 变换器的基本电路
(a)降压型; (b)升压型; (c)升降压型。

流经电感的电流与电容两端电压的纹波非常小。

2. 降压型变换器

降压型变换器的电路如图 1-12(a)所示,开关导通时,加在电感 L 两端电压为 $(V_1 - V_0)$ 。这期间电感 L 由电压 $(V_1 - V_0)$ 励磁,磁通增加量为

$$\Delta\Phi_{\text{ON}} = (V_1 - V_0)T_{\text{ON}} \quad (1-1)$$

开关断开时,由于电感电流连续,二极管为导通状态。输出电压 V_0 与开关导通时方向相反加到电感 L 上。这期间,电感 L 消磁,磁通减少量为

$$\Delta\Phi_{\text{OFF}} = V_0 T_{\text{OFF}} \quad (1-2)$$

稳态时,电感 L 中磁通的增加量与减少量相等,则降压型变换器的电压变比为

$$M = D \quad (1-3)$$

由于占空比 D 小于 1,因此,输出电压低于输入电压,即为降压变换器。

3. 升压型变换器

升压型变换器电路如图 1-12(b)所示。开关导通时,输入电压 V_1 加在电感 L 上,电感 L 由输入电压 V_1 励磁,导通期间,磁通增加量为

$$\Delta\Phi_{\text{ON}} = V_1 T_{\text{ON}} \quad (1-4)$$

开关断开时,由于电感电流连续,二极管变为导通状态。电压 $(V_1 - V_0)$ 与开关导通时方向相反加到电感 L 上,电感 L 消磁,开关断开期间磁通减少量为

$$\Delta\Phi_{\text{OFF}} = (V_1 - V_0)T_{\text{OFF}} \quad (1-5)$$

稳定状态时,电感的磁通增加量与减少量相等,则升压型变换器的电压变比为

$$M = \frac{1}{1-D} \quad (1-6)$$

由于 $(1-D)$ 小于 1,因此,输出电压高于输入电压,即为升压变换器。

4. 升降压型变换器

升降压型变换器的基本电路如图 1-12(c)所示。开关导通时,输入电压 V_1 加到电感 L 上,电感 L 励磁。导通期间,电感的磁通增加量为

$$\Delta\Phi_{\text{ON}} = V_1 T_{\text{ON}} \quad (1-7)$$

开关断开时,由于电感电流连续,二极管变为导通状态。输出电压 V_0 与开关导通时方向相反加到电感 L 上,电感消磁,磁通减少量为

$$\Delta\Phi_{\text{OFF}} = V_0 T_{\text{OFF}} \quad (1-8)$$

稳定状态时,电感 L 的磁通增加量与减少量相等,则升降压型的电压变比为

$$M = \frac{D}{1-D} \quad (1-9)$$

对于这种变换器,输出电压可以高于或低于输入电压,而且可任意设定,所以称为升降压型变换器。

PWM 变换器的控制特性曲线如图 1-13 所示,由特性曲线可知,控制开关的占空比 D 就可以改变输出电压的大小。

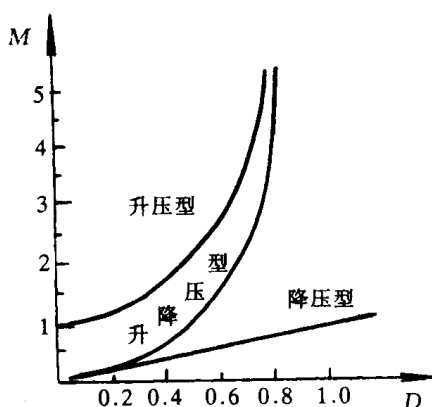


图 1-13 PWM 变换器的控制特性

对于这类变换器,也可以从能量的蓄积与释放的观点来说明其基本工作原理。电感的励磁就是蓄积能量,电感消磁就是释放能量。因此,对于这类变换器,开关导通时,来自输入电源的能量蓄积在电感 L 上,开关断开时,蓄积在电感 L 中能量释放供给负载,它们是改变开关占空比来控制能量的蓄积与释放,获得直流输出的一种方式,所以也称为储能型。电感就是储能元件。

三、Cuk, Zeta 和 Sepic 变换器

Cuk, Zeta 和 Sepic 变换器的电路如图 1-14 所示,它是用电容替代电感,改变开关占空比来控制其能量的蓄积与释放,进行功率变换。电感 L_1 与 L_2 足够大,因此,纹波可忽略。流经它们的电流分别设为 I_{L1} 和 I_{L2} ,开关 S 断开时,电感 L_1 的电流 I_{L1} 对电容 C_1 充电,则电容 C_1 蓄积能量。这期间 C_1 的充电电荷量为

$$\Delta Q_{\text{OFF}} = I_{L1} T_{\text{OFF}} \quad (1-10)$$

开关 S 导通时,二极管 VD 变为截止状态,电容 C_1 以电感 L_2 的电流 I_{L2} 放电,电容 C_1 释放能量。放电电荷量为

$$\Delta Q_{\text{ON}} = I_{L2} T_{\text{ON}} \quad (1-11)$$

稳定状态时,电容 C_1 的充电电荷量与放电电荷量相等,则

$$\frac{I_{L1}}{I_{L2}} = \frac{D}{1-D} \quad (1-12)$$