



电源系列丛书

模块化DC/DC 实用电路

周志敏
周纪海 编著
纪爱华

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电源系列丛书

模块化 DC/DC 实用电路

周志敏 周纪海 纪爱华 编著

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书结合国外模块化 DC/DC 电源技术的发展动向及其在国内的应用实践,介绍了模块化 DC/DC 电源技术的基础、电路及相关应用,重点讲述了模块化 DC/DC 实用电路,即模块化 DC/DC 在电信、信息、航天、军事及家电等应用领域的电源解决方案。内容通俗易懂,具体实用。

本书可供电信、信息、航天、军事及家电行业从事电源开发、设计和应用的工程技术人员、高等院校师生参考。

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

模块化 DC/DC 实用电路/周志敏、周纪海、纪爱华编著. —北京:电子工业出版社, 2004.4

(电源系列丛书)

ISBN 7-5053-9743-5

I.模… II.周… III.模块化—电源—基本知识 IV.TM91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 017581 号

责任编辑:富 军 特约编辑:刘汉斌

印 刷:北京冶金大业印刷有限公司

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:480 千字

印 次:2004 年 4 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:28.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

当前,电子产品设计人员正面临着市场的挑战,不仅面临着降低电子产品成本、缩短产品设计周期,以及提高电子产品的性能、通用性和高可靠性等一系列问题,而且面临着采取有效手段和采用新科技成果的有效资源问题。按照已有的电子技术,设计人员大多采用分立元器件和参数型电源设计,开发电子产品时需要经过复杂的参数计算和较长的开发周期。然而市场竞争和新技术为广大电子技术人员带来了曙光,许多开发商已成功地开发出可靠的模块化电源集成电路。

本书呈现给读者的 DC/DC 模块电源体积小、连接方便、性能可靠。系统设计人员合理地选用 DC/DC 模块电源可以大大地简化电路设计和调试,缩短产品设计周期,提高产品性能的高可靠性和系统总体设计水平。

随着微电子技术的迅猛发展、超大规模集成电路的不断涌现,电子产品对电源的要求更加灵活多样,电子设备的小型化和低成本化使电源向轻、薄、小和高效率方向发展,而电子设备电源的模块化、智能化已是当今电源技术发展的主流趋势。本书结合国内外电源技术的发展动向,系统地介绍了模块化 DC/DC 电源的基础电路,重点讲述了系统电源的应用技术和近百种国内外模块化 DC/DC 电源的典型实用电路,针对应用于通信、信息、家电及国防等领域系统电源的不同技术要求,对其电源解决方案的系统集成和设计做了较为详细的阐述,并列举了部分行业电子设备的典型电源解决方案。本书在写作上力求做到通俗易懂和结合实际,以使从事电源开发、设计、应用和维护人员能从中获益。

本书在写作过程中无论从资料的收集和技术信息的交流上都得到了国内专业学者和同行的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间短,加之作者水平有限,书中错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 DC/DC 变换器的分类与结构	1
1.1 DC/DC 变换器的分类	1
1.1.1 开关变换器拓扑结构	2
1.1.2 典型的 DC/DC 变换电路	3
1.1.3 单端正激 DC/DC 变换器	5
1.1.4 单端反激 DC/DC 变换器	6
1.1.5 双管正激 DC/DC 变换器	6
1.1.6 双管反激 DC/DC 变换器	7
1.1.7 半桥 DC/DC 变换器	8
1.1.8 全桥 DC/DC 变换器	9
1.1.9 推挽式 DC/DC 变换器	9
1.2 改进型 DC/DC 变换器拓扑结构	10
1.2.1 多相 PWM 控制 DC/DC 变换器	10
1.2.2 单端有源钳位 DC/DC 变换器	13
1.2.3 大功率移相调宽 DC/DC 变换器	19
1.2.4 固定频率谐振式 DC/DC 变换器	21
1.2.5 并-串联型双管正激组合变换器	23
1.3 高功率密度 DC/DC 变换器	26
1.3.1 高效率的 DC/DC 变换器技术	27
1.3.2 高功率密度 DC/DC 变换器的发展现状	29
1.4 电源 IC 发展综述	31
第 2 章 DC/DC 模块电源的应用	36
2.1 DC/DC 模块电源的选择及可靠性	36
2.1.1 DC/DC 模块电源的选择	36
2.1.2 模块电源的可靠性	39
2.1.3 模块电源应用注意事项	41
2.1.4 模块电源的安装与维护	46
2.2 电源模块的热插拔	46
2.2.1 电源模块的热插拔技术	46
2.2.2 提高电源冗余度的热插拔结构	51
2.3 优化设计电源电路	53
2.3.1 应用 DC/DC 变换器设计电源系统	53
2.3.2 电荷泵 DC/DC 变换器应用	55

2.3.3	3 种 DC/DC 变换器性能比较	59
2.3.4	便携式产品电源 IC 的选择	62
2.4	系统电源应用技术	65
2.4.1	$N+1$ 冗余电源结构	67
2.4.2	系统中电源的选择与应用	69
2.4.3	分布电源	81
2.5	电源的测试	89
第 3 章	DC/DC 变换器实用电路	93
3.1	VICOR DC/DC 模块实用电路	93
3.1.1	VICOR 模块介绍	94
3.1.2	应用电路	98
3.2	LTC 系列模块电源应用电路	104
3.2.1	LTC1701 应用电路	104
3.2.2	LTC1754 应用电路	104
3.2.3	LTC1159 应用电路	105
3.3	LM 系列模块电源应用电路	106
3.3.1	LM2595 应用电路	106
3.3.2	LM267X 应用电路	107
3.4	MAX 系列模块电源应用电路	110
3.4.1	MAX1642/MAX1643 应用电路	110
3.4.2	MAX5003 应用电路	113
3.4.3	MAX668 应用电路	119
3.4.4	MAX629 应用电路	124
3.4.5	MAX1759 应用电路	129
3.4.6	MAX761 DC/DC 变换器应用电路	131
3.4.7	MAX641 DC/DC 变换器应用电路	133
3.4.8	MAX1524 DC/DC 变换器应用电路	134
3.4.9	MAX724/726 DC/DC 变换器的应用	138
3.5	TL 系列模块电源应用电路	141
3.5.1	TL499AC 应用电路	141
3.5.2	TL494 模块电源应用电路	144
3.6	LT 系列模块电源应用电路	145
3.6.1	LT1769 应用电路	145
3.6.2	LT1930 应用电路	149
3.6.3	LT1615/1613 应用电路	152
3.6.4	LT1961 应用电路	155
3.7	TPS 系列模块电源应用电路	157
3.7.1	TPS6735 应用电路	157

3.7.2	TPS6734 应用电路	157
3.7.3	TPS6100x 应用电路	158
3.8	DC/DC 变换器典型应用电路	161
3.8.1	新型电荷泵反转倍压器	161
3.8.2	MD 系列 DC/DC 变换器	162
3.8.3	PSP200SRP 应用电路	165
3.8.4	NJU7660 应用电路	166
3.8.5	X-8438 应用电路	169
3.8.6	RT9262 应用电路	171
3.8.7	DB2800S 应用电路	175
3.8.8	CW 系列变换器应用电路	176
第 4 章	系统电源解决方案	179
4.1	高速通信产品电源解决方案	179
4.1.1	优化电源设计	179
4.1.2	USB 外设电源解决方案	181
4.1.3	DSP 应用系统的电源解决方案	184
4.1.4	DSL 网关产品的电源解决方案	188
4.2	便携式设备电源解决方案	191
4.2.1	笔记本 CPU 电源解决方案	191
4.2.2	如何提高便携式系统电源的效率	196
4.2.3	低功耗系统的电源解决方案	202
4.2.4	便携式产品的锂电池充电解决方案	210
4.2.5	多功能 AAT3680 锂电池线性充电解决方案	215
4.2.6	MAX846A 的锂离子电池充电解决方案	218
4.3	高可靠性分散电源解决方案	221
4.3.1	高可靠性的电源设计	221
4.3.2	通信系统的低电压、大电流电源解决方案	224
4.3.3	高性能比的 PDA 电源解决方案	228
4.3.4	恒流源电源解决方案	230
4.3.5	输入软启动电源解决方案	231
4.3.6	微控制器管理电源排序和控制	233
4.3.7	多输出隔离电源利用次级侧同步后置稳压器实现高效率	235
4.4	发光灯电源解决方案	241
4.4.1	EL 场致发光灯电源解决方案	241
4.4.2	LED 电源解决方案	246
4.4.3	高效白光 LED 电源解决方案	249
4.4.4	白光 LED 背光电源解决方案	251
4.4.5	降低列驱动器功耗及提高性能的解决方案	254

4.5 军用控制系统电源解决方案	257
4.5.1 军用混合集成 DC/DC 变换器	257
4.5.2 弹用小型化计算机电源	262
4.6 电力系统直流控制电源解决方案	265
4.7 机载电源解决方案	268
4.7.1 结构设计	269
4.7.2 机载高可靠性开关电源的设计	270
4.7.3 机载小型化计算机电源的设计	273
4.8 星用多输出精密电源解决方案	281
参考文献	289

第 1 章 DC/DC 变换器的分类与结构

将一种直流电压变换成另一种（固定或可调的）直流电压的过程称为 DC/DC（Direct Current，直流电）变换。其器件称为 DC/DC 变换器，也即直流变换器。下面介绍利用自关断器件构成的典型 DC/DC 变换电路。

1.1 DC/DC 变换器的分类

开关稳压器利用无源磁性元件和电容元件的能量存储特性，从输入电压源获取分离的能量，暂时把能量以磁场的形式存储在电感器中，或以电场的形式存储在电容器中，然后将能量转换到负载，实现 DC/DC 变换。

实现能量从源到负载的变换需要复杂的控制技术，目前大多采用 PWM（脉冲宽度调制）技术。从输入电源提取的能量随脉宽变化，在一固定周期内保持平均能量转换。PWM 的占空因数 D 是“ t_{on} ”时间（ t_{on} ，从电源提取能量的时间）与总开关周期（ T ）之比。对于开关稳压器，其稳定的输出电压正比于 PWM 占空因数，而且控制环路利用“大信号”占空因数作为对电源开关的控制信号。

在 DC/DC 变换器中，功率开关和储能元件的物理尺寸直接受工作频率的影响。磁性元件所耦合的功率为

$$P_{(L)} = 1/2(LI^2f) \quad (1-1)$$

式中， $P_{(L)}$ 为磁性元件所耦合的功率；

L 为磁性元件的电感；

I 为流过磁性元件的电流；

f 为流过磁性元件的电流频率。

随着频率的提高，为保持功率恒定所要求的电感相应减小。由于电感与磁性材料的面积和线匝数有关，因而可减小电感器的物理尺寸。

电容元件所耦合的功率为

$$P_{(C)} = 1/2(CU^2f) \quad (1-2)$$

式中， $P_{(C)}$ 为磁性元件所耦合的功率；

C 为电容元件的容量；

U 为电容元件两端的电压；

f 为电容元件两端的电压频率。

所以，储能电容器可实现类似的尺寸减小。元件尺寸的减小对于电源设计人员和系统设计人员来说都是非常重要的，可使得开关电源占用较小的体积和印刷电路板面积。

1.1.1 开关变换器拓扑结构

开关变换器的拓扑结构指能用于转换、控制和调节输入电压的功率开关元件和储能元件的不同配置。开关稳压器拓扑结构可分为两种基本类型，即非隔离型（在工作期间，输入电源和输出负载共用一个电流通路）和隔离型（能量转换是用一个相互耦合的磁性元件——变压器来实现的，而且从电源到负载的耦合是借助于磁通而不是公用的电路）。变换器拓扑结构是根据系统造价、性能指标和输入/输出负载特性诸因素选定的。

1. 非隔离型开关变换器

有如下四种基本的非隔离型开关稳压器拓扑结构用于 DC/DC 变换器。

(1) 降压变换器

降压变换器可将一输入电压变换成一较低的稳定输出电压。输出电压（ U_o ）与输入电压（ U_i ）的关系为

$$U_o/U_i = D \quad U_i > U_o \quad (1-3)$$

式中， U_o 为变换器输出电压； U_i 为变换器输入电压； D 为占空因数。

(2) 升压变换器

升压变换器可将一输入电压变换成一较高的稳定输出电压。输出电压与输入电压的关系为

$$U_o/U_i = 1/(1-D) \quad (1-4)$$

式中， $U_i < U_o$ 。

(3) 逆向变换器

逆向变换器可将一输入电压变换成一较低的反相输出电压。输出电压与输入电压的关系为

$$U_o/U_i = -D/(1-D) \quad (1-5)$$

式中， $U_i > |U_o|$ 。

(4) Cuk 变换器

Cuk（“丘克”）变换器可将一输入电压变换成一稳定的反相比较低值或较高值输出电压（电压值取决于占空因数）。输出电压与输入电压的关系为

$$U_o/U_i = -D/(1-D) \quad (1-6)$$

式中， $U_i > |U_o|$ ， $D < 0.5$ ； $U_i < |U_o|$ ， $D > 0.5$ 。

2. 隔离型开关变换器

隔离型开关变换器的拓扑结构有很多种，其中有 3 种比较通用。它们是逆向变换器、正向变换器和推挽变换器。在这些电路中，从输入电源到负载的能量转换是通过一个变压器或其他磁通耦合磁性元件实现的。

(1) 逆向隔离变换器

逆向隔离变换器可将一输入电压变换成一稳定的取决于变压器匝数比的较低值或较高

值输出电压。输出电压与输入电压的关系为

$$U_o/U_i = (1/N)[-D/(1-D)] \quad (1-7)$$

式中, N 为变压器匝数比, $U_i > |U_o|$ 或 $U_i < |U_o|$ 。

(2) 正向隔离变换器

正向隔离变换器可将一输入电压变换成一稳定的取决于变压器匝数比的较低值或较高值输出电压。输出电压与输入电压的关系为

$$U_o/U_i = (1/N)D \quad (1-8)$$

式中, $U_i > U_o$ 或 $U_i < U_o$ 。

(3) 推挽隔离变换器

推挽隔离变换器可将一输入电压变换成一稳定的较低值输出电压。输出电压与输入电压的关系为

$$U_o/U_i = (2/N)D \quad (1-9)$$

式中, $U_i > U_o$ 。

1.1.2 典型的 DC/DC 变换电路

最基本的降压斩波电路原理图如图 1-1 所示。斩波器负载为 R , 当开关 VT 合上时, $U_o = U_R = U_i$, 并持续 t_1 时间; 当开关 VT 切断时, $U_o = U_R = 0V$, 并持续 t_2 时间。 $T = t_1 + t_2$ 为斩波器的周期, 斩波器的输出波形如图 1-1(b) 所示。若定义斩波器的占空比 $D = t_1/T$, 则当占空比 D 从零变到 1 时, 输出电压平均值从零变到 U_i , 其等效电阻也随着 D 而变化。

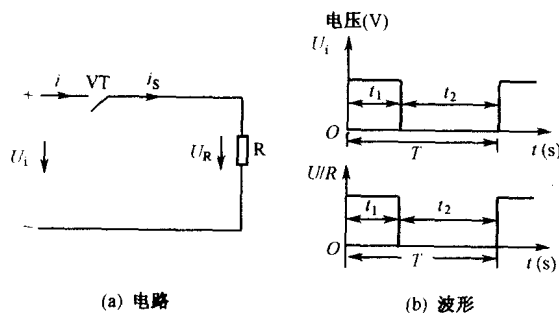


图 1-1 降压斩波电路原理图

t_1 为斩波器导通时间, T 为通断周期, 通常斩波器的工作方式有两种: 一是脉宽调制工作方式, 即维持 T 不变, 改变 t_1 ; 二是脉频调制工作方式, 即维持 t_1 不变, 改变 T 。

通常采用的是脉宽调制方式。因为频率调制方式容易产生谐波干扰, 而且滤波器设计也比较困难。

1. 降压式 (buck) 变换器

图 1-1 所示的直流变换器在使用时输出纹波较大, 为降低输出纹波, 在输出端接入电感 L 、电容 C , 如图 1-2 所示。图中, VD 为续流二极管。降压式

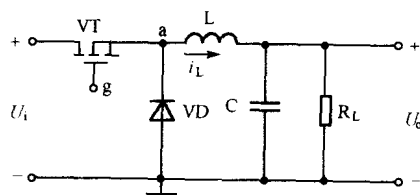


图 1-2 降压式 (buck) 变换器

(buck) 变换器输出电压平均值 U_o 总是小于输入电压 U_i 。通过电感的电流 (i_L) 是否连续, 取决于开关频率、滤波电感 L 和电容 C 的数值。

当电路工作频率较高, 电感和电容量足够大并为理想元件, 则电路进入稳态后, 可以认为输出电压为常数。当晶体管 VT 导通时, 电感中电流呈线性上升, 因而有

$$U_i - U_o = L (i_{o(\max)} - i_{o(\min)}) / t_{on} = L \Delta i_{on} / t_{on} \quad (1-10)$$

式中, t_{on} 为晶体管导通时间;

$i_{o(\max)}$ 为输出电流最大值;

$i_{o(\min)}$ 为输出电流最小值;

Δi_{on} 为晶体管导通时间输出电流变量。

当晶体管截止时, 电感中电流不能突变, 电感上感应电动势使二极管导通, 这时

$$U_o = L (i_{o(\max)} - i_{o(\min)}) / t_{off} = L \Delta i_{off} / t_{off} \quad (1-11)$$

式中, t_{off} 为晶体管截止时间;

Δi_{off} 为晶体管截止时间输出电流变量。

在稳态时

$$\Delta i_{on} = \Delta i_{off} = \Delta i \quad (1-12)$$

式中, Δi_{on} 为输出电流变量。

因为电感滤波保持了直流分量, 消除了谐波分量。输出电流平均值为

$$I_o = (i_{o(\max)} + i_{o(\min)}) / 2 = U_o / R_L \quad (1-13)$$

式中, R_L 为负载电阻。

2. 升压式 (boost) 变换器

图 1-3 为升压式 (boost) 电路, 由功率晶体管 VT、储能电感 L 、二极管 VD 及滤波电容 C 组成。当晶体管导通时, 电源向电感储能, 电感电流增加, 感应电动势为左正右负, 负载 Z 由电容 C 供电。当 VT 截止时, 电感电流减小, 感应电动势为左负右正, 电感中能量释放, 与输入电压顺极性一起经二极管向负载供电, 并同时向电容充电。这样把低压直流变换成高压直流。在电感电流连续的情况下, 电路工作于如图 1-3 (b) 所示的两种状态。

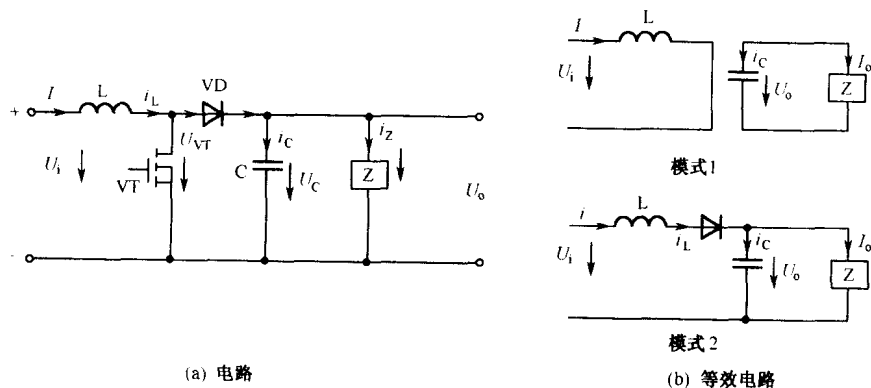


图 1-3 升压式 (boost) 电路

① 当晶体管导通、二极管截止 (即 $0 \leq t \leq t_1 = DT$) 期间, $t_1 = 0 \sim DT$, $t = 0$ 时刻, VT 导通,

电感中的电流按直线规律上升, $U_i = L\Delta I/t_1$ 。

② 当晶体管由导通变为截止(即 $t_1 \leq t \leq T$) 期间, 电感电流不能突变, 产生感应电动势迫使二极管导通, 此时 $U_o - U_i = L\Delta I/t_2$, $t_2 = DT \sim T = (1-D)T$, 则

$$\Delta I = U_i t_1 / L = (U_o - U_i) t_2 / L \quad (1-14)$$

式中, ΔI 为输入电流变量。

将 $t_1 = DT$, $t_2 = (1-D)T$ 代入上式, 则求得

$$U_o = U_i / (1-D) \quad (1-15)$$

boost DC/DC 变换器是一个升压斩波器。当 D 从零趋近于 1 时, U_o 从 U_i 变到任意大。同理可求得输入电流

$$I = I_o / (1-D) \quad (1-16)$$

$$T = \Delta I_L U_o / U_i (U_o - U_i) \quad (1-17)$$

$$\Delta I = U_i (U_o - U_i) / fL U_o = U_i D / fL \quad (1-18)$$

式中, f 为开关转换频率。

若忽略负载电流脉动, 那么在 $0 \leq t \leq t_1$ 期间, 电容上泄放的电荷量可反映电容峰-峰电压脉动量, 亦即输出电压 U_o 的脉动量。

1.1.3 单端正激 DC/DC 变换器

1. 电路拓扑图

单端正激 DC/DC 变换器电路拓扑图如图 1-4 所示。

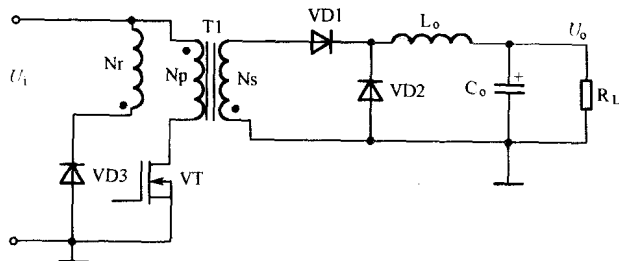


图 1-4 单端正激 DC/DC 变换器电路拓扑图

2. 电路原理

变压器 T1 起隔离和变压的作用, 输出端有一个电感器 L_o (续流电感), 起能量的存储和传递作用, 变压器初级需有复位绕组 N_r 。在实际使用中, 此绕组用 RCD 吸收电路取代亦可, 如果芯片的辅助电源用反激供给, 则也可削去调整管的部分峰值电压 (相当于一部分复位绕组)。输出回路需有一个整流二极管 VD1 和一个续流二极管 VD2。若变压器使用无气隙的磁心, 则其铜损较小, 变压器温升较低, 并且输出的纹波电压较小。

1.1.4 单端反激 DC/DC 变换器

1. 电路拓扑图

单端反激 DC/DC 变换器电路拓扑图如图 1-5 所示。

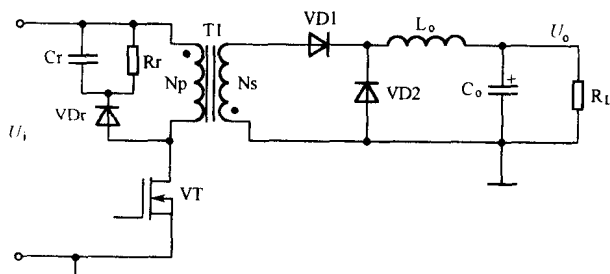


图 1-5 单端反激 DC/DC 变换器电路拓扑图

2. 电路原理

变压器 T1 起隔离和传递存储能量的作用，即在开关管 VT 开通时， N_p 存储能量，开关管 VT 关断时， N_p 向 N_s 释放能量。在输出端要加由电感器 L_o 和电容 C_o 组成的低通滤波器，变压器初级有由 C_r 、 R_r 和 VDr 组成的 RCD 漏感尖峰吸收电路，输出回路有一个整流二极管 VD1。若变压器使用有气隙的磁心，则其铜损耗较大，变压器温升相对较高，并且输出的纹波电压比较大；但是电路结构简单，适用于 200W 以下的电源，并且多路输出交调特性相对较好。

1.1.5 双管正激 DC/DC 变换器

1. 电路拓扑图

双管正激 DC/DC 变换器电路拓扑图如图 1-6 所示。

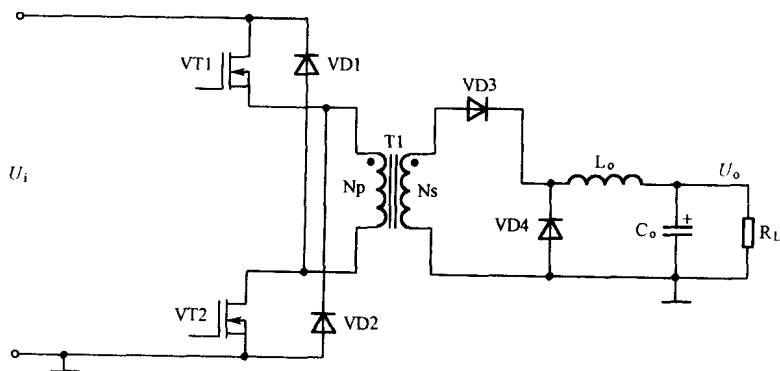


图 1-6 双管正激 DC/DC 变换器电路拓扑图

2. 电路原理

变压器 T_1 起隔离和变压的作用, 输出端有一个电感器 L_o (续流电感) 起能量的存储及传递作用, 变压器初级无需再有复位绕组, 因为 VD_1 、 VD_2 的导通限制了两个调整管关断时所承受的电压。输出回路需有一个整流二极管 VD_3 和一个续流二极管 VD_4 (其中, VD_3 、 VD_4 均最好选用恢复时间快的整流管)。输出滤波电容 C_o 应选择低 ESR (等效电阻) 大容量, 有利于降低纹波电压 (对于其他拓扑结构也有同样的要求)。

3. 工作特点

① 在任何工作条件下, 为使两个开关管所承受的电压不超过 U_i 、 $+U_d$ (U_i 为输入电压; U_d 为 VD_1 、 VD_2 的正向压降), VD_1 、 VD_2 必须是快恢复管 (恢复时间越短越好, 在实际设计和调试中多使用 MUR460)。

② 与单端正激变换器相比, 无需复位电路, 有利于简化电路和变压器设计; 功率器件可选择较低的耐压值; 功率等级也会很大。

③ 两个开关管工作状态一致, 同时处于通态或断态。在大功率等级电源中选用此种电路, 其开关管比较容易选择, 如 IRFP460、IRFP460A 等调整管即可。

1.1.6 双管反激 DC/DC 变换器

1. 电路拓扑图

双管反激 DC/DC 变换器电路拓扑图如图 1-7 所示。

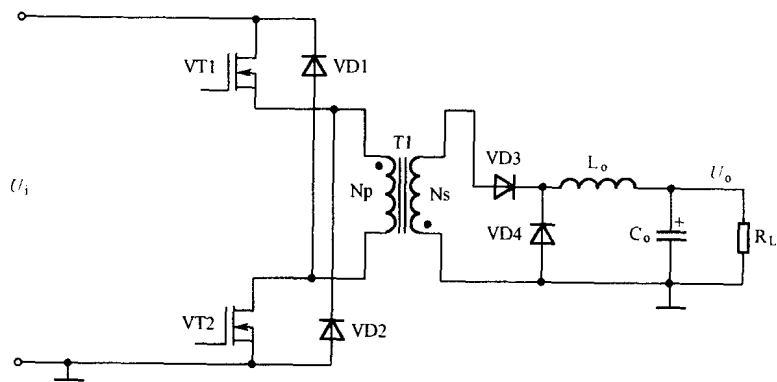


图 1-7 双管反激 DC/DC 变换器电路拓扑图

2. 电路原理

变压器 T_1 起隔离和传递存储能量的作用, 即在开关管 VT_1 、 VT_2 开通时 N_p 存储能量, 开关管 VT_1 、 VT_2 关断时 N_p 向 N_s 释放能量。同时, N_p 的漏感将通过 VD_2 、 VD_1 返回给输

入端,可省去 RCD 漏感尖峰吸收电路。在输出端要加由电感器 L_o 和电容 C_o 组成的一个低通滤波器。输出回路需有一个整流二极管 VD3。

3. 工作特点

① 在任何工作条件下,为使两个开关管所承受的电压不超过 U_i 、 $+U_d$, VD2、VD3 必须是快速恢复管。

② 在反激开始时,存储在原边 N_p 的漏电感的能量会经 VD2、VD1 反馈回输入端,系统能量损失小、效率高。

③ 与单端反激变换器相比,无需 RCD 吸收电路;功率器件可选择较低的耐压值;功率等级也会很大。

④ 在轻载时,如果在“开通”周期存储在变压器的原边绕组的能量过多,那么在“关断”周期会将过多的能量反馈到输入端。

⑤ 两个开关管工作状态一致,下管的波形会优于上管的波形。

1.1.7 半桥 DC/DC 变换器

1. 电路拓扑图

半桥 DC/DC 变换器电路拓扑图如图 1-8 所示。

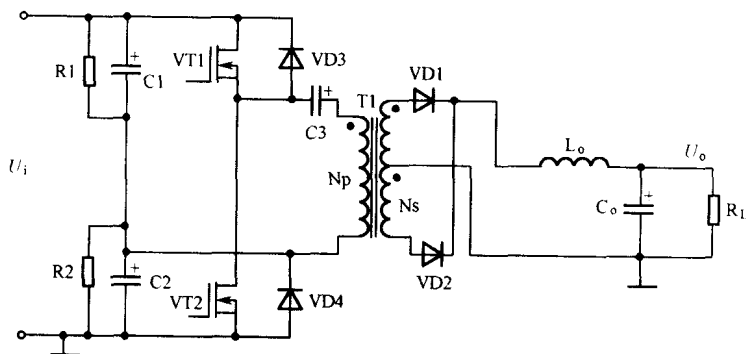


图 1-8 半桥 DC/DC 变换器电路拓扑图

2. 电路原理

变压器 T1 起隔离和传递能量的作用。开关管 VT1 导通时, N_p 绕组上承受一半的输入电压, 副边绕组电压使 VD1 导通; 反之亦然。输出回路的 VD1、VD2、 L_o 、 C_o 共同组成了整流滤波电路。

此电路减小了原边调整管的电压应力, 是目前比较成熟和常见的电路, 如 PC Power70% 以上、电子镇流器 60% 都使用此电路。

3. 工作特点

① 两个调整管都是相互交替打开的, 所以两组驱动波形相位差应大于 180° , 但存在一定的死区时间。

② $C_1=C_2, R_1=R_2$ 。

③ C_1 、 C_2 主要用于自动平衡每个调整管的伏秒值。大多半桥电路使用高压铝电解电容, 因为铝电解电容存在一个高频特性的问题, 在实际应用中可采用 CBB 电容。

④ C_3 主要是滤去影响伏秒平衡的直流分量, 应采用 CBB 电容。

1.1.8 全桥 DC/DC 变换器

1. 电路拓扑图

全桥 DC/DC 变换器电路拓扑图如图 1-9 所示。

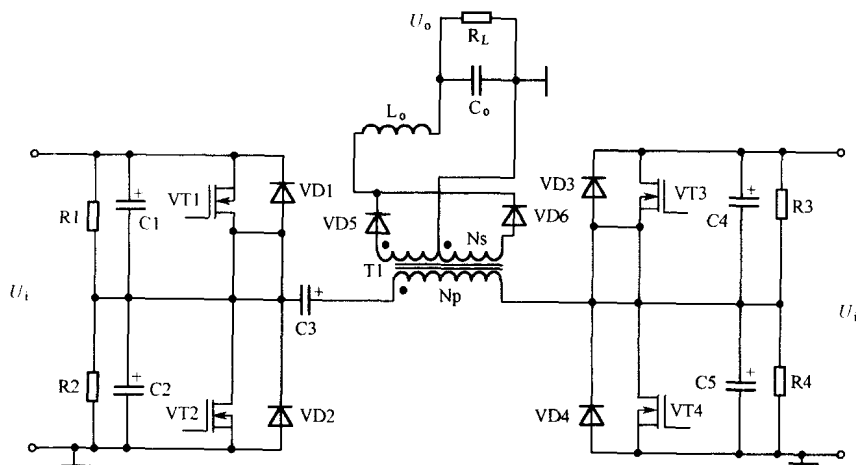


图 1-9 全桥 DC/DC 变换器电路拓扑图

2. 工作特点

此电路多用于大功率等级电源中, 其主要特点如下:

- ① 变压器利用率比较高, 空载能量可以反馈回电网, 电源效率高;
- ② 稳态无静差、动态响应速度快、系统稳定和抗高频干扰能力强。

1.1.9 推挽式 DC/DC 变换器

1. 电路拓扑图

推挽式 DC/DC 变换器电路拓扑图如图 1-10 所示。