

录

1 绪论	1
1.1 高频开关电源概述	1
1.2 意义及其发展趋势	2
2 高频开关电源的工作原理	3
2.1 高频开关电源的基本原理	3
2.2 高频开关变换器	5
2.2.1 单端反激型开关电源变换器	5
2.2.2 多端式变换器	6
2.3 控制电路	8
3 高频开关电源主电路的设计	9
3.1 PWM 开关变换器的设计	9
3.2 变换器工作原理	10
3.3 变换器中的开关元件及其驱动电路	11
3.3.1 开关器件	11
3.3.2 MOSFET 的驱动	11
3.4 高频变压器的设计	13
3.4.1 概述	13
3.4.2 变压器的设计步骤	13
3.4.3 变压器电磁干扰的抑制	15
3.5 整流滤波电路	15
3.5.1 整流电路	15
3.5.2 滤波电路	16
4 总结	19
参考文献	20

绪论

1.1 高频开关电源概述

八十年代,国高频开关电源只在个人计算机、电视机等若干设备上得到应用。由于开关电源在重量、体积、用铜用铁及能耗等方面都比线性电源和相控电源有显著减少,而且对整机多相指标有良好影响,因此它的应用得到了推广。近年来许多领域,例如电力系统、邮电通信、军事装备、交通设施、仪器仪表、工业设备、家用电器等都越来越多应用开关电源,取得了显著效益。究其原因,是新的电子元器件、新电磁材料、新变换技术、新控制理论及新的软件(简称五新)不断地出现并应用到开关电源的缘故。五新使开关电源更上一层楼,达到了频率高、效率高、功率密度高、功率因数高、可靠性高(简称五高)。有了五高,开关电源就有更强的竞争实力,应用也更为扩大,反过来又遇到更多问题和更实际的要求。这些问题和要求可归纳为以下五个方面:

- (1) 能否全面贯彻电磁兼容各项标准?
- (2) 能否大规模稳定生产或快捷单件特殊生产?
- (3) 能否组建大容量电源?
- (4) 电气额定值能否更高(如功率因数)或更低(如输出电压)?
- (5) 能否使外形更加小型化、外形适应使用场所要求?

这五个问题是开关电源能否在更广泛领域应用的关键,是五个挑战。(简称五挑战)把挑战看成开关电源发展的动力和机遇,一向是电源科技工作者的态度。以功率因数为例,AC-DC开关电源或其他电子仪器输入端产生功率因数下降问题,用什么办法来解决?毫无疑问,利用开关电源本身的工作原理来解决开关电源应用中产生的问题是最积极的态度。实践中,用DC-DC开关电源和有源功率因数校正的开关电源,(成本比单机增加20%):成功解决了这个问题。现在,又进一步发展成单级有功率因数校正的开关电源,(成本只增加5%);在三相升压式单开关整流器中减少谐波方法,有人采用注入六次谐波调脉宽控制,抑制住输入电流的五次谐波,解决了电流谐波畸变率小于100k的要求。

意义及其发展趋势

发电厂和变电所中,为了供给控制、信号、保护、自动装置、事故照明、直流油泵和交流不停电电源装置等的用电,要求有可靠的直流电源。为此,发电厂和110KV以上的变电所通常用蓄电池作为直流电源对上述的电源要求有高度的可靠性和稳定性,电源容量和电压质量均应在最严重的事故情况下保证用电设备的可靠工作。根据电力系统的要求,蓄电池直流系统的电压等级为:

- 1、控制负荷专用的蓄电池组的电压采用110V
- 2、动力负荷和直流事故照明专用的电压采用220V。
- 3、国的发电厂和变电所的直流电压大多采用220V。

所以,220V直流电源在电力系统的操作电源系统中占有非常重要的地位。高频开关电源的设计目前,直流电源主要包括三种:相控电源、线性电源、开关电源。相控电源即相位控制型稳压电源,它的主要原理就是将市电直接经过整流滤波提供直流,由改变晶闸管的导通相位角来控制整流器的输出电压,所以如果采用适当的控制电路使晶闸管的导通相位根据输入电压或负载电流变化自动调整,整流器的输出电压就能稳定不变。线性电源也是一种常用的稳压电源,通过串联调整管可以连续控制,它的功率调整管总是工作在放大区,流过的电流是连续的。线性稳压电源通常包括:调整管、比较放大器、反馈采样部分以及基准电压部分。开关电源的功率调整管工作在开关状态,功率损耗小,效率高,由于开关工作频率高,变压器的体积大大减小,滤波电感、电容数值较小。

在目前的电力系统中,大部分用的都是相控电源,但是,相控电源用的是工频变压器,体积大,而且输出电压的纹波系数大,监控系统不完善,采用主从备份方式,用户使用不方便,对电力系统新的要求也达不到标准,另外,由于充电设备与蓄电池并联运行,纹波系数较大,会出现蓄电池脉动充电放电,影响蓄电池的使用寿命。而高频开关电源体积小、重量轻、频率高、输出纹波小、模块叠加、N+1热备份设计、便于计算机管理等优点,符合现代电源的潮流。所以,电力系统中的操作电源有高频开关电源取代相控电源的趋势。

高频开关电源的工作原理

2.1 高频开关电源的基本原理

高频开关电源是将交流输入(单相或三相)电压变成所需的直流电压的装置。基本的隔离式高频开关电源的原理框图如图 2-1-1 所示,高频开关电源主要由输入电网滤波器、输入整流滤波器、高频变换器、输出整流滤波器、控制电路、保护电路、辅助电源等几部分组成。其基本原理是:交流输入电压经电网滤波、整流滤波得到一直流电压,通过高频变换器将直流电压变换成高频交流电压,再经高频变压器隔离变换,输出所需的高频交流电压,最后经过输出整流滤波电路,将变换器输出的高频交流电压整流滤波得到需要的高质量、高品质的直流电压。

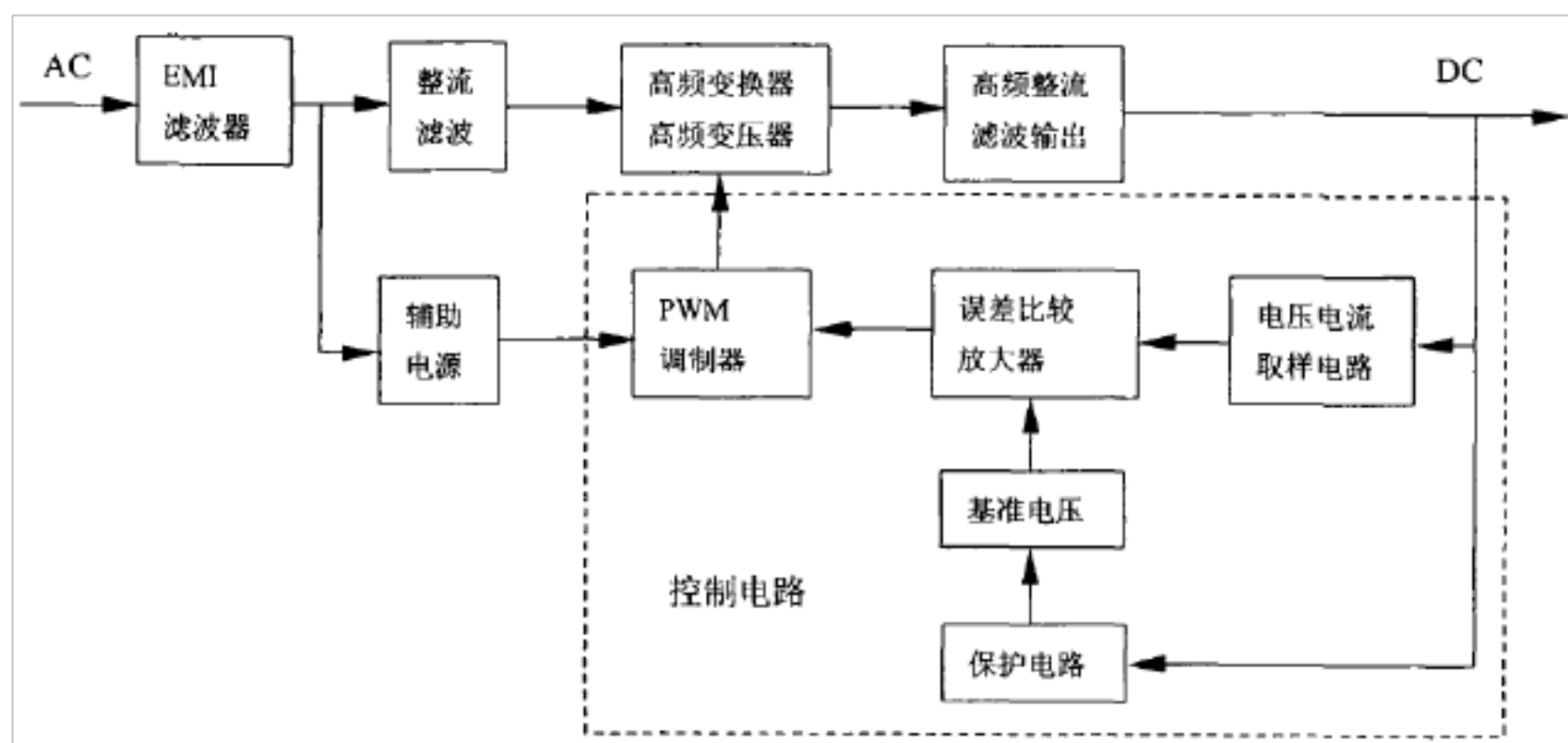


图 2-1-1 开关电源基本原理框图

以全桥式变换器高频开关电源为例,图 2-1-2 表示了交流输入电压到最后输出所需直流电压的各环电压波形变换流程。

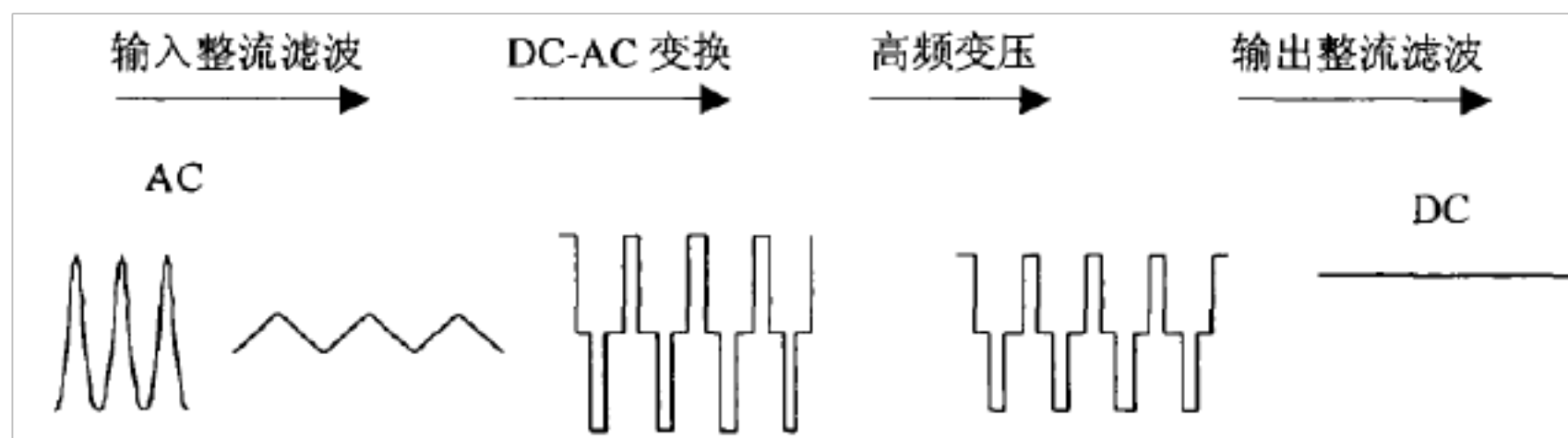


图 2-1-2 高频开关电源的波形变化

下面就图 2-1-1 中每一部分的作用、原理分别简述如下：

(1) 输入电网滤波器：消除来自电网的各种干扰，如电动机起动，电器开关的合闸与关断，雷击等产生的尖峰干扰。同时也防止开关电源产生的高频噪声向电网扩散而污染电网。一个典型的三相输入电网滤波器如图2-1-3 所示：

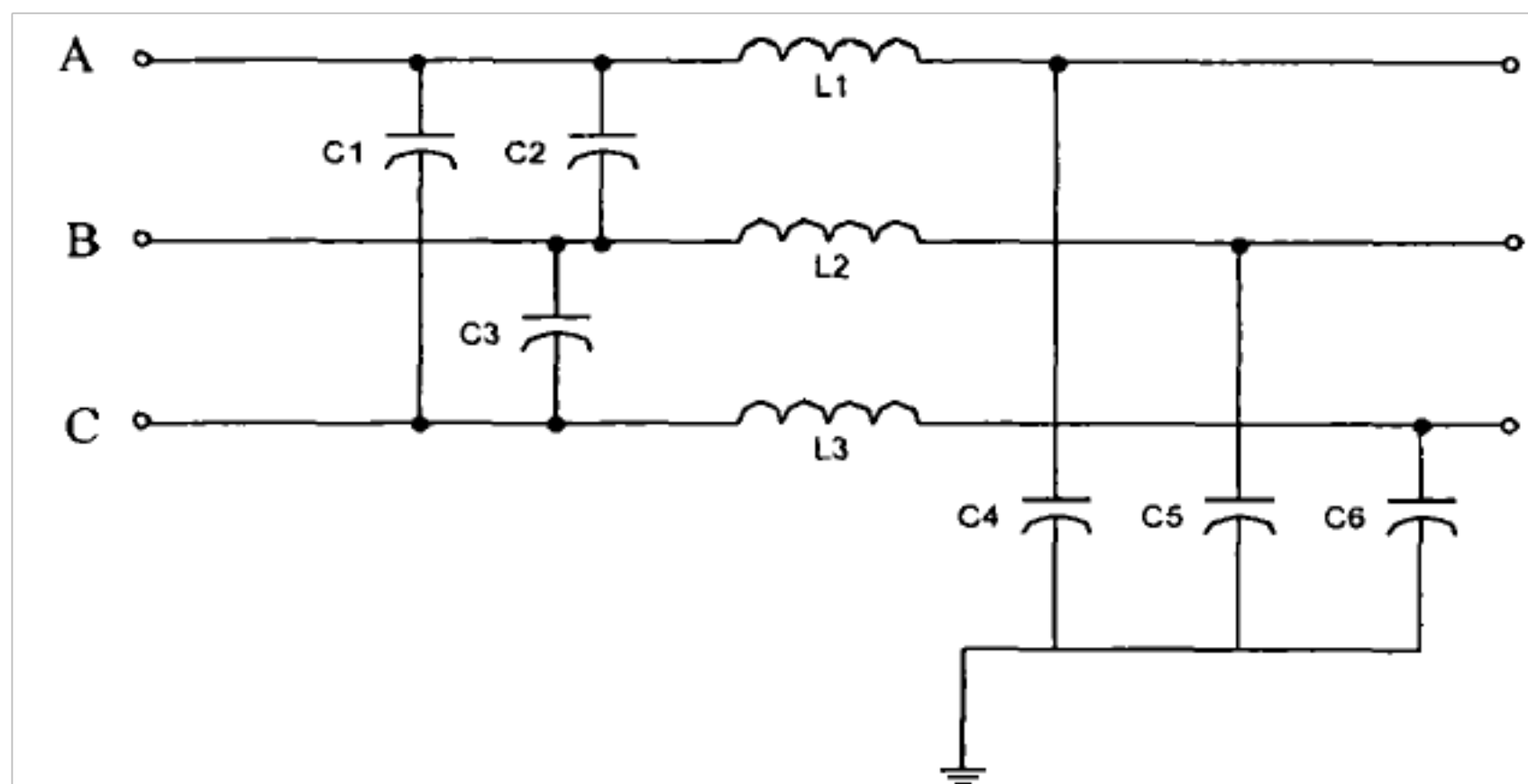


图 2-1-3 三相电网滤波器示意图

(2) 输入整流滤波器：将电网输入的交流电进行整流滤波，为变换器提供波纹较小的直流电压。而且，当电网瞬时停电时，滤波电容器储存的能量尚能使开关电源输出维持一定的时间。对三相交流电输入，其典型电路如图 2-1-4 所示：

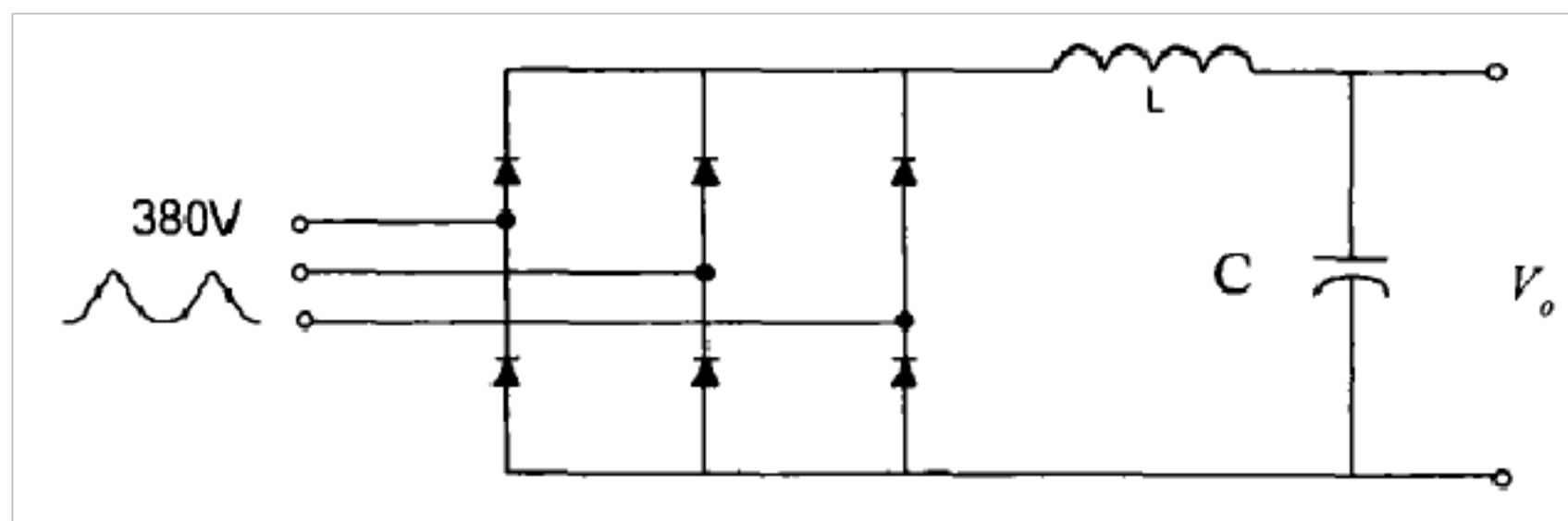


图 2-1-4 输入整流滤波器电路图

- (3) 高频开关变换器 它是开关电源的关键部分。它把直流电压变换成高频交流电，经过高频变压器再变成所需要的隔离输出交流电压。
- (4) 输出整流滤波：将变换器输出的高频交流电压滤波得到需要的直流电压。同时还防止高频噪音对负载的干扰。电路原理与输入滤波器相同。
- (5) 控制电路：检测输出直流电压，与基准电压比较，进行隔离放大，调制振荡器输

,从而控制变换器以保持输出电压的稳定。一般控制电路还包括启动及禁止电路。

(6) 保护电路:在开关电源发生过电压、过电流或短路时,保护电路使开关电源停止工作以保护负载和开关电源本身。有的还有发出报警信号的功能。

(7) 辅助电源:为控制电路和保护电路提供满足一定技术要求的直流电源,以保证它们工作稳定可靠。辅助电源可以是独立的,也可以由开关电源本身产生。

高频开关变换器

在高频开关电源中,高频开关变换器是核心部分,围绕开关变换器将会有很多的控制和保护电路,变换器的种类的选取将会影响整个功率器件耐压程度等很多参数,也会对系统的其它各部分产生相应的影响,所以,高频开关变换器的设计是很重要的一个环节,我们在后面的章节将会对它进行详细地分析和介绍。

按电力电子技术的习惯称谓,AC-DC称为整流,包括整流及离线式变换,DC-AC称为逆变,AC-AC称为交-交变频(包括变压),DC-DC称为直流一直流变换。所以,广义地说,凡用半导体功率器件作为开关,将一种电源形态转变成另一种形态的主电路叫作开关变换器电路。转变时用自动控制闭环稳定输出并有保护环节则称开关电源。开关电源的主要部分是 DC-DC变换器,它是转换的核心,涉及频率变换。值得指出,常见到离线式开关变换器名称,是 AC-DC变换,也常称开关整流器,它不单是整流的意义,而且整流后又作了 DC-DC变换,离线是指变换器中有高频变压器隔离。

2.2.1 单端反激型开关电源变换器

图 2-2-1 所示为单端反激型开关电源的主回路,当功率晶体管 T 导通时,高频变压器的原边电压等于输入电源电压 U ,其极性为上正下负。与之对应的高频开关电源的设计频变压器副边电压为上负下正,此时整流二极管 D 承受的是反向偏置电压,故不导通。负载 R_L 上的电流是靠输出电容 C_0 的放电电流来提供,此时,高频变压器将电能变为磁能储存起来,而在晶体管受控截止时,高频变压器原、副边电压极性改变。整流二极管 D (和反相型开关电源中的续流二极管相对应)由反偏变为正偏导通,高频变压器就将原先储存的磁能变为电能,通过整流二极管向负载供电和向输出电容 C_0 充电。此电路的整流二极管 D 是在功率晶体管截止时才导通的。故称此电路为反激型电路。

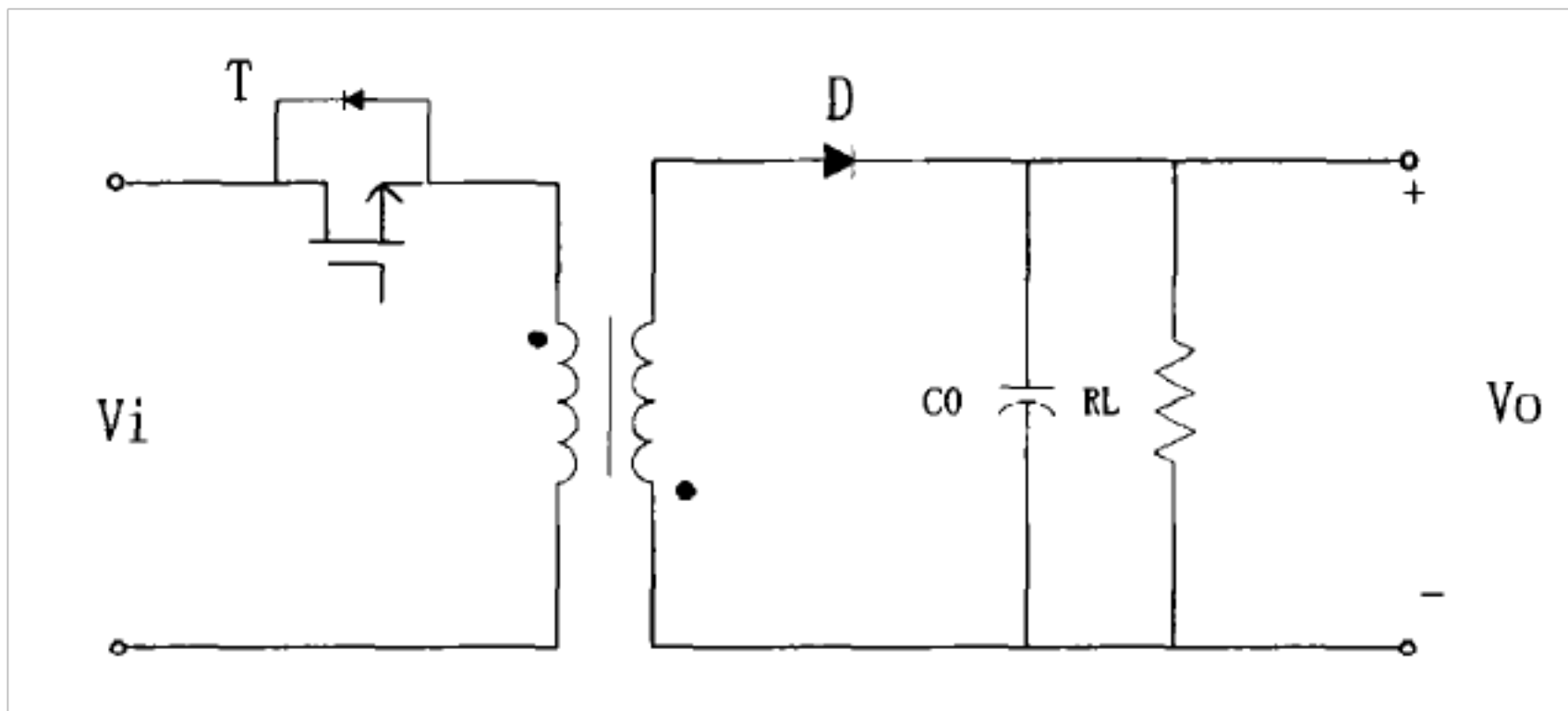
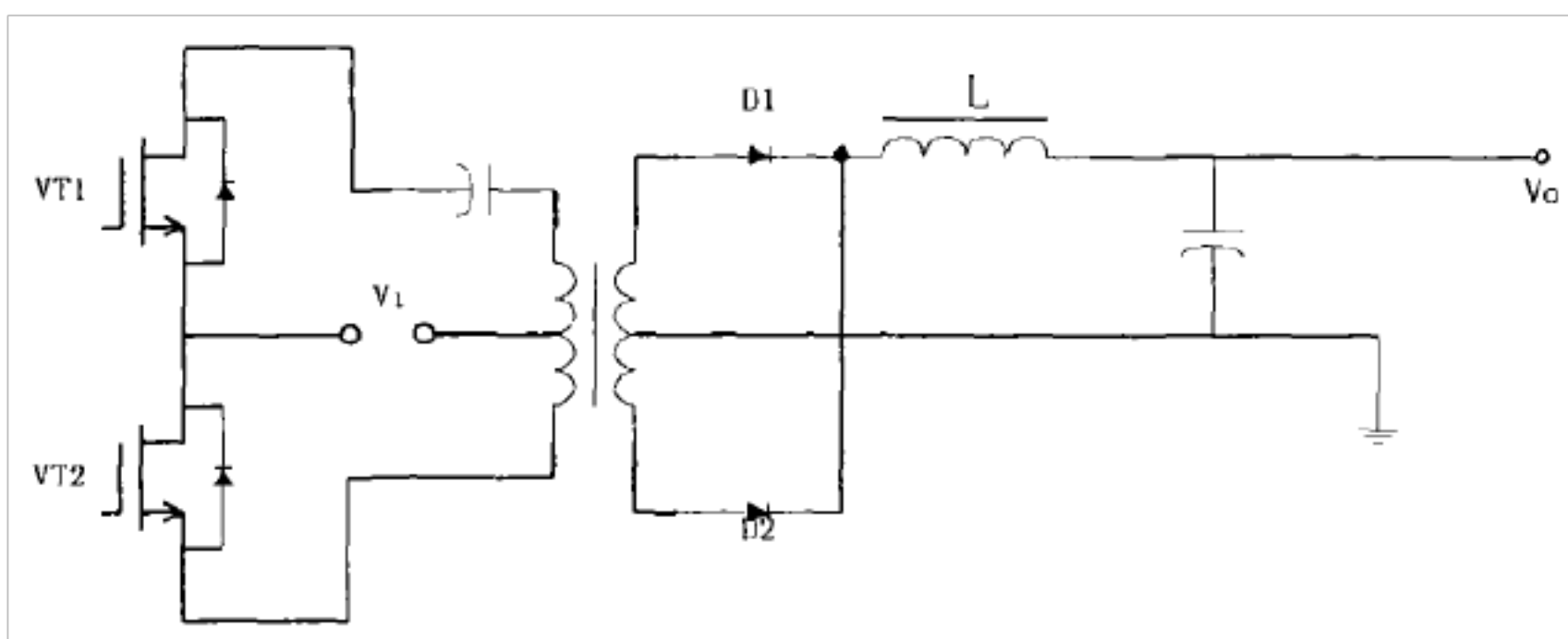


图 2-2-1 单端反激型开关电源主回路

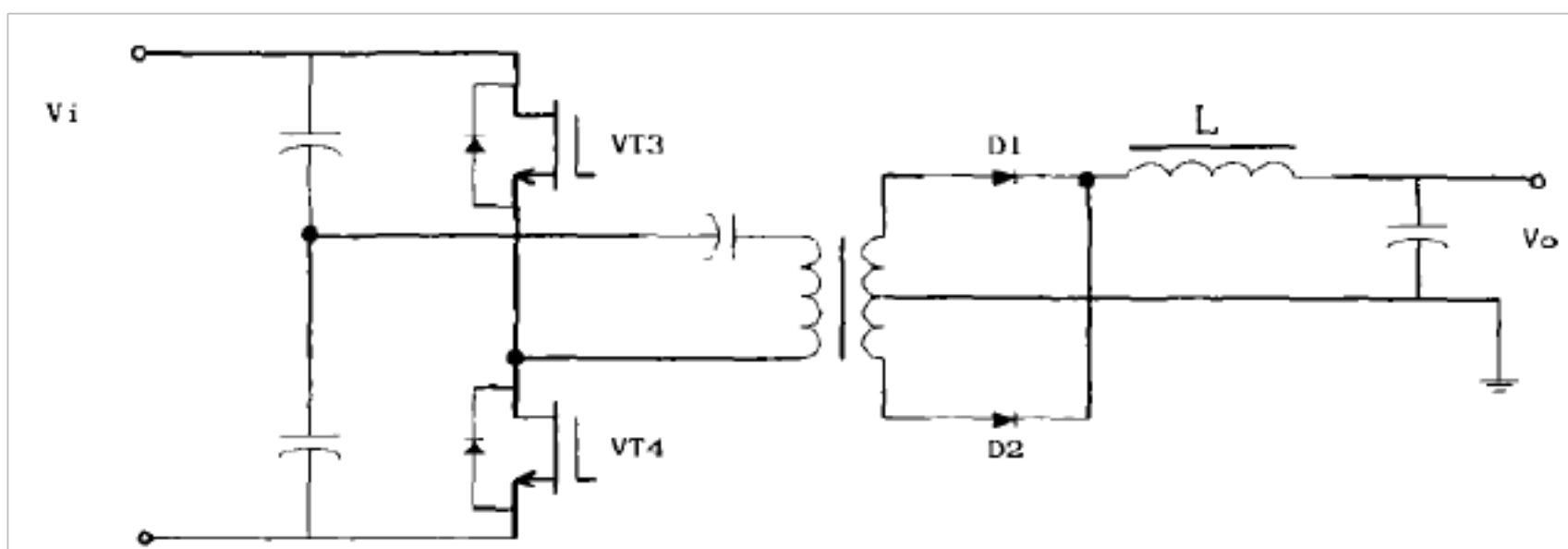
多端式变换器

多端式变换器的主要回路最基本的有以下三种：推挽、半桥、全桥。如图 2-2-3 所示：



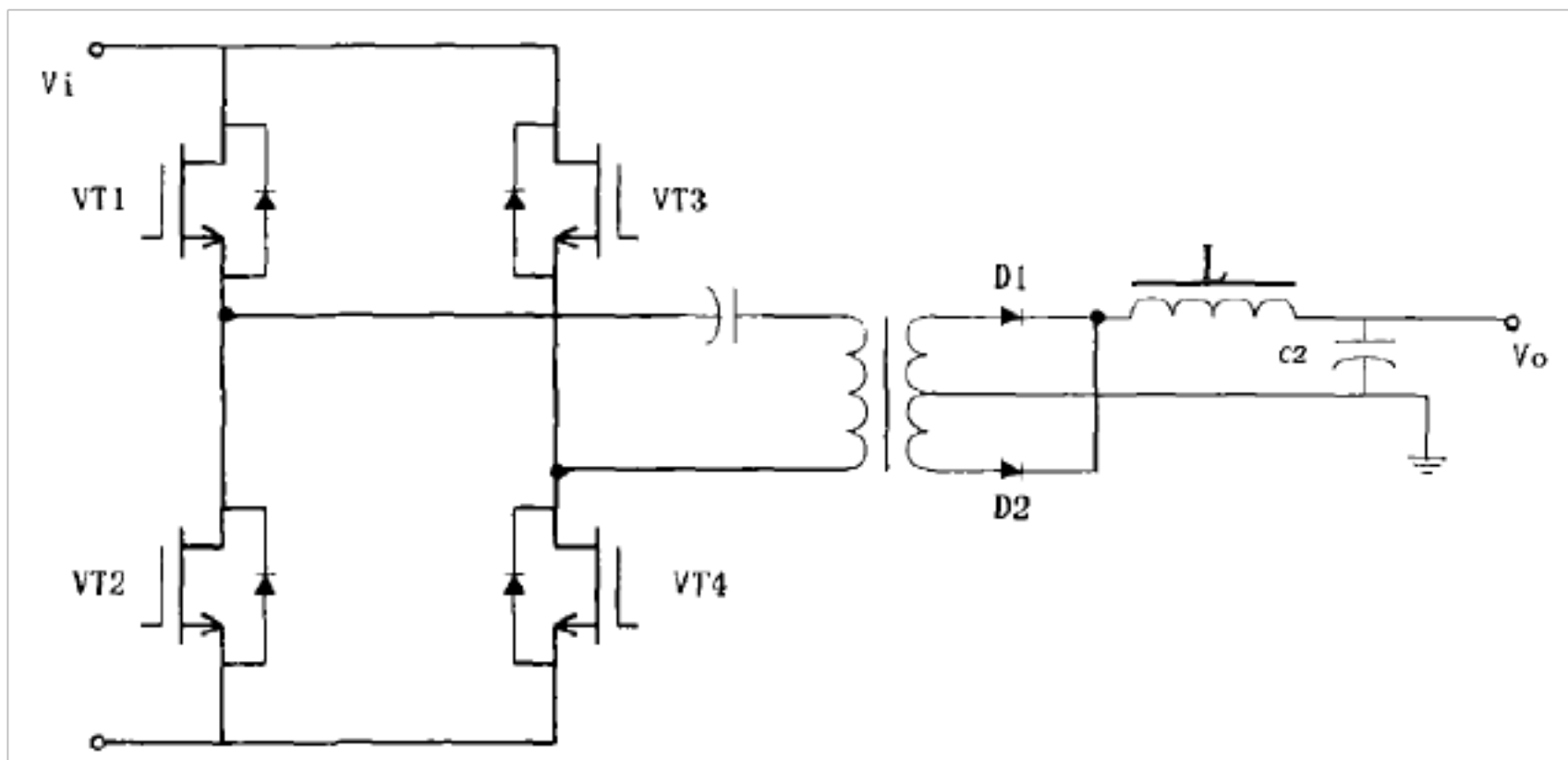
a.

推挽式开关电源主回路



b.

半桥式式开关电源主回路



C.

图 2-2-3 (a.b.c) 三种多端式变换器

这里以全桥变换器说明它的功率变换原理：

全桥式开关电源变换器的原理图如图 2-2-3c 所示,VT1、VT4与 VT2 VT3由基极激励驱动而轮流通断,从而将直流电压 V_i 变换成高频矩形波交流电压,然后通过 D1、D2整流,L、C2滤波后给负载提供稳定的直流电压。

四个功率开关管组成桥的四臂,桥的一对交点输入直流电压,另一对交点接高频变压器原边绕组。VT1和 VT4由一组开关信号驱动,VT1 和 VT4导通时电流方向对原边绕组是又上向下。过半个周期,VT1 和 VT4截止,VT2 和 VT3在另一组驱动信号下导通,导通电流由电源 V_i 正端经 VT3,原边绕组由下向上,VT2 流向电源负端。两对开关管是轮流导通,导通时绕组电压近似等于 V_i 。每只开关管均为并联一只高速功率二极管,其钳位作用以减小开关管由导通转换为截止时,变压器产生的电压尖峰,以保护开关管不被击穿。

全桥式变换器的优点是:主变压器原边绕组比推挽式少了一半,变压器利用率提高;开关管可用低耐压(如 400V)、大电流的功率管输出功率大。DC-DC可分为 PWM 式、谐振式和它们的结合式。为保证输出电压不随输入电压和负载变化,谐振式主要靠调节开关频率,属于调频系统。PWM型开关电源具有控制简单,稳态直流增益,与负载无关等优点,缺点是开关损失随开关频率的提高而增加。调频系统不如 PWM 开关那样易控,加上谐振电压和电流峰值高,开关应力大。

根据我们的设计要求,我们选用 PWM即脉宽调制型变换器。

控制电路

控制电路是高频开关电源的很重要的部分,是电源系统可靠工作的保证,在图 2-3-1 的原理框图中,虚线框为控制部分电路。开关电源的控制方式基本上都采用时间比率控制(TRC)方式。这种方式又大致分为三大类

1、脉冲宽度调制(简称 PWM)方式,它用调整脉冲宽度和控制占空比的方法来达到输出电压的稳定。

2、脉冲频率调制(即 PFM)方式,它采用脉冲频率来改变脉冲占空比来控制输出电压的稳定。

3、混合调制方式,即前二者兼而有之的方式,既控制脉冲宽度,又改变脉冲频率,用综合技术来改变脉冲占空比和脉冲周期来控制输出电压的稳定。

目前,以脉冲调制 PWM 应用最多。图 2-3-1 是脉宽调制器的基本原理图。

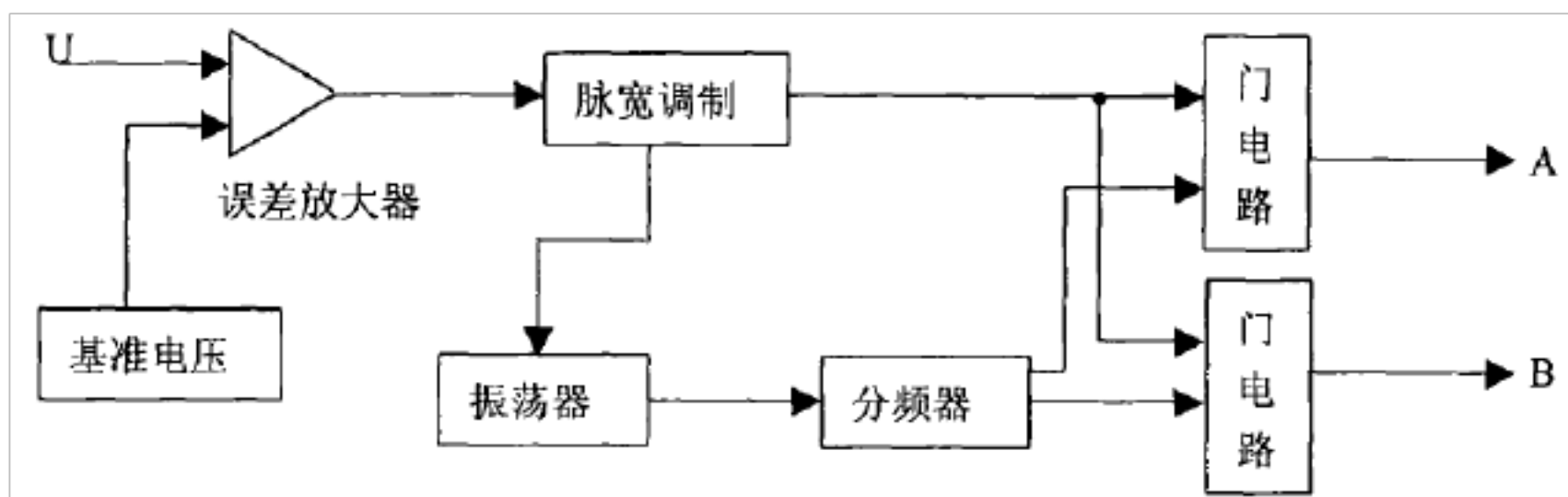


图 2-3-1 脉宽调制原理图

基准电压:芯片大部分电路由它供电,同时,兼作误差放大器的基准电压输入。

振荡器:由恒流充电快速放电电路以及电压比较器组成,振荡频率由外接 RC 元件所决定,频率 $f=1/RC$ 。

误差放大器:将取样电压和基准电压比较放大,送至脉宽调制电路输入端。

脉宽调制器:输入为误差放大器输出。输出分两路,一路送给门电路,另一路送给振荡器输入端。

门电路:门电路输入分别受分频器和脉宽调制器的输入控制。分频器:将振荡器的输入分频后输出,控制门电路输出脉冲的频率。

从总体上说,开关电源的控制电路还包括过压、过流保护、均流控制等。

高频开关电源主电路的设计

3.1 PWM开关变换器的设计

我们知道 PWM开关变化器按工作方式可分为：单端反激变换器、单端正激变换器、推挽式变换器、半桥式变换器、全桥式变换器。

其中 3、4、5 统称为多端变换器,在以上的各种变换器中,通过第一章第二节的介绍,我们可知,全桥式变压隔离器开关承受最小的开关电压和最小的开关电流,根据我们所设计的高频开关电源的实际情况,输出功率较大(220V 5A),工作频率较高(100KHZ),我们选用全桥隔离式 PWM变换器。这种线路的优点:

1、主变压器只需要一个原边绕组,通过正、反向的电压得到正、反向磁通,副边绕组采用全桥全波整流输出。因此,变压器铁芯和绕组最佳利用,使效率、功率密度得到提高。

2、功率开关在非常安全的情况下运作。在一般情况下,最大的反向电压不会超过电源电压 V_s ,四个能量恢复(再生)二极管能消除一部分由漏感产生的瞬时电压。这样,无需设置能量恢复绕组,反激能量便得到恢复利用。缺点:

1、需要功率元件较多;在导通回路上,至少有两个管压降,因此功率损耗也比双晶体管推挽式变换器大一倍。但是在高压离线开关系统中,这些损耗还是可以接受的。另外,能量恢复(再生)方式,由于四个二极管,因此,损耗略有增加。

2、值得注意的是,全桥变换器易发生桥臂直流短路及变压器原边偏磁饱和,其可靠性难以保证。但是,这种缺点我们将采取一定的措施进行避免。

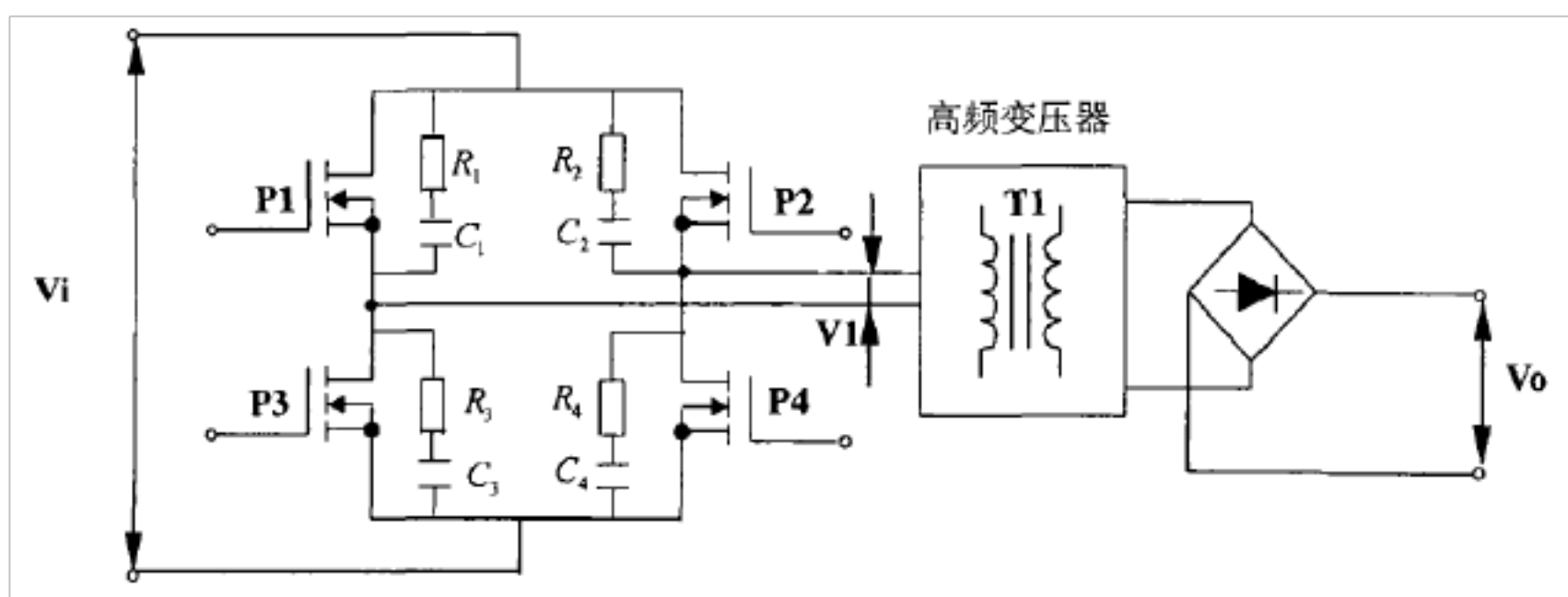


图 3-1-1 MOSFET 全桥式变换器

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/537050156122006063>