

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102005915 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 201010607182. 0

(22) 申请日 2010. 12. 27

(73) 专利权人 福州大学

地址 350108 福建省福州市闽侯县上街镇大学城学园路 2 号福州大学新区

(72) 发明人 林维明

(74) 专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100

代理人 蔡学俊

(51) Int. Cl.

H02M 1/42 (2007. 01)

(56) 对比文件

CN 101728964 A, 2010. 06. 09, 全文.

CN 101197544 A, 2008. 06. 11, 全文.

US 2010/0259240 A1, 2010. 10. 14, 全文.

US 2009/0168476 A1, 2009. 07. 02, 全文.

审查员 汤场

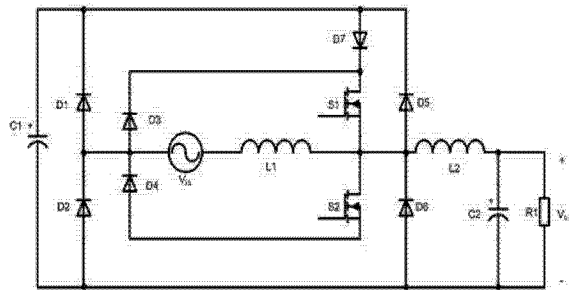
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种 BOOST 与 BUCK 集成的无桥单级 PFC 电路

(57) 摘要

本发明公开了一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,包括交流输入源 V_{in} , 功率 MOSFET 管 S1, 功率 MOSFET 管 S2, 二极管 D1, 二极管 D2, 二极管 D3, 二极管 D4, 二极管 D5, 二极管 D6, 二极管 D7, 储能电容 C1, 储能电容 C2, 电感 L1, 电感 L2 和负载等效电阻 R1。其特征在于:通过功率 MOSFET 管 S1, 储能电容 C1 和二极管 D7 结合了一个无桥 BOOST 电路与一个 BUCK 电路:功率 MOSFET 管 S1 既作为无桥 BOOST 电路的开关管之一,又作为 BUCK 电路的开关管;储能电容 C1 作为无桥 BOOST 电路的输出电容储存无桥 BOOST 电路传输的能量,并作为 BUCK 电路的输入电容,给 BUCK 电路的负载提供能量。与现有技术相比,本发明的主要优点是:1. 省略了输入整流桥,降低了导通损耗。2. 将功率因数校正级电路和后级 DC-DC 电路结合在一起,用一个控制器就能同时完成功率因数校正和输出电压调节功能,器件较少,提高了效率,降低了成本。



1. 一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,包括交流输入源 V_{in} ,功率 MOSFET 管 S1,功率 MOSFET 管 S2,二极管 D1,二极管 D2,二极管 D3,二极管 D4,二极管 D5,二极管 D6,二极管 D7,储能电容 C1,储能电容 C2,电感 L1,电感 L2 和负载等效电阻 R1 ;其特征在于:所述的交流输入源 V_{in} 的一端接二极管 D1 的阳极、二极管 D3 的阳极、二极管 D2 的阴极和二极管 D4 的阴极;交流输入源 V_{in} 的另一端接电感 L1 的一端;电感 L1 的另一端接功率 MOSFET 管 S1 的源极、功率 MOSFET 管 S2 的漏极、二极管 D5 的阳极、二极管 D6 的阴极和电感 L2 的一端;电感 L2 的另一端接储能电容 C2 的正极和负载等效电阻 R1 的一端;负载等效电阻 R1 的另一端接储能电容 C1 的负极、二极管 D2 的阳极、二极管 D6 的阳极和储能电容 C2 的负极;储能电容 C1 的正极接二极管 D1 的阴极、二极管 D5 的阴极和二极管 D7 的阳极;二极管 D7 的阴极接二极管 D3 的阴极和功率 MOSFET 管 S1 的漏极;二极管 D4 的阳极接功率 MOSFET 管 S2 的源极;功率 MOSFET 管 S1 的栅源极、功率 MOSFET 管 S2 的栅源极接各自的控制驱动信号;交流输入源 V_{in} ,功率 MOSFET 管 S1,功率 MOSFET 管 S2,二极管 D1,二极管 D2,二极管 D3,二极管 D4,二极管 D5,二极管 D6,储能电容 C1,电感 L1 构成了无桥 BOOST 电路;储能电容 C1,储能电容 C2,二极管 D7,功率 MOSFET 管 S1,电感 L2 和负载等效电阻 R1 构成了 BUCK 电路;功率 MOSFET 管 S1 是无桥 BOOST 电路的开关管之一,又是 BUCK 电路的开关管;储能电容 C1 是无桥 BOOST 电路的输出电容储存无桥 BOOST 电路传输的能量,又是 BUCK 电路的输入电容,给 BUCK 电路的负载提供能量;功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 高频工作,且控制驱动信号相同。

2. 如权利要求 1 所述的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,其特征在于电路的第一种工作模式为:交流输入源 V_{in} 左正右负,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 导通,二极管 D3 和二极管 D7 导通,其余二极管关断;交流输入源 V_{in} 通过二极管 D3 和功率 MOSFET 管 S1 给电感 L1 充电,储存在储能电容 C1 上的能量通过二极管 D7 和功率 MOSFET 管 S1 给电感 L2 充电并传递给储能电容 C2 和负载等效电阻 R1。

3. 如权利要求 1 所述的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,其特征在于电路的第二种工作模式为:交流输入源 V_{in} 左正右负,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,二极管 D1 和二极管 D6 导通,其余二极管关断;

交流输入源 V_{in} 和电感 L1 上储存的能量通过二极管 D1 和二极管 D6 传递给储能电容 C1,储存在电感 L2 上的能量通过二极管 D6 传递给储能电容 C2 和负载等效电阻 R1。

4. 如权利要求 1 所述的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,其特征在于电路的第三种工作模式为:交流输入源 V_{in} 左正右负,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,二极管 D1 和二极管 D6 导通,其余二极管关断;

交流输入源 V_{in} 和电感 L1 上储存的能量通过二极管 D1 和二极管 D6 传递给储能电容 C1,电感 L2 上的电流断续或继续工作于连续状态,储能电容 C2 给负载等效电阻 R1 提供能量。

5. 如权利要求 1 所述的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,其特征在于电路的第四种工作模式为:交流输入源 V_{in} 左负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 导通,二极管 D4 和二极管 D7 导通,其余二极管关断;

交流输入源 V_{in} 通过二极管 D4 和功率 MOSFET 管 S2 给电感 L1 充电,储存在储能电容 C1 上的能量通过二极管 D7 和功率 MOSFET 管 S1 给电感 L2 充电并传递给储能电容 C2 和负

载等效电阻 R1。

6. 如权利要求 1 所述的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,其特征
在于电路的第五种工作模式为:交流输入源 V_{in} 左负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET
管 S2 关断,二极管 D2,二极管 D5 和二极管 D6 导通,其余二极管关断;交流输入源 V_{in} 和电
感 L1 上储存的能量通过二极管 D2 和二极管 D5 传递给储能电容 C1,储存在电感 L2 上的能
量通过二极管 D6 传递给储能电容 C2 和负载等效电阻 R1。

7. 如权利要求 1 所述的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,其特征
在于电路的第六种工作模式为:交流输入源 V_{in} 左负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET
管 S2 关断,二极管 D2 和二极管 D5 导通,其余二极管关断;交流输入源 V_{in} 和电感 L1 上储
存的能量通过二极管 D2 和二极管 D5 传递给储能电容 C1,电感 L2 上的电流断续或继续工作
于连续状态,储能电容 C2 给负载等效电阻 R1 提供能量。

8. 如权利要求 1 所述的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,其特征
在于电路的第七种工作模式为:交流输入源 V_{in} 可以左正右负也可以交流输入源 V_{in} 左
负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,二极管 D6 导通,其余二极管关断;电
感 L1 上的电流断续,储存在电感 L2 上的能量通过二极管 D6 传递给储能电容 C2 和负载等
效电阻 R1。

9. 如权利要求 1 所述的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,其
特征在于电路的第八种工作模式为:交流输入源 V_{in} 可以左正右负也可以左负右正,功率
MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,所有二极管均关断;电感 L1 上的电流断续,电感 L2
上的电流断续或继续工作于连续状态,储能电容 C2 给负载等效电阻 R1 提供能量。

一种 BOOST 与 BUCK 集成的无桥单级 PFC 电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种无桥单级功率因数校正(PFC)电路。更具体地说,本发明涉及一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路。

背景技术

[0002] 随着电力电子技术的飞速发展,各种电力电子装置在电力系统、工业、交通和家庭中的应用日益广泛。从交流电网整流供给直流电是电力电子技术中应用广泛的一种基本变流方式,传统的整流器又二极管或晶闸管组成不控或者相控整流电路,会产生大量电流谐波和无功功率,给电网带来危害。其危害主要表现在以下三个方面:造成供电质量下降;影响电网的可靠性;造成电能利用率下降。正是由于谐波的危害日益严重,世界各国都对谐波问题予以充分的重视,不少国家和国际权威组织(如 IEC、IEEE 等)组织都制定了限制电力系统谐波和用电设备谐波的标准和规定。这就迫使电力电子领域的研究人员对谐波的污染问题给出有效的解决方案。解决谐波污染的主要途径有两条,一是采用无源滤波或有源滤波电路来滤除谐波及谐波补偿,二是对电力电子装置进行改造,使其产生符合标准的谐波且功率因数可控。对新型电力电子设备,多采用或一种方法,即加入功率因数校正级。

[0003] 现在较为成熟的 PFC 电路一般都由以下三部分组成:整流桥,功率因数校正级电路,后级 DC-DC 电路。这种 PFC 电路校正效果比较理想,但是在工作时,整流桥和功率因数校正级电路同时有三个半导体功率器件导通,导通损耗比较高,而且能量要经过功率因数校正级和后级 DC-DC 电路处理,存在元件多,费用高,电路效率低等问题。为了提高效率,减小整流桥的损耗,Prasad N. Enjeti 等人【1】1993 年首先提出无整流桥功率因数校正电路,减少电路导通损耗,提高转换效率,在低输入电压和中大功率应用场合具有显著优点,无桥 PFC 得到广泛的重视与研究。Milan M 等人【2】又对现有 PFC 电路进行总结分析,指出无桥、软开关和单级 PFC 是今后研究的方向。相对于传统的 Boost 型 PFC 拓扑,无桥 PFC 由于省略了输入整流桥,效率可以提高约 1%-2%。为了减少元件数量,降低成本,提高效率,希望将功率因数校正级电路和后级 DC-DC 电路结合在一起,能量只被处理一次,用一个控制器就能同时完成功率因数校正和输出电压调节功能,因此提出了单级 PFC 电路。实现既省略了输入整流桥又将功率因数校正级电路和后级 DC-DC 电路结合在一起的 PFC 电路,以进一步提高变换器转换效率。

发明内容

[0004] 为了降低成本,提高效率,本发明提出了一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路。利用一个功率 MOSFET 管,一个二极管和一个储能电容将无桥 BOOST 电路与后级直流 Buck 变换器电路结合起来成为无桥单级 PFC 电路。电路元器件数量少,结构简洁,实现了省略整流桥和能量只被处理一次,提高了效率。

[0005] 为此,本发明采用以下的技术方案:一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路,包括交流输入源 V_{in} ,功率 MOSFET 管 S1,功率 MOSFET 管 S2,二极管 D1,二极管 D2,

二极管 D3, 二极管 D4, 二极管 D5, 二极管 D6, 二极管 D7, 储能电容 C1, 储能电容 C2, 电感 L1, 电感 L2 和负载等效电阻 R1。其特征在于:通过功率 MOSFET 管 S1, 储能电容 C1 和二极管 D7 结合了一个无桥 BOOST 电路与一个 BUCK 电路;功率 MOSFET 管 S1 既作为无桥 BOOST 电路的开关管之一, 又作为 BUCK 电路的开关管;储能电容 C1 作为无桥 BOOST 电路的输出电容储存无桥 BOOST 电路传输的能量, 并作为 BUCK 电路的输入电容, 给 BUCK 电路的负载提供能量。

[0006] 与现有技术相比, 本发明的主要优点是:

[0007] 1、省略了输入整流桥, 降低了导通损耗。

[0008] 2、将功率因数校正级电路和后级 DC-DC 电路结合在一起, 用一个控制器就能同时完成功率因数校正和输出电压调节功能, 器件较少, 提高了效率, 降低了成本。

附图说明

[0009] 图 1 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的具体实现电路图。

[0010] 图 2 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第一种工作模式图。

[0011] 图 3 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第二种工作模式图。

[0012] 图 4 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第三种工作模式图。

[0013] 图 5 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第四种工作模式图。

[0014] 图 6 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第五种工作模式图。

[0015] 图 7 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第六种工作模式图。

[0016] 图 8 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第七种工作模式图。

[0017] 图 9 本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第八种工作模式图。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0019] 参照附图 1, 本发明提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的具体实现电路图, 包括交流输入源 V_{in} , 功率 MOSFET 管 S1, 功率 MOSFET 管 S2, 二极管 D1, 二极管 D2, 二极管 D3, 二极管 D4, 二极管 D5, 二极管 D6, 二极管 D7, 储能电容 C1, 储能电容 C2, 电感 L1, 电感 L2 和负载等效电阻 R1。

[0020] 图 1 的无桥单级 PFC 电路采用这样的连接方式: 所述的交流输入源 V_{in} 的一端接二极管 D1 的阳极, 二极管 D3 的阳极, 二极管 D2 的阴极和二极管 D4 的阴极; 交流输入源 V_{in} 的另一端接电感 L1 的一端; 电感 L1 的另一端接功率 MOSFET 管 S1 的源极, 功率 MOSFET 管

S2 的漏极,二极管 D5 的阳极,二极管 D6 的阴极和电感 L2 的一端;电感 L2 的另一端接储能电容 C2 的正极和电阻 R1 的一端,负载等效电阻 R1 的另一端接储能电容 C1 的负极,二极管 D2 的阳极,二极管 D6 的阳极和储能电容 C2 的负极;储能电容 C1 的正极接二极管 D1 的阴极,二极管 D5 的阴极和二极管 D7 的阳极;二极管 D7 的阴极接二极管 D3 的阴极和功率 MOSFET 管 S1 的漏极;二极管 D4 的阳极接功率 MOSFET 管 S2 的源极;功率 MOSFET 管 S1 的栅源极,功率 MOSFET 管 S2 的栅源极接各自的控制驱动信号。

[0021] 图 1 中的交流输入源 V_{in} ,功率 MOSFET 管 S1,功率 MOSFET 管 S2,二极管 D1,二极管 D2,二极管 D3,二极管 D4,二极管 D5,二极管 D6,储能电容 C1,电感 L1 构成了无桥 BOOST 电路;储能电容 C1,储能电容 C2,二极管 D7,功率 MOSFET 管 S1,电感 L2 和负载等效电阻 R1 构成了 BUCK 电路。功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 高频工作,且控制驱动信号相同。本发明提出的无桥单级 PFC 电路的八种工作模式如附图 2,附图 3,附图 4,附图 5,附图 6,附图 7,附图 8 和附图 9 所示。图中实线部分为各模式中实际工作的电路回路,虚线部分为各模式中未参与工作的电路部分。

[0022] 参照附图 2,本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第一种工作模式图。在这种工作模式下,交流输入源 V_{in} 左正右负,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 导通,二极管 D3 和二极管 D7 导通,其余二极管关断。交流输入源 V_{in} 通过二极管 D3 和功率 MOSFET 管 S1 给电感 L1 充电,即无桥 BOOST 电路电感 L1 充电状态。储存在储能电容 C1 上的能量通过二极管 D7 和功率 MOSFET 管 S1 给电感 L2 充电并传递给储能电容 C2 和负载等效电阻 R1,即 BUCK 电路电感 L2 充电状态。

[0023] 参照附图 3,本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第二种工作模式图。在这种工作模式下,交流输入源 V_{in} 左正右负,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,二极管 D1 和二极管 D6 导通,其余二极管关断。交流输入源 V_{in} 和电感 L1 上储存的能量通过二极管 D1 和二极管 D6 传递给储能电容 C1,即无桥 BOOST 电路的电感 L1 的电流续流状态。储存在电感 L2 上的能量通过二极管 D6 传递给储能电容 C2 和负载等效电阻 R1,即 BUCK 电路的电感 L2 的电流续流状态或继续工作于连续状态。

[0024] 参照附图 4,本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第三种工作模式图。在这种工作模式下,交流输入源 V_{in} 左正右负,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,二极管 D1 和二极管 D6 导通,其余二极管关断。交流输入源 V_{in} 和电感 L1 上储存的能量通过二极管 D1 和二极管 D6 传递给储能电容 C1,即无桥 BOOST 电路的电感 L1 的电流续流状态。储存在电感 L2 上的能量已经完全释放,电感 L2 上的电流断续或继续工作于连续状态,储能电容 C2 给负载等效电阻 R1 提供能量,即 BUCK 电路的电感 L2 的电流断续状态。

[0025] 参照附图 5,本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第四种工作模式图。在这种工作模式下,交流输入源 V_{in} 左负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 导通,二极管 D4 和二极管 D7 导通,其余二极管关断。交流输入源 V_{in} 通过二极管 D4 和功率 MOSFET 管 S2 给电感 L1 充电,即无桥 BOOST 电路电感 L1 充电状态。储存在储能电容 C1 上的能量通过二极管 D7 和功率 MOSFET 管 S1 给电感 L2 充电并传递给储能电容 C2 和负载等效电阻 R1,即 BUCK 电路电感 L2 充电状态。

[0026] 参照附图 6,本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电

路的第五种工作模式图。在这种工作模式下,交流输入源 V_{in} 左负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,二极管 D2,二极管 D5 和二极管 D6 导通,其余二极管关断。交流输入源 V_{in} 和电感 L1 上储存的能量通过二极管 D2 和二极管 D5 传递给储能电容 C1,即无桥 BOOST 电路的电感 L1 的电流续流状态。储存在电感 L2 上的能量通过二极管 D6 传递给储能电容 C2 和负载等效电阻 R1,即 BUCK 电路的电感 L2 的电流续流状态。

[0027] 参照附图 7,本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第六种工作模式图。在这种工作模式下,交流输入源 V_{in} 左负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,二极管 D2 和二极管 D5 导通,其余二极管关断。交流输入源 V_{in} 和电感 L1 上储存的能量通过二极管 D2 和二极管 D5 传递给储能电容 C1,即无桥 BOOST 电路的电感 L1 的电流续流状态。储存在电感 L2 上的能量已经完全释放,电感 L2 上的电流断续或继续工作于连续状态,储能电容 C2 给负载等效电阻 R1 提供能量。

[0028] 参照附图 8,本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第七种工作模式图。在这种工作模式下,交流输入源 V_{in} 可以左正右负也可以交流输入源 V_{in} 左负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,二极管 D6 导通,其余二极管关断。电感 L1 上储存的能量已经完全释放,电感 L1 上的电流断续,即无桥 BOOST 电路的电感 L1 的电流断续状态。储存在电感 L2 上的能量通过二极管 D6 传递给储能电容 C2 和负载等效电阻 R1,即 BUCK 电路的电感 L2 的电流续流状态。

[0029] 参照附图 9,本发明中提出的一种 BOOST 电路与 BUCK 电路集成的无桥单级 PFC 电路的第八种工作模式图。在这种工作模式下,交流输入源 V_{in} 可以左正右负也可以左负右正,功率 MOSFET 管 S1 和功率 MOSFET 管 S2 关断,所有二极管均关断。电感 L1 上储存的能量已经完全释放,电感 L1 上的电流断续,即无桥 BOOST 电路的电感 L1 的电流断续状态。储存在电感 L2 上的能量已经完全释放,电感 L2 上的电流断续或继续工作于连续状态,储能电容 C2 给负载等效电阻 R1 提供能量。

[0030] 最后,还需要注意的是,以上列举的仅是本发明的具体实施例。显然,本发明不限于以上实施例,还可以有许多变形。本领域的普通技术人员能从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形,均应认为是发明的保护范围。

[0031] 应该理解到的是:上述实施例只是对本发明的说明,而不是对本发明的限制,任何不超出本发明实质精神范围内的发明创造,均落入本发明的保护范围之内。

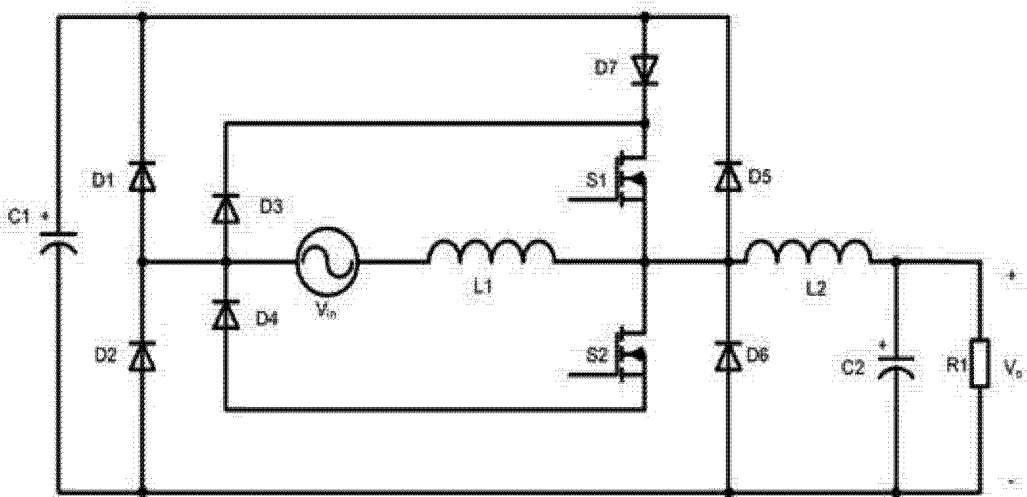


图 1

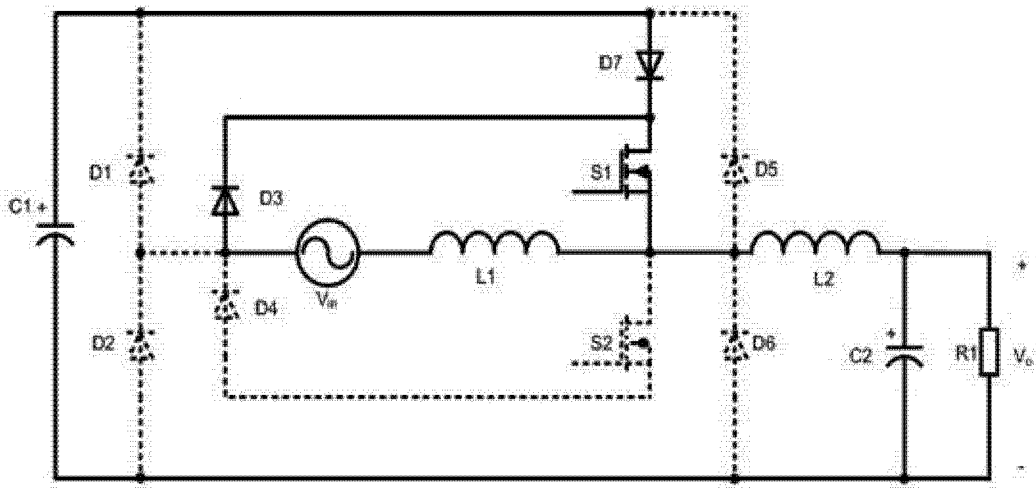


图 2

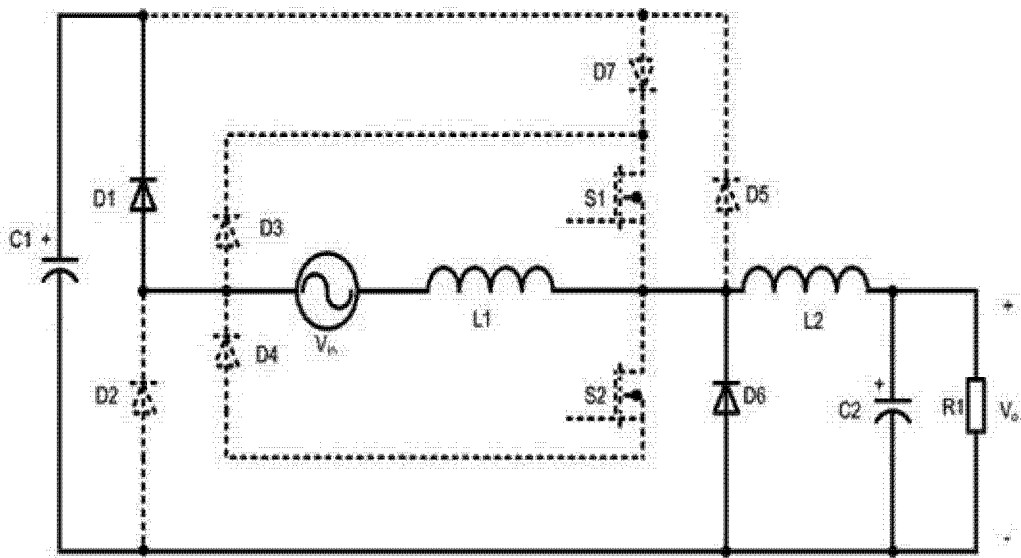


图 3

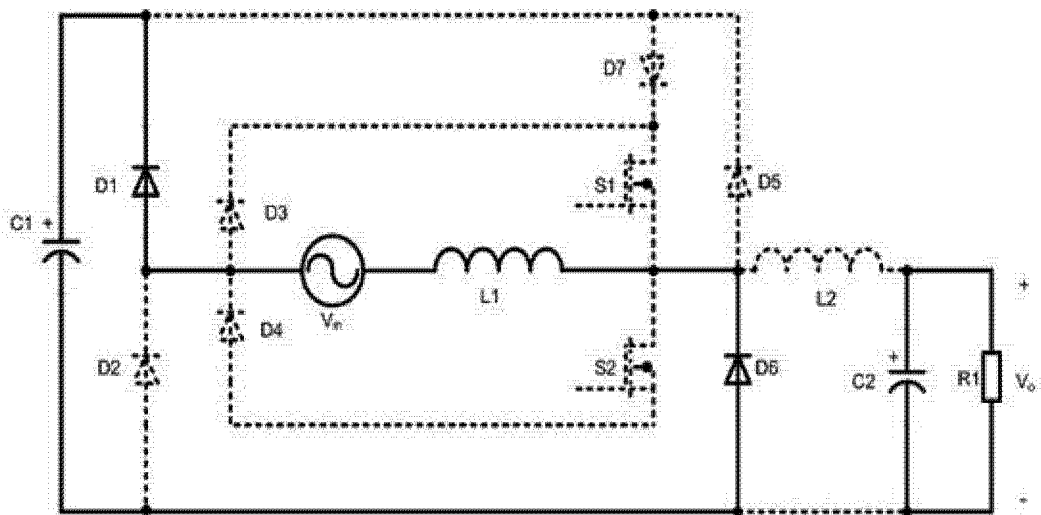


图 4

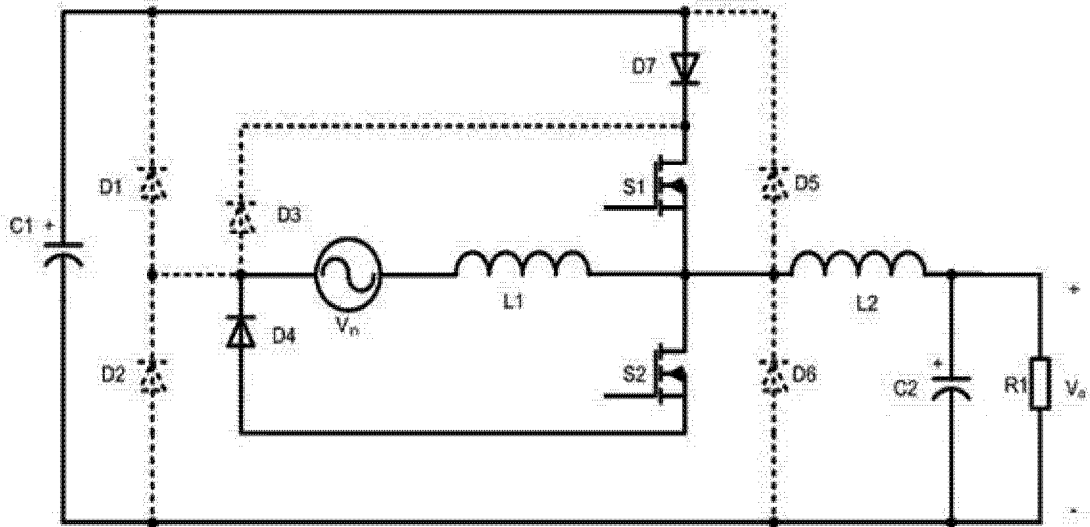


图 5

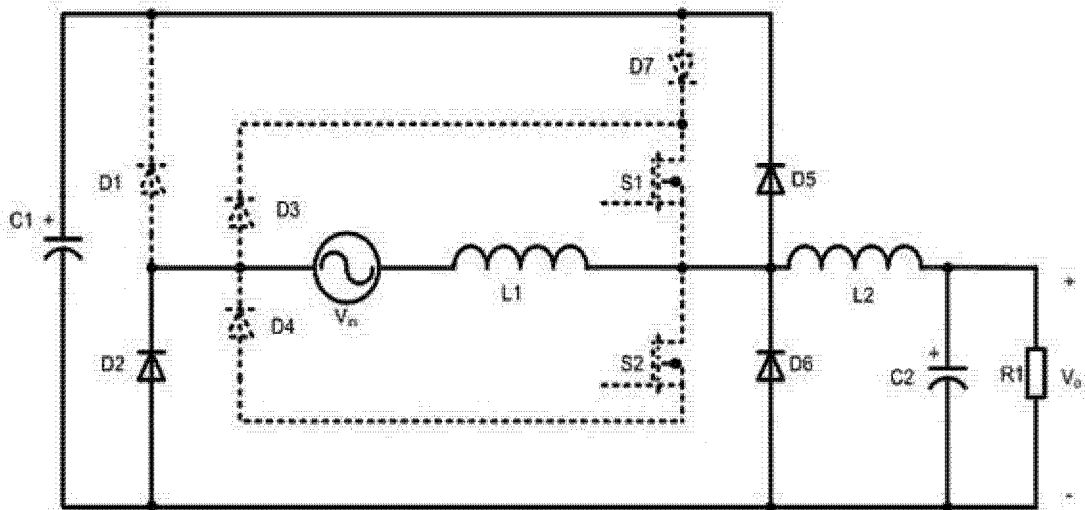


图 6

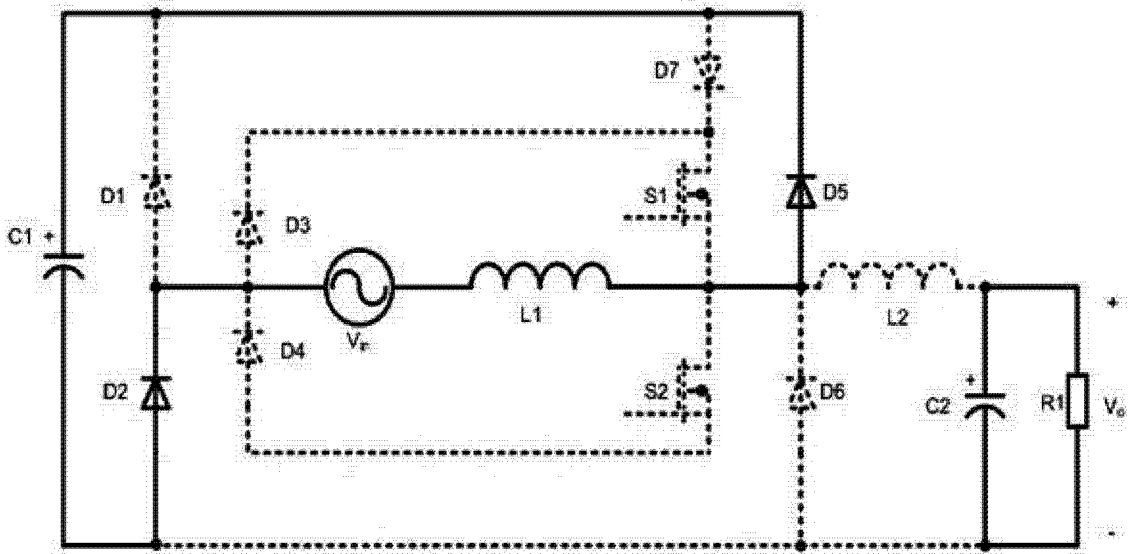


图 7

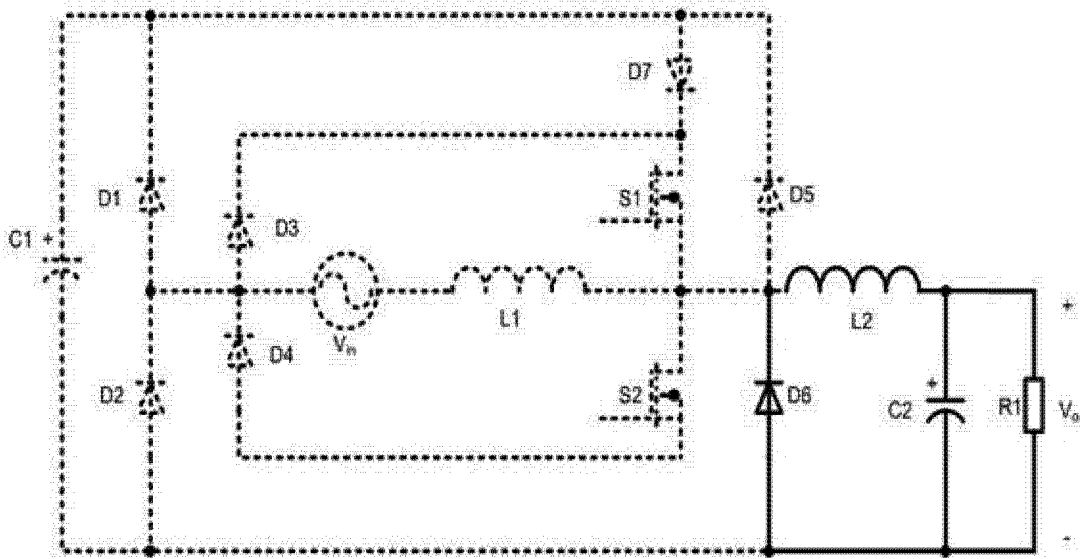


图 8

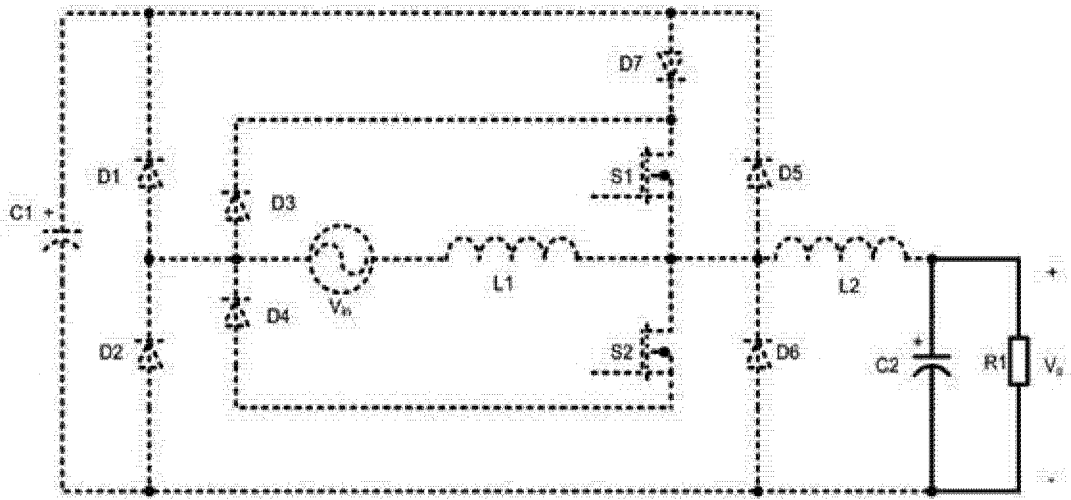


图 9