(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105978325 B
(45)授权公告日 2018.03.27

(21)申请号 201610436121.X

(22)申请日 2016.06.17

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105978325 A

(43)申请公布日 2016.09.28

(73)专利权人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号

(72)发明人 陈宇 张鹏程

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心 42201
代理人 张建伟

(51)Int.Cl.
H02M 3/155(2006.01)

(56)对比文件
CN 102035382 A,2011.04.27,全文.
CN 105322787 A,2016.02.10,全文.
CN 104868725 A,2015.08.26,全文.
WO 2015164970 A1,2015.11.05,全文.
Shun Ding 等."Topology and Control of a Family of Non-Isolated Three-port DC-DC Converters with a Bidirectional Cell". 《Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2013 Twenty-Eighth Annual IEEE》.2013,

审查员 韩笑

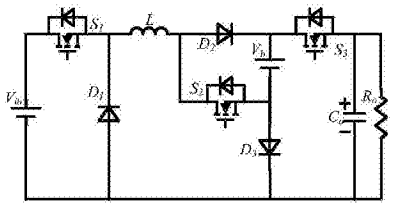
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

非隔离型单磁芯三端口直流变换器

(57)摘要

本发明公开了两种非隔离型单磁芯三端口直流变换器，这两种变换器均包括输入源端口，电池端口，负载端口，第一开关管、第二开关管、第三开关管，第一二极管、第二二极管、第三二极管，滤波电容和滤波电感，具有五种工作模式，其中四种工作模式具备三类工作型式。本发明变换器连接输入电压源、负载与电池，端口之间的能量转换为单级，能量的统一管理功能齐全，具有较高的效率；同一个工作模式下能够用不同的工作方式完成，因而端口电压限制少，工作范围广泛，工作方式灵活。



CN 105978325 B

1.一种非隔离型三端口直流变换器，其特征在于，包括输入源端口，电池端口，负载端口，第一开关管、第二开关管、第三开关管，第一二极管、第二二极管、第三二极管，滤波电容和滤波电感，其中：

所述第一开关管的漏极接输入源端口的正端，第一开关管的源极接第一二极管的阴极和滤波电感的一端，滤波电感的另一端与第二二极管的阳极和第二开关管的漏极相连，第二二极管的阴极与电池端口的正端和第三开关管的漏极相连，电池端口的负端连接第二开关管的源极和第三二极管的阳极，第三开关管的源极分别连接滤波电容的一端与负载端口的正端，滤波电容的另一端与负载端口的负端、第三二极管阴极，第一二极管阳极和输入源端口的负端相连。

2.一种非隔离型三端口直流变换器，其特征在于，包括输入源端口，电池端口，负载端口，第一开关管、第二开关管、第三开关管，第一二极管、第二二极管、第三二极管，滤波电容和滤波电感，其中：

所述第三二极管的阳极连接输入源端口的正端，第三二极管的阴极分别连接电池端口的正端和第二开关管的漏极，电池端口的负端与第三开关管的源极和第二二极管的阳极相连，第二开关管的源极与第二二极管的阴极和滤波电感的一端相连，滤波电感的另一端与第一二极管的阳极和第一开关管的漏极相连，第一二极管的阴极分别连接滤波电容的一端与负载端口的正端，滤波电容的另一端分别连接负载端口的负端、第一开关管的源极、第三开关管的漏极和输入源端口的负端。

非隔离型单磁芯三端口直流变换器

技术领域

[0001] 本发明属于电力电子变换器领域，更具体地，涉及功率变换器中的两种非隔离型单磁芯多结构三端口直流变换器。

背景技术

[0002] 可再生能源目前正受到越来越广泛的应用，然而可再生能源的间断性、不稳定性与要求稳定能量供给的负载之间存在矛盾，需引入储能装置以平衡可再生能源与负载之间的能量。因此，能同时连接可再生能源、储能装置及负载的三端口电路受到广泛关注。三端口电路具有效率高，所用器件少，结构紧凑以及能量管理统一等优点。一般来说，三端口电路拓扑结构可分为隔离型与非隔离型。在没有隔离要求的应用场合中，非隔离型三端口电路由于其更紧凑的电路结构以及更高的效率而更受青睐。

[0003] 目前，已经有不少非隔离型三端口电路被提出。名为“A Family of Cost-Efficient Non-isolated Single-Inductor Three-Port Converters for Low Power Stand-Alone Renewable Power Applications”(Yu Chen;Gang Wen;Li Peng;Yong Kang;Jian Chen,Applied Power Electronics Conference and Exposition(APEC),2013Twenty-Eighth Annual IEEE)的文献提出了一系列适用于小功率场合的非隔离型三端口电路。通过在buck、boost和buck-boost电路中插入一个三角形结构，构造出一系列具有结构紧凑、器件数量少等优点的三端口拓扑。然而由buck和boost衍生出的三端口电路分别由于电池储能模式与电池单独供电模式的缺失，因而分别不具备由可再生能源单独给电池供电和电池单独给负载供电的功能。名为“Topology Derivation of Non-isolated Three-Port DC-DC Converters From DIC and DOC”(Hongfei Wu;Kai Sun;Shun Ding;Yan Xing,IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS,VOL.28,NO.7,JULY 2013)的文献提出了一种构造非隔离型三端口电路的方法。在端口共地的双输入或者双输出电路中增加一条新的能量流通路径来构造三端口电路，并通过合并相同的结构以使三端口电路更加的紧凑。然而，可再生能源与电池电压往往随工作情况改变，而由于构造出的三端口电路继承了原有电路的端口电压大小限制，因而限制了三端口电路的工作范围。

发明内容

[0004] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求，本发明提供了两种单磁芯非隔离型三端口直流变换器，目的在于使变换器具备更加广泛的工作范围与更灵活的工作方式，解决现有非隔离型三端口变换器工作模态缺失与工作范围受限的问题。

[0005] 本发明第一种技术方案如下：

[0006] 一种非隔离型三端口直流变换器，包括输入源端口，电池端口，负载端口，第一开关管、第二开关管、第三开关管，第一二极管、第二二极管、第三二极管，滤波电容和滤波电感，其中：

[0007] 所述第一开关管的漏极接输入源端口的正端，第一开关管的源极接第一二极管的

阴极和滤波电感的一端，滤波电感的另一端与第二二极管的阳极和第二开关管的漏极相连，第二二极管的阴极与电池端口的正端和第三开关管的漏极相连，电池端口的负端连接第二开关管的漏极和第三二极管的阳极，第三开关管的源极分别连接滤波电容的一端与负载端口的正端，滤波电容的另一端与负载端口的负端、第三二极管阴极，第一二极管阳极和输入源端口的负端相连。

[0008] 本发明提出的第二种非隔离型三端口直流变换器，包括输入源端口，电池端口，负载端口，第一开关管、第二开关管、第三开关管，第一二极管、第二二极管、第三二极管，滤波电容和滤波电感，其中：

[0009] 所述第三二极管的阳极连接输入源端口的正端，第三二极管的阴极分别连接电池端口的正端和第二开关管的漏极，电池端口的负端与第三开关管的源极和第二二极管的阳极相连，第二开关管的源极与第二二极管的阴极和滤波电感的一端相连，滤波电感的另一端与第一二极管的阳极和第一开关管的漏极相连，第一二极管的阴极分别连接滤波电容的一端与负载端口的正端，滤波电容的另一端分别连接负载端口的负端、第一开关管的源极、第三开关管的漏极和输入源端口的负端。

[0010] 这两种方案创新的电路结构，使这两种方案均能够实现三个端口之间所有的工作模态，而且大多数模态能够以不同的工作方式实现。端口之间的电压关系因而不会受到固定的工作方式的限制，端口之间的电压限制因此较少，使变换器有更加广泛的工作范围与灵活的工作方式。

[0011] 总体而言，通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比，能够取得下列有益效果：

[0012] (1)采用集成的变换器连接输入电压源、负载与电池三个端口；端口之间的能量转换为单级，具有较高的效率；同时具备能量的统一管理。

[0013] (2)能够实现三个端口之间全部可能的工作模式，功能齐全。

[0014] (3)同一个工作模式下能够用不同的工作方式完成，因而端口电压限制少，工作范围更加广泛，工作方式更加灵活。

[0015] 本发明提出的非隔离型三端口变换器不仅用集成的变换器实现了三个端口之间的连接与能量管理，同时能够实现三个端口之间所有的工作模态，而且大多数工作模态能够以不同的工作方式实现，端口之间的电压限制较少，变换器有广泛的工作范围与灵活的工作方式，具有良好的应用前景。

附图说明

[0016] 图1是本发明的第一种非隔离型三端口变换器的结构原理图；

[0017] 图2是本发明的第二种非隔离型三端口变换器的结构原理图；

[0018] 图3是图1所示的变换器工作在双输出模式下，且为buck型时的等效电路图；

[0019] 图4是图1所示的变换器工作在双输出模式下，且为boost型时的等效电路图；

[0020] 图5a是图1所示的变换器工作在双输出模式下，且为buck-boost型时，工作在模态1的等效电路图；

[0021] 图5b为图1所示的变换器工作在双输出模式下，且为buck-boost型时，工作在模态2的等效电路图；

[0022] 图5c为图1所示的变换器工作在双输出模式下，且为buck-boost型时，工作在模态3的等效电路图；

[0023] 图6是图1所示的变换器工作在双输入模式下，且为buck型时的等效电路图；

[0024] 图7a是图1所示的变换器工作在双输入模式下，且为boost型时，工作在模态1的等效电路图；

[0025] 图7b为图1所示的变换器工作在双输入模式下，且为boost型时，工作在模态2的等效电路图；

[0026] 图7c为图1所示的变换器工作在双输入模式下，且为boost型时，工作在模态3的等效电路图；

[0027] 图8a是图1所示的变换器工作在双输入模式下，且为buck-boost型时，工作在模态1的等效电路图；

[0028] 图8b为图1所示的变换器工作在双输入模式下，且为buck-boost型时，工作在模态2的等效电路图；

[0029] 图8c为图1所示的变换器工作在双输入模式下，且为buck-boost型时，工作在模态3的等效电路图；

[0030] 图9是图1所示的变换器工作在电池单独供电模式下时的等效电路图；

[0031] 图10是图1所示的变换器工作在电池储能模式下，且为buck型时的等效电路图；

[0032] 图11是图1所示的变换器工作在电池储能模式下，且为boost型时的等效电路图；

[0033] 图12是图1所示的变换器工作在电池储能模式下，且为buck-boost型时的等效电路图；

[0034] 图13是图1所示的变换器工作在输入电压源单独供电模式下，且为buck型时的等效电路图；

[0035] 图14是图1所示的变换器工作在输入电压源单独供电模式下，且为boost型时的等效电路图；

[0036] 图15是图1所示的变换器工作在输入电压源单独供电模式下，且为buck-boost型时的等效电路图；

[0037] 在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或结构，其中：V_{in}是输入电压源，L是滤波电感，C_o是滤波电容，R_o是负载，S_1是第一开关管，S_2是第二开关管，S_3是第三开关管，D_1是第一二极管，D_2是第二二极管，D_3是第三二极管。

具体实施方式

[0038] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0039] 如图1所示，第一种非隔离型三端口直流变换器，包括输入源端口，外接输入电压源V_{in}，电池端口，外接电池V_b，负载端口，外接负载R_o，第一至第三开关管S_1、S_2、S_3，第一至第三二极管D_1、D_2、D_3，滤波电容C_o和滤波电感L，其中：第一开关管S_1的漏极接输入电压源V_{in}的正极，第一开关管S_1的源极接第一二极管D_1的阴极和滤波电感L的一端，滤波电感L的另一端

与第二二极管D_2的阳极和第二开关管S_2的漏极相连，第二二极管D_2的阴极与电池V_b的正极和第三开关管S_3的漏极相连，电池V_b的负极连接第二开关管S_2的漏极和第三二极管D_3的阳极，第三开关管S_3的源极分别连接滤波电容C_o的一端与负载R_o的一端，滤波电容的另一端与负载R_o另一端、第三二极管D_3阴极，第一二极管D_1阳极和输入电压源负端相连。

[0040] 如图2所示，本发明的第二种非隔离型三端口直流变换器，包括输入源端口，外接输入电压源V_{in}，电池端口，外接电池V_b，负载端口，外接负载R_o，第一至第三开关管S_1、S_2、S_3，第一至第三二极管D_1、D_2、D_3，滤波电容C_o和滤波电感L_o，其中：第三二极管D_3的阳极连接输入电压源V_{in}的正端，第三二极管D_2的阴极分别连接电池V_b的正端和第二开关管S_2的漏极，电池V_b的负端与第三开关管S_3的源极和第二二极管D_2的阳极相连，第二开关管S_2的源极与第二二极管D_2的阴极和滤波电感L的一端相连，滤波电感L的另一端与第一二极管D_1的阳极和第一开关管S_1的漏极相连，第一二极管D_1的阴极分别连接滤波电容C_o的一端与负载R_o的一端，滤波电容C_o的另一端分别连接负载R_o另一端、第一开关管S_1的源极、第三开关管S_3的漏极和输入电压源V_{in}的负端。

[0041] 本发明的第一种非隔离型三端口直流变换器适用于电池电压V_b及输出电压V_o满足$V_b>V_o$的场合。对于输入电压源电压V_{in}与电池电压V_b之间及输入电压源电压V_{in}与输出负载电压V_o之间则没有电压限制。本发明的第二种非隔离型三端口直流变换器适用于电池电压V_b及输入电压源电压V_{in}满足$V_b>V_{in}$的场合。对于负载电压V_o与电池电压V_b之间及输入电压源电压V_{in}与输出负载电压V_o之间则没有这样的电压限制。由此可见，本发明的两种变换器端口电压限制少，具有更加广泛的工作范围与更加灵活的工作方式。

[0042] 下面以图1所示的非隔离型三端口直流变换器为例来阐述本发明的工作原理。

[0043] 三端口变换器根据工作环境的不同，工作在不同的工作模式下。当输入电压源V_{in}功率大于负载V_o所需功率时，输入电压源V_{in}同时给负载V_o与电池V_b供电，该种工作模式称之为双输出模式；当输入电压源V_{in}功率小于负载V_o所需功率时，输入电压源V_{in}与电池V_b同时给负载V_o供电，该种工作模式称之为双输入模式；当输入电压源V_{in}产生功率为零时，电池V_b单独给负载V_o供电，该种工作模式称之为电池单独供电模式；当负载所需功率为零时，输入电压源V_{in}单独给电池V_b充电，该种工作模式称之为电池储能模式；当电池能量充满，并且为了延长电池使用寿命而断开电池端口时，输入电压源V_{in}单独给负载V_o供电，该种模式称之为输入电压源单独供电模式。在不同工作环境下，该变换器工作在不同的工作模式。本发明中的三端口变换器能够实现上述所有的工作模式，因而能够应对不同的工作环境，功能齐全。

[0044] 同时，该变换器在双输出模式，双输入模式，电池储能模式与输入电压源单独供电模式中，工作方式有buck型，boost型和buck-boost型；在电池单独供电模式中，工作方式只有buck型。因而，输入电压源电压V_{in}与电池电压V_b之间及输入电压源电压V_{in}与输出负载电压V_o之间没有电压限制，而对于电池电压V_b及输出电压V_o，则需要满足$V_b>V_{in}$。该变换器各工作类型如下表所示。

[0045]

	buck型	boost型	buck-boost型
双输出模式	图3	图4	图5
双输入模式	图6	图7	图8

电池单独供电模式	图9	无	无
输入电压源单独供电模式	图10	图11	图12
电池储能模式	图13	图14	图15

[0046] 下面以图1所示的非隔离型三端口变换器为例来说明本发明的具体工作原理，图2所示的非隔离型三端口变换器工作原理与之相似。

[0047] 当变换器工作在双输出模式，且为buck型时，第二开关管S_2一直关断，通过控制第一和第三开关管S_1、S_3的开通和关断来管理系统的功率，变换器的等效电路如图3所示，此时变换器等效于双输出buck变换器。

[0048] 当变换器工作在双输出模式，且为boost型时，第一开关管S_1一直开通，通过控制第二和第三开关管S_2、S_3的开通和关断来管理系统的功率，变换器的等效电路如图4所示，此时变换器等效于双输出boost变换器。

[0049] 当变换器工作在双输出模式，且为buck-boost型时，模态1：等效电路如图5a所示，第一开关管和第二开关管S_1、S_2导通，第三开关管S_3关断，输入电压源V_{in}给滤波电感L励磁。模态2：等效电路如图5b所示，第一开关管和第二开关管S_1、S_2关断，第三开关管S_3开通，滤波电感L给负载R_o充电。模态3：等效电路如图5c所示，第一、第二和第三开关管S_1、S_2和S_3同时关断，滤波电感L给电池V_b充电。

[0050] 当变换器工作在双输入模式，且为buck型时，第三开关管S_3一直开通，通过控制第一和第二开关管S_1、S_2的开通和关断来管理系统的功率，变换器的等效电路如图6所示，此时变换器等效于双输入buck变换器。

[0051] 当变换器工作在双输入模式，且为boost型时，模态1：等效电路如图7a所示，第一开关管和第二开关管S_1、S_2导通，第三开关管S_3关断，输入电压源V_{in}给滤波电感L励磁。模态2：等效电路如图7b所示，第一、第二和第三开关管S_1、S_2和S_3全部开通，输入电压源V_{in}与电池V_b一起通过滤波电感L给负载R_o供电。模态3：等效电路如图7c所示，第一开关管和第三开关管S_1、S_3导通，第二开关管S_2关断，输入电压源V_{in}通过滤波电感L给负载R_o供电。

[0052] 当变换器工作在双输入模式，且为buck-boost型时，模态1：等效电路如图8a所示，第一开关管和第二开关管S_1、S_2导通，第三开关管S_3关断，输入电压源V_{in}给滤波电感L励磁。模态2：等效电路如图8b所示，第二开关管和第三开关管S_2、S_3导通，第一开关管S_1关断，电池通过滤波电感L给负载R_o供电。模态3：等效电路如图8c所示，第一开关管和第二开关管S_1、S_2关断，第三开关管S_3开通，滤波电感L给负载R_o供电。

[0053] 当变换器工作在电池单独供电模式时，在该种模式下只有buck型，第一开关管S_1一直关断，第三开关管S_3一直开通，通过控制第二开关管S_2的开通和关断来控制系统的能量，变换器等效电路如图9所示，此时变换器等效于buck电路。

[0054] 当变换器工作在电池储能模式时，且为buck型时，第二开关管S_2和第三开关管S_3都一直关断，通过控制第一开关管S_1的开通和关断来控制系统的能量，变换器等效电路如图10所示，此时变换器等效于buck电路。

[0055] 当变换器工作在电池储能模式时，且为boost型时，第一开关管S_1一直开通，第三开关管S_3一直关断，通过控制第二开关管S_2的开通和关断来控制系统的能量，变换器等效电路如图11所示，此时变换器等效于一个boost电路。

[0056] 当变换器工作在电池储能模式时，且为buck-boost型时，第二开关管S_2与第一开

关管S_1同时开通和关断，第三开关管S_3一直关断，通过控制第一开关管S_1的开通和关断来控制系统的能量，变换器等效电路如图12所示，此时变换器的工作方式等效为一个buck-boost电路。

[0057] 当变换器工作在输入电压源单独供电模式时，且为buck型时，第三开关管S_3一直开通，第二开关管S_2一直关断，通过控制第一开关管S_1的开通和关断来控制系统的能量，变换器等效电路如图13所示，此时变换器等效于一个buck电路。

[0058] 当变换器工作在输入电压源单独供电模式时，且为boost型时，第一开关管S_1一直开通，第三开关管S_3和第二开关管S_2互补导通，通过控制第二开关管S_2的开通和关断来控制系统的能量，变换器等效电路如图14所示，此时变换器工作方式等效于一个boost电路。

[0059] 当变换器工作在输入电压源单独供电模式时，且为buck-boost型时，第二开关管S_2和第一开关管S_1同时导通和关断，第三开关管S_3与第一开关管S_1互补导通，通过控制第一开关管S_1的开通和关断来控制系统的能量，变换器等效电路如图15所示，此时变换器工作方式等效于一个buck-boost电路。

[0060] 本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

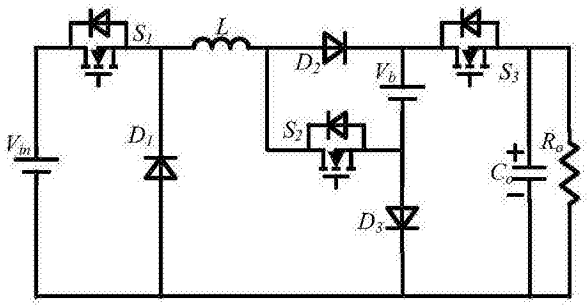

S_1
L
D_2
V_b
S_3
V_{in}
D_1
S_2
R_o
C_o
D_3

图1

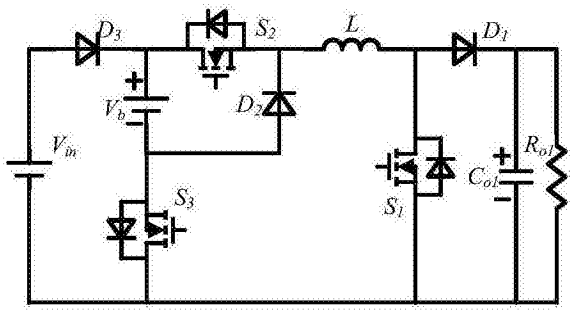

D_3
S_2
L
D_1
V_b
D_2
V_{in}
R_{o1}
C_{o1}
S_3
S_1

图2

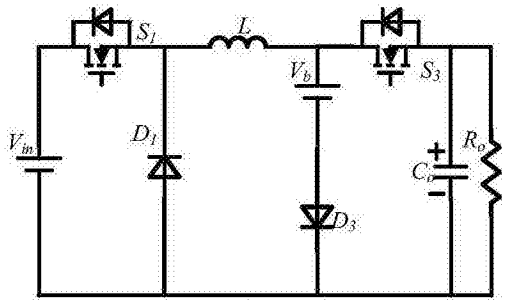

S_1
L
V_b
S_3
V_{in}
D_1
R_o
C_o
D_3

图3

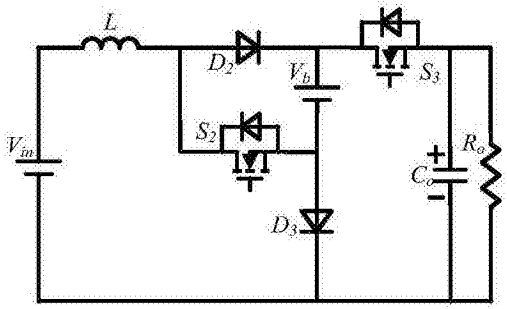

L
D_2
V_b
S_3
S_2
V_{in}
R_o
C_o
D_3

图4

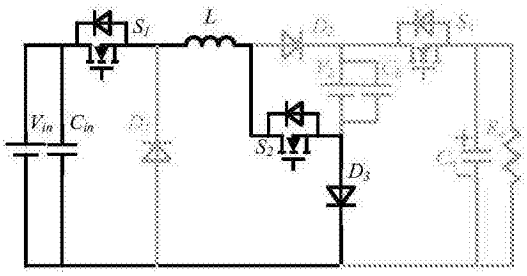


图5a

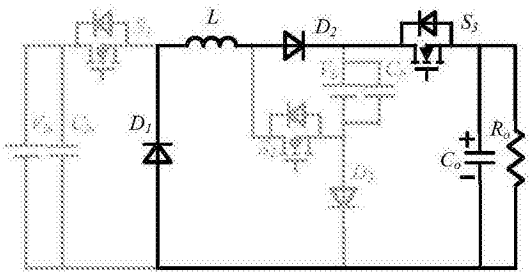


图5b

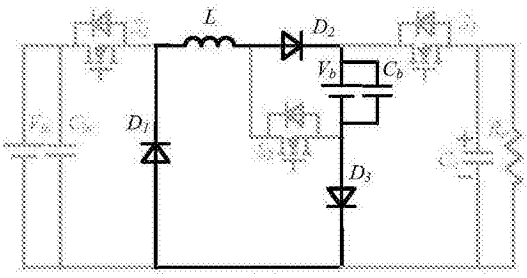


图5c

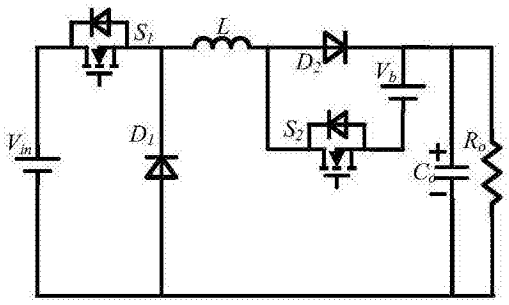


图6

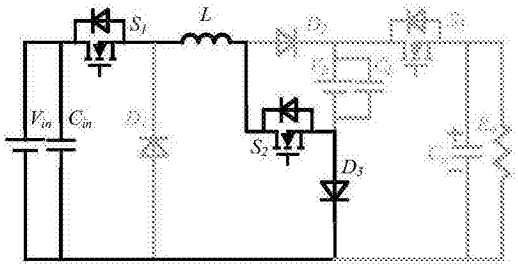


图7a

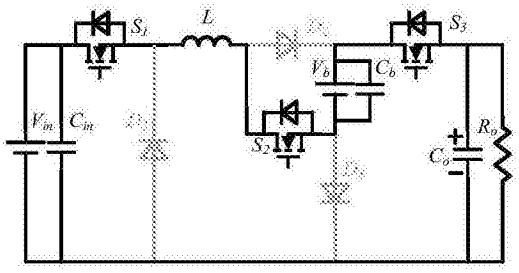


图7b

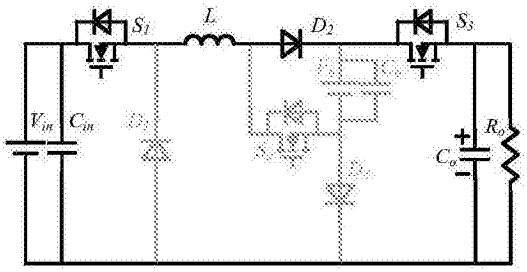


图7c

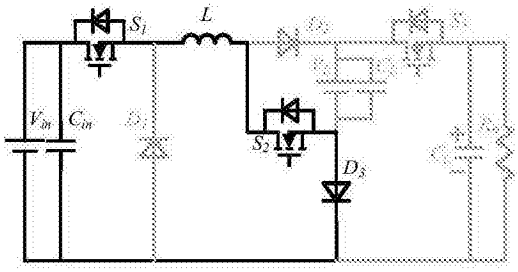


图8a

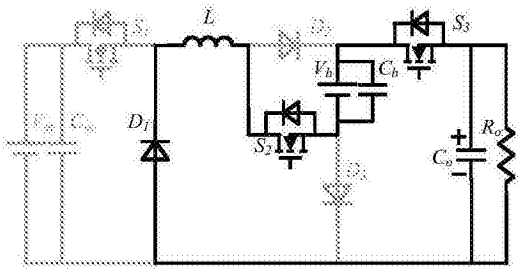


图8b

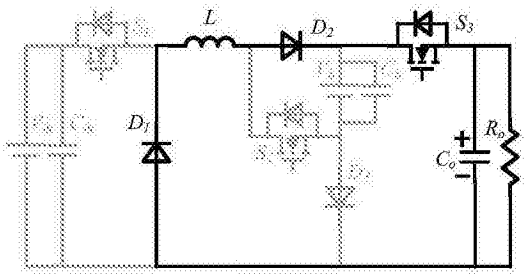


图8c

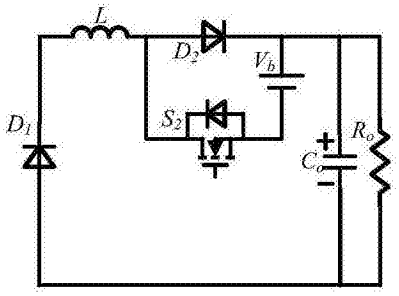


图9

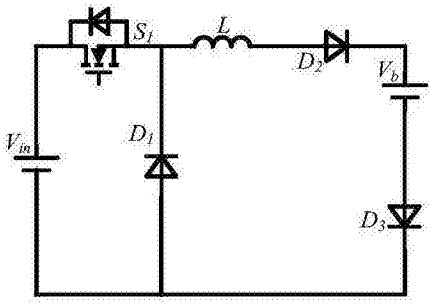


图10

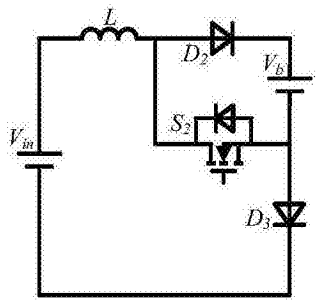


图11

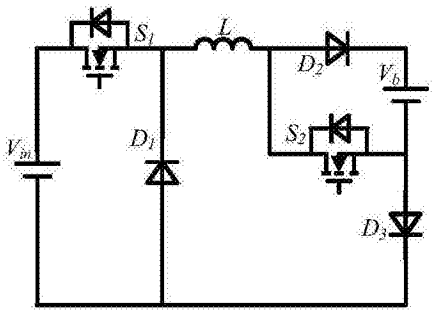


图12

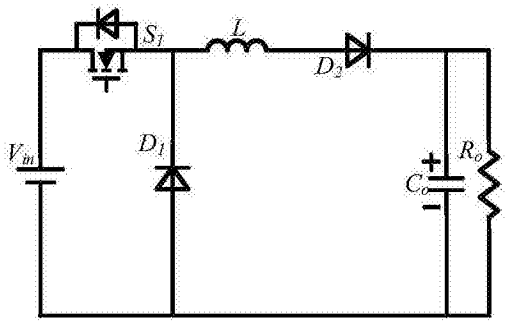


图13

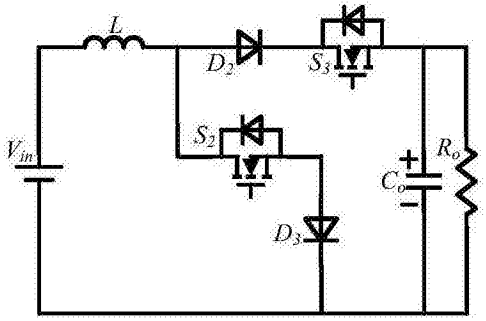


图14

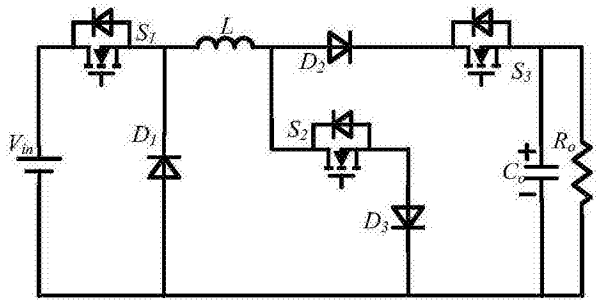


图15