



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107370378 A

(43)申请公布日 2017. 11. 21

(21)申请号 201710565953.6

(22)申请日 2017.07.12

(71)申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 杨世春 杨鹏 余江 闫啸宇

杨海圣

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所

11121

代理人 赵文利

(51) Int. Cl.

H02M 3/315(2006.01)

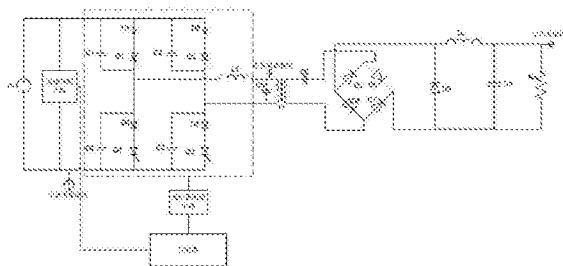
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种用于无轨电车的大功率高压DCDC转换器

(57)摘要

本发明公开了一种用于无轨电车的大功率高压DCDC转换器,属于电动汽车领域;包括:电感、电容、可控开关、变压器、整流二极管、续流二极管,浪涌抑制电路及电流采集模块、电压采集模块和控制器。DCDC转换器与外部直流电网连接后,经过浪涌抑制模块,通过由电容、二极管、可控开关组成的ZVS半波准谐振全桥逆变模块后与变压器连接;变压器串联谐振电容后连接全桥式整流电路,经过谐振电容与续流二极管连接输出电感、电容以及负载,控制器将采集的电压和电流值调整PWM信号的脉冲宽度,用于驱动各个可控开关的导通和关闭,软开关降低了开关损耗,所选元器件适应双源无轨电车高压大功率环境,加入的谐振模块实现在开关在全都关断的情况下,保持能量传递。



1. 一种用于无轨电车的大功率高压DCDC转换器,其特征在于,包括:电感、电容、可控开关、变压器、整流二极管、续流二极管,浪涌抑制电路及电流采集模块、电压采集模块和控制器;

DC转换器外连直流电网,两端并联浪涌抑制电路,浪涌抑制电路两端并联ZVS半波准谐振全桥逆变模块;所述的ZVS半波准谐振全桥逆变模块包括:电容C1、C2、C3、C4,二极管D1、D2、D3、D4,可控开关Q1、Q2、Q3、Q4以及电感L1;

具体连接为:二极管D1与可控开关Q1串联后并联电容C1,二极管D2与可控开关Q2串联后并联电容C2,二极管D3与可控开关Q3串联后并联电容C3,二极管D4与可控开关Q4串联后并联电容C4;各个可控开关Q1、Q2、Q3、Q4分别连接各自的控制极驱动电路;每个控制极驱动电路均与控制器相连接,同时,浪涌抑制电路的控制端连接至控制器,两部分电路受控制器控制;电感L1并联电容C5,后串联变压器T1的漏感组成谐振电路与变压器T1的原边连接;

变压器T1的副边连接谐振电容C6后经过四个整流二极管D5、D6、D7和D8组成的全桥滤波后,并联续流二极管D9,连接输出电感 L_o 、输出电容 C_o 和负载 R_o ,且将三者等效成恒流源;

所述的电压采集模块在变压器T1以及负载 R_o 处各分布一个,分别采集变压器的相电压以及系统输出;对变压器T1的工作状况进行监测,同时检测输出电压,保护用电设备同时控制器采集输出电压来计算系统的开关时间;

所述的电流采集模块分布在电流输入端,主要对输入电流进行检测,为控制器提供电流信息,控制浪涌抑制模块,对输入端电路提供保护作用;

控制器对采集的电压和电流值进行处理计算后,调整成PWM信号的脉冲宽度,用于驱动各个可控开关,控制开关的导通和关闭时间。

2. 如权利要求1所述的一种用于无轨电车的大功率高压DCDC转换器,其特征在于,所述的可控开关为可控硅开关,且根据不同的功率场合、耐压以及频率需求进行调整。

3. 如权利要求1所述的一种用于无轨电车的大功率高压DCDC转换器,其特征在于,所述的DC转换器与外部直流电网电源输入侧连接后,经过浪涌抑制模块和ZVS半波准谐振全桥逆变模块后与变压器连接;通过全桥逆变电路连接谐振电容与谐振电感,输入侧组成了零电压准谐振开关电路,降低了开关在高频时的损耗。

4. 如权利要求1所述的一种用于无轨电车的大功率高压DCDC转换器,其特征在于,所述大功率高压DCDC转换器在正常工作过程中产生三种开关模式:第一种为可控开关Q1和Q3导通,同时Q2和Q4关断;第二种为可控开关Q2和Q4导通,同时Q1和Q3关断;第三种为可控开关Q1、Q2、Q3和Q4均关断。

5. 如权利要求1所述的一种用于无轨电车的大功率高压DCDC转换器,其特征在于,所述大功率高压DCDC转换器的具体工作过程如下:

DC转换器从直流电网取电,经过浪涌抑制电路之后,输送至ZVS半波准谐振全桥逆变模块;

在初始时刻 t_0 ,四个可控开关均关断,电感L1与变压器漏感 L_r 中的电流上升,副边利用变压器的漏感 L_r 作为谐振电感,二次绕组的电流增长,且二次绕组的电压与电流的增长率有关,在该阶段变压器漏感 L_r 以及谐振电感充磁;

当电感L1电流达到输出电流值 I_o 后,到达 t_1 时刻,此时,电容C1、C2、C3、C4开始储存电能;当四个电容的电能储存满后,到达 t_2 时刻,控制器导通可控开关Q1与Q3,保持Q2和Q4关

断,电容C1和C3完全把能量回馈给输入端后,在电容电压为负的时候,谐振电感L1中的电流达到稳态,此时二次绕组的电流达到稳态输出;

t3时刻开始,控制器关断可控开关Q1与Q3,保持Q2和Q4关断,此时,电感L1与电容C1、C2、C3、C4以及C5产生谐振,电感L1提供此期间工作的电能,电感L1中的电能并按一定的斜率下降;二次绕组电流按正弦规律继续增大,当电感L1的电流减小到零时结束;下一个阶段,谐振电容C6开始把存储能量释放给出负载端Ro,续流二极管D2被谐振电容电压反向偏置,谐振电容C6的电压按照规律减小,当谐振电容C6的电压减小到零时,续流二极管D9开始导通,输出电感Lo提供输出电流,与负载端Ro和续流二极管D9构成回路;

当电感L1的电流减小到零时到达t4时刻,此时,电感L1与变压器漏感Lr中的电流反向上升,当电感L1电流达到输出电流值Io后,四个电容C1、C2、C3和C4开始储存电能,当四个电容的电能储存满后,到达t5时刻,控制器导通可控开关Q2与Q4,保持Q1和Q3关断,电容C2和C4完全把能量回馈给输入端后,在电容电压为负的时候,谐振电感L1中的电流达到稳态,控制器关断可控开关Q2与Q4,保持Q1和Q3关断,此期间电感L1与电容C1、C2、C3、C4以及C5产生谐振,电感L1提供此期间工作的电能,电感L1中的电能并按一定的斜率下降;变压器T1正常根据逆变电路进行能量传递当电感电流达到输出值Io后,此阶段结束;当电感L1的电流减小到零时结束;下一个阶段,谐振电容C6开始把存储能量释放给出负载端Ro,续流二极管D2被谐振电容电压反向偏置,谐振电容C6的电压按照规律减小,当谐振电容C6的电压减小到零时,续流二极管D9开始导通,输出电感Lo提供输出电流,与负载端Ro和续流二极管D9构成回路,继续为负载端Ro提供能量。

一种用于无轨电车的大功率高压DCDC转换器

技术领域

[0001] 本发明属于电动汽车领域,具体涉及一种用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器。

背景技术

[0002] 随着传统能源的衰减,电能逐渐被重视,在我国高压直流电网得到大规模使用。无轨电车与普通新能源汽车不同,其自身可以通过集电杆直接从线网取电。高压直流输电技术不仅实现了电能大规模和远距离输送,而且输电效率高,可以为双源无轨电车提供稳定的电能供应。高压直流电网是解决电能大容量远距离传输及大规模可再生能源汇集的有效手段,大功率高压DC/DC变换器是实现不同电压等级的直流电网线路之间互联的关键设备。

[0003] 双源无轨电车通过集电杆从线网进行取电,用于电池充电和汽车驱动。传统的DCDC转换器用于高压直流电网时,无法满足电压的需求,需要大量IGBT器件,提高了成本并且此类拓扑的开关频率相比其它的较低。

[0004] 目前,针对大功率高压隔离DCDC转换器的设计很少,针对于无轨电车应用的隔离DCDC转换器,保证乘车人员的安全,同时也保证了电能的传输效率。

发明内容

[0005] 本发明为了解决目前双源无轨电车直接从电网取电时,面对输入电压电流浪涌抑制、大功率、高耐压等级和输出电压可控等问题,在双源无轨电车DCDC转换器原理基础上提出了一种用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器。

[0006] 所述的大功率高压DCDC转换器包括:电感、电容、可控开关、变压器、整流二极管、续流二极管,浪涌抑制电路及电流采集模块、电压采集模块和控制器。

[0007] DC转换器外连直流电网,两端并联浪涌抑制电路,浪涌抑制电路两端并联ZVS半波准谐振全桥逆变模块;所述的ZVS半波准谐振全桥逆变模块包括:电容C1、C2、C3、C4、二极管D1、D2、D3、D4、可控开关Q1、Q2、Q3、Q4以及电感L1;

[0008] 具体连接为:二极管D1与可控开关Q1串联后并联电容C1,二极管D2与可控开关Q2串联后并联电容C2,二极管D3与可控开关Q3串联后并联电容C3,二极管D4与可控开关Q4串联后并联电容C4;各个可控开关Q1、Q2、Q3、Q4分别连接各自的控制极驱动电路;每个控制极驱动电路均与控制器相连接,同时,浪涌抑制电路的控制端连接至控制器,两部分电路受控制器控制;电感L1并联电容C5,后串联变压器T1的漏感组成谐振电路与变压器T1的原边连接。

[0009] 变压器T1的副边连接谐振电容C6后经过四个整流二极管D5、D6、D7和D8组成的全桥滤波后,并联续流二极管D9,连接输出电感Lo、输出电容Co和负载Ro,且将三者等效成恒流源。

[0010] 所述的电压采集模块在变压器T1以及负载Ro处各分布一个,分别采集变压器的相电压以及系统输出;对变压器T1的工作状况进行监测,同时检测输出电压,保护用电设备同

时控制器采集输出电压来计算系统的开关时间。

[0011] 所述的电流采集模块分布在电流输入端, 主要对输入电流进行检测, 为控制器提供电流信息, 控制浪涌抑制模块, 对输入端电路提供保护作用。

[0012] 控制器对采集的电压和电流值进行处理计算后, 调整PWM信号的脉冲宽度, 用于驱动各个可控开关, 控制开关的导通和关闭时间。

[0013] 所述的大功率高压DCDC转换器, 正常工作过程中产生三种开关模式: 第一种为可控开关Q1和Q3导通, 同时Q2和Q4关断; 第二种为可控开关Q2和Q4导通, 同时Q1和Q3关断; 第三种为可控开关Q1、Q2、Q3和Q4均关断。

[0014] 具体的工作过程如下: DC转换器从直流电网取电, 经过浪涌抑制电路之后, 输送至ZVS半波准谐振全桥逆变模块;

[0015] 在初始时刻 t_0 , 四个可控开关均关断, 电感L1与变压器漏感 L_r 中的电流上升, 副边利用变压器的漏感 L_r 作为谐振电感, 二次绕组的电流增长, 且二次绕组的电压与电流的增长率有关, 在该阶段变压器漏感 L_r 以及谐振电感充磁;

[0016] 当电感L1电流达到输出电流值 I_o 后, 到达 t_1 时刻, 此时, 电容C1、C2、C3、C4开始储存电能。当四个电容的电能储存满后, 到达 t_2 时刻, 控制器导通可控开关Q1与Q3, 保持Q2和Q4关断, 电容C1和C3完全把能量回馈给输入端后, 在电容电压为负的时候, 谐振电感L1中的电流达到稳态, 此时二次绕组的电流达到稳态输出。

[0017] t_3 时刻开始, 控制器关断可控开关Q1与Q3, 保持Q2和Q4关断, 此时, 电感L1与电容C1、C2、C3、C4以及C5产生谐振, 电感L1提供此期间工作的电能, 电感L1中的电能并按一定的斜率下降; 二次绕组电流按正弦规律继续增大, 当电感L1的电流减小到零时结束; 下一个阶段, 谐振电容C6开始把存储能量释放给出负载端 R_o , 续流二极管D2被谐振电容电压反向偏置, 谐振电容C6的电压按照规律减小, 当谐振电容C6的电压减小到零时, 续流二极管D9开始导通, 输出电感 L_o 提供输出电流, 与负载端 R_o 和续流二极管D9构成回路。

[0018] 当电感L1的电流减小到零时到达 t_4 时刻, 此时, 电感L1与变压器漏感 L_r 中的电流反向上升, 当电感L1电流达到输出电流值 I_o 后, 四个电容C1、C2、C3和C4开始储存电能, 当四个电容的电能储存满后, 到达 t_5 时刻, 控制器导通可控开关Q2与Q4, 保持Q1和Q3关断, 电容C2和C4完全把能量回馈给输入端后, 在电容电压为负的时候, 谐振电感L1中的电流达到稳态, 控制器关断可控开关Q2与Q4, 保持Q1和Q3关断, 此期间电感L1与电容C1、C2、C3、C4以及C5产生谐振, 电感L1提供此期间工作的电能, 电感L1中的电能并按一定的斜率下降; 变压器T1正常根据逆变电路进行能量传递当电感电流达到输出值 I_o 后, 此阶段结束。当电感L1的电流减小到零时结束; 下一个阶段, 谐振电容C6开始把存储能量释放给出负载端 R_o , 续流二极管D2被谐振电容电压反向偏置, 谐振电容C6的电压按照规律减小, 当谐振电容C6的电压减小到零时, 续流二极管D9开始导通, 输出电感 L_o 提供输出电流, 与负载端 R_o 和续流二极管D9构成回路, 继续为负载端 R_o 提供能量。

[0019] 本发明的优点在于:

[0020] 1)、一种用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器, 可适应大功率高压环境, 满足使用的容量需求;

[0021] 2)、一种用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器, 传统的基础上连接了谐振电容与谐振电感, 输入侧组成了零电压准谐振开关电路, 降低了开关在高频时的损耗。

[0022] 3)、一种用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器,电路器件可以实现软开关的基础上,避免了直接开关器件电压动态均衡及同步触发一致性问题;考虑到高压使用环境下的安全性,采用了隔离式DCDC同时采用零电压全波电压转换电路,相比其它隔离式DCDC效率有所提升。

[0023] 4)、一种用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器,当四个可控开关全部关断时,利用了谐振的优点,继续传递能量,在采用移相控制时可以增加开关的死区时间,且在谐振下可以提高能量传递效率;增加的工作模式弥补了频率的劣势。

[0024] 5)、一种用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器,变压器T1原边与副边的工作模式相互配合,软开关的作用提供低的开关损耗,副边的谐振在下降时,输出电感 L_o 与续流二极管D9可以提供续流作用,继续为负载提供能量。

附图说明

[0025] 图1是本发明用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器的电路原理图;

[0026] 图2是本发明四个电容C1、C2、C3和C4电容存电能的简化电路图;

[0027] 图3是本发明电容C1和C3释放能量的简化电路图;

[0028] 图4是本发明变压器副边利用漏感 L_r 作为谐振电感的简化电路图;

[0029] 图5是本发明续流二极管D2被谐振电容电压反向偏置的电路图;

[0030] 图6是本发明输出电感 L_o 与负载 R_o 以及续流二极管D9构成的回路电路图。

具体实施例

[0031] 下面结合附图对本发明的具体实施方法进行详细说明。

[0032] 本发明一种用于无轨电车用的大功率高压DCDC转换器的电路拓扑,主要用于无轨电车的高压大功率场合,在考虑成本与使用条件下,选择可控硅作为电路中的逆变开关器件,本拓扑的设置中,再考虑了使用频率的影响后,加入谐振模块。

[0033] 如图1所示,所述的大功率高压DCDC转换器包括:电感、电容、可控硅开关、变压器、整流二极管、续流二极管,浪涌抑制电路及电流采集模块、电压采集模块和控制器。

[0034] 本实施例所选用的可控开关不单是可控硅开关,根据不同的功率场合、耐压以及频率需求进行调整。

[0035] 双源无轨电车的动力源除了电池之外,主要来自于直流电网,直流电网电压在650V到750V之间,具有一定的波动性,浪涌抑制电路为了防止无轨电车在直接入电网时,巨大的瞬时电压对电子元器件的损坏;

[0036] DC转换器与外部直流电网电源输入侧连接后,经过浪涌抑制模块后,连接电流检测模块,通过由电容、二极管、可控硅开关组成的ZVS半波准谐振全桥逆变模块后与变压器连接;在传统的基础上加入全桥逆变电路连接了谐振电容与谐振电感,输入侧组成了零电压准谐振开关电路,降低了开关在高频时的损耗。

[0037] 变压器与谐振电容串联后连接全桥式整流电路,然后经过谐振电容与续流二极管后,连接输出电感、输出电容和负载,输出电感、输出电容和负载可等效成一个恒流源;电压检测模块、电流检测模块以及可控硅开关控制端由控制器驱动,对采集回来电压电流值通过一定的算法处理计算后,调整PWM信号的脉冲宽度。

[0038] 具体连接如下:

[0039] DC转换器外连直流电网,两端并联浪涌抑制电路,浪涌抑制电路两端并联ZVS半波准谐振全桥逆变模块;DCDC转换器一侧从直流高压电网取电,经过浪涌电压电流之后,连接至全桥式逆变电路;所述的ZVS半波准谐振全桥逆变模块也就是零点压准谐振开关逆变电路,包括:电容C1、C2、C3、C4、二极管D1、D2、D3、D4、可控硅开关Q1、Q2、Q3、Q4以及电感L1;

[0040] 具体连接为:二极管D1与可控硅开关Q1串联后并联电容C1,二极管D2与可控硅开关Q2串联后并联电容C2,二极管D3与可控硅开关Q3串联后并联电容C3,二极管D4与可控硅开关Q4串联后并联电容C4;电流方向与可控硅开关的流向一致,各个可控硅开关Q1、Q2、Q3、Q4分别连接各自的控制极驱动电路;每个控制极驱动电路均与控制器相连接,同时,浪涌抑制电路的控制端连接至控制器,两部分电路受控制器控制;电感L1并联电容C5,后串联变压器T1的漏感组成谐振电路与变压器T1的原边连接。

[0041] 线网电能输入测的ZVS半波准谐振全桥逆变模块,通过加入可控硅开关,其适应高压环境的能力大大提高,更加适应无轨电车的使用环境;本文的电路设计中,结合了零电压全波准谐振开关,极大降低了系统的开关损耗,更重要的是有效避免了直接开关器件电压动态均衡及同步触发一致性问题,同时实现在大的电压范围内进行调节,以满足无轨电车的驱动、充电等使用。传统的加入准谐振开关的电路拓扑设计中,设计者为了单纯追求效率的最大化,忽略了无轨电车的使用在高压大功率的电压环境,为了确保在无轨电车上使用时安全以及降低损失,本文拓扑结构采用隔离式DCDC转换器。

[0042] 变压器T1的副边连接谐振电容C6后经过四个整流二极管D5、D6、D7和D8组成的全桥滤波后,并联续流二极管D9,连接输出电感 L_o 、输出电容 C_o 和负载 R_o ,且将三者等效成恒流源。

[0043] 所述的电压采集模块在变压器T1以及负载 R_o 处各分布一个,分别采集变压器的相电压以及系统输出;对变压器T1的工作状况进行监测,同时检测输出电压,保护用电设备同时控制器采集输出电压来计算系统的开关时间。

[0044] 所述的电流采集模块分布在电流输入端,主要对输入电流进行检测,对变压器T1的原边电路提供保护作用。

[0045] 控制器对采集的电压和电流值进行处理计算后,调整成PWM信号的脉冲宽度,用于驱动各个可控硅开关,控制开关的导通和关闭时间。

[0046] 本发明中浪涌抑制电路可以通过传感器检测到瞬时的电压以及电流,与基准值进行比对,对原边电路起到保护作用;控制器通过电压采集模块,对采集的信息通过一定的控制算法进行计算,以调整输出的PWM信号,控制控制极驱动电路,在DCDC控制器正常工作过程中,控制器可以通过采集到的数据对输出电压进行适时的调节,可以达到一定的稳定电压的效果。

[0047] 具体工作过程如下:

[0048] 在电能传递过程中,控制器通过采集的电流采集模块与电压采集模块的数据,对PWM的脉宽进行调节。针对变压器T1的原边:

[0049] 在 t_0 时刻时,电感L1与变压器漏感 L_r 中的电流上升,当电感电流达到输出电流值 I_o 后,到达 t_1 时刻,电容C1、C2、C3和C4电容储存电能,此时电路输入侧的简化电路,如图2所示。 t_2 时刻时,控制器使可控硅开关Q1与Q3闭合,Q2和Q4断开,谐振电容C1和C3完全把能量

回馈给输入端后,在电容电压为负的时候,谐振电感中的电流达到稳态,此时电路输入侧的简化电路,如图3所示;

[0050] t_4 时刻开始,控制器使可控硅开关Q1、Q3、Q2和Q4全部断开,电感L1与电容C1、C2、C3、C4以及C5产生谐振,电感L1提供此期间工作的电能,电感L1中的电能下降,分配到电容C5中的电能为变压器T1供电,并按一定的斜率下降;

[0051] t_5 时刻时,控制器使可控硅开关Q1和Q3断开,同时Q2和Q4闭合,电容C1、C2、C3、C4电容储存电能,电感L1与变压器漏感 L_r 中的电流反向上升,此期间变压器T1正常根据逆变电路进行能量传递当电感电流达到 I_o 后,此阶段结束。

[0052] t_6 时刻开始,控制器使可控硅开关Q1、Q3、Q2和Q4全部断开,电感L1与电容C1、C2、C3、C4以及C5产生谐振,电感L1提供此期间工作的电能,并按一定的斜率下降;

[0053] 变压器T1的副边:

[0054] 副边利用变压器的漏感 L_r 作为谐振电感,如图4所示,DCDC转换器在工作过程中,第一阶段开始,二次绕组的电流增长,二次绕组的电压与电流的增长率有关。该阶段变压器漏感 L_r 以及谐振电感充磁。阶段2中二次绕组的电流达到稳态输出,二次绕组电流按正弦规律继续增大,当谐振电感到0时,阶段2结束。当流入谐振电感的电流减小到零时进入阶段3。谐振电容C6开始把存储能量释放给出负载端 R_o 。续流二极管D2仍然被谐振电容电压反向偏置如图5所示。电压按照一定规律减小,当谐振电容C6电压达到0,第三阶段结束。谐振电容C6的电压减小到零时,续流二极管D9开始导通,输出电感 L_o 提供输出电流,与负载端 R_o 和续流二极管D9构成回路,如图6所示,继续为负载端 R_o 提供能量。

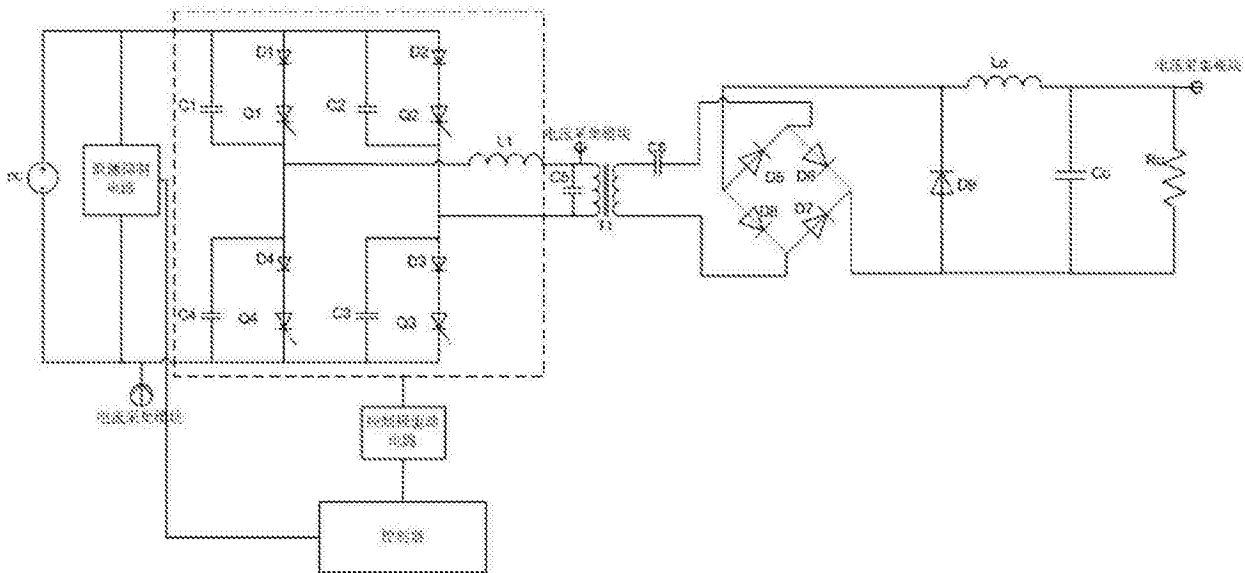


图1

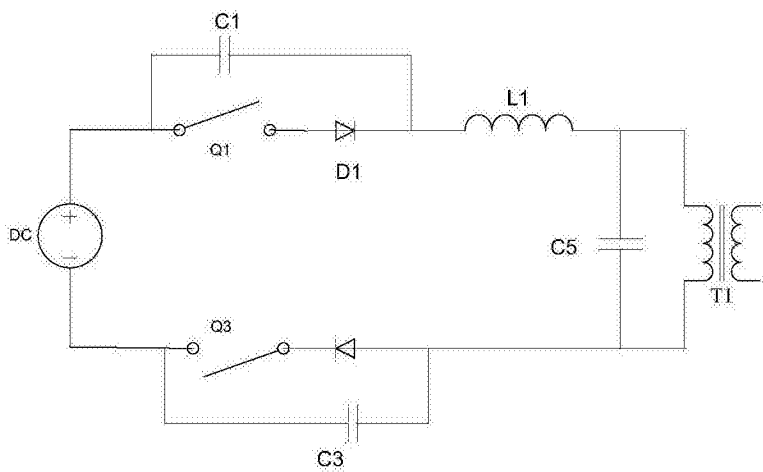


图2

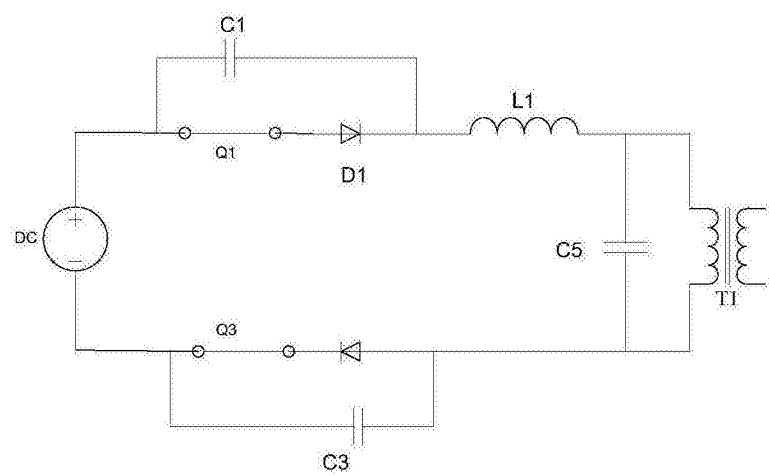


图3

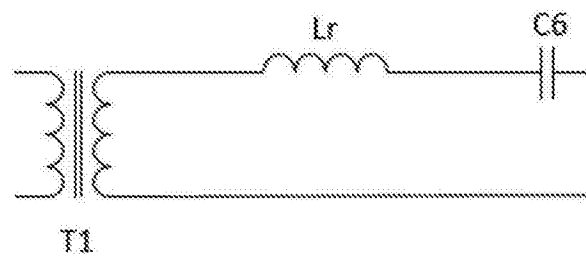


图4

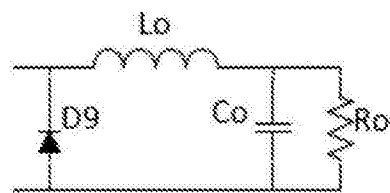


图5

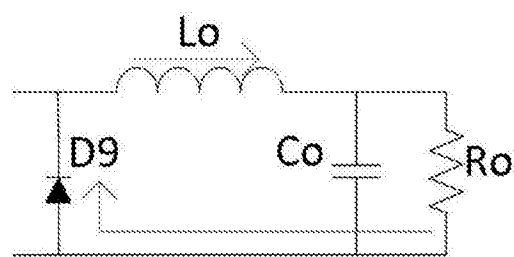


图6