



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106230264 A

(43)申请公布日 2016.12.14

(21)申请号 201610666005.7

(22)申请日 2016.08.11

(71)申请人 国网天津市电力公司

地址 300010 天津市河北区五经路39号

申请人 国家电网公司

(72)发明人 高强伟 辛德锋 黄旭 陈哲星

孙广志 侯雪 鞠林 史钧杰

王玉辉 朱汉卿 赵军 刘学

张高磊 苏强 吴侯 赵乾鹏

刘伟 孙宏亮 刘瀚冰

(74)专利代理机构 天津盛理知识产权代理有限公司 12209

代理人 王来佳

(51) Int. Cl.

H02M 3/335(2006.01)

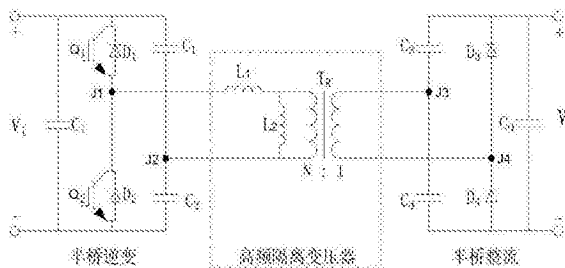
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种高效单向LLC 谐振DC-DC 变换电路拓扑结构

(57)摘要

本发明涉及一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构,其技术特点在于:包括半桥逆变电路、高频隔离变压器和半桥整流电路;所述半桥逆变电路通过高频隔离变压器与半桥整流电路相连接;该半桥逆变电路包括并联在半桥逆变侧正负极两端的三条半桥逆变支路,该半桥整流电路包括并联在半桥整流侧正负极两端的三条半桥整流支路。本发明减少2个IGBT模块和2个整流二极管,通过减少开关器件,使本发明的单向LLC谐振DC/DC变换电路的控制方式和控制系统由繁变简,进而使构成电路的成本降低,提高了电路的效率,并且由于开关器件的减少,使得控制系统和控制方式也简单、可靠。



1. 一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构,其特征在于:包括半桥逆变电路、高频隔离变压器和半桥整流电路;所述半桥逆变电路通过高频隔离变压器与半桥整流电路相连接;

该半桥逆变电路包括并联在半桥逆变侧正负极两端的三条半桥逆变支路,其中,第一半桥逆变支路由逆变侧滤波电容 $C_1$ 构成,第二半桥逆变支路由第一IGBT模块 $Q_1$ 和第二IGBT模块 $Q_2$ 串联连接构成,第三半桥逆变支路由第一电容 $C_1$ 和第二电容 $C_2$ 串联连接构成;

该半桥整流电路包括并联在半桥整流侧正负极两端的三条半桥整流支路;其中,第一半桥整流支路由整流侧滤波电容 $C_0$ 构成,第二半桥整流支路由第三整流二极管 $D_3$ 和第四整流二极管 $D_4$ 串联连接构成,第三半桥整流支路由第三电容 $C_3$ 和第四电容 $C_4$ 串联连接构成。

2. 根据权利要求1所述的一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构,其特征在于:所述第一IGBT模块 $Q_1$ 为带反并二极管 $D_1$ 的第一IGBT开关;所述第二IGBT模块 $Q_2$ 为带反并二极管 $D_2$ 的第二IGBT开关。

3. 根据权利要求2所述的一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构,其特征在于:所述第一IGBT开关的发射极与第二IGBT开关的基极相连接且两者之间的共同节点 $J_1$ 通过第一电感 $L_1$ 与所述高频隔离变压器一次侧的一端相连接;所述第一电容 $C_1$ 的一端与第二电容 $C_2$ 的一端相连接且两者之间的共同节点 $J_2$ 与所述高频隔离变压器一次侧的另一端相连接;所述第二电感 $L_2$ 并联在所述高频隔离变压器的一次侧的两端。

4. 根据权利要求3所述的一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构,其特征在于:所述第三电容 $C_3$ 的一端与第四电容 $C_4$ 的一端相连接且两者之间的共同节点 $J_3$ 与所述高频隔离变压器二次侧的一端相连接;所述第三整流二极管 $D_3$ 阳极与第四整流二极管 $D_4$ 的阴极相连接且两者之间的共同节点 $J_4$ 与所述高频隔离变压器二次侧的另一端相连接。

## 一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构

### 技术领域

[0001] 本发明属于DC/DC变换技术领域,主要应用于光伏微电网和开关电源,尤其是一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构。

### 背景技术

[0002] 近年来,由于环境的变化和能源消耗速度的加快,越来越多的学者开始关注合理、高效的利用能源。随着现代电力电子技术的飞速发展,由于DC/DC变换技术具有软开关、高功率密度、装置体积小等优点,使得DC/DC变换在开关电源、光伏微电网等领域得到了广泛的应用。

[0003] 其中,实现DC/DC变换器的高功率密度和高效率,是DC/DC变换器研究的重点;LLC谐振能够在全负载范围内,实现原边开关器件的零电压开通(ZVS)和副边整流二极管的零电流关断(ZCS),由于开关损耗较小,因此在保持高效率的基础上提高开关频率,就能够减小装置的体积,增大功率密度,因此基于LLC谐振的DC/DC变换器受到了广泛关注。

[0004] 目前,在开关电源及光伏微电网储能等领域,需要能量单向流动,因此可采用单向LLC谐振DC/DC变换,现有技术中的单向LLC谐振DC/DC变换电路,如图2所示,该单向LLC谐振DC/DC变换电路由全桥逆变电路、LLC谐振网络电路、全桥整流电路连接构成。逆变侧采用全桥逆变,整流侧采用全桥整流,当能量单相流动时,第一IGBT模块 $Q_1$ 、第四IGBT模块 $Q_4$ 与第二IGBT模块 $Q_2$ 、第三IGBT模块 $Q_3$ 施加占空比为50%的互补驱动信号,实现逆变功能,其中,第一IGBT模块 $Q_1$ 和第四IGBT模块 $Q_4$ 的驱动信号完全相同,第二IGBT模块 $Q_2$ 和第三IGBT模块 $Q_3$ 的驱动信号完全相同;全桥整流部分采用第五整流二极管 $D_5$ 、第六整流二极管 $D_6$ 、第七整流二极管 $D_7$ 、第八整流二极管 $D_8$ 实现全桥整流。

[0005] 但上述单向LLC谐振DC/DC变换电路,存在如下缺点:(1)开关元器件数量过多,导致电路效率降低;(2)电路控制系统和控制方式复杂、工作效率以及安全系数低、性能不稳定;(3)构建成本过高。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种设计合理、结构简单、构建成本低且安全可靠的高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构。

[0007] 本发明解决其技术问题是采取以下技术方案实现的:

[0008] 一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构,包括半桥逆变电路、高频隔离变压器和半桥整流电路;所述半桥逆变电路通过高频隔离变压器与半桥整流电路相连接;

[0009] 该半桥逆变电路包括并联在半桥逆变侧正负极两端的三条半桥逆变支路,其中,第一半桥逆变支路由逆变侧滤波电容 $C_1$ 构成,第二半桥逆变支路由第一IGBT模块 $Q_1$ 和第二IGBT模块 $Q_2$ 串联连接构成,第三半桥逆变支路由第一电容 $C_1$ 和第二电容 $C_2$ 串联连接构成;

[0010] 该半桥整流电路包括并联在半桥整流侧正负极两端的三条半桥整流支路;其中,第一半桥整流支路由整流侧滤波电容 $C_0$ 构成,第二半桥整流支路由第三整流二极管 $D_3$ 和第

四整流二极管 $D_4$ 串联连接构成,第三半桥逆变支路由第三电容 $C_3$ 和第四电容 $C_4$ 串联连接构成。

[0011] 而且,所述第一IGBT模块 $Q_1$ 为带反并二极管 $D_1$ 的第一IGBT开关;所述第二IGBT模块 $Q_2$ 为带反并二极管 $D_2$ 的第二IGBT开关。

[0012] 而且,所述第一IGBT开关的发射极与第二IGBT开关的基极相连接且两者之间的共同节点 $J_1$ 通过第一电感 $L_1$ 与所述高频隔离变压器一次侧的一端相连接;所述第一电容 $C_1$ 的一端与第二电容 $C_2$ 的一端相连接且两者之间的共同节点 $J_2$ 与所述高频隔离变压器一次侧的另一端相连接;所述第二电感 $L_2$ 并联在所述高频隔离变压器的一次侧的两端。

[0013] 而且,所述第三电容 $C_3$ 的一端与第四电容 $C_4$ 的一端相连接且两者之间的共同节点 $J_3$ 与所述高频隔离变压器二次侧的一端相连接;所述第三整流二极管 $D_3$ 阳极与第四整流二极管 $D_4$ 的阴极相连接且两者之间的共同节点 $J_4$ 与所述高频隔离变压器二次侧的另一端相连接。

[0014] 本发明的优点和积极效果是:

[0015] 1、本发明提出一种半桥逆变和半桥整流的拓扑,减少了开关器件的数量,提高了电路的效率,并且由于开关器件的减少,使得控制系统和控制方式也简单、可靠。

[0016] 2、本发明相比现有技术中的单向LLC谐振DC/DC变换电路,减少2个IGBT模块和2个整流二极管,通过减少开关器件,使本发明的单向LLC谐振DC/DC变换电路的控制方式和控制系统由繁变简,进而使构成电路的成本降低,同时第一IGBT模块 $Q_1$ 、第二IGBT模块 $Q_2$ 、第三整流二极管 $D_3$ 和第四整流二极管 $D_4$ 的损耗减小至现有技术中单向LLC谐振DC/DC变换电路的50%。

[0017] 3、本发明通过采用第一电容 $C_1$ 和第二电容 $C_2$ 代替现有技术中的 $C_{r1}$ 的作用,与第一电感 $L_1$ 组成LLC谐振,由于电容的损耗非常小,提高了本发明的工作效率。

## 附图说明

[0018] 图1是本发明的高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构图;

[0019] 图2是现有技术的单向LLC谐振DC/DC变换电路拓扑结构图。

## 具体实施方式

[0020] 以下结合附图对本发明实施例作进一步详述:

[0021] 一种高效单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构,如图1所示,包括半桥逆变电路、高频隔离变压器和半桥整流电路;所述半桥逆变电路通过高频隔离变压器与半桥整流电路相连接;

[0022] 该半桥逆变电路包括并联在半桥逆变侧正负极两端的三条半桥逆变支路,其中,第一半桥逆变支路由逆变侧滤波电容 $C_1$ 构成,第二半桥逆变支路由第一IGBT模块 $Q_1$ 和第二IGBT模块 $Q_2$ 串联连接构成,第三半桥逆变支路由第一电容 $C_1$ 和第二电容 $C_2$ 串联连接构成;所述第一IGBT模块 $Q_1$ 为带反并二极管 $D_1$ 的第一IGBT开关;所述第二IGBT模块 $Q_2$ 为带反并二极管 $D_2$ 的第二IGBT开关。

[0023] 所述第一IGBT开关的发射极与第二IGBT开关的基极相连接且两者之间的共同节点 $J_1$ 通过第一电感 $L_1$ 与所述高频隔离变压器一次侧的一端相连接;所述第一电容 $C_1$ 的一端

与第二电容 $C_2$ 的一端相连接且两者之间的共同节点 $J_2$ 与所述高频隔离变压器一次侧的另一端相连接;所述第二电感 $L_2$ 并联在所述高频隔离变压器的一次侧的两端。

[0024] 该半桥整流电路包括并联在半桥整流侧正负极两端的三条半桥整流支路;其中,第一半桥整流支路由整流侧滤波电容 $C_6$ 构成,第二半桥整流支路由第三整流二极管 $D_3$ 和第四整流二极管 $D_4$ 串联连接构成,第三半桥逆变支路由第三电容 $C_3$ 和第四电容 $C_4$ 串联连接构成。

[0025] 所述第三电容 $C_3$ 的一端与第四电容 $C_4$ 的一端相连接且两者之间的共同节点 $J_3$ 与所述高频隔离变压器二次侧的一端相连接;所述第三整流二极管 $D_3$ 阳极与第四整流二极管 $D_4$ 的阴极相连接且两者之间的共同节点 $J_4$ 与所述高频隔离变压器二次侧的另一端相连接。

[0026] 本发明的工作原理是:

[0027] 本发明的单向LLC谐振DC-DC变换电路拓扑结构由半桥逆变电路、高频隔离变压器和半桥整流电路三部分组成。采用LLC谐振实现半桥逆变侧电路IGBT模块的零电压开通(ZVS)和准零电流关断(ZCS),同时又实现了半桥整流侧电路二极管的ZCS;半桥逆变侧电路采用2个IGBT模块串联组成一个桥臂、2个电容串联组成一个桥臂,整流侧采用2个二极管串联组成一个桥臂、2个电容串联组成一个桥臂,采用最小数量的IGBT模块和二极管,以减小半导体器件的导通损耗;采用高频隔离变压器实现电压变换和电气隔离。

[0028] 为了提高拓扑的效率并降低成本,本发明将现有技术中的全桥变换电路中的一组桥臂用2个电容串联代替;本发明的高效单向LLC谐振DC/DC变换电路拓扑结构(如图1所示)与现有技术中的单向LLC谐振DC/DC变换电路拓扑结构(如图2所示)相比,本发明的DC/DC变换电路少了2个IGBT模块和2个整流二极管,多了4个电容,其工作过程和功能与现有技术中的单向LLC谐振DC/DC变换电路的完全相同。

[0029] 本发明的高效单向LLC谐振DC/DC变换电路拓扑结构减少了2个IGBT模块和2个整流二极管,增设了4个电容;电路正常工作时,第一电容 $C_1$ 和第二电容 $C_2$ 分别代替图1中 $C_{r1}$ 的作用,与第一电感 $L_1$ 组成LC谐振;第三电容 $C_3$ 和第四电容 $C_4$ 组成一个桥臂与第三整流二极管 $D_3$ 和第四整流二极管 $D_4$ 组成的桥臂实现半桥整流。

[0030] 本发明通过减少2个IGBT模块和2个整流二极管使本发明的DC/DC变换电路的控制方式变得简单、成本降低,同时第一IGBT模块 $Q_1$ 、第二IGBT模块 $Q_2$ 、第三整流二极管 $D_3$ 和第四整流二极管 $D_4$ 的损耗减小至现有技术中单向LLC谐振DC/DC变换电路的50%。由于电容的损耗非常小,提高了本发明的工作效率。

[0031] 电路正常工作时,第一IGBT模块 $Q_1$ 与第二IGBT模块 $Q_2$ 施加占空比为50%的互补驱动信号,第一IGBT模块 $Q_1$ 开通时,第二电容 $C_2$ 和第一电感 $L_1$ 组成LC谐振,实现第一IGBT模块 $Q_1$ 的ZCS和半桥整流侧第四整流二极管 $D_4$ 的ZCS;第二IGBT模块 $Q_2$ 开通时,第一电容 $C_1$ 和 $L_1$ 组成LC谐振,实现第二IGBT模块 $Q_2$ 的ZCS和半桥整流侧第三整流二极管 $D_3$ 的ZCS。

[0032] 本发明采用最小数量的IGBT模块和二极管,以减小半导体器件的导通损耗;采用高频隔离变压器实现电压变换和电气隔离。

[0033] 其中,高频隔离变压器用于实现本发明的半桥逆变电路和半桥整流电路的电压变换和电气隔离,该高频隔离变压器原边的漏感作为电路LC谐振的谐振电感 $L_1$ ,该高频隔离变压器的励磁电感作为电路实现ZVS的电感 $L_2$ ,可根据实际应用要求设计该隔离变压器的变比。

[0034] 需要强调的是,本发明所述的实施例是说明性的,而不是限定性的,因此本发明包括并不限于具体实施方式中所述的实施例,凡是由本领域技术人员根据本发明的技术方案得出的其他实施方式,同样属于本发明保护的范围。

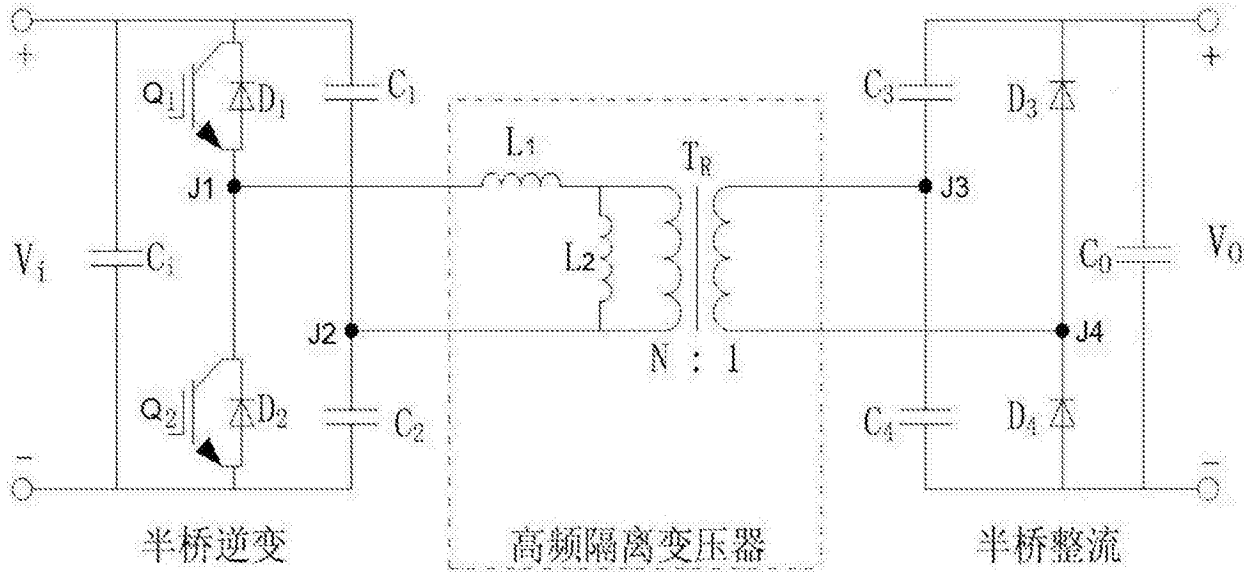


图1

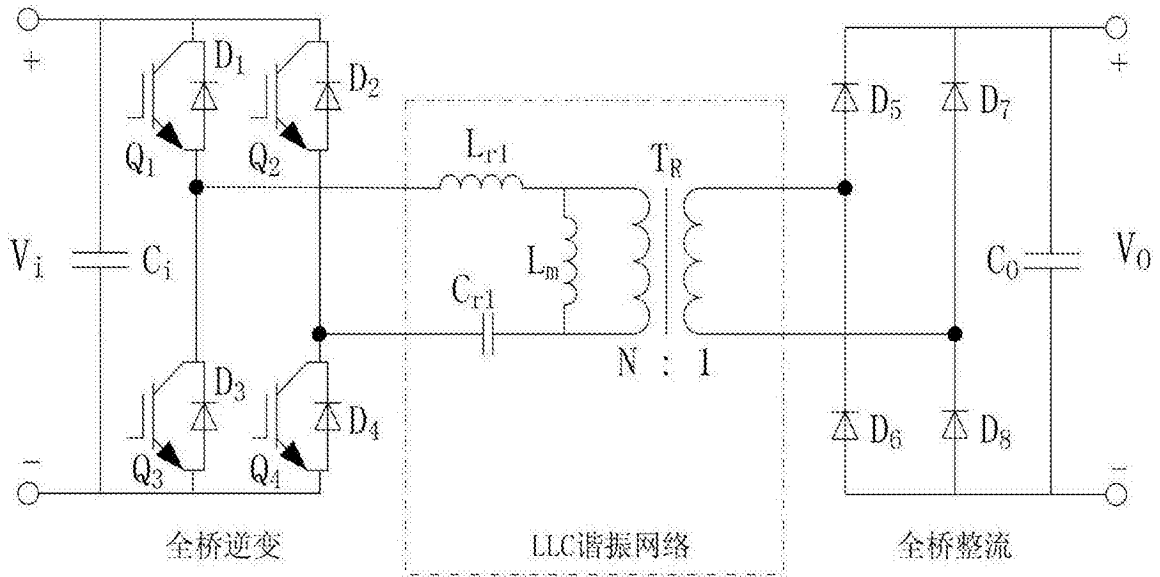


图2