



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113839574 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 24

(21) 申请号 202111203381.X

H02M 1/42 (2007.01)

(22) 申请日 2021.10.15

H02M 1/12 (2006.01)

H02J 7/02 (2016.01)

(71) 申请人 国网安徽省电力有限公司亳州供电公司

地址 236814 安徽省亳州市光明西路319号

申请人 国家电网有限公司

(72) 发明人 叶青峰 肖拥东 刘瑞芳 李洋
焦辉 李元亨 邢正坤 李强
高畅 金帅帅

(74) 专利代理机构 合肥兴东知识产权代理有限公司 34148

代理人 晋霜

(51) Int. Cl.

H02M 7/219 (2006.01)

H02M 1/38 (2007.01)

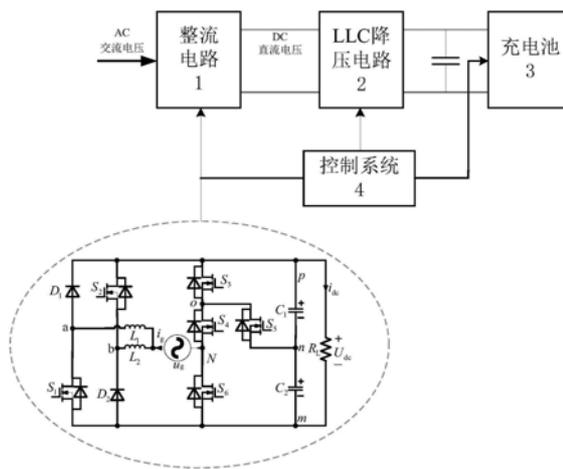
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种用于手持电动摇把充电的三电平电路

(57) 摘要

本发明提供了一种用于手持电动摇把充电的三电平电路,包括开关管S1、S2、S3、S4、S5、S6,二极管D1、D2,交流电源 u_g ,电感L1、L2,电容C1、C2以及负载RL;所述开关管S1、S2、S3、S4、S5、S6,二极管D1、D2,交流电源 u_g ,电感L1、L2,电容C1、C2组成具有二极管串联开关管桥臂的级联型三电平整流器回路;所述负载RL连接于级联型三电平整流器回路的输出端。本发明的前级桥臂为二极管与开关管串联结构,无桥臂直通风险,同时该电路结合级联的开关管桥和三电平结构,具有电路功率密度大,交流电流谐波小、开关管电压应力较低等优点。



1. 一种用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,包括开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 ,二极管 D_1 、 D_2 ,交流电源 u_g ,电感 L_1 、 L_2 ,电容 C_1 、 C_2 以及负载 R_L ;所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 ,二极管 D_1 、 D_2 ,交流电源 u_g ,电感 L_1 、 L_2 ,电容 C_1 、 C_2 组成具有二极管串联开关管桥臂的级联型三电平整流器回路;所述负载 R_L 连接于级联型三电平整流器回路的输出端,其中,交流电源 u_g 左侧连接并联电感 L_1 、 L_2 ;电感 L_1 连接于二极管串联开关管桥臂 S_1 和 D_1 之间;电感 L_2 连接于二极管串联开关管桥臂 S_2 和 D_2 之间。

2. 根据权利要求1所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,在所述级联型三电平整流器回路中:

交流电源 u_g 右侧与串联开关管桥臂 S_4 、 S_6 连接;

开关管 S_3 源极、开关管 S_4 漏极和 S_5 漏极连接;

二极管 D_1 阴极、开关管 S_2 漏极、开关管 S_3 漏极与电容 C_1 正极连接,交点为p;

二极管 D_2 阳极、开关管 S_1 源极、 S_6 源极与电容 C_2 负极相连,交点为m;

开关管 S_5 源极与分裂电容 C_1 、 C_2 连接;

负载 R_L 接在节点p和节点m之间,两端的电压为 U_{dc} 。

3. 根据权利要求1所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,所述二极管 D_1 、 D_2 和开关管 S_1 、 S_2 组成并联的不对称桥臂。

4. 根据权利要求2所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,所述开关管 S_3 、 S_4 组成串联开关桥臂。

5. 根据权利要求4所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,所述开关管 S_5 与串联开关桥臂 S_3 、 S_4 和分裂电容 C_1 、 C_2 级联。

6. 根据权利要求2所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,所述分裂电容 C_1 、 C_2 串联组成直流母线,所述分裂电容 C_1 、 C_2 均承受直流母线电压 U_{dc} 的一半用于实现三电平中的 $\pm 0.5U_{dc}$ 电平。

7. 根据权利要求1所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 均为全控型功率器件。

8. 根据权利要求6所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,所述全控型功率器件为绝缘栅型双极晶体管IGBT或电力场效应管MOSFET。

9. 根据权利要求1所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 均反向并联了二极管 D_1 或 D_2 。

10. 根据权利要求1-9任一项所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路,其特征在于,所述三电平电路包括六种工作模式,其中,电感 L_1 连接于二极管串联开关管桥臂 S_1 和 D_1 之间,交点为a;电感 L_2 连接于二极管串联开关管桥臂 S_2 和 D_2 之间,交点为b:

工作模式一:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN} = 0V$, $U_{bN} = U_{dc}$;a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 导通,开关管串联桥臂的 S_6 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;此时,电网电流 i_g 只通过电感 L_1 、二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 和串联开关管桥臂上 S_6 的体二极管,实现0电平状态;同时,电容 C_1 、 C_2 放电对负载 R_L 供电;交流电源 u_g 对电感 L_1 充电,电感 L_1 储能,其电流 i_{L1} 线性增加;

工作模式二:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN} = U_{dc}/2$, $U_{bN} = U_{dc}/2$;a点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的

开关管 S_2 的体二极管导通,开关管串联桥臂上的开关管 S_4 导通,级联开关管 S_5 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 经过电感 L_1 、 L_2 ,分别流经二极管 D_1 和开关管 S_2 的体二极管支路,后通过电容 C_1 、开关管 S_5 上的反并联二极管和级联开关管 S_4 形成通路,实现 $U_{dc}/2$ 电平状态;此时,电感 L_1 、 L_2 放电对电容 C_1 充电,电容 C_2 对负载 R_L 供电;当电网电压 $u_g > U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 充电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 增大;当电网电压 $u_g < U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小;

工作模式三:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN} = U_{dc}$ 、 $U_{bN} = U_{dc}$;a点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 体二极管导通,串联开关管桥臂上的开关管 S_6 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 分别通过电感 L_1 、 L_2 ,分别流过二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 和开关管 S_2 的体二极管,之后通过电容 C_1 、 C_2 、串联开关管桥臂上的 S_6 的体二极管形成通路,实现 $+U_{dc}$ 电平状态;此时,电源对电容 C_1 、 C_2 充电,并向负载 R_L 供电;电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小;

工作模式四:电路工作在电网电压负半周期,电网电压 $u_g < 0V$,电压 $U_{aN} = U_{dc}$ 、 $U_{bN} = 0V$;b点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 导通,串联开关管桥臂上的开关管 S_3 、 S_4 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;此时,电网电流 i_g 通过串联开关管桥臂上的开关管 S_3 、 S_4 上体二极管和二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 、电感 L_2 形成通路,实现0电平状态;同时,电容 C_1 、 C_2 放电对负载 R_L 供电;交流电源 u_g 对电感 L_2 充电,电感 L_2 储能,其电流 i_{L1} 线性增加;

工作模式五:电路工作在电网电压负半周期,电网电压 $u_g < 0V$,电压 $U_{aN} = -U_{dc}/2$ 、 $U_{bN} = -U_{dc}/2$;a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 体二极管导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_2 导通,串联开关管桥臂的开关管 S_4 体二极管和级联开关管 S_5 导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 经过开关管 S_4 的体二极管、级联开关管 S_5 、电容 C_2 后分别流经开关管 S_1 的体二极管、电感 L_1 和二极管 D_2 、电感 L_2 并联支路,形成通路,实现 $-U_{dc}/2$ 电平状态;此时,电感 L_1 、 L_2 放电对电容 C_1 充电,电容 C_2 对负载 R_L 供电;当电网电压幅值 $|u_g| > U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 充电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 增大;当电网电压幅值 $|u_g| < U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小;

工作模式六:电路工作在电网电压负半周期,电网电压 $u_g < 0$, $U_{aN} = -U_{dc}$ 、 $U_{bN} = -U_{dc}$;a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 体二极管导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_2 导通,串联开关管桥臂的开关管 S_3 、 S_4 的二极管导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 经过开关管 S_3 、 S_4 的体二极管、电容 C_1 、 C_2 后分别流经开关管 S_1 体二极管、电感 L_1 和二极管 D_2 、电感 L_2 并联支路,形成通路,实现 $-U_{dc}$ 电平状态;此时,电源对电容 C_1 、 C_2 充电,并向负载 R_L 供电;电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小。

一种用于手持电动摇把充电的三电平电路

技术领域

[0001] 本发明涉及开关柜电动摇把电池系统和电力电子多电平变换器技术领域,特别涉及一种用于手持电动摇把充电的三电平电路。

背景技术

[0002] 电力系统中对开关柜的操作要求越发频繁,电动摇把的出现有助于完成完成开关柜的开闸、合闸,提高运维人员工作效率以及安全性。电动摇把的电池系统包括前级整流电路、DC-DC降压变换器以及控制系统控制系统中变换器的动作,交流输入电源经过整流电路再传输至下级直流降压电路,电压经滤波后对电动摇把供电。多电平电路由于能有效降低开关管所受电压应力、减少电路损耗、输出电能质量较高,效率和功率密度较两电平电路有明显提升,已逐步取代两电平整流电路成为市场主流。但是增加电路的输出电平数,直流分裂电容数目也随之升高,其电压的平衡变得更加困难复杂,而三电平电路即保持了多电平电路的优势,同时电容电压的平衡较容易实现。

[0003] 基于此,现研究一种用于手持电动摇把充电的三电平电路,能够消除桥臂直通问题,实现更高的功率,电流谐波和开关管所受电压应力更低并且具有较高的可靠性。

发明内容

[0004] 为解决上述问题,本发明旨在提出一种用于手持电动摇把充电的三电平电路,前级桥臂为二极管与开关管串联结构,无桥臂直通风险,同时该电路结合级联的开关管桥和三电平结构,具有电路功率密度大,交流电流谐波小、开关管电压应力较低等优点。

[0005] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0006] 一种用于手持电动摇把充电的三电平电路,包括开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 ,二极管 D_1 、 D_2 ,交流电源 u_g ,电感 L_1 、 L_2 ,电容 C_1 、 C_2 以及负载 R_L ;所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 ,二极管 D_1 、 D_2 ,交流电源 u_g ,电感 L_1 、 L_2 ,电容 C_1 、 C_2 组成具有二极管串联开关管桥臂的级联型三电平整流器回路;所述负载 R_L 连接于级联型三电平整流器回路的输出端。

[0007] 进一步的,在所述级联型三电平整流器回路中:

[0008] 其中,交流电源 u_g 左侧连接并联电感 L_1 、 L_2 ;电感 L_1 连接于二极管串联开关管桥臂 S_1 和 D_1 之间,交点为a;

[0009] 电感 L_2 连接于二极管串联开关管桥臂 S_2 和 D_2 之间,交点为b;

[0010] 交流电源 u_g 右侧与串联开关管桥臂 S_4 、 S_6 连接,交点为N;

[0011] 开关管 S_3 源极、开关管 S_4 漏极和 S_5 漏极连接,交点为o;

[0012] 二极管 D_1 阴极、开关管 S_2 漏极、开关管 S_3 漏极与电容 C_1 正极连接,交点为p;

[0013] 二极管 D_2 阳极、开关管 S_1 源极、 S_6 源极与电容 C_2 负极相连,交点为m;

[0014] 开关管 S_5 源极与分裂电容 C_1 、 C_2 连接,交点为n;

[0015] 负载 R_L 接在节点p和节点m之间,两端的电压为 U_{dc} 。

[0016] 进一步的,所述二极管 D_1 、 D_2 和开关管 S_1 、 S_2 组成并联的不对称桥臂。

- [0017] 进一步的,所述开关管 S_3 、 S_4 组成串联开关桥臂。
- [0018] 进一步的,所述开关管 S_5 与串联开关桥臂 S_3 、 S_4 和分裂电容 C_1 、 C_2 级联。
- [0019] 进一步的,所述分裂电容 C_1 、 C_2 串联组成直流母线,所述分裂电容 C_1 、 C_2 均承受直流母线电压 U_{dc} 的一半用于实现三电平中的 $\pm 0.5U_{dc}$ 电平。
- [0020] 进一步的,所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 均为全控型功率器件。
- [0021] 进一步的,所述全控型功率器件为绝缘栅型双极晶体管IGBT或电力场效应管MOSFET。
- [0022] 进一步的,所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 均反向并联了二极管 D_1 或 D_2 。
- [0023] 进一步的,所述三电平电路包括六种工作模式:
- [0024] 工作模式一:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN} = 0V$, $U_{bN} = U_{dc}$;a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 导通,开关管串联桥臂的 S_6 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;此时,电网电流 i_g 只通过电感 L_1 、二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 和串联开关管桥臂上 S_6 的体二极管,实现0电平状态;同时,电容 C_1 、 C_2 放电对负载 R_L 供电;交流电源 u_g 对电感 L_1 充电,电感 L_1 储能,其电流 i_{L1} 线性增加;
- [0025] 工作模式二:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN} = U_{dc}/2$, $U_{bN} = U_{dc}/2$;a点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 的体二极管导通,开关管串联桥臂上的开关管 S_4 导通,级联开关管 S_5 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 经过电感 L_1 、 L_2 ,分别流经二极管 D_1 和开关管 S_2 的体二极管支路,后通过电容 C_1 、开关管 S_5 上的反并联二极管和级联开关管 S_4 形成通路,实现 $U_{dc}/2$ 电平状态;此时,电感 L_1 、 L_2 放电对电容 C_1 充电,电容 C_2 对负载 R_L 供电;当电网电压 $u_g > U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 充电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 增大;当电网电压 $u_g < U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小;
- [0026] 工作模式三:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN} = U_{dc}$ 、 $U_{bN} = U_{dc}$;a点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 体二极管导通,串联开关管桥臂上的开关管 S_6 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 分别通过电感 L_1 、 L_2 ,分别流过二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 和开关管 S_2 的体二极管,之后通过电容 C_1 、 C_2 、串联开关管桥臂上的 S_6 的体二极管形成通路,实现 $+U_{dc}$ 电平状态;此时,电源对电容 C_1 、 C_2 充电,并向负载 R_L 供电;电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小;
- [0027] 工作模式四:电路工作在电网电压负半周期,电网电压 $u_g < 0V$,电压 $U_{aN} = U_{dc}$, $U_{bN} = 0V$;b点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 导通,串联开关管桥臂上的开关管 S_3 、 S_4 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;此时,电网电流 i_g 通过串联开关管桥臂上的开关管 S_3 、 S_4 上体二极管和二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 、电感 L_2 形成通路,实现0电平状态;同时,电容 C_1 、 C_2 放电对负载 R_L 供电;交流电源 u_g 对电感 L_2 充电,电感 L_2 储能,其电流 i_{L1} 线性增加;
- [0028] 工作模式五:电路工作在电网电压负半周期,电网电压 $u_g < 0V$,电压 $U_{aN} = -U_{dc}/2$, $U_{bN} = -U_{dc}/2$;a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 体二极管导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_2 导通,串联开关管桥臂的开关管 S_4 体二极管和级联开关管 S_5 导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 经过开关管 S_4 的体二极管、级联开关管 S_5 、电容 C_2 后分别流经开关管 S_1 的体二极管、电感 L_1 和二极管 D_2 、电感 L_2 并联支路,形成通路,实现 $-U_{dc}/2$ 电平

状态;此时,电感 L_1 、 L_2 放电对电容 C_1 充电,电容 C_2 对负载 R_L 供电;当电网电压幅值 $|u_g| > U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 充电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 增大;当电网电压幅值 $|u_g| < U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小;

[0029] 工作模式六:电路工作在电网电压负半周期,电网电压 $u_g < 0$, $U_{aN} = -U_{dc}$, $U_{bN} = -U_{dc}$;a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 体二极管导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_2 导通,串联开关管桥臂的开关管 S_3 、 S_4 的二极管导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 经过开关管 S_3 、 S_4 的体二极管、电容 C_1 、 C_2 后分别流经开关管 S_1 体二极管、电感 L_1 和二极管 D_2 、电感 L_2 并联支路,形成通路,实现 $-U_{dc}$ 电平状态;此时,电源对电容 C_1 、 C_2 充电,并向负载 R_L 供电;电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小。

[0030] 有益效果:(1)本发明具有电感连接的二极管串联开关管桥臂结构,具体设置一对不对称的二极管串联开关管结构,两个二极管串联开关管分别由开关管 S_1 、 S_2 和二极管 D_1 、 D_2 组成,无桥臂直通隐患、无开关管体二极管反向恢复问题、可靠性高、效率高等优点;可以实现 $\pm 0.5U_{dc}$ 电压流通过径;本发明拓扑具有双升压、整流、三电平功率因数校正的特点。(2)本发明新型拓扑具有与电源和级联开关管交错连接的串联开关管桥臂结构,此串联开关管桥臂和级联开关管单元模块可用作三电平模块化的功率单元结构。(3)本发明在单位功率因数校正拓扑中,并联了一对不对称的二极管串联开关管结构,在整流器拓扑中具有两个升压电路单元,具有双升压特点。(4)本发明提出融合级联开关管与串联开关管桥臂三电平结构,该结构相对于传统的三电平结构减少了功率器件的数目,因此一定程度上减少了电路成本。(5)本发明拓扑采用三电平结构,该结构具有较大的功率密度,较小的电压应力,一定程度上延长了开关管的使用寿命。

附图说明

[0031] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0032] 图1为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路在电动摇把的电池系统中的功能结构示意图;

[0033] 图2为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路的结构示意图;

[0034] 图3为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路的工作模式一的电路连接导通状态示意图;

[0035] 图4为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路的工作模式二的电路连接导通状态示意图;

[0036] 图5为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路的工作模式三的电路连接导通状态示意图;

[0037] 图6为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路的工作模式四的电路连接导通状态示意图;

[0038] 图7为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路的工作模式五的电路连接导通状态示意图;

[0039] 图8为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路的工作模式六的电路连接导通状态示意图;

[0040] 图9为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路中的稳态交流输入电压 u_g 、交流输入电流 i_g 波形图；

[0041] 图10为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路中的稳态输出电压 U_{an} 波形图；

[0042] 图11为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路中的稳态输出电压 U_{bn} 波形图；

[0043] 图12为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路中的稳态输出电压 U_{dc} 波形图；

[0044] 图13为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路中的电感 L_1 电流 i_{L1} 波形图；

[0045] 图14为本发明实施例所述的用于手持电动摇把充电的三电平电路中的电感 L_2 电流 i_{L2} 波形图。

具体实施方式

[0046] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0047] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0048] 实施例1

[0049] 参见图1-14：一种用于手持电动摇把充电的三电平电路，包括开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 ，二极管 D_1 、 D_2 ，交流电源 u_g ，电感 L_1 、 L_2 ，电容 C_1 、 C_2 以及负载 R_L ；所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 ，二极管 D_1 、 D_2 ，交流电源 u_g ，电感 L_1 、 L_2 ，电容 C_1 、 C_2 组成具有二极管串联开关管桥臂的级联型三电平整流器回路；所述负载 R_L 连接于级联型三电平整流器回路的输出端，在所述级联型三电平整流器回路中：

[0050] 其中，交流电源 u_g 左侧连接并联电感 L_1 、 L_2 ；电感 L_1 连接于二极管串联开关管桥臂 S_1 和 D_1 之间，交点为a；

[0051] 电感 L_2 连接于二极管串联开关管桥臂 S_2 和 D_2 之间，交点为b；

[0052] 交流电源 u_g 右侧与串联开关管桥臂 S_4 、 S_6 连接，交点为N；

[0053] 开关管 S_3 源极、开关管 S_4 漏极和 S_5 漏极连接，交点为o；

[0054] 二极管 D_1 阴极、开关管 S_2 漏极、开关管 S_3 漏极与电容 C_1 正极连接，交点为p；

[0055] 二极管 D_2 阳极、开关管 S_1 源极、 S_6 源极与电容 C_2 负极相连，交点为m；

[0056] 开关管 S_5 源极与分裂电容 C_1 、 C_2 连接，交点为n；

[0057] 负载 R_L 接在节点p和节点m之间，两端的电压为 U_{dc} 。

[0058] 在具体的电路中，所述二极管 D_1 、 D_2 和开关管 S_1 、 S_2 组成并联的不对称桥臂，所述开关管 S_3 、 S_4 组成串联开关桥臂，所述开关管 S_5 与串联开关桥臂 S_3 、 S_4 和分裂电容 C_1 、 C_2 级联，所述分裂电容 C_1 、 C_2 串联组成直流母线，所述分裂电容 C_1 、 C_2 均承受直流母线电压 U_{dc} 的一半用于实现三电平中的 $\pm 0.5U_{dc}$ 电平，所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 均为全控型功率器件，所述全控型功率器件为绝缘栅型双极晶体管IGBT或电力场效应管MOSFET，所述开关管 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 均反向并联了二极管 D_1 或 D_2 。

[0059] 本实施例的电路具体参数设置如下：整流电路输入侧电压有效值为220V，频率为

50Hz,开关频率为20kHz,直流侧输出电压 $U_{dc}=400V$,电感 $L_1=L_2=3.3mH$,直流侧电容 $C_1=C_2=4700\mu F$,负载 $R_L=50\Omega$ 。

[0060] 本实施例具有电感连接的二极管串联开关管桥臂结构,具体设置一对不对称的二极管串联开关管结构,两个二极管串联开关管分别由开关管 S_1 、 S_2 和二极管 D_1 、 D_2 组成,无桥臂直通隐患、无开关管体二极管反向恢复问题、可靠性高、效率高优点;可以实现 $\pm 0.5U_{dc}$ 电压流通过程;本实施例的拓扑具有双升压、整流、三电平功率因数校正的特点。

[0061] 在具体实现中,所述三电平电路包括六种工作模式:

[0062] 工作模式一:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN}=0V$, $U_{bN}=U_{dc}$;a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 导通,开关管串联桥臂的 S_6 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;此时,电网电流 i_g 只通过电感 L_1 、二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 和串联开关管桥臂上 S_6 的体二极管,实现0电平状态;同时,电容 C_1 、 C_2 放电对负载 R_L 供电;交流电源 u_g 对电感 L_1 充电,电感 L_1 储能,其电流 i_{L1} 线性增加;

[0063] 工作模式二:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN}=U_{dc}/2$, $U_{bN}=U_{dc}/2$;a点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 的体二极管导通,开关管串联桥臂上的开关管 S_4 导通,级联开关管 S_5 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 经过电感 L_1 、 L_2 ,分别流经二极管 D_1 和开关管 S_2 的体二极管支路,后通过电容 C_1 、开关管 S_5 上的反并联二极管和级联开关管 S_4 形成通路,实现 $U_{dc}/2$ 电平状态;此时,电感 L_1 、 L_2 放电对电容 C_1 充电,电容 C_2 对负载 R_L 供电;当电网电压 $u_g > U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 充电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 增大;当电网电压 $u_g < U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小;

[0064] 工作模式三:电路工作在电网电压正半周期,电网电压 $u_g > 0V$,电压 $U_{aN}=U_{dc}$ 、 $U_{bN}=U_{dc}$;a点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 体二极管导通,串联开关管桥臂上的开关管 S_6 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 分别通过电感 L_1 、 L_2 ,分别流过二极管串联开关管桥臂的二极管 D_1 和开关管 S_2 的体二极管,之后通过电容 C_1 、 C_2 、串联开关管桥臂上的 S_6 的体二极管形成通路,实现 $+U_{dc}$ 电平状态;此时,电源对电容 C_1 、 C_2 充电,并向负载 R_L 供电;电感 L_1 、 L_2 放电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小;

[0065] 工作模式四:电路工作在电网电压负半周期,电网电压 $u_g < 0V$,电压 $U_{aN}=U_{dc}$, $U_{bN}=0V$;b点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 导通,串联开关管桥臂上的开关管 S_3 、 S_4 的体二极管导通,其余半导体器件均关断;此时,电网电流 i_g 通过串联开关管桥臂上的开关管 S_3 、 S_4 上体二极管和二极管串联开关管桥臂的开关管 S_2 、电感 L_2 形成通路,实现0电平状态;同时,电容 C_1 、 C_2 放电对负载 R_L 供电;交流电源 u_g 对电感 L_2 充电,电感 L_2 储能,其电流 i_{L1} 线性增加;

[0066] 工作模式五:电路工作在电网电压负半周期,电网电压 $u_g < 0V$,电压 $U_{aN}=-U_{dc}/2$, $U_{bN}=-U_{dc}/2$;a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 体二极管导通,b点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_2 导通,串联开关管桥臂的开关管 S_4 体二极管和级联开关管 S_5 导通,其余半导体器件均关断;电网电流 i_g 经过开关管 S_4 的体二极管、级联开关管 S_5 、电容 C_2 后分别流经开关管 S_1 的体二极管、电感 L_1 和二极管 D_2 、电感 L_2 并联支路,形成通路,实现 $-U_{dc}/2$ 电平状态;此时,电感 L_1 、 L_2 放电对电容 C_1 充电,电容 C_2 对负载 R_L 供电;当电网电压幅值 $|u_g| > U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 充电,其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 增大;当电网电压幅值 $|u_g| < U_{dc}/2$ 时,电感 L_1 、 L_2 放电,其

电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小；

[0067] 工作模式六：电路工作在电网电压负半周期，电网电压 $u_g < 0$ ， $U_{aN} = -U_{dc}$ ， $U_{bN} = -U_{dc}$ ；a点所连二极管串联开关管桥臂的开关管 S_1 体二极管导通，b点所连二极管串联开关管桥臂的二极管 D_2 导通，串联开关管桥臂的开关管 S_3 、 S_4 的二极管导通，其余半导体器件均关断；电网电流 i_g 经过开关管 S_3 、 S_4 的体二极管、电容 C_1 、 C_2 后分别流经开关管 S_1 体二极管、电感 L_1 和二极管 D_2 、电感 L_2 并联支路，形成通路，实现 $-U_{dc}$ 电平状态；此时，电源对电容 C_1 、 C_2 充电，并向负载 R_L 供电；电感 L_1 、 L_2 放电，其电流 i_{L1} 、 i_{L2} 减小。

[0068] 图9、图10、图11和图12表示本实施例稳态时的相关波形图。

[0069] 图9表示本实施例稳态交流输入电压 u_g 和交流输入电流 i_g 波形均保持正弦规律变化，电流 i_g 波形光滑，谐波小，且电流 i_g 波形与电压 u_g 波形保持同步，基本达到单位功率因数。

[0070] 图10和图11为本实施例稳态输出电压 U_{aN} 、 U_{bN} 图，表示本拓扑能实现三电平功能， U_{aN} 、 U_{bN} 波形保持一致，符合并联的特性。

[0071] 图12表示本实施例稳态输出电压 U_{dc} 波形，表示本实施例能输出400V的稳定直流电压，且直流电压近似直线。

[0072] 图13和图14为本实施例两电感 L_1 、 L_2 电流 i_{L1} 、 i_{L2} 波形图。表示出 i_{L1} 、 i_{L2} 波形能够稳定输出正弦波，每个正弦波均为 i_g 的一半。

[0073] 综上对实验结果的分析可知，本实施例的拓扑基本能实现单位功率因数，具有稳定的直流电压输出，输入电流谐波小等优点。

[0074] 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、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

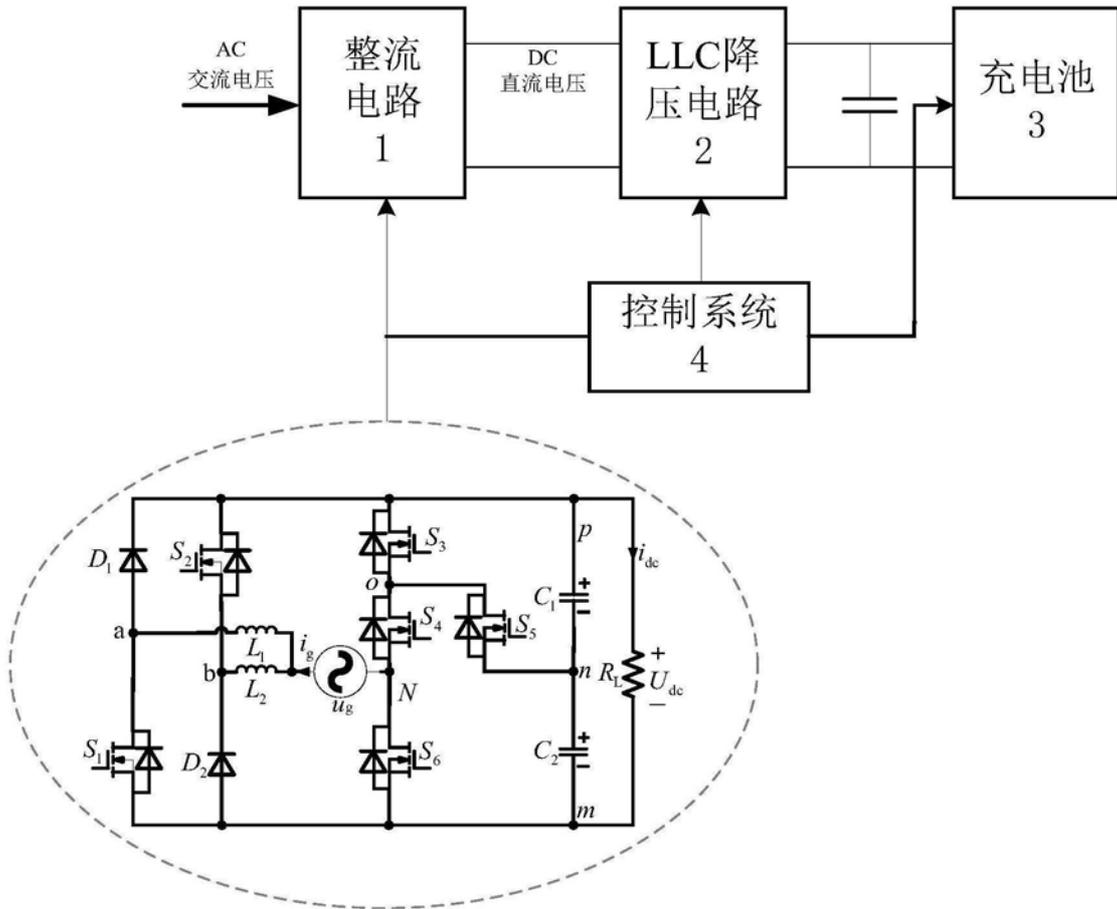


图1

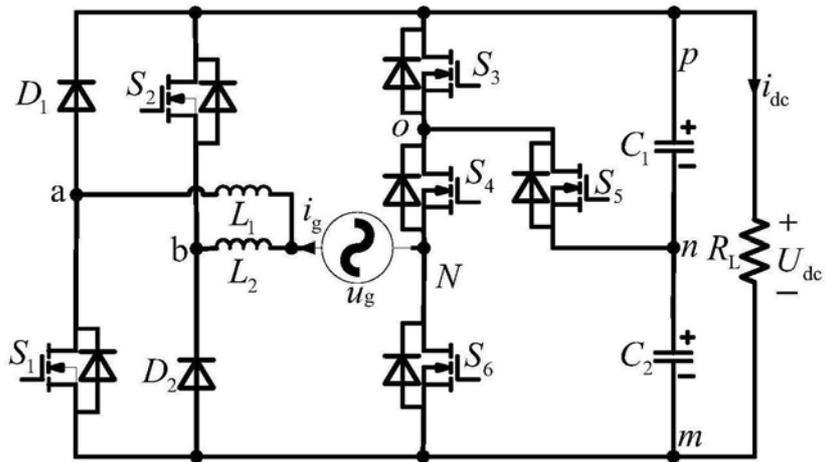


图2

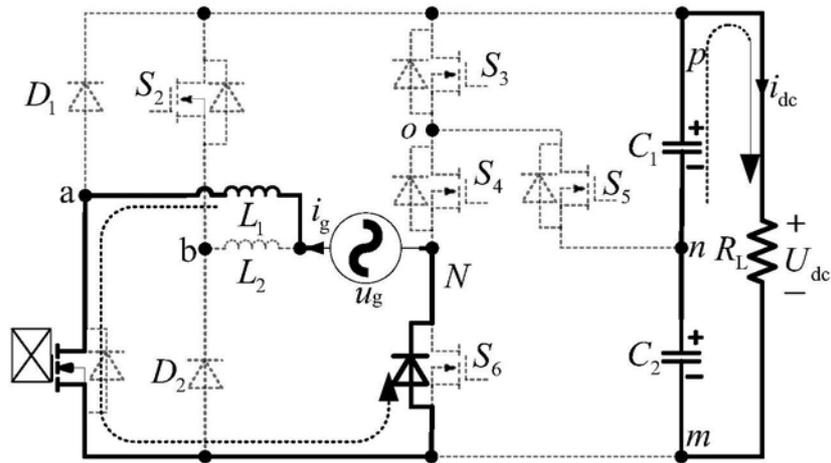


图3

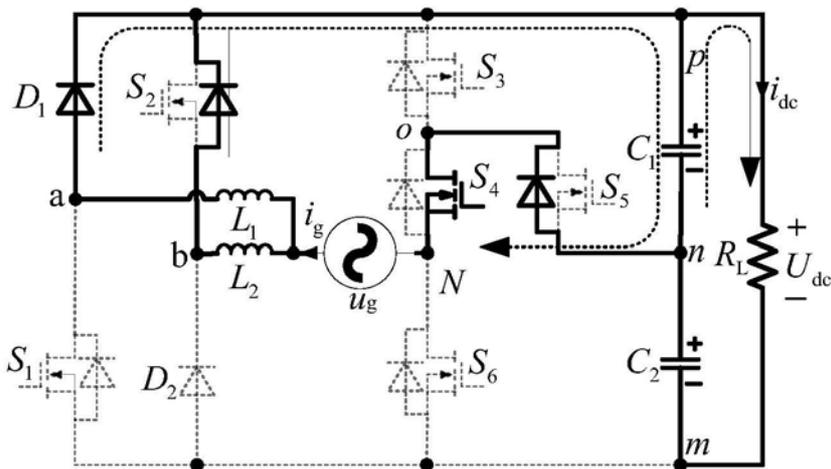


图4

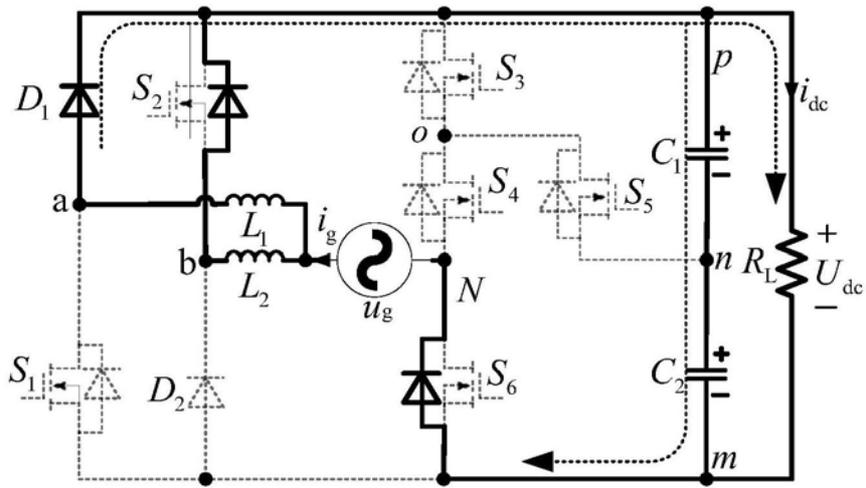


图5

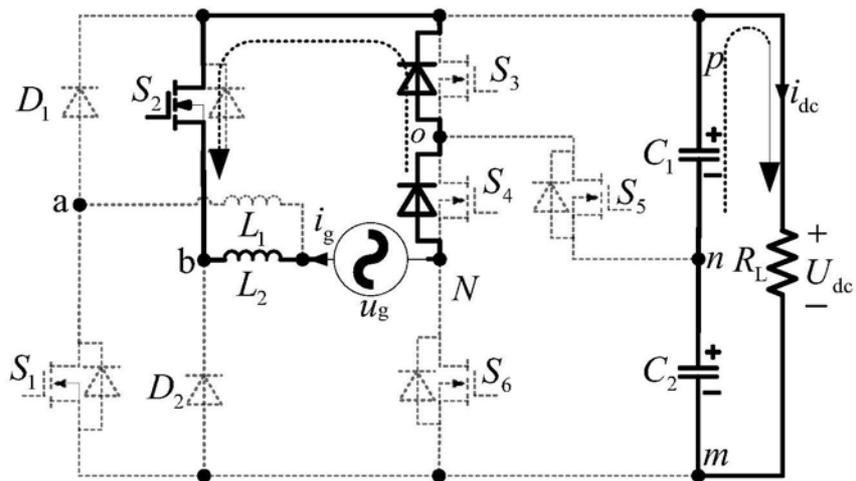


图6

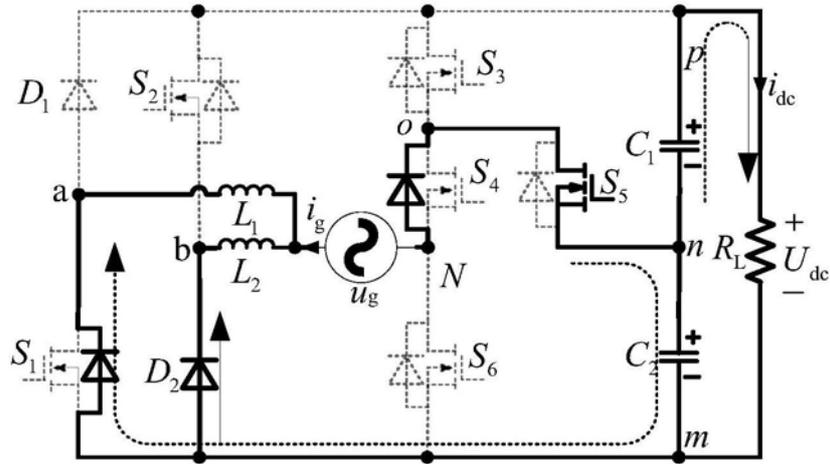


图7

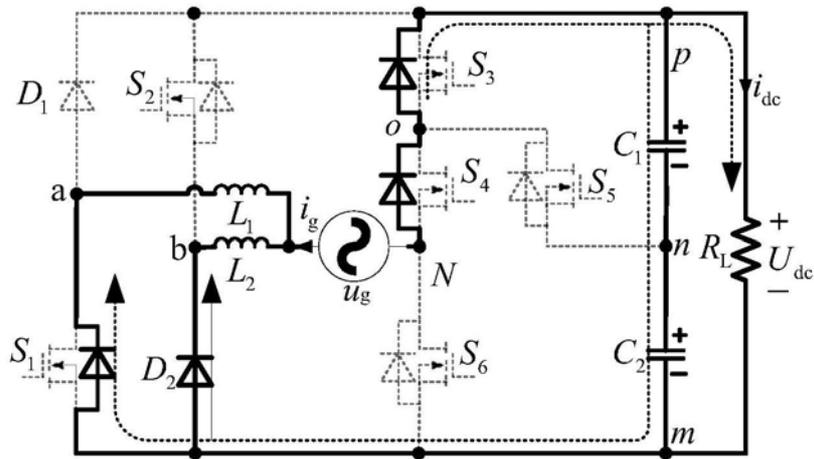


图8

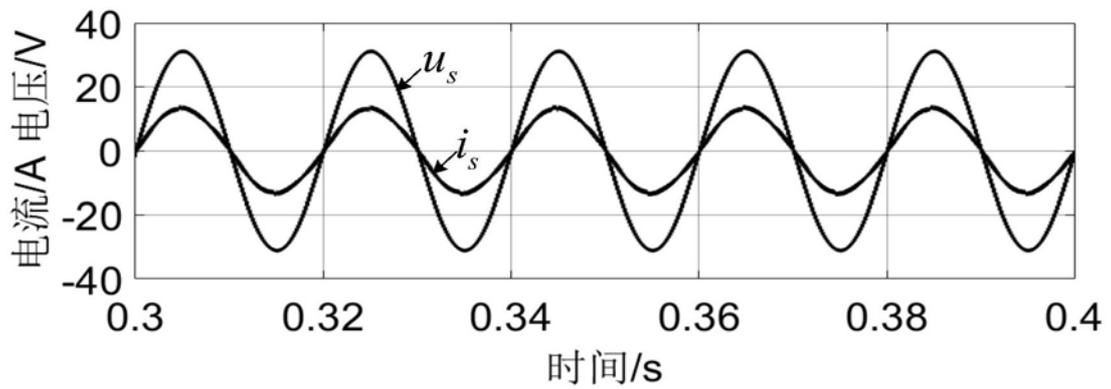


图9

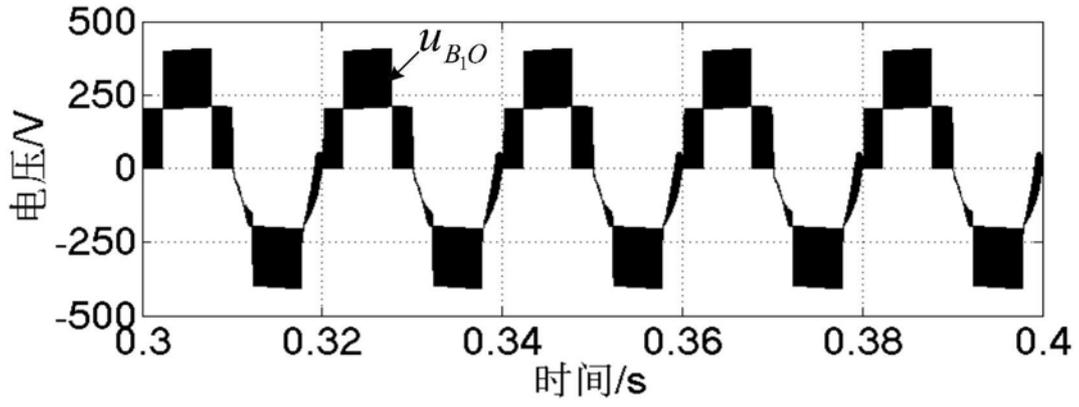


图10

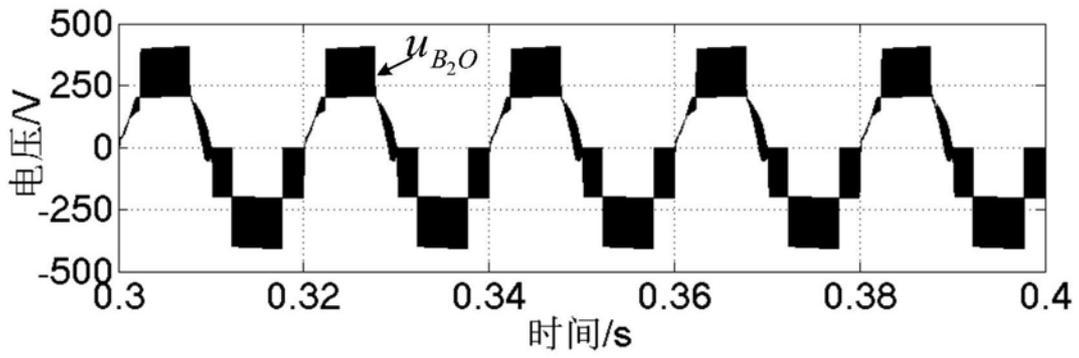


图11

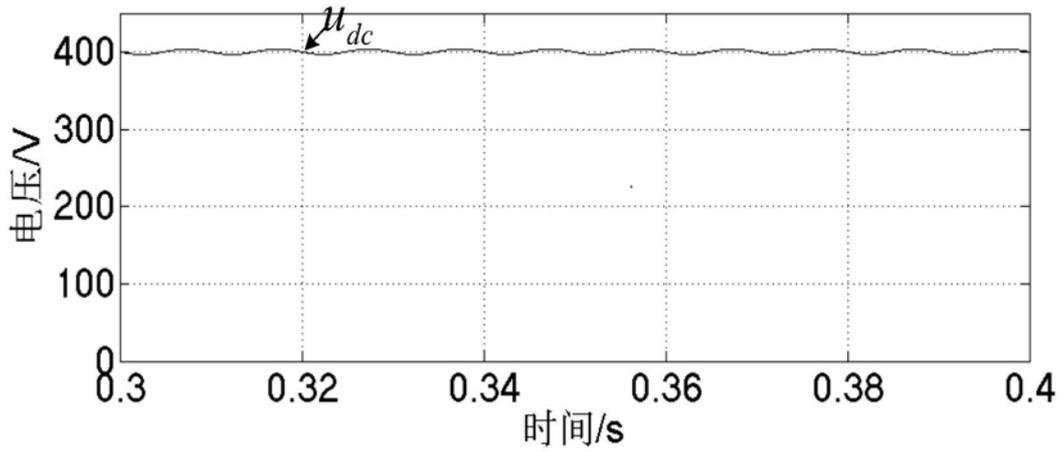


图12

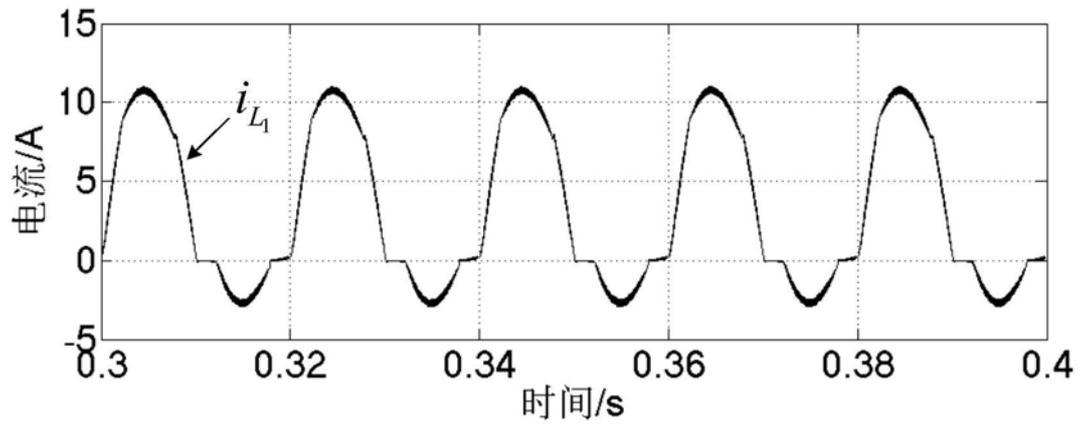


图13

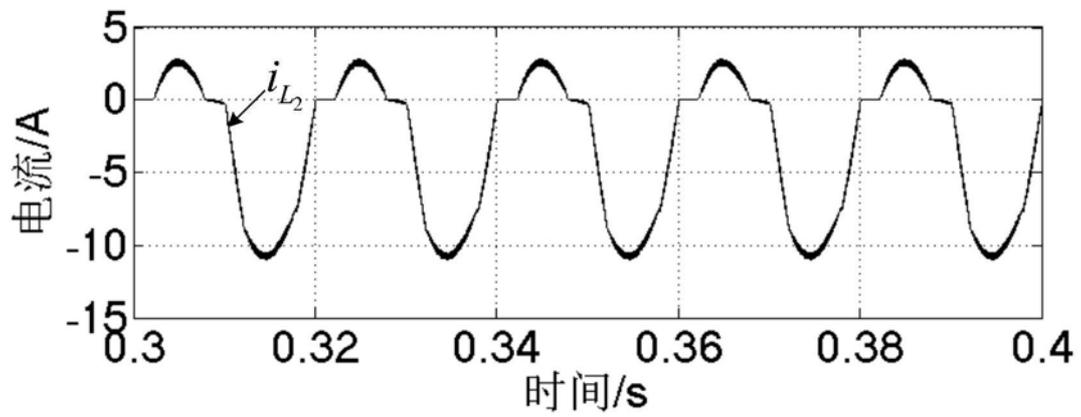


图14