



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108429452 B

(45)授权公告日 2019.12.10

(21)申请号 201810205826.X

审查员 王迅

(22)申请日 2018.03.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108429452 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(73)专利权人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72)发明人 林明耀 刘同民 艾建

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 饶欣

(51)Int.Cl.

H02M 3/155(2006.01)

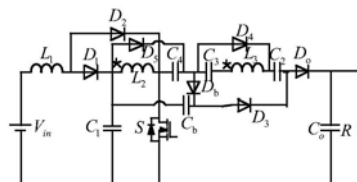
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器

(57)摘要

本发明公开了一种光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器,包括输入电源V_{in},输入电源V_{in}的正极连接电感L₁的一端,电感L₁的另一端分别连接续流二极管D₁的阳极和续流二极管D₂的阳极,续流二极管D₁的阴极分别连接耦合电感的原边绕组L₂的一端、电容C₁的一端、续流二极管D₅的阳极和钳位电容C_b的一端,耦合电感的原边绕组L₂的另一端分别连接电容C₄的一端、续流二极管D₂的阴极和开关管S的漏极,电容C_b的另一端分别连接钳位二极管D_b的阴极和续流二极管D₃的阳极,电容C₄的另一端分别连接钳位二极管D_b的阳极、续流二极管D₄的阳极和电容C₃的一端,电容C₃的另一端连接耦合电感副边绕组L₃的一端。



1. 一种光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器,其特征在于:包括输入电源 V_{in} ,输入电源 V_{in} 的正极连接电感 L_1 的一端,电感 L_1 的另一端分别连接续流二极管 D_1 的阳极和续流二极管 D_2 的阳极,续流二极管 D_1 的阴极分别连接耦合电感的原边绕组 L_2 的一端、电容 C_1 的一端、续流二极管 D_5 的阳极和钳位电容 C_b 的一端,耦合电感的原边绕组 L_2 的另一端分别连接电容 C_4 的一端、续流二极管 D_2 的阴极和开关管 S 的漏极,电容 C_b 的另一端分别连接钳位二极管 D_b 的阴极和续流二极管 D_3 的阳极,电容 C_4 的另一端分别连接钳位二极管 D_b 的阳极、续流二极管 D_4 的阳极和电容 C_3 的一端,电容 C_3 的另一端连接耦合电感副边绕组 L_3 的一端,耦合电感副边绕组 L_3 的另一端分别连接续流二极管 D_4 的阴极和电容 C_2 的一端,电容 C_2 的另一端分别连接续流二极管 D_3 的阴极和输出二极管 D_o 的阳极,输出整流二极管 D_o 的阴极分别连接输出电容 C_o 的一端和负载电阻 R 的一端,输出电容 C_o 的另一端、负载电阻 R 的另一端、开关管 S 的源极和电容 C_1 的另一端分别连接输入电源 V_{in} 的负极。

一种光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器

技术领域

[0001] 本发明涉及DC-DC变换器,特别是涉及一种光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器。

背景技术

[0002] 随着传统化石能源的日趋枯竭和人类生存环境的日益恶化,清洁型的可再生能源的发展已经到了迫在眉睫的地步,世界各国都在致力于研究和开发新能源的应用,其中太阳能和风能已经得到了较为广泛的应用。不过对于这些系统,如何并网运行、满足电网中的高电压需要仍然是最重要的问题。目前,大量的升压转换器被开发出来满足这些应用,在不同的转换器中,传统的BOOST变换器理论上可以通过提高占空比来提高电压增益。但是实际应用中,由于寄生参数的限制,无法实现非常高的电压增益。若采用级联型的拓扑结构,器件数量增加所带来的效率不高的问题又会凸显。

发明内容

[0003] 发明目的:本发明的目的是提供一种能够提高效率和高增益比的光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器。

[0004] 技术方案:为达到此目的,本发明采用以下技术方案:

[0005] 本发明所述的一种光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器。包括输入电源 V_{in} ,输入电源 V_{in} 的正极连接电感 L_1 的一端,电感 L_1 的另一端分别连接续流二极管 D_1 的阳极和续流二极管 D_2 的阳极,续流二极管 D_1 的阴极分别连接耦合电感的原边绕组 L_2 的一端、电容 C_1 的一端、续流二极管 D_5 的阳极和钳位电容 C_b 的一端,耦合电感的原边绕组 L_2 的另一端分别连接电容 C_4 的一端、续流二极管 D_2 的阴极和开关管 S 的漏极,电容 C_b 的另一端分别连接钳位二极管 D_b 的阴极和续流二极管 D_3 的阳极,电容 C_4 的另一端分别连接钳位二极管 D_b 的阳极、续流二极管 D_4 的阳极和电容 C_3 的一端,电容 C_3 的另一端连接耦合电感副边绕组 L_3 的一端,耦合电感副边绕组 L_3 的另一端分别连接续流二极管 D_4 的阴极和电容 C_2 的一端,电容 C_2 的另一端分别连接续流二极管 D_3 的阴极和输出二极管 D_o 的阳极,输出整流二极管 D_o 的阴极分别连接输出电容 C_o 的一端和负载电阻 R 的一端,输出电容 C_o 的另一端、负载电阻 R 的另一端、开关管 S 的源极和电容 C_1 的另一端分别连接输入电源 V_{in} 的负极。

[0006] 有益效果:本发明公开了一种光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器,与现有技术相比,具有以下有益效果:

[0007] 1) 本发明融合了二次型的电路结构,有效地提高了电压增益,只使用一个开关管,降低了系统控制的难度,也进一步提高了效率,而且开关管 S 和输出整流二极管 D_o 的电应力不会受到影响;

[0008] 2) 本发明融合了耦合电感结构,显著提高了升压能力,也提高了变换器应用场合的灵活性,同时增加了漏感能量的钳位电路,漏感的能量可以得到有效的释放,避免了谐振现象,同时也提高了电路的效率;

[0009] 3) 本发明融合了多自举的升压单元结构,与传统的升压变换器相比,升压性能得到提高;与传统的单自举结构的升压单元相比较,随着占空比的增加,该转换器具有优越的升压电压性能。

附图说明

- [0010] 图1为本发明具体实施方式中升压变换器的电路图;
- [0011] 图2为本发明具体实施方式中升压变换器的等效电路图;
- [0012] 图3为本发明具体实施方式中升压变换器的模态图;
- [0013] 图4为本发明具体实施方式中升压变换器的第一种开关模态的等效图;
- [0014] 图5为本发明具体实施方式中升压变换器的第二种开关模态的等效图;
- [0015] 图6为本发明具体实施方式中升压变换器的第三种开关模态的等效图;
- [0016] 图7为本发明具体实施方式中升压变换器的第四种开关模态的等效图;
- [0017] 图8为本发明具体实施方式中升压变换器的第五种开关模态的等效图;
- [0018] 图9为本发明具体实施方式中升压变换器的第六种开关模态的等效图;
- [0019] 图10为本发明具体实施方式中升压变换器的开关管S栅源两端的电压、输出电压 V_o 和输出整流二极管 D_o 的电流的波形图;
- [0020] 图11为本发明具体实施方式中升压变换器的开关管S栅源两端的电压、耦合电感原边绕组 L_2 的电流和耦合电感原边绕组 L_2 两端的电压的波形图;
- [0021] 图12为本发明具体实施方式中升压变换器的开关管S栅源两端的电压、电容 C_2 的电流和电容 C_3 的电流的波形图;
- [0022] 图13为本发明具体实施方式中升压变换器的开关管S栅源两端的电压、续流二极管 D_3 的电流和续流二极管 D_4 的电流的波形图;

具体实施方式

[0023] 下面结合具体实施方式对本发明的技术方案作进一步的介绍。

[0024] 本发明具体实施方式公开了一种光伏系统用二次型多自举DC-DC变换器,如图1所示,输入电源 V_{in} ,输入电源 V_{in} 的正极连接电感 L_1 的一端,电感 L_1 的另一端分别连接续流二极管 D_1 的阳极和续流二极管 D_2 的阳极,续流二极管 D_1 的阴极分别连接耦合电感的原边绕组 L_2 的一端、电容 C_1 的一端、续流二极管 D_5 的阳极和钳位电容 C_b 的一端,耦合电感的原边绕组 L_2 的另一端分别连接电容 C_4 的一端、续流二极管 D_2 的阴极和开关管S的漏极,电容 C_b 的另一端分别连接钳位二极管 D_b 的阴极和续流二极管 D_3 的阳极,电容 C_4 的另一端分别连接钳位二极管 D_b 的阳极、续流二极管 D_4 的阳极和电容 C_3 的一端,电容 C_3 的另一端连接耦合电感副边绕组 L_3 的一端,耦合电感副边绕组 L_3 的另一端分别连接续流二极管 D_4 的阴极和电容 C_2 的一端,电容 C_2 的另一端分别连接续流二极管 D_3 的阴极和输出二极管 D_o 的阳极,输出整流二极管 D_o 的阴极分别连接输出电容 C_o 的一端和负载电阻R的一端,输出电容 C_o 的另一端、负载电阻R的另一端、开关管S的源极和电容 C_1 的另一端分别连接输入电源 V_{in} 的负极。其中,开关管S为MOSFET或者IGBT。

[0025] 耦合电感原边绕组 L_1 的等效电路为漏感 L_k 和励磁电感 L_M ,原边理想变压器匝数 N_1 、副边理想变压器匝数 N_2 。如图2所示。输入电源的电流为 i_{in} ,输入电源的电压为 V_{in} ,电感

L_1 电流为 i_{L_1} , 电感 L_1 两侧的电压为 V_{L_1} , 耦合电感原边绕组励磁电感 L_M 的电流为 i_{L_M} , 耦合电感原边绕组励磁电感 L_M 两侧的电压为 V_{L_M} , 耦合电感原边绕组漏感 L_K 的电流为 i_{L_K} , 耦合电感原边绕组漏感 L_K 两侧的电压为 V_{L_K} , 耦合电感副边绕组 L_3 的电流为 i_{L_3} , 耦合电感副边绕组 L_3 两侧的电压为 V_{L_3} , 输出整流二极管 D_0 的电流为 i_{D_0} , 输出整流二极管 D_0 两端的电压为 V_{D_0} , 流过开关管 S 的电流为 i_S , 开关管 S 两端的电压为 V_S , 二极管 D_b 的电流为 i_{D_b} , 二极管 D_b 两端的电压为 V_{D_b} , 二极管 D_1 的电流为 i_{D_1} , 二极管 D_1 两端的电压为 V_{D_1} , 二极管 D_2 的电流为 i_{D_2} , 二极管 D_2 两端的电压为 V_{D_2} , 二极管 D_3 的电流为 i_{D_3} , 二极管 D_3 两端的电压为 V_{D_3} , 二极管 D_4 的电流为 i_{D_4} , 二极管 D_4 两端的电压为 V_{D_4} , 二极管 D_5 的电流为 i_{D_5} , 二极管 D_5 两端的电压为 V_{D_5} , 二极管 C_b 的电流为 i_{C_b} , 二极管 C_b 两端的电压为 V_{C_b} , 电容 C_1 的电流为 i_{C_1} , 电容 C_1 两端的电压为 V_{C_1} , 电容 C_2 的电流为 i_{C_2} , 电容 C_2 两端的电压为 V_{C_2} , 电容 C_3 的电流为 i_{C_3} , 电容 C_3 两端的电压为 V_{C_3} , 电容 C_4 的电流为 i_{C_4} , 电容 C_4 两端的电压为 V_{C_4} , 输出电容 C_0 的电流为 i_{C_0} , 输出电容 C_0 两端的电压为 V_{C_0} , 负载电阻 R 的电流为 i_o 。

[0026] 图3为升压变换器的模态图。升压变换器的工作过程分为6个开关模态, 分别为第一种开关模态至第六种开关模态, 电阻 R 为负载, 具体描述如下:

[0027] 第一种开关模态, 对应图3中的 $[t_0, t_1]$: 等效电路图4所示, 开关管 S 和续流二极管 D_2 、续流二极管 D_5 和输出二极管 D_0 导通, 电流的流通途径如图4所示, 电源给电感 L_1 充电, 电感 L_1 储存能量, 电容 C_1 同时给耦合电感的原边绕组 L_2 和电容 C_4 充电, 耦合电感的副边绕组 L_3 通过输出二极管 D_0 、电容 C_2 、电容 C_3 、电容 C_1 、电容 C_4 和耦合电感的原边绕组 L_2 构成的回路续流到输出电容 C_0 和负载 R 上。

[0028] 第二种开关模态, 对应图3中的 $[t_1, t_2]$: 等效电路图5所示, 开关管 S 和续流二极管 D_2 、续流二极管 D_3 和续流二极管 D_5 导通, 电流的流通途径如图5所示, 电源继续给电感 L_1 充电, 电感 L_1 继续储存能量, 电容 C_1 继续给耦合电感的原边绕组 L_2 和电容 C_4 充电, 同时电容 C_1 通过钳位电容 C_b 、续流二极管 D_3 、电容 C_3 、耦合电感副边绕组 L_3 和开关管 S 构成的回路给电容 C_2 充电, 输出电容 C_0 放电给负载 R 。

[0029] 第三种开关模态, 对应图3中的 $[t_2, t_3]$: 等效电路图6所示, 开关管 S 和续流二极管 D_2 、续流二极管 D_3 、续流二极管 D_5 和续流二极管 D_4 导通, 电流的流通途径如图6所示, 电源继续给电感 L_1 充电, 电感 L_1 继续储存能量, 电容 C_1 继续给耦合电感的原边绕组 L_2 和电容 C_4 充电, 耦合电感原边绕组 L_2 的电压不断升高, 同时, 耦合电感副边绕组 L_3 的电压也不断升高, 耦合电感副边绕组 L_3 通过续流二极管 D_4 给电容 C_3 充电。电容 C_1 继续给电容 C_2 充电, 输出电容 C_0 放电给负载 R 。

[0030] 第四种开关模态, 对应图3中的 $[t_3, t_4]$: 等效电路图7所示, 开关管 S 在 t_3 时关断, 同时, 续流二极管 D_1 和钳位二极管 D_b 开通, 续流二极管 D_2 、续流二极管 D_5 和续流二极管 D_3 关断, 电流的流通途径如图7所示, 电源和电感 L_1 给电容 C_1 充电, 耦合电感原边绕组漏感 L_K 能量通过钳位二极管 D_b 和钳位电容 C_b 构成的回路释放, 耦合电感副边绕组 L_3 通过续流二极管 D_4 继续给电容 C_3 充电, 输出电容 C_0 放电给负载 R 。

[0031] 第五种开关模态,对应图3中的 $[t_4, t_5]$:等效电路图8所示,开关管继续关断,同时,续流二极管 D_1 继续开通,输出整流二极管 D_o 开通,续流二极管 D_4 关断,续流二极管 D_2 、续流二极管 D_5 和续流二极管 D_3 继续关断,电流的流通途径如图8所示,电源、电感 L_1 、耦合电感原边绕组 L_2 、耦合电感副边绕组 L_3 、电容 C_2 和电容 C_3 同时释放能量给负载,并且给电容 C_1 和输出电容 C_o 充电,耦合电感原边绕组漏感 L_k 能量继续通过钳位二极管 D_b 个和钳位电容 C_b 构成的回路释放。

[0032] 第六种开关模态,对应图3中的 $[t_5, t_6]$:等效电路图9所示,开关管继续关断,同时续流二极管 D_1 和输出整流二极管 D_o 继续开通,电流的流通途径如图9所示,电源、电感 L_1 、耦合电感原边绕组 L_2 、耦合电感副边绕组 L_3 、电容 C_2 和电容 C_3 同时释放能量给负载,并且给电容 C_1 和输出电容 C_o 充电,耦合电感漏感 L_k 能量释放结束,钳位二极管 D_b 关断。

[0033] 由上述分析可得增益表达式为:

$$[0034] \quad M_{CCM} = \frac{2+NK}{(1-D)^2} + \frac{NK+1}{1-D} + \frac{D(1-K)(N-1)}{(1-D)^2} \quad (1)$$

[0035] 其中 D 为开关管 S 的占空比, N 为耦合电感原边副边的匝数比, K 为耦合电感的耦合系数。

[0036] 变换器按照第一种开关模态至第六种开关模态工作时,电路中开关管 S 栅源电压、耦合电感原边绕组 L_2 两端电压和电流、输出整流二极管 D_o 的电流、续流二极管 D_3 的电流、续流二极管 D_4 的电流、电容 C_2 的电流和电容 C_3 的电流的波形具体描述如下:

[0037] 在图10中,输入电压 $V_{in}=24V$,输出电压 $V_o=400V$,开关管 S 的栅源两端的电压差 V_{GS} 的纵坐标为5伏/单元格,输出二极管 D_o 的电流 i_{D_o} 纵坐标为2.5安/单元格,输出电压 V_o 纵坐标为100伏/单元格。

[0038] 在图11中,输入电压 $V_{in}=24V$,输出电压 $V_o=400V$,开关管 S 的栅源两端的电压差 V_{GS} 的纵坐标为5伏/单元格,耦合电感原边绕组 L_2 的电压 V_{L_2} 纵坐标为25伏/单元格,耦合电感原边绕组 L_2 的电流 i_{L_2} 纵坐标为5安/单元格。

[0039] 在图12中,输入电压 $V_{in}=24V$,输出电压 $V_o=400V$,开关管 S 的栅源两端的电压差 V_{GS} 的纵坐标为5伏/单元格,电容 C_2 的电流 i_{C_2} 纵坐标为5安/单元格,电容 C_3 的电流 i_{C_3} 纵坐标为10安/单元格。

[0040] 在图13中,输入电压 $V_{in}=24V$,输出电压 $V_o=400V$,开关管 S 的栅源两端的电压差 V_{GS} 的纵坐标为5伏/单元格,二极管 D_3 的电流 i_{D_3} 纵坐标为5安/单元格,二极管 D_4 的电流 i_{D_4} 纵坐标为5安/单元格。

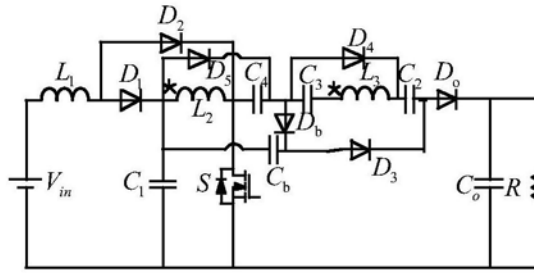


图1

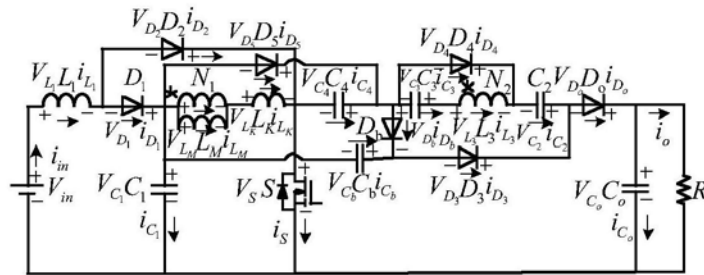


图2

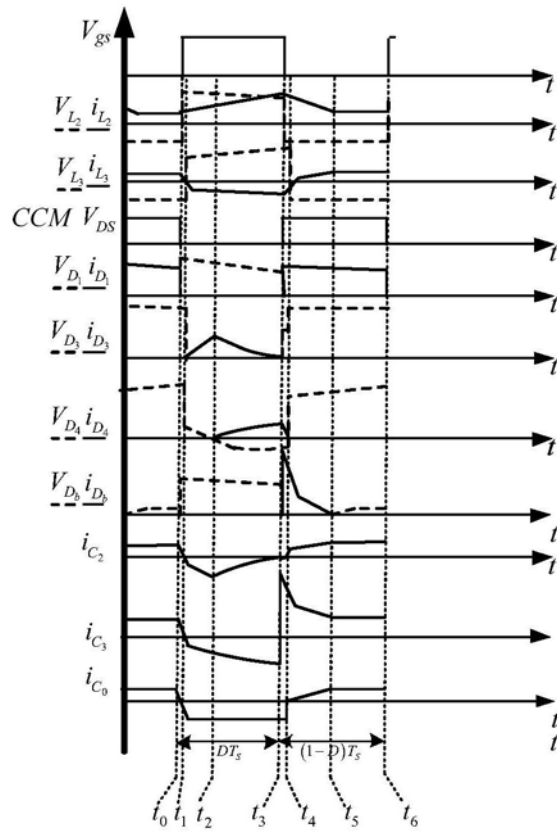


图3

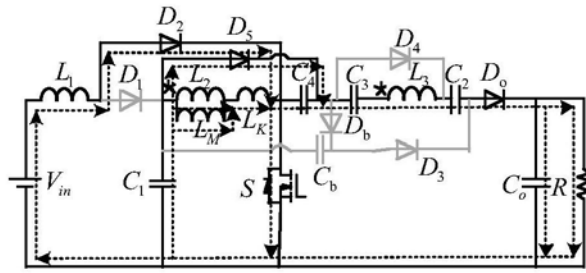


图4

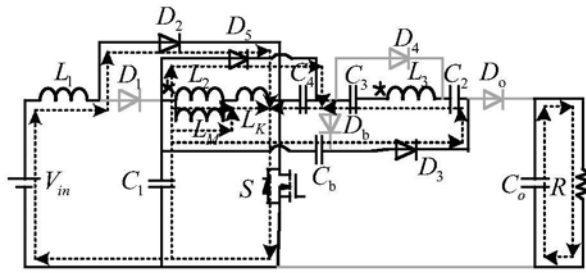


图5

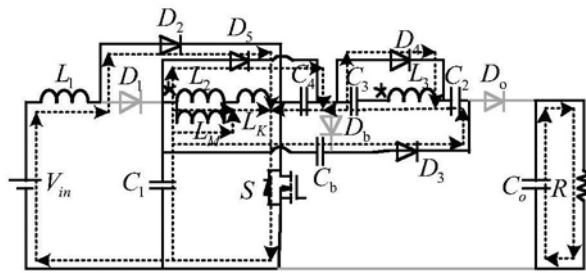


图6

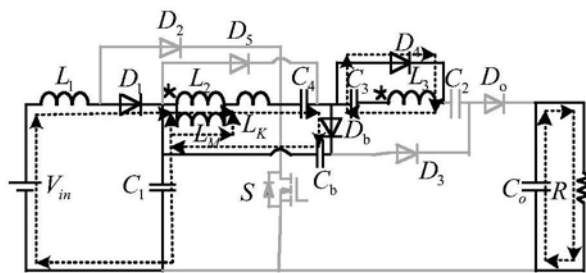


图7

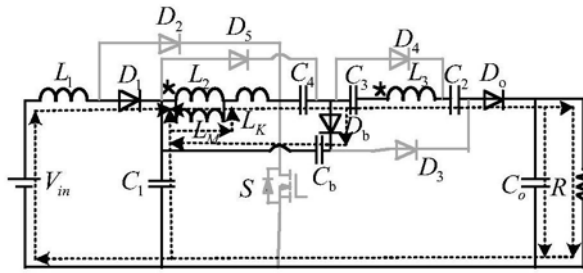


图8

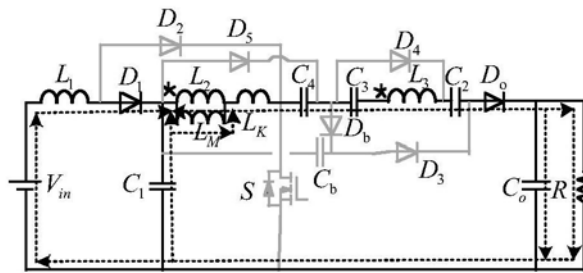


图9

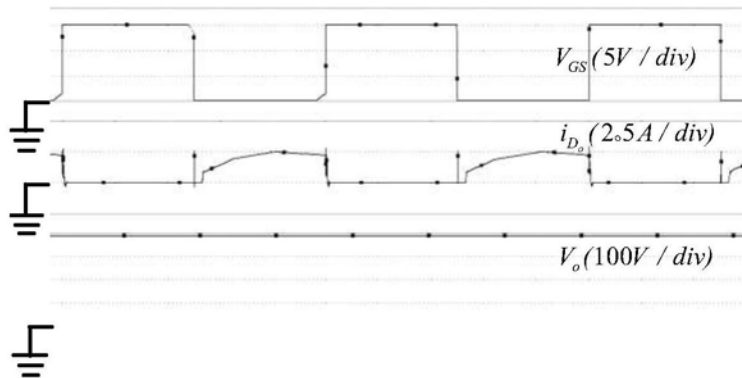


图10

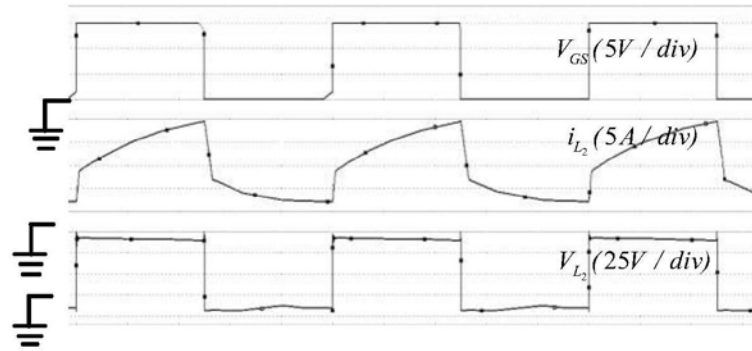


图11

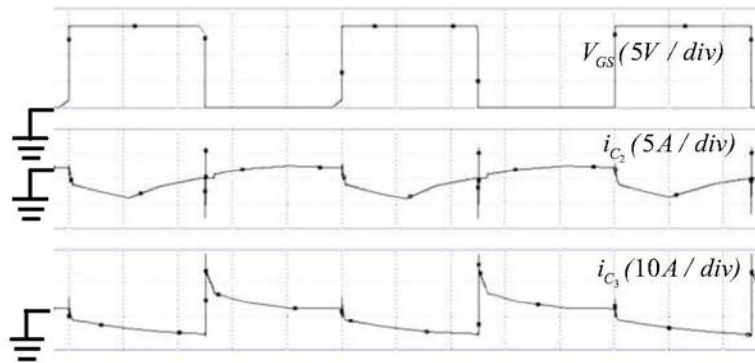


图12

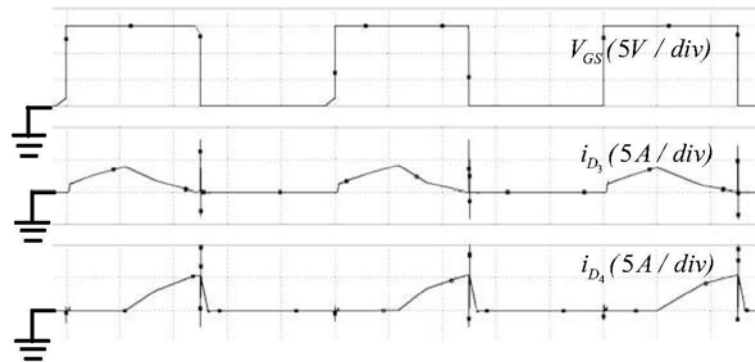


图13