



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107070289 B

(45)授权公告日 2019.05.24

(21)申请号 201710002223.5

(22)申请日 2017.01.03

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107070289 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(73)专利权人 武汉大学
地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
武汉大学

(72)发明人 陈柏超 薛钢 杨雨桐 田翠华
费雯丽 袁佳歆 郭俊华 周宇雄

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222
代理人 彭艳君

(51)Int.Cl.
H02M 9/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 102435800 A,2012.05.02,
CN 104764943 A,2015.07.08,
CN 102832801 A,2012.12.19,
CN 204597805 U,2015.08.26,
陈耀军等.模块化多电平变换器全电平产生
原理及电容均压策略.《电力系统自动化》.2015,

审查员 姜丽

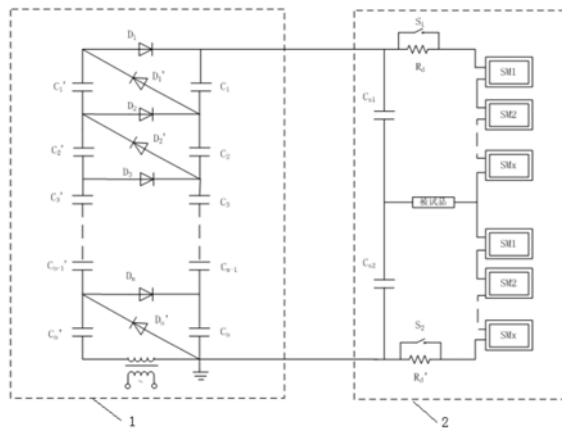
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种模块化多电平结构的冲击电压产生装置及其方法

(57)摘要

本发明涉及电力电子技术领域,具体涉及一种模块化多电平结构的冲击电压产生装置及其方法,装置包括直流电源、模块化多电平变换器和被试品,模块化多电平变换器与直流电源连接,被试品连接在模块化多电平变换器上。冲击电压产生方法,包括以下步骤:步骤1、充电,产生冲击电压之前,在带被试品的情况下,对子模块电容进行充电;步骤2、冲击电压的产生,将上、下半桥臂的调制信号分别与阶梯波进行比较,得到各个子模块的控制信号,通过控制,产生所需的冲击电压。该装置采用全控型开关器件,运用模块化结构,在产生冲击电压的过程中,具有良好的控制性能,可以产生任意波形的冲击电压。



1. 一种模块化多电平结构的冲击电压产生方法,其特征是,包括以下步骤:

步骤1、充电,产生冲击电压之前,在带被试品的情况下,对子模块电容进行充电;

步骤2、冲击电压的产生,将上、下半桥臂的调制信号分别与阶梯波进行比较,得到各个子模块的控制信号,通过控制,产生所需的冲击电压;

步骤1的实现包括以下步骤:

步骤11、保证充电过程中被试品两端电压为零,在充电过程中,模块化多电平变换器上半桥臂和下半桥臂投入电路的子模块电容数量时刻保持相同,并且上、下半桥臂分别采用相同的充电策略同时进行充电;

步骤12、为了限制冲击电流,在充电时,将旁路开关断开,限流电阻接入电路;

步骤13、对子模块电容进行闭锁充电,将所有子模块的全控型器件关断,通过全控型器件两端并联的反并联二极管构成充电回路,将子模块电容电压充电到正常工作电压的一半;

步骤14、将一半的子模块电容进行旁路,对另一半子模块电容充电至正常工作电压;

步骤15、将充电完成的一半子模块电容进行旁路,对另一半子模块电容进行充电至正常工作电压;

步骤16、充电完毕,再将旁路开关闭合,限流电阻旁路;

步骤2的实现包括以下步骤:

步骤21、模块化多电平变换器的上半桥臂的调制信号为 $m-f(t)$,下半桥臂的调制信号为 $m+f(t)$; m 为上半桥臂或下半桥臂子模块数量的一半, $f(t)$ 为将目标冲击电压波形的函数相对于子模块电容电压进行归一化处理之后得到的函数;

步骤22、将上、下半桥臂的调制信号分别与相应的阶梯电压波形进行比较,得到上、下半桥臂各个子模块的控制信号,产生目标冲击电压。

一种模块化多电平结构的冲击电压产生装置及其方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力电子技术领域,尤其涉及一种模块化多电平结构的冲击电压产生装置及其方法。

背景技术

[0002] 试验技术对自然科学极其重要。雷电以及操作过电压等现象对电网的运行有很大的影响。为了维持电网安全运行,电网中各设备在冲击电压下应该能够承受相应的扰动。然而,当前关于介质击穿的一些机理还不是很清楚,为了研究各种介质和器件在冲击电压下的物理现象,很多时候还是要靠实验来解决,此时冲击电压发生器就变的尤为重要。

[0003] 冲击电压发生器是一种产生脉冲波的高压发生装置,原来用于研究电力设备遭受大气过电压(雷击)时的绝缘性能,后来被用于研究电力设备遭受操作过电压时的绝缘性能。要求其不仅能产生雷电波形,还要能产生操作过电压波形。传统的冲击电压发生器结构是通过交流变压器升压后,通过电容并联充电,球隙触发电容串联放电,并且通过计算来得到波前电阻和波尾电阻的取值,进而控制波形,可控性较差。

发明内容

[0004] 本发明的目的之一是提供一种采用全控型开关器件,运用模块化结构,产生冲击电压的过程中,具有良好的控制性能,能够灵活地产生任意波形的冲击电压的冲击电压产生装置。

[0005] 本发明的目的之二是提供一种利用模块化多电平结构的冲击电压产生装置产生冲击电压的方法。

[0006] 为实现上述第一个目的,本发明采用的技术方案是:一种模块化多电平结构的冲击电压产生装置,包括直流电源、模块化多电平变换器和被试品,模块化多电平变换器与直流电源连接,被试品连接在模块化多电平变换器上。

[0007] 在上述的模块化多电平结构的冲击电压产生装置中,直流电源为高压直流电源,高压直流电源为串级倍压整流电路或者绝缘芯变压器倍压整流电路。

[0008] 在上述的模块化多电平结构的冲击电压产生装置中,模块化多电平变换器为单相模块化多电平变换器,单相模块化多电平变换器包括上半桥臂和下半桥臂,上半桥臂和下半桥臂均由 $2m$ 个子模块级联而成,其中, m 为正整数;在上半桥臂回路中串联第一限流电阻并配有第一旁路开关,下半桥臂回路中串联第二限流电阻,并配有第二旁路开关;单相模块化多电平变换器的直流侧分别对上、下半桥臂回路接入第一稳压电容、第二稳压电容,且将其串联后再并联接入直流电源;上、下半桥臂的连接点与直流侧第一稳压电容和第二稳压电容的中点为模块化多电平变换器的输出端。

[0009] 在上述的模块化多电平结构的冲击电压产生装置中,被试品为电容器、变压器、电抗器、互感器、HVDC阀、电力电缆、高压绝缘子或套管,被试品连接在模块化多电平变换器的输出端。

[0010] 在上述的模块化多电平结构的冲击电压产生装置中,子模块包括两个带有反并联二极管的全控型器件串联之后再与电容并联;全控型器件采用MOSFET或IGBT,全控型器件材料为Si、SiC或GaN;通过FPGA控制子模块中全控型器件来控制电容的接入或旁路;在产生冲击电压时,每个时刻上、下半桥臂共有n个子模块电容串联接入电路, $n=2m$,m为正整数;n个电容电压之和为直流侧第一稳压电容和第二稳压电容电压之和。

[0011] 为实现上述第二个目的,本发明采用的技术方案是:一种模块化多电平结构的冲击电压产生方法,包括以下步骤:

[0012] 步骤1、充电,产生冲击电压之前,在带被试品的情况下,对子模块电容进行充电;

[0013] 步骤2、冲击电压的产生,将上、下半桥臂的调制信号分别与阶梯波进行比较,得到各个子模块的控制信号,通过控制,产生所需的冲击电压。

[0014] 在上述的模块化多电平结构的冲击电压产生方法中,步骤1的实现包括以下步骤:

[0015] 步骤11、保证充电过程中被试品两端电压为零,在充电过程中,模块化多电平变换器上半桥臂和下半桥臂投入电路的子模块电容数量时刻保持相同,并且上、下半桥臂分别采用相同的充电策略同时进行充电;

[0016] 步骤12、为了限制冲击电流,在充电时,将旁路开关断开,限流电阻接入电路;

[0017] 步骤13、对子模块电容进行闭锁充电,将所有子模块的全控型器件关断,通过全控型器件两端并联的反并联二极管构成充电回路,将子模块电容电压充电到正常工作电压的一半;

[0018] 步骤14、将一半的子模块电容进行旁路,对另一半子模块电容充电至正常工作电压;

[0019] 步骤15、将充电完成的一半子模块电容进行旁路,对另一半子模块电容进行充电至正常工作电压;

[0020] 步骤16、充电完毕,再将旁路开关闭合,限流电阻旁路。

[0021] 在上述的模块化多电平结构的冲击电压产生方法中,步骤2的实现包括以下步骤:

[0022] 步骤21、模块化多电平变换器的上半桥臂的调制信号为 $m-f(t)$,下半桥臂的调制信号为 $m+f(t)$;m为上半桥臂或下半桥臂子模块数量的一半, $f(t)$ 为将目标冲击电压波形的函数相对于子模块电容电压进行归一化处理之后得到的函数;

[0023] 步骤22、将上、下半桥臂的调制信号分别与相应的阶梯电压波形进行比较,得到上、下半桥臂各个子模块的控制信号,产生目标冲击电压。

[0024] 本发明的有益效果是:

[0025] 1、采用模块化多电平结构的设计,其模块化的设计使得该冲击电压产生装置的设计、组装、维修、扩容等十分得方便、灵活。

[0026] 2、具有控制灵活的优势,通过控制模块化多电平变换器,能够灵活地产生任意波形的冲击电压。

附图说明

[0027] 图1为本发明一个实施例的冲击电压产生装置拓扑结构示意图;其中, C_{s1} 第一稳压电容, C_{s2} 第二稳压电容, S_1 第一旁路开关, R_d 第一限流电阻, S_2 第二旁路开关, R_d' 第二限流电阻;1-直流电源,2-模块化多电平变换器及被试品;

- [0028] 图2为本发明一个实施例直流电源的一种拓扑结构示意图；
- [0029] 图3为本发明一个实施例模块化多电平变换器的拓扑结构示意图；
- [0030] 图4为本发明一个实施例子模块的一种拓扑结构示意图。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明的实施方式进行详细描述。

[0032] 所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能解释为对本发明的限制。

[0033] 下文的公开提供了许多不同的实施例或例子用来实现本发明的不同结构。为了简化本发明的公开,下文中对特定例子的部件和设置进行描述。它们仅仅为示例,并且目的不在于限制本发明。此外,本发明可以在不同例子中重复参考数字和/或字母。这种重复是为了简化和清楚的目的,其本身不指示所讨论各种实施例和/或设置之间的关系。此外,本发明提供了各种特定的工艺和材料的例子,但是本领域普通技术人员可以意识到其它工艺的可用性和/或其他材料的使用。另外,以下描述的第一特征在第二特征之“上”的结构可以包括第一和第二特征形成直接接触的实施例,也可以包括另外的特征形成在第一和第二特征之间的实施例,这样第一和第二特征可能不是直接接触。

[0034] 本发明的描述中,需要说明的是,除非另有规定和限定,术语“相连”“连接”应做广义理解,例如,可以是机械连接或电连接,也可以是两个元件内部的连通,可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,对于相关领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0035] 本实施例采用技术方案如下:一种模块化多电平结构的冲击电压产生装置,包括直流电源、模块化多电平变换器和被试品,模块化多电平变换器与直流电源连接,被试品连接在模块化多电平变换器上。

[0036] 进一步,直流电源为高压直流电源,高压直流电源为串级倍压整流电路或者绝缘芯变压器倍压整流电路。

[0037] 进一步,模块化多电平变换器为单相模块化多电平变换器,单相模块化多电平变换器包括上半桥臂和下半桥臂,上半桥臂和下半桥臂均由 $2m$ 个子模块级联而成,其中, m 为正整数;在上半桥臂回路中串联第一限流电阻并配有第一旁路开关,下半桥臂回路中串联第二限流电阻,并配有第二旁路开关;单相模块化多电平变换器的直流侧分别对上、下半桥臂回路接入第一稳压电容、第二稳压电容,且将其串联后再并联接入直流电源;上、下半桥臂的连接点与直流侧第一稳压电容和第二稳压电容的中点为模块化多电平变换器的输出端。

[0038] 进一步,被试品为电容器、变压器、电抗器、互感器、HVDC阀、电力电缆、高压绝缘子或套管,被试品连接在模块化多电平变换器的输出端。

[0039] 更进一步,子模块包括两个带有反并联二极管的全控型器件串联之后再与电容并联;全控型器件采用MOSFET或IGBT,全控型器件材料为Si、SiC或GaN;通过FPGA控制子模块中全控型器件来控制电容的接入或旁路;在产生冲击电压时,每个时刻上、下半桥臂共有 n 个子模块电容串联接入电路, $n=2m$, m 为正整数; n 个电容电压之和为直流侧第一稳压电容和

第二稳压电容电压之和。

[0040] 一种模块化多电平结构的冲击电压产生方法,包括以下步骤:

[0041] 步骤1、充电,产生冲击电压之前,在带被试品的情况下,对子模块电容进行充电;

[0042] 步骤2、冲击电压的产生,将上、下半桥臂的调制信号分别与阶梯波进行比较,得到各个子模块的控制信号,通过控制,产生所需的冲击电压。

[0043] 进一步,步骤1的实现包括以下步骤:

[0044] 步骤11、保证充电过程中被试品两端电压为零,在充电过程中,模块化多电平变换器上半桥臂和下半桥臂投入电路的子模块电容数量时刻保持相同,并且上、下半桥臂分别采用相同的充电策略同时进行充电;

[0045] 步骤12、为了限制冲击电流,在充电时,将旁路开关断开,限流电阻接入电路;

[0046] 步骤13、对子模块电容进行闭锁充电,将所有子模块的全控型器件关断,通过全控型器件两端并联的反并联二极管构成充电回路,将子模块电容电压充电到正常工作电压的一半;

[0047] 步骤14、将一半的子模块电容进行旁路,对另一半子模块电容充电至正常工作电压;

[0048] 步骤15、将充电完成的一半子模块电容进行旁路,对另一半子模块电容进行充电至正常工作电压;

[0049] 步骤16、充电完毕,再将旁路开关闭合,限流电阻旁路。

[0050] 进一步,步骤2的实现包括以下步骤:

[0051] 步骤21、模块化多电平变换器的上半桥臂的调制信号为 $m-f(t)$,下半桥臂的调制信号为 $m+f(t)$; m 为上半桥臂或下半桥臂子模块数量的一半, $f(t)$ 为将目标冲击电压波形的函数相对于子模块电容电压进行归一化处理之后得到的函数;

[0052] 步骤22、将上、下半桥臂的调制信号分别与相应的阶梯电压波形进行比较,得到上、下半桥臂各个子模块的控制信号,产生目标冲击电压。

[0053] 具体实施时,如图1所示,一种模块化多电平结构的冲击电压产生装置,采用全控型电力电子器件,基于模块化多电平结构,包括:直流电源,模块化多电平变换器和被试品。模块化多电平变换器直流侧并联有第一稳压电容 C_{s1} 、第二稳压电容 C_{s2} ;为了限制冲击电流,在上、下半桥臂回路中各串联了第一限流电阻 R_d 、第二限流电阻 R_d' ;并配有第一旁路开关 S_1 、第二旁路开关 S_2 ;在充电时,旁路开关断开,限流电阻接入电路,起到限流的作用;充电完毕后,旁路开关闭合,将限流电阻旁路。

[0054] 直流电源为高压直流电源,高压直流电源可以通过串级倍压整流电路或者绝缘芯变压器倍压整流电路实现;所图2所示,为一个串级倍压整流电路,该串级倍压整流电路的输出端与模块化多电平变换器的直流侧第一稳压电容 C_{s1} 、第二稳压电容 C_{s2} 串联后的电路相并联。

[0055] 如图3所示,模块化多电平变换器,为一个单相模块化多电平变换器,单相模块化多电平变换器分成上半桥臂和下半桥臂,上半桥臂和下半桥臂均由 $2m$ 个子模块级联而成, m 为正整数;上、下半桥臂的连接点与直流侧第一稳压电容 C_{s1} 、第二稳压电容 C_{s2} 的中点构成模块化多电平变换器的输出端。被试品连接在直流侧两个稳压电容的中点和上、下半桥臂连接处之间,即模块化多电平变换器的输出端。

[0056] 具体到模块化多电平变换器的子模块,如图4所示,是由两个带有反并联二极管的全控型器件串联之后再与电容并联组成;全控型器件可以是MOSFET、IGBT等,器件材料可以为Si、SiC或GaN材料等。

[0057] 可以通过FPGA来控制子模块中的电力电子器件,从而控制子模块电容的接入或旁路,产生冲击电压时,每个时刻上、下半桥臂共有 n ($n=2m$) 个子模块电容串联接入电路,而这 n 个电容电压的和即为直流侧第一稳压电容 C_{s1} 、第二稳压电容 C_{s2} 电压之和。

[0058] 被试品,可以为电容器、变压器、电抗器、互感器及其它高压电器、HVDC阀、电力电缆、各类高压绝缘子、套管等等,连接在模块化多电平变换器的输出端。

[0059] 在具体实施时,一种利用上述的模块化多电平结构的冲击电压产生装置产生冲击电压的方法,包括:

[0060] (1) 充电步骤,产生冲击电压波形之前,在带被试品的情况下,对子模块电容进行充电;

[0061] (2) 冲击电压产生步骤,将上、下半桥臂的调制信号分别与阶梯波进行比较,得到各个子模块的控制信号,从而产生所需的冲击电压。

[0062] 具体来说,在充电步骤(1)中,为保证在充电过程中,被试品两端电压为零,充电过程中,模块化多电平变换器上半桥臂和下半桥臂投入电路的子模块电容数量时刻保持相同,并且上、下半桥臂分别采用相同的充电策略同时进行充电。

[0063] 在上述充电步骤(1)中,首先对子模块电容进行闭锁充电,即所有子模块的全控型器件关断,通过全控型器件两端并联的反并联二极管构成充电回路,将子模块电容电压充电到正常工作电压的一半;然后,将一半的子模块电容进行旁路,对另一半子模块电容充电至正常工作电压;随后,将充电完成的一半子模块电容进行旁路,对另一半子模块电容进行充电至正常工作电压。

[0064] 在充电过程中,为了限制冲击电流,在上、下半桥臂回路中各串联了第一限流电阻 R_d 、第二限流电阻 R_d' ,并配有第一旁路开关 S_1 、第二旁路开关 S_2 ;在充电时,第一旁路开关 S_1 、第二旁路开关 S_2 断开,第一限流电阻 R_d 、第二限流电阻 R_d' 接入电路,起到限流的作用;充电完毕后,第一旁路开关 S_1 、第二旁路开关 S_2 闭合,将第一限流电阻 R_d 、第二限流电阻 R_d' 旁路。

[0065] 在冲击电压产生步骤(2)中,模块化多电平变换器的上半桥臂的调制信号为 $m-f(t)$,下半桥臂的调制信号为 $m+f(t)$;其中 m 为上半桥臂或下半桥臂子模块数量的一半, $f(t)$ 为将目标冲击电压波形的函数相对于子模块电容电压进行归一化处理之后得到的函数;将上、下半桥臂的调制信号分别与相应的阶梯电压波形进行比较,得到上、下半桥臂各个子模块的控制信号,从而产生目标冲击电压波形。

[0066] 本实施例采用模块化结构,具有诸多优点,通过灵活的调制以及控制,能够输出雷电冲击波形,操作冲击波形甚至是任意波形的冲击电压。

[0067] 应当理解的是,本说明书未详细阐述的部分均属于现有技术。

[0068] 虽然以上结合附图描述了本发明的具体实施方式,但是本领域普通技术人员应当理解,这些仅是举例说明,可以对这些实施方式做出多种变形或修改,而不背离本发明的原理和实质。本发明的范围仅由所附权利要求书限定。

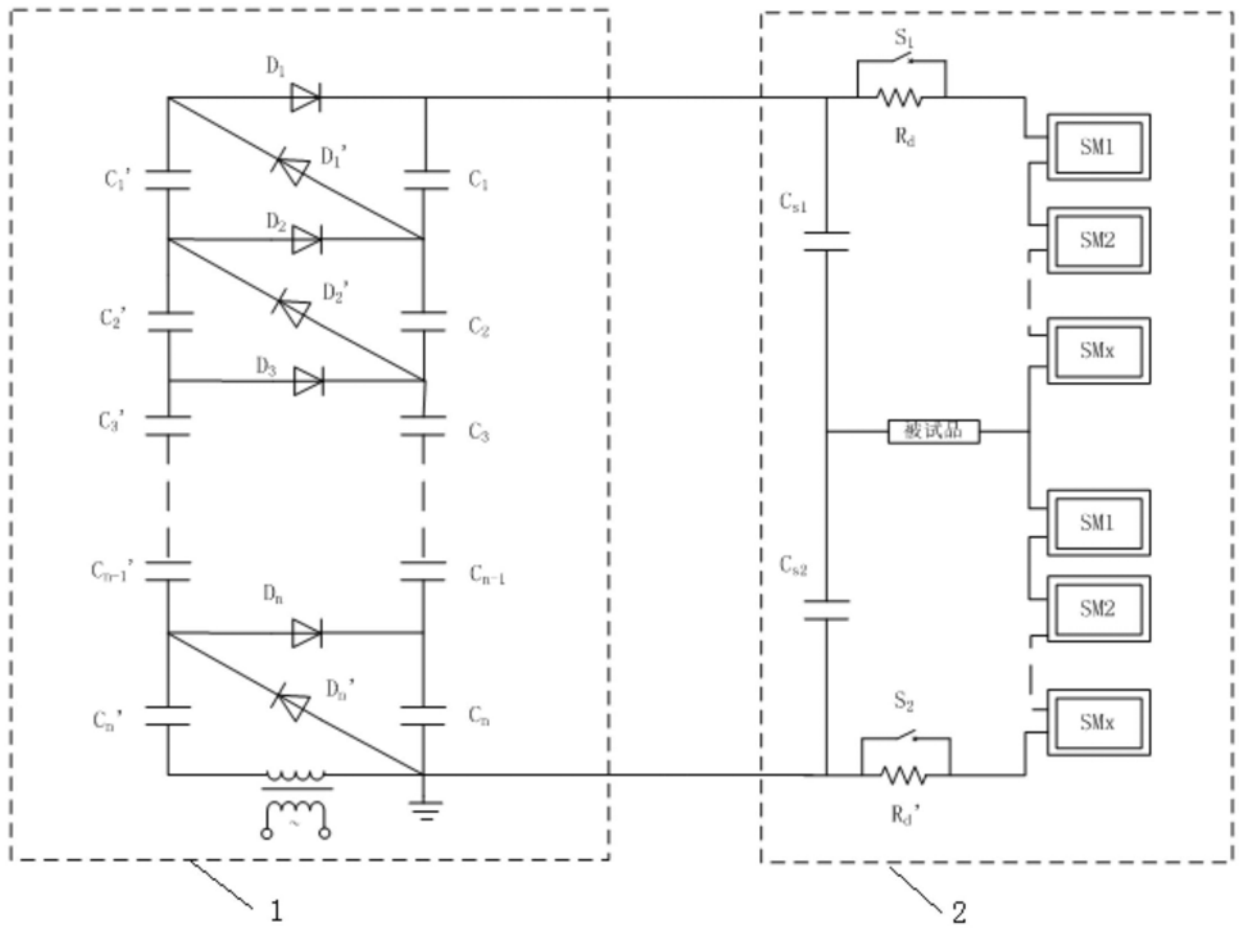


图1

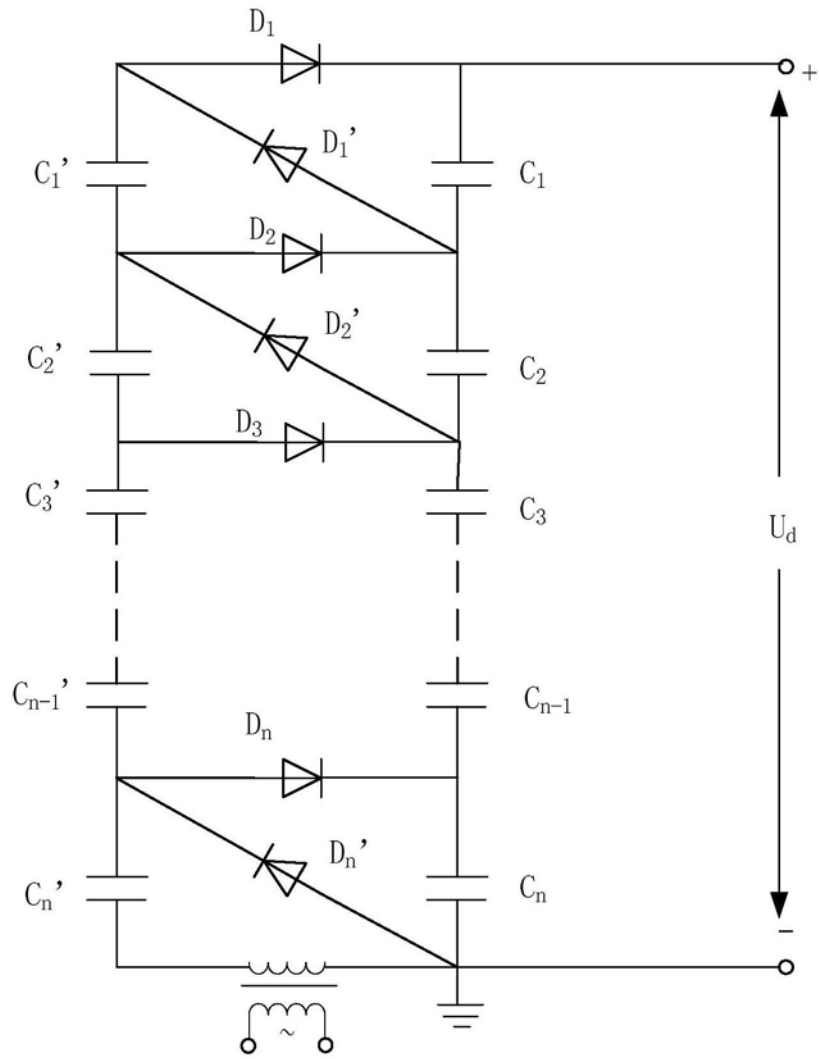


图2

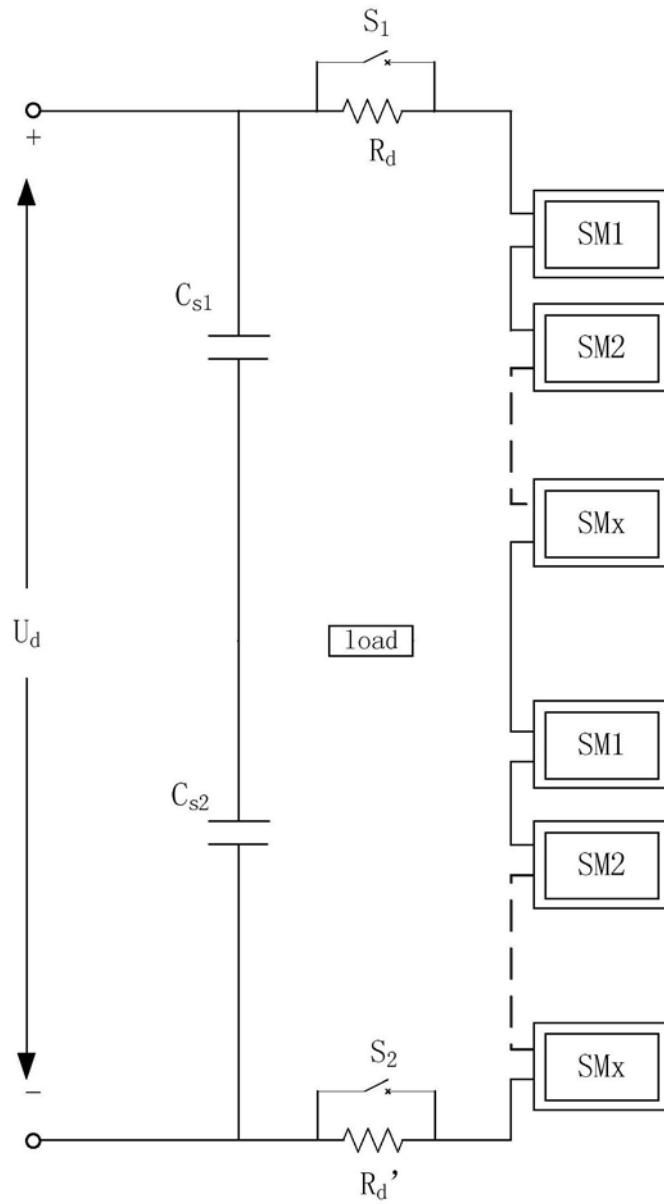


图3

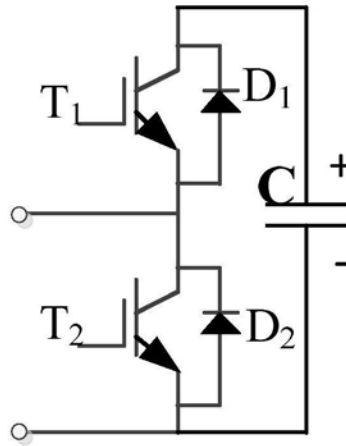


图4