



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111525582 A

(43)申请公布日 2020.08.11

(21)申请号 202010524319.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2020.06.10

H02J 3/12(2006.01)

(71)申请人 全球能源互联网研究院有限公司

地址 102209 北京市昌平区未来科技城滨河大道18号

申请人 国家电网有限公司

(72)发明人 邓占锋 赵国亮 常建平 李金忠

滕乐天 王绍武 乔光尧 李卫国

宋胜利 徐云飞 李芳义 尉志勇

宋洁莹 陆振纲 刘海军 袁婷婷

曾洪涛 石秋雨

(74)专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理有限公司 11250

代理人 吴黎

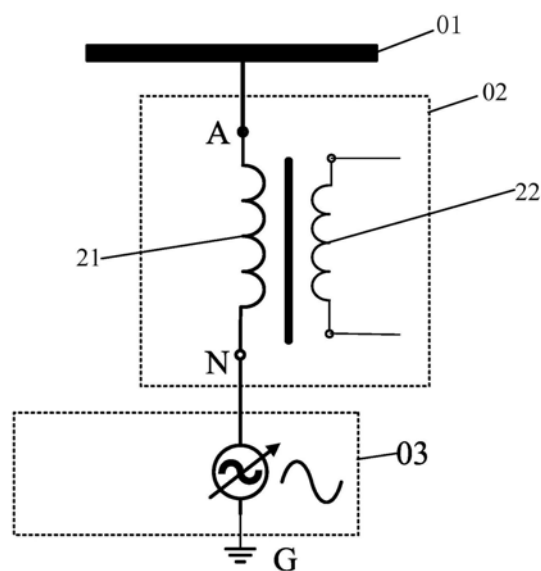
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种柔性交流有源电压调节装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种柔性交流有源电压调节装置及方法,所述装置包括主变压器和可控电压源,所述主变压器包括主变压器高压绕组和主变压器低压绕组,其特征在于,所述可控电压源串联在主变压器高压绕组的末端与变压器的中性点或地之间,所述可控电压源被设置为电压幅值和相位均可灵活调节,所述可控电压源用于调节主变压器高压绕组两端的电压,进而通过电磁耦合调节低压绕组的电压。以调幅调压代替传统机械式调匝调压,避免现有变压器中机械调压开关因频繁动作而引起的机械故障、绝缘劣化、燃弧着火等风险,保证交直流输电系统可靠运行,有效提升特高压直流输电系统和交流输电系统的安全性和运行灵活性。



1. 一种柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,包括:

主变压器,所述主变压器包括第一绕组和第二绕组,第一绕组与第二绕组电磁耦合,第一绕组首端用于与交流系统母线连接,第二绕组用于连接负载或者交直流输电系统;

可控电压源,所述可控电压源的一端与第一绕组的末端连接,另一端用于与变压器的中性点或地连接,所述可控电压源被设置为输出电压的幅值或相位可调节。

2. 根据权利要求1所述的柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,所述可控电压源输出与主变压器工作频率相同的电压。

3. 根据权利要求1所述的柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,所述可控电压源输出电压的相位调节范围为0-360度。

4. 根据权利要求1所述的柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,所述第一绕组为高压绕组,第二绕组为低压绕组。

5. 根据权利要求1所述的柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,所述可控电压源包括:

取能变压器,包括第三绕组和第四绕组,第三绕组和第四绕组电磁耦合,第三绕组与外部交流电源连接;

调压换流阀,输出侧串联在第一绕组末端与变压器的中性点之间,输入侧连接所述第四绕组。

6. 根据权利要求5所述的柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,所述调压换流阀包括若干个功率模块,所述若干个功率模块的输入侧分别与第四绕组连接,所述若干个功率模块的输出侧级联后串联在第一绕组末端与变压器的中性点之间。

7. 根据权利要求6所述的柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,所述若干个功率模块的输出侧通过级联达到所需要调节的电压。

8. 根据权利要求5所述的柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,所述外部交流电源包括第五绕组,第五绕组与所述第一绕组电磁耦合,第五绕组与所述第三绕组连接。

9. 根据权利要求1所述的柔性交流有源电压调节装置,其特征在于,所述可控电压源包括旁路开关,所述旁路开关串联在第一绕组末端与变压器的中性点之间。

10. 一种柔性交流有源电压调节方法,其特征在于,包括如下步骤:

提供主变压器,主变压器包括第一绕组和第二绕组,第一绕组与第二绕组电磁耦合,第一绕组首端用于与交流系统母线连接,第二绕组用于连接负载或者交直流输电系统;

向第一绕组末端与主变压器的中性点之间提供幅值或相位可调节的电压。

一种柔性交流有源电压调节装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统电气设备领域,具体涉及一种柔性交流有源电压调节装置及方法。

背景技术

[0002] 换流变压器是高压直流输电系统的核心,为适应直流系统电压调整的需要,换流变压器内部安装机械式有载调压开关,通过调整换流变压器高压侧绕组的匝数,达到调整阀侧绕组电压的目的。常规交流电力变压器为了保证负载侧电压质量,在系统电压变化时,也需要通过有载调压,以保证负载侧电压的稳定。变压器有载调压是保障直流系统和交流系统维持正常运行的必要手段。

[0003] 目前主要采用有载调压开关,通过改变高压绕组的匝数,进而改变变压器的变比来实现低压绕组的调压。有载调压开关主要采用选择开关与切换开关相组合、双过渡电阻的结构型式,机械结构异常复杂,在长期运行中,有载调压开关需频繁调整开关档位,其内部选择开关、切换开关等机械部件频繁动作,容易引发伞型齿轮箱轴晃动、操作齿轮箱滚珠夹圈失效、动作错位、传动轴裂纹等机械故障,且其运行故障检测难度大,在调匝过程中还存在变压器匝间短路风险,目前已出现过多起直流换流变有载调压开关引起的安全事故,给高压直流系统安全运行带来极大挑战。为避免有载调压开关频繁动作,降低安全运行风险,迫使特高压直流系统采用固定的运行方式,大大降低了直流系统运行的灵活性,限制了直流输电能力的有效发挥。

发明内容

[0004] 因此,本发明要解决的技术问题在于克服现有技术中的变压器机械调压开关因频繁动作而引起的机械故障、绝缘劣化等缺陷,从而提供一种柔性交流有源电压调节装置及方法。

[0005] 为此,本发明提供一种柔性交流有源电压调节装置,包括:

[0006] 主变压器,所述主变压器包括第一绕组和第二绕组,第一绕组与第二绕组电磁耦合,第一绕组首端用于与交流系统母线连接,第二绕组用于连接负载或者交直流输电系统;

[0007] 可控电压源,所述可控电压源的一端与第一绕组的末端连接,另一端用于与变压器的中性点或地连接,所述可控电压源被设置为输出电压的幅值或相位可调节。

[0008] 在主变压器绕组末端与变压器的中性点或地之间串联可控电压源,在不改变匝数变比的情况下,改变可控电压源的输出电压,即可调整第一绕组两端电压,进而改变第二绕组输出电压。

[0009] 进一步地,所述可控电压源输出与主变压器工作频率相同的电压。

[0010] 进一步地,所述可控电压源输出电压的相位调节范围为0-360度。

[0011] 进一步地,所述第一绕组为高压绕组,第二绕组为低压绕组。

[0012] 进一步地,所述可控电压源包括:

[0013] 取能变压器,包括第三绕组和第四绕组,第三绕组和第四绕组电磁耦合,第三绕组与外部交流电源连接;

[0014] 调压换流阀,输出侧串联在第一绕组末端与变压器的中性点或地之间,输入侧连接所述第四绕组。

[0015] 所述可控电压源可由电力电子变换器实现。

[0016] 进一步地,所述调压换流阀包括若干个功率模块,所述若干个功率模块的输入侧分别与第四绕组连接,所述若干个功率模块的输出侧级联后串联在第一绕组末端与变压器的中性点或地之间。

[0017] 调压换流阀由基于全控电力电子器件的若干个功率模块构成,实现交直交功率变换。若干个功率模块级联可适用于不同电压范围,实现未改变匝数比时调整变压器绕组的输出电压。

[0018] 进一步地,所述外部交流电源包括第五绕组,第五绕组与所述第一绕组电磁耦合,第五绕组与所述第三绕组连接。

[0019] 进一步地,所述可控电压源包括旁路开关,所述旁路开关串联在第一绕组末端与变压器的中性点或地之间。

[0020] 旁路开关保障可控电压源故障时不影响主变压器的正常运行。

[0021] 一种柔性交流有源电压调节方法,包括如下步骤:

[0022] 提供主变压器,主变压器包括第一绕组和第二绕组,第一绕组与第二绕组电磁耦合,第一绕组首端用于与交流系统母线连接,第二绕组用于连接负载或者交直流输电系统;

[0023] 向第一绕组末端与主变压器的中性点之间提供幅值或相位可调节的电压。

[0024] 本发明技术方案,具有如下优点:

[0025] 1.本发明通过在主变压器绕组末端与变压器的中性点或地之间串联幅值和相位可灵活调节的可控电压源,通过调节可控电压源的输出电压来调节主变压器第一绕组两端电压,进而改变主变压器第二绕组的输出电压,采用调幅调压方式替代传统的调匝调压,可彻底避免采用调匝调压带来的运行风险;

[0026] 2.本发明中可控电压源安装在主变压器绕组末端与变压器的中性点或地之间,对可控电压源的绝缘要求低,电流小,便于工程化应用;

[0027] 3.本发明中可控电压源可由多个功率模块组成,多个模块级联可实现不同电压下应用,易于扩展;

[0028] 4.本发明中可控电压源基于电力电子器件,控制灵活、响应速度快、调节次数不受限制,无电弧风险;

[0029] 5.本发明中除了在正常运行情况下可连续调压,还可在系统电压跌落时可控电压源可以快速输出补偿交流系统电压,有效提高交直流系统的运行可靠性;

[0030] 6.本发明可及时、有效进行状态监测,可避免机械开关中故障无法检测、绝缘逐步劣化等问题。

[0031] 7.本发明通过所述若干个功率模块实现有源调节电压的目的,通过控制策略调整电压,若干个功率模块级联可适用于不同电压范围,用于改变变压器绕组电压,调压换流阀中采用基于模块级联技术,输出电压可灵活扩展,实现柔性调节电压的目的。

附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0033] 图1为本发明实施例1中柔性交流有源电压调节装置的一个具体示例的原理框图;

[0034] 图2为本发明实施例2中柔性交流有源电压调节装置的一个具体示例的拓扑结构图;

[0035] 图3为本发明实施例3中柔性交流有源电压调节装置的一个具体示例的拓扑结构图;

[0036] 图4为本发明实施例4中柔性交流有源电压调节方法的一个具体示例的流程图;

[0037] 附图标记:

[0038] 01-交流系统母线,02-主变压器,03-可控电压源,04-其他交流电源,21-第一绕组,22-第二绕组,23-第五绕组,31-调压换流阀,32-取能变压器,33-旁路开关,311-功率模块,321-第三绕组,322-第四绕组。

具体实施方式

[0039] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0040] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0041] 实施例1

[0042] 本实施例提供一种交流电压调节装置,如图1所示,包括:主变压器02,所述主变压器02包括第一绕组21和第一绕组22,第一绕组21与第一绕组22电磁耦合,第一绕组21首端用于与交流系统母线01连接,第二绕组22用于连接负载或者交直流输电系统;可控电压源03,一端与第一绕组21的末端连接,另一端用于与主变压器02的中性点或地连接,所述可控电压源03被设置为输出电压幅值或相位可调节。

[0043] 在一个可选实施方式中,主变压器02可选择为换流变压器或电力变压器。

[0044] 在一个可选实施方式中,所述可控电压源03输出与主变压器02工作频率相同的电压。

[0045] 在一个可选实施方式中,所述可控电压源03输出电压的相位的调节范围为0-360度。

[0046] 在一个可选实施方式中,所述第一绕组21为高压绕组,第二绕组22为低压绕组,或者所述第一绕组21为低压绕组,第二绕组22为高压绕组。

[0047] 主变压器02接入的交流系统母线01,为主变压器02提供电源。第一绕组21与第二绕组22配合完成电压变换过程,第二绕组22负责电压输出,当第一绕组21电压改变时,低压绕组电压也跟随变化。

[0048] 在主变压器02第一绕组21末端与中性点(或地)之间串联可控电压源03,交流系统

母线01电压为 u_s ,主变压器02第一绕组电压为 u_1 ,可控电压源03的输出电压为 u_x ,第二绕组电压为 u_2 ,主变压器02第一绕组21与第二绕组22变比为 N ,则第二绕组22电压与可控电压源03的输出电压的关系如下:

$$[0049] \quad u_2 = \frac{u_1}{N} = \frac{u_s - u_x}{N}$$

[0050] 本实施例通过不改变匝数变比的情况下,改变可控电压源03的输出电压,即可调整主变压器第一绕组两端电压,进而改变第二绕组输出电压。在主变压器02的第一绕组末端与中心点(或地)之间串联接入幅值和相位可灵活调节的可控电压源,对地电位低,绝缘要求低,承受的电流小,易于实施。通过调节电压源的输出电压,改变变压器第一绕组两端的电压,进而调节变压器第二绕组(低压侧)的电压,以调幅调压代替传统机械式调匝调压,避免传统机械式调匝调压开关频繁动作,降低安全运行风险,提高直流系统运行的灵活性,有效提升变压器的直流输电能力。

[0051] 实施例2

[0052] 基于实施例1,本实施例提供的柔性交流有源电压调节装置,如图2所示,所述可控电压源03包括:取能变压器32,包括第三绕组321和第四绕组322,第三绕组321和第四绕组322电磁耦合,第三绕组321与外部交流电源连接;调压换流阀31,输出侧串联在第一绕组21末端与变压器的中性点(或地)之间,输入侧连接所述第四绕组322。

[0053] 在一个可选实施方式中,所述调压换流阀31包括若干个功率模块311,所述若干个功率模块311的输入侧分别与第四绕组322连接,所述若干个功率模块311的输出侧通过级联后串联在第一绕组21末端与变压器的中性点之间。

[0054] 其中所述若干个功率模块311采用换流功率模块,实现有源调节电压的目的。

[0055] 在一个可选实施方式中,所述若干个功率模块的输出侧通过级联达到所需要调节的电压。通过控制策略调整电压,若干个功率模块级联可适用于不同电压范围,用于改变变压器绕组电压,调压换流阀中采用基于模块级联技术,输出电压可灵活扩展,实现柔性调节电压的目的。

[0056] 在一个可选实施方式中,所述可控电压源03可由电力电子变换器实现。

[0057] 在一个可选实施方式中,还包括旁路开关33,所述旁路开关33串联在第一绕组21末端与变压器的中性点(或地)之间。

[0058] 取能变压器32的第四绕组322(低压侧)采用多绕组型式,每个绕组给每个功率模块提供能量。可控电压源03可由电力电子变换器实现,取能变压器32的第三绕组321(高压侧)接入变电站的其他电压等级的交流供能母线,第四绕组322(低压侧)连接至调压换流阀31,将其他供能母线的电压变换成适用于调压换流阀31的输入电压。取能变压器32与变电站的其他交流电源04连接,将其他交流电源04的电压降低到适用于调压换流阀31的输入电压,为调压换流阀31提供有功支撑,并实现其他交流电源04与调压换流阀31之间的电气隔离。

[0059] 调压换流阀31由基于全控电力电子器件的多个功率模块311构成,实现交直交功率变换。每个功率模块311的输入侧连接至取能变压器32的低压侧绕组,输入侧各个功率模块311相互独立。功率模块311输出侧通过级联后串联接入到变压器02高压绕组中性点(或地)之间,多个模块级联可适用于不同电压范围,实现未改变匝数比时调整阀侧绕组的输出

电压。调压换流阀31位于主变压器外部,与取能变压器32的第四绕组322(低压端)连接,可通过控制策略调整电压,多个模块级联可适用于不同电压范围,用于改变主变压器02高压绕组电压,从而实现不改变匝数比时调整低压绕组的输出电压,调压换流阀31中若干个功率模块311可采用基于模块级联技术,输出电压可灵活扩展。

[0060] 旁路开关33并联在有源调压换流阀31输出侧的两端,保障调压换流阀31故障不影响变压器02的正常运行。当有源调压换流阀31故障时旁路开关33闭合,主变压器02可以继续发挥作用,不影响交直流系统继续运行。

[0061] 实施例3

[0062] 基于实施例2提供柔性交流有源电压调节装置,如图3所示,所述外部交流电源包括第五绕组23,第五绕组23与所述第一绕组21电磁耦合,第五绕组23与所述第三绕组321连接。

[0063] 第五绕组23与取能变压器32的第三绕组321(输入侧)连接,用于提供取能变压器32有功支撑。取能变压器32与第五绕组23连接,将第五绕组23的电压降低到适用于调压换流阀31的输入电压,为调压换流阀31提供有功支撑,并实现第五绕组23与调压换流阀31之间的电气隔离。

[0064] 实施例4

[0065] 本实施例提供一种交流电压调节方法,如图4所示,包括如下步骤:

[0066] S1:提供主变压器,主变压器包括第一绕组和第二绕组,第一绕组与第二绕组电磁耦合,第一绕组首端用于与交流系统母线连接,第二绕组用于连接负载或者交直流输电系统;

[0067] S2:向第一绕组末端与主变压器的中性点之间提供幅值或相位可调节的电压;

[0068] 通过调节第一绕组两端的电压,调节第二绕组的输出电压。

[0069] 上述柔性交流有源电压调节方法,在换流变压器(或电力变压器)高压绕组末端与变压器的中性点(或地)之间串联接入幅值和相位可灵活调节的可控电压源,通过调节电压源的输出电压,改变变压器高压绕组两端的电压,进而调节变压器低压侧电压,以调幅调压代替传统机械式调匝调压,可彻底避免采用调匝调压带来的运行风险。

[0070] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

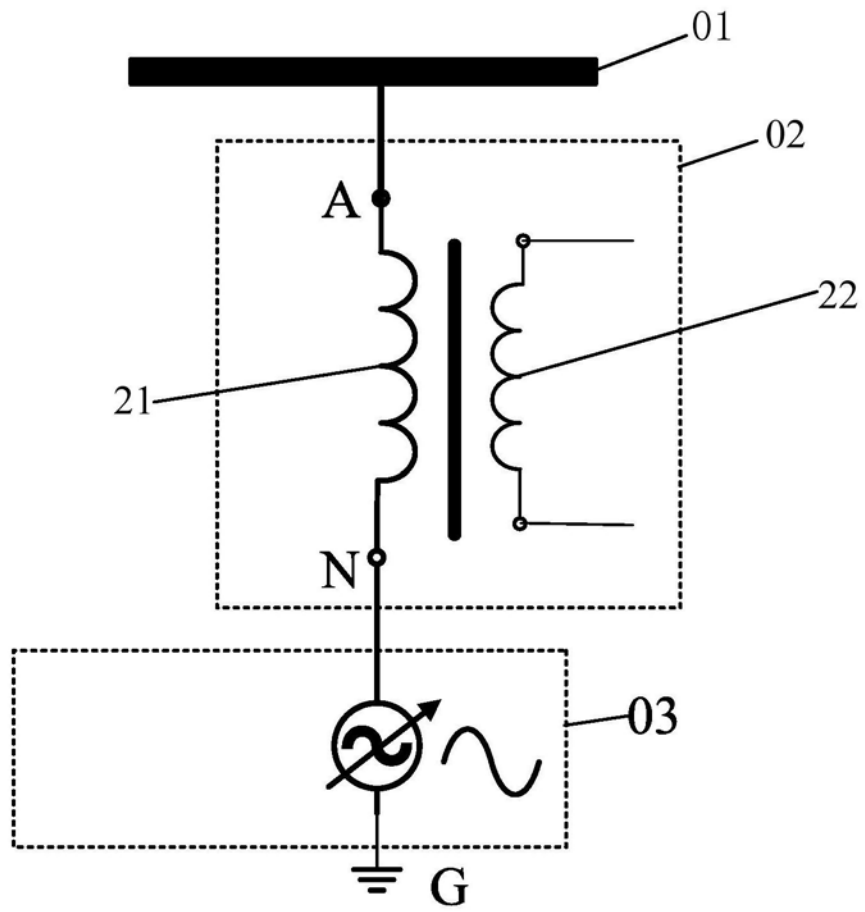


图1

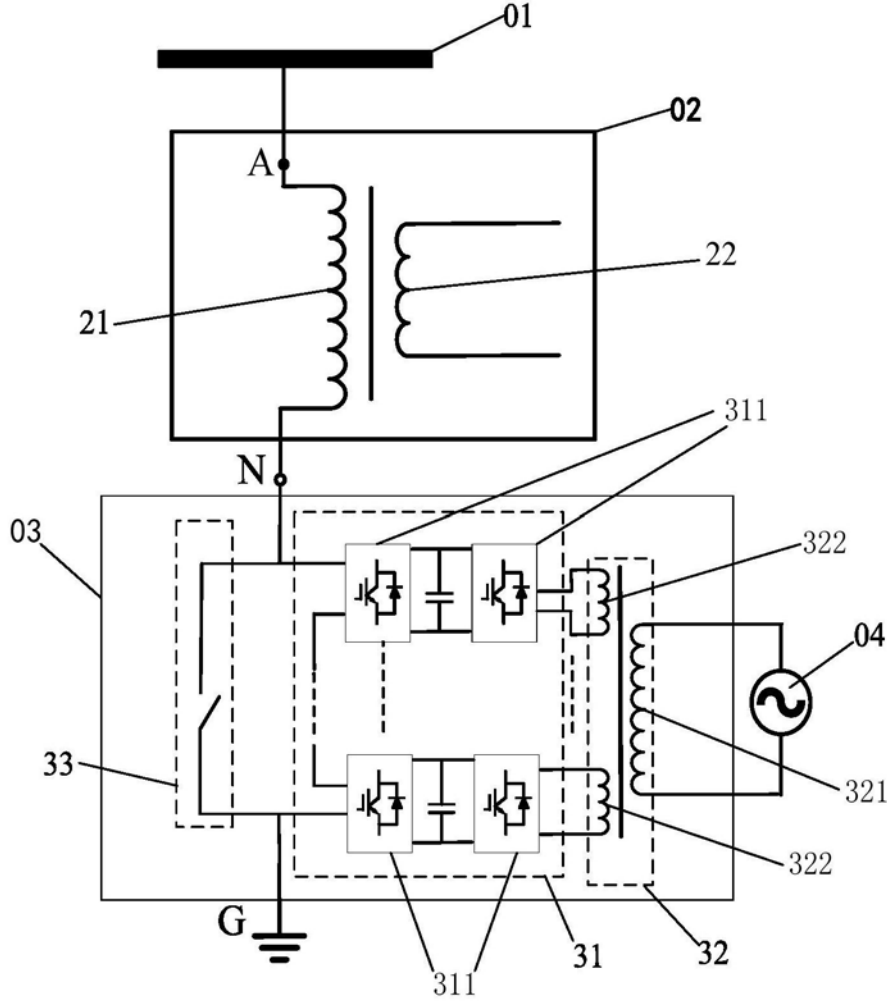


图2

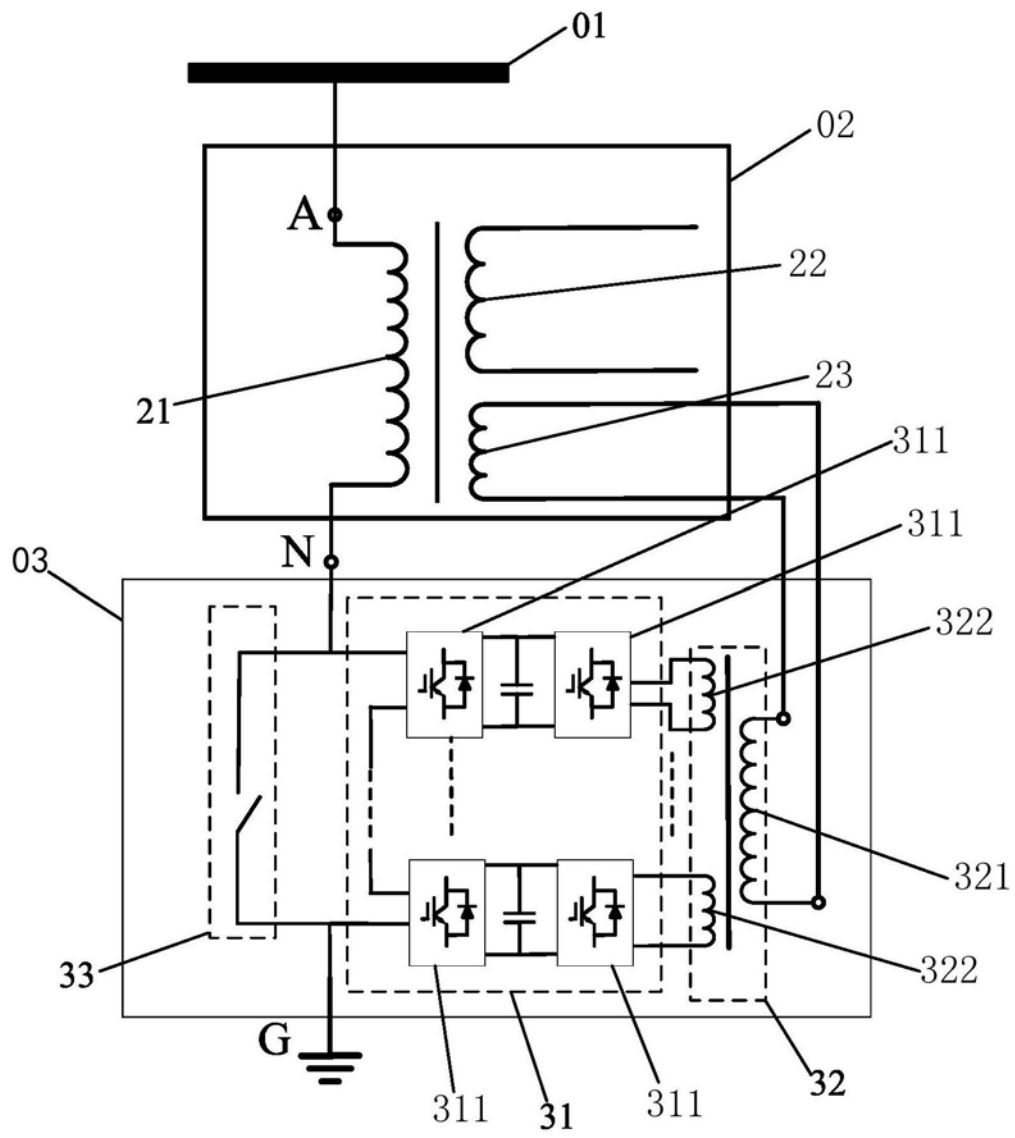


图3

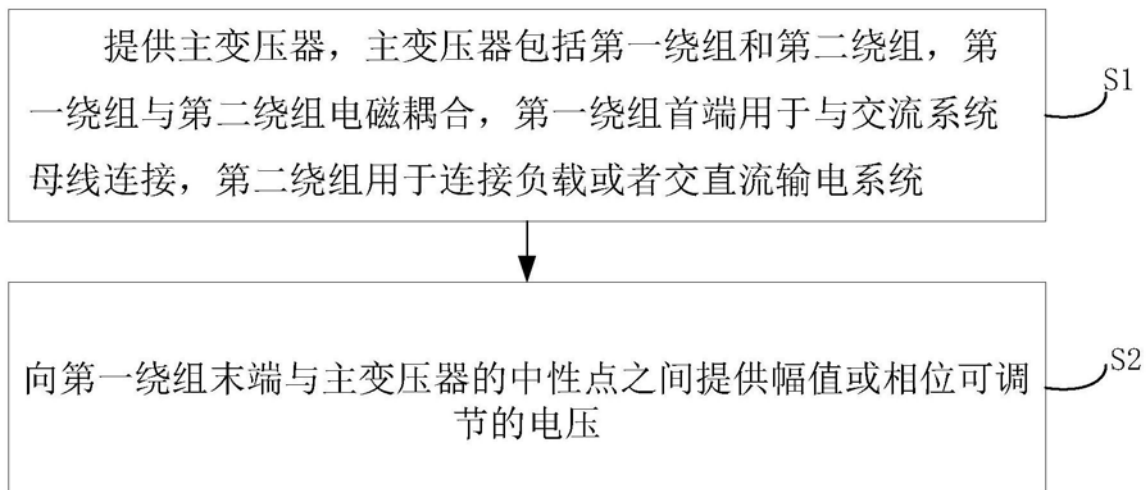


图4