(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105659465 B
(45)授权公告日 2019.06.25

(21)申请号 201480057727.1

(22)申请日 2014.08.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105659465 A

(43)申请公布日 2016.06.08

(30)优先权数据
13275191.8 2013.08.21 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.04.20

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/067690 2014.08.19

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/024950 EN 2015.02.26

(73)专利权人 通用电气技术有限公司
地址 瑞士巴登

(72)发明人 卡尔·大卫·巴尔克
A·P·卡尼汉斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 郑浩 付曼

(51)Int.Cl.
H02J 3/36(2006.01)
H02H 3/08(2006.01)

审查员 周凤

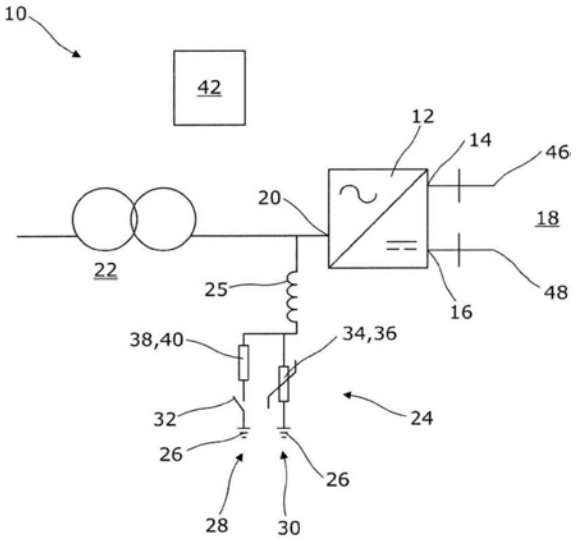
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

HVDC的AC侧电气保护

(57)摘要

在高压电力传输领域中,一种电气组件(10;60)包括:电力变换器(12),包括可连接至DC网络(18)的第一和第二DC端子(14,16)以及可连接至AC网络(22)的AC端子(20)。电气组件(10)还包括接地电路(24)以将AC端子(20)连接至地(26)。接地电路(24)限定在AC端子(20)与地(26)之间的第一和第二电流流动路径(28,30)。第一电流流动路径(28)包括可操作的开关元件(32)以选择性地断开和闭合第一电流流动路径(28)。第二电流流动路径(30)包括第一电流流动控制元件(34),第一电流流动控制元件(34)被配置为当第一电流流动路径(28)断开时,在最小化通过第二电流流动路径(30)的电流流动的第一模式中操作,并且从而当第一电流流动路径(28)断开时,最小化在AC端子(20)与地(26)之间的电流流动。电气组件(10)额外地包括被操作性地连接至开关元件(32)的控制单元(42),控制单元(42)被配置为操作开关元件(32)以发生DC网络故障之后保持断开第一电流流动路径(28)。电力变换器(12)被配置为在整个DC网络故障期间在DC与AC网络(18,22)之间持续转移电力。



CN 105659465 B

1.一种电气组件,包括:

电力变换器,包括能够连接至DC网络的第一DC端子和第二DC端子以及能够连接至AC网络的AC端子;以及

接地电路,用以将所述AC端子连接至地,所述接地电路在所述AC端子与地之间限定第一电流流动路径和第二电流流动路径,所述第一电流流动路径包括能够被操作以选择性地断开和闭合所述第一电流流动路径的开关元件,并且所述第二电流流动路径包括第一电流流动控制元件,所述第一电流流动控制元件被配置为当所述第一电流流动路径断开时,在使得通过所述第二电流流动路径的电流流动最小化的第一模式中操作,并且从而当所述第一电流流动路径断开时,使得在所述AC端子与地之间的电流流动最小化;以及

控制单元,被操作性地连接至所述开关元件,所述控制单元被配置为操作所述开关元件以在发生DC网络故障之后的设定时间段内保持所述第一电流流动路径断开,以使得当所述第一电流流动路径断开时,所述第二电流流动路径是所述AC端子与地之间的唯一电流流动路径,并且所述控制单元进一步配置为在预设时刻操作所述开关元件以闭合所述第一电流流动路径,所述预设时刻在所述设定时间段之后;

其中所述电力变换器被配置为在整个所述DC网络故障期间在所述DC网路与AC网络之间持续转移电力。

2.根据权利要求1所述的电气组件,其中所述第一电流流动控制元件还被配置为当所述第一电流流动控制元件两端的电压超过预定阈值时,选择性地在允许电流流过所述第二电流流动路径的第二模式中操作。

3.根据权利要求2所述的电气组件,其中所述第一电流流动控制元件是非线性电阻器或者包括非线性电阻器。

4.根据任一项前述权利要求所述的电气组件,其中所述第一电流流动路径额外地包括第二电流流动控制元件,所述第二电流流动控制元件被配置为将通过所述第二电流流动控制元件的电流减小至比所述第一电流流动控制元件当被配置为在其第一模式中操作时更小的程度。

5.根据权利要求4所述的电气组件,其中所述第二电流流动控制元件是线性电阻器或者包括线性电阻器。

6.根据权利要求1所述的电气组件,其中所述控制单元与所述第一DC端子和所述第二DC端子操作性地连接,以监测与所述第一DC端子和所述第二DC端子中的一个或两个相关联的DC网络故障的发生,所述控制单元额外地被配置为在预定点处操作所述开关元件以闭合所述第一电流流动路径。

7.根据权利要求6所述的电气组件,其中所述控制单元被配置为操作所述开关元件以闭合所述第一电流流动路径的所述预定点是在发生DC网络故障之后的设定时间段。

8.根据权利要求6所述的电气组件,其中所述控制单元被配置为操作所述开关元件以闭合所述第一电流流动路径的所述预定点是当所述第一电流流动控制元件耗散的能量达到阈值的时刻。

9.一种电力传输网络,包括根据任一项前述权利要求所述的电气组件,所述电气组件的所述电力变换器经由第一DC传输介质和第二DC传输介质被连接至另一个电力变换器。

10.根据权利要求9所述的电力传输网络,其中所述电力变换器和所述另一个电力变换

器中的每个是三相电力变换器。

HVDC的AC侧电气保护

技术领域

[0001] 本发明涉及在高压电力传输网络中使用的电气组件、以及包括这种电气组件的电力传输网络。

背景技术

[0002] 在电力传输网络中,交流(AC)电通常被变换为直流(DC)电,用于经由架空线和/或海底电缆进行传输。这种变换免除了对由传输线或电缆造成的AC电容性载荷效应进行补偿的需要,并且从而降低电线和/或电缆的每公里成本。当需要长距离传输电力时,从AC到DC的变换因而变得有成本效益。

[0003] AC电力到DC电力的变换还用于需要将运行于不同频率的AC网络进行互连的电力传输网络。在任何这种网络中,在AC电力与DC电力之间的每个交界处需要变换器来产生所需的变换,并且一种这种形式的变换器是电力变换器。

发明内容

[0004] 根据本发明的第一方案,提供一种电气组件,包括:

[0005] 电力变换器,包括可连接至DC网络的第一DC端子和第二DC端子以及可连接至AC网络的AC端子;

[0006] 接地电路,用以将所述AC端子连接至地,所述接地电路限定在所述AC端子与地之间的第一电流流动路径和第二电流流动路径,所述第一电流流动路径包括可操作的开关元件以选择性地断开和闭合所述第一电流流动路径,并且所述第二电流流动路径包括第一电流流动控制元件,所述第一电流流动控制元件被配置为当所述第一电流流动路径断开时,在最小化通过所述第二电流流动路径的电流流动的第一模式中操作,并且从而当所述第一电流流动路径断开时,最小化在所述AC端子与地之间的电流流动;以及

[0007] 控制单元,被操作性地连接至所述开关元件,所述控制单元被配置为操作所述开关元件以在发生DC网络故障之后保持断开所述第一电流流动路径,

[0008] 其中所述电力变换器被配置为在整个所述DC网络故障期间在所述DC网路与AC网络之间持续转移电力。

[0009] 最小化通过第二电流流动路径的电流流动,即将通过第二电流流动路径的电流流动减小到尽可能靠近零的可忽略的量,这允许电力变换器在整个DC网络故障期间(即,在整个DC极到地的故障期间)在AC与DC电网之间持续转移电力,并且因此允许在任何相关联的电力传输网络中持续转移电力,以便最小化对网络的中断。

[0010] 最小化通过第二电流流动路径的电流流动还最小化在发生DC网络故障时流过DC网络的任何DC故障电流的量,并且从而如果期望通过电力变换器断开DC网络,则允许断开例如DC断路器、DC负载断路开关或AC断路器。

[0011] 同时,包括开关元件以选择性地断开和闭合第一电流流动路径,这允许第一电流流动路径选择性地旁路第一电流流动控制元件并且替代性地提供受较少抑制的电流流动

路径。这种受较少抑制的电流流动路径之后允许对AC端子处的任何DC电压放电，这可以用于去除电力变换器的第一与第二DC端子之间的电压不平衡或者保护电力变换器的AC侧免受暂态过电压。

[0012] 可选地，第一电流流动控制元件还被配置为当所述第一电流流动控制元件两端的电压超过预定阈值时，选择性地在允许电流流过所述第二电流流动路径的第二模式中操作。

[0013] 包括这种第一电流流动控制元件，这防止AC端子处的电压超过期望限制(例如，相关联的中性点(starpoint)端子的绝缘被额定为提供保护的安全限制)，因此自动地保护电力变换器的AC侧免于暂态过电压。

[0014] 优选地，第一电流流动控制元件是非线性电阻器或者包括非线性电阻器。

[0015] 这种非线性电阻器具有期望的非线性电流-电压特性，使得它正常地呈现高阻抗并且所以有效地抑制流过它的电流，同时当其暴露于过电压时还传导显著增大的电流。

[0016] 第一电流流动路径可以额外地包括第二电流流动控制元件，所述第二电流流动控制元件被配置为将通过所述第二电流流动控制元件的电流减小至比所述第一电流流动控制元件当被配置为在第一模式中操作时更小的程度。

[0017] 在第一电流流动路径中包括这种第二电流流动控制元件，这控制经由第一电流流动路径在AC端子处的任何电压放电的速率，以便，例如控制去除第一与第二DC端子之间任何电压不平衡的速率。

[0018] 在本发明的优选实施例中，第二电流流动控制元件是线性电阻器或者包括线性电阻器。

[0019] 线性电阻器，即具有正常电流-电压特性的电阻器，容易提供流经它的期望减小的流动速率。

[0020] 在根据本发明的另一个优选实施例的电气组件中，控制单元可以与所述第一DC端子和第二DC端子操作性地连接，以监测与所述DC端子中一个或两个相关联的DC网络故障的发生，所述控制单元额外地被配置为在预定点处操作所述开关元件以闭合所述第一电流流动路径。

[0021] 优选地，所述控制单元被配置为操作所述开关元件以闭合所述第一电流流动路径的所述预定点是在发生DC网络故障之后的设定时间段。

[0022] 所述控制单元被配置为操作所述开关元件以闭合所述第一电流流动路径的所述预定点可以是当所述第一电流流动控制元件耗散的能量达到阈值的时刻。

[0023] 包括这种控制单元，这允许电气组件穿越短期DC网络故障并且之后校正第一和第二DC端子处电压之间的任何不平衡，或者，在发生长期故障以及任何其它故障清除设备故障时，包括这种控制单元允许电气组件可通过对AC端子处的任何剩余DC电压放电来提供电力变换器和DC网络的AC侧的备用保护。

[0024] 根据本发明的第二方案，提供一种电力传输网络，包括上述电气组件，所述电气组件的所述电力变换器经由第一DC传输介质和第二DC传输介质被连接至另一个电力变换器。

[0025] 本发明的电力传输网络也具有与其电气组件相关的优点。

[0026] 可选地，所述电力变换器和所述另一个电力变换器中的每个是三相电力变换器。

附图说明

[0027] 现在将参照以下附图，通过非限制示例来简要描述本发明的优选实施例，在附图中：

[0028] 图1示出根据本发明的第一实施例的电气组件的示意图；

[0029] 图2(a)示意性地示出在发生DC网络故障之后的第一模式中图1所示的电气组件的操作；

[0030] 图2(b)示意性地示出在发生DC网络故障之后的第二模式中图1所示的电气组件的操作；

[0031] 图2(c)示意性地示出在另一个模式中图1所示的电气组件的操作；

[0032] 图3示出根据本发明的另一个实施例的包括电气组件的电力传输网络的示意图；以及

[0033] 图4示出根据本发明的又一个实施例的包括电气组件的电力传输网络的示意图。

具体实施方式

[0034] 根据本发明的第一实施例的电气组件由附图标记10一般性地指定。

[0035] 电气组件10包括电力变换器12，所述电力变换器12具有第一DC端子14和第二DC端子16以及AC端子20，其中第一DC端子14和第二DC端子16在使用中被连接至DC网络18，AC端子20在使用中被连接至AC网络22。

[0036] 电力变换器12可以是电压源型变换器，其包括在第一DC端子14和第二DC端子16之间延伸的变换器臂(未示出)，并且包括在第一DC端子14与AC端子20之间延伸的第一臂部，以及在第二DC端子16与AC端子20之间延伸的第二臂部。

[0037] 每个这种臂部可以包括多个串联连接的模块，其可以选择性地提供可以被用于增大或减小AC端子20处电压的电压源，并且由此在DC网络18与AC网络20之间转移电力。

[0038] 然而，其它这种电力变换器也是可以的。

[0039] 本发明的电气组件10还包括在使用中将AC端子20与地26互连的接地电路24，即，由大地提供的回流路径。在接地电路24与AC端子20之间串联连接为电感器25的形式的电抗器。

[0040] 接地电路24在AC端子20与地26之间限定第一电流流动路径28和第二电流流动路径30。

[0041] 第一电流流动路径28包括开关元件32，其是可操作的以选择性地断开和闭合第一电流流动路径28。

[0042] 开关元件32可以是切断开关，例如，其为被用于确保电路完全断电以便维护或维修类型的切断开关。当这种切断开关的触点接近闭合时，其可能经受高接通电流，所以这种触点必须适合于闭合到负载电流。

[0043] 开关元件32也可以是通常在大约40至200ms内闭合的一类AC断路器。因此，这种断路器非常适合用作快速动作接通开关。

[0044] 开关元件32也可以是被配置为DC切换任务的机械开关。

[0045] 开关元件32还可以是由一个或多个串联连接的电力电子元件(诸如类似绝缘栅双极型晶体管(IGBT)的半导体器件)构造的装置。

[0046] 第二电流流动路径30包括第一电流流动控制元件34，在所示实施例中，第一电流流动控制元件34被配置为当第一电流流动路径28断开时在第一模式中操作，在所述第一模式中使得通过第二电流流动路径30的电流流动最小化(即，减小为尽可能地接近零)；并且当第一电流流动控制元件34两端的电压超过预定阈值时在第二模式中操作，在所述第二模式中允许电流流过第二电流流动路径30。

[0047] 尤其，在所示实施例中，第一电流流动控制元件34是非线性电阻器，尤其是涌流放电器(surge arrestor)36。

[0048] 在其它实施例中，第一电流流动控制元件34可以采取不同的形式。

[0049] 在所示实施例中，第一电流流动路径28还包括与开关元件32串联连接的第二电流流动控制元件38。第二电流流动控制元件38被配置为将流过其的电流减小到比第一电流流动控制元件34当被配置为在其第一模式中操作时更小的程度。

[0050] 第二电流流动控制元件38是线性电阻器40，线性电阻器40具有比由涌流放电器36当在其第一模式中操作时提供的电阻效应更小的电阻。

[0051] 除了上述，电气组件10还包括控制单元42，其被操作性地连接到第一DC端子14和第二DC端子16中的每个以及连接到开关元件32。

[0052] 控制单元42被配置为监测第一DC端子14和第二DC端子16以检查在DC端子14、16的一个或两者处显现的DC网络故障的发生。

[0053] 控制单元42还被配置为操作开关元件32以在发生DC网络故障之后的预定时间段闭合第一电流流动路径28(否则，其通常被保持为断开)。

[0054] 在本发明的其它实施例中，控制单元42可以被配置在不同的预定点处操作开关元件32。例如，控制单元42可以被配置为监测被存储在第一电流流动控制元件34(例如，涌流放电器36)中的能量，并且被配置为当涌流放电器36耗散的能量达到预定阈值时操作开关元件32以闭合第一电流流动路径28。

[0055] 在图2(a)至图2(c)中示意性地示出在使用中电气组件10的操作，尤其是在发生DC网络故障之后电气组件10的操作。

[0056] 一类DC网络故障是在第一DC传输介质(即第一DC传输电缆44)与地26之间的DC短路44，如图2(a)所示。当这种故障出现在第二DC传输介质(即第二DC传输电缆46)中时，这种故障经常被暴露于电力变换器12在第一DC端子14和第二DC端子16之间产生的全变换器电压V_{DC}，使得在AC端子20处出现电压$V_{DC/2}$。AC端子电压$V_{DC/2}$通常是全变换器电压V_{DC}的一半。

[0057] 在这种情况下，开关元件32被配置为保持第一电流流动路径28断开，使得第二电流流动路径30(其中涌流放电器36在其第一模式中操作)仅仅提供在AC端子20与地26之间的电流路径，以最小化通过第二电流流动路径30的电流。根据相关网络的操作条件来选择涌流放电器36的电流流动限制特性，使得能够通过第二电流流动路径30的电流通常小于1A，即尽可能实际地接近零并且在电力变换器12的普通操作参数范围内基本上可以忽略。

[0058] 于是，涌流放电器36基本上阻止AC端子电压$V_{DC/2}$到地26的放电，并且这允许电力变换器12在整个DC网络故障44期间在DC网络18与AC网络20之间持续转移电力。

[0059] 以这种方式，涌流放电器36也基本上抑制了在故障的DC网络18内DC循环电流的流动，使得，如果需要的话，例如DC断路器、DC负载断路开关或AC断路器可以被断开而不被暴露于有破坏性的故障电流，以便将DC网络18从AC网络20断开。

[0060] 如果在AC端子20处出现暂态过电压，即AC端子处的电压超过预定阈值(该预定阈值等于涌流放电器36的“触发”或“钳位”电压)，则涌流放电器36此后将在其第二模式中操作。根据与AC端子20相关联的中性点(starpoint)端子的绝缘的电压保护额定值来选择预定阈值，并且使得AC端子处的电压不超过安全限制，超过该安全限制，电力变换器12的AC侧可能会被损坏。

[0061] 当在其第二模式中操作时，涌流放电器36允许电流通过第二电流流动路径30，如图2(b)所示，因此提供到地26的第一路径50，从而过电压能够被安全地释放。因此，涌流放电器36的这种操作提供了电力变换器12的AC侧的自动保护。

[0062] 假如在AC端子20处不出现暂态过电压，则涌流放电器36继续提供通过第二电流流动路径30的电流的上述限制。

[0063] 在这种情况下，已经识别发生DC网络故障(即，DC短路44)的控制单元42操作开关元件32，以闭合第一电流流动路径28，并且从而提供到地26的第二路径52，如图2(c)所示。

[0064] 控制单元42被配置为在发生DC短路44之后的预定时间段以这种方式操作开关元件32。可以确定这种时间段的一种方式是参照DC网络18中的任何故障清除装置(未示出)通常可以清除这种故障所需的时间段。

[0065] 尤其，发生DC网络故障与控制单元42操作开关元件32以闭合第一电流流动路径28之间的延迟，被选择为使得故障清除装置通常清除该故障的时间。

[0066] 当未剩余DC网络故障时，第一DC端子14和第二DC端子16能够返回到其正常操作电压。但是，每个DC端子14、16处的电压之间可能存在不平衡，例如每个电压的幅值可能不同，使得在AC端子20处剩余小的电压。

[0067] 闭合开关元件32以及所得到的到地26的第二路径52，对任何剩余的AC端子电压放电，并且因此作用为去除在第一DC端子14和第二DC端子16之间的任何电压不平衡。

[0068] 第二电流流动控制元件38(即线性电阻器40)作用为控制这种放电发生的速率以及因此控制去除电压不平衡的速率。

[0069] 如果DC网络故障仍然存在，例如当DC网络18中的故障清除装置失灵时，则闭合开关元件32以及所得到的到地26的第二路径52将以受控的方式经由线性电阻器40对仍剩余的AC端子电压$V_{DC/2}$进行放电，并且因此提供对电力变换器12的AC侧的一定程度的备用保护。

[0070] 图3示意性示出根据本发明的第二实施例的电气组件60。

[0071] 第二电气组件60类似于第一电气组件10并且类似的功能共用相同的附图标记。

[0072] 然而，第二电气组件60与第一电气组件10的不同之处在于，第二电气组件60包括为电压源型变换器形式的第二电力变换器62，第二电力变换器62包括三个变换器臂，每个变换器臂与三相AC网络20的给定相位相关联。

[0073] 每个相位具有与其相关联的给定AC端子20A、20B和20C，其每个通过相应电感器25与接地电路24串联连接。

[0074] 第二电力变换器62经由第一DC传输电缆46和第二DC传输电缆48与另外的电力变换器64连接以限定电力传输网络66。

[0075] 在使用中，第二电气组件60以与第一电气组件10非常类似的方式操作，针对每个AC端子20A、20B和20C作用的接地电路24基本上与上述针对第一电气组件中电力变换器12

的单个AC端子20相同的方式作用。

[0076] 在其它实施例中，可以设想，第二电气组件60可以包括多个接地电路24并且可以省略电感器25，使得多个接地电路24中的每个与AC端子20A、20B和20C中的相应一个独立地且直接地连接，如图4所示。

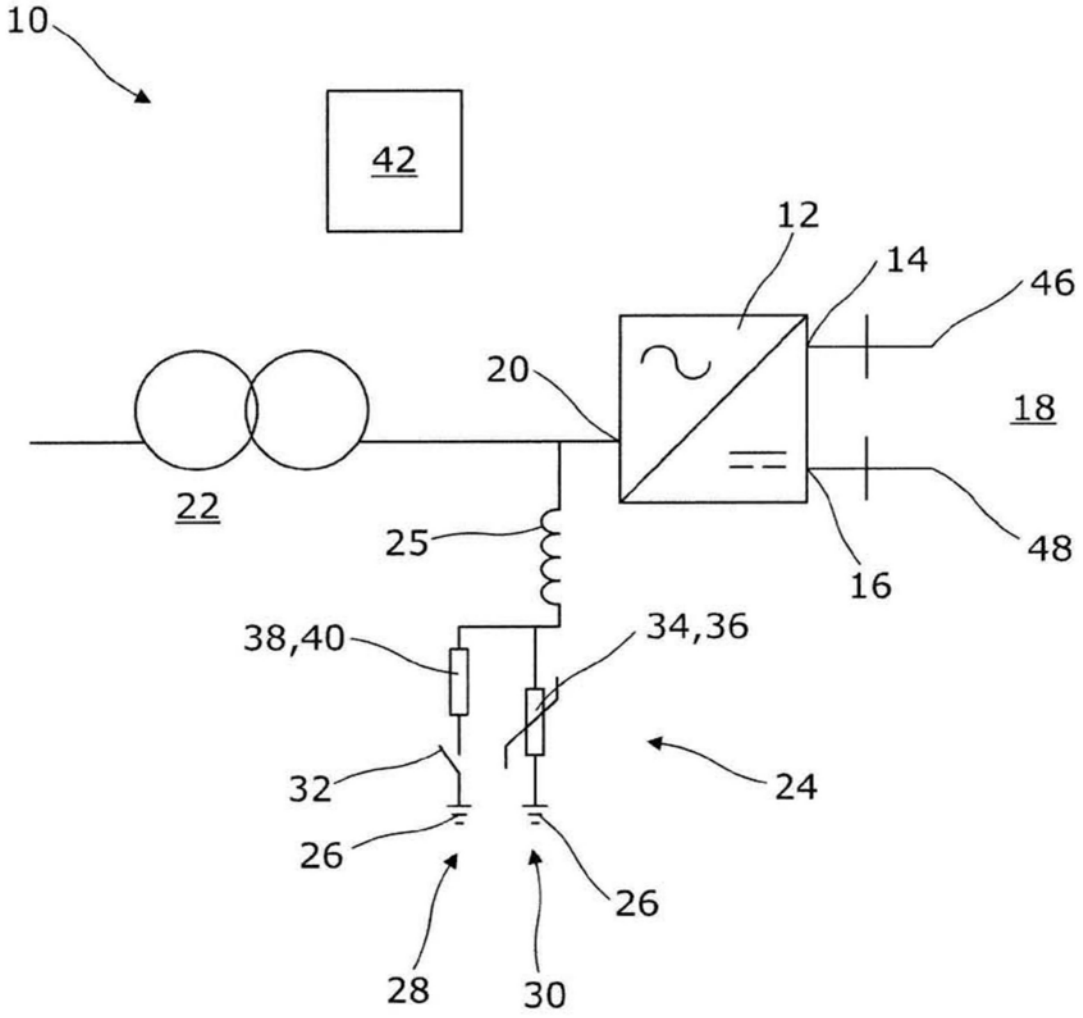

10
42
12
14
46
20
18
22
25
48
16
38,40
34,36
32
24
26
26
28
30

图1

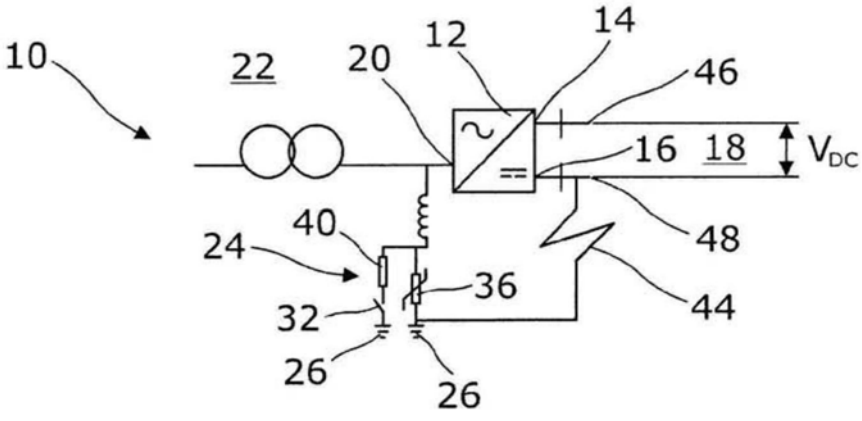

10
22
20
12
14
46
16
18
V_{DC}
40
24
48
36
44
32
26
26

图2(a)

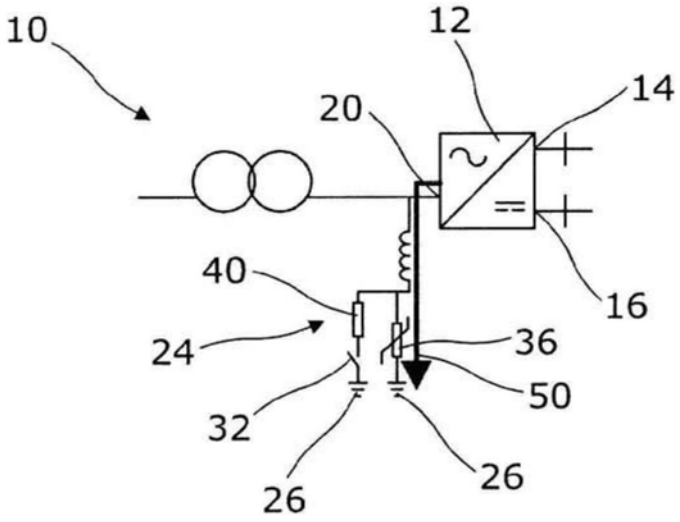


图2(b)

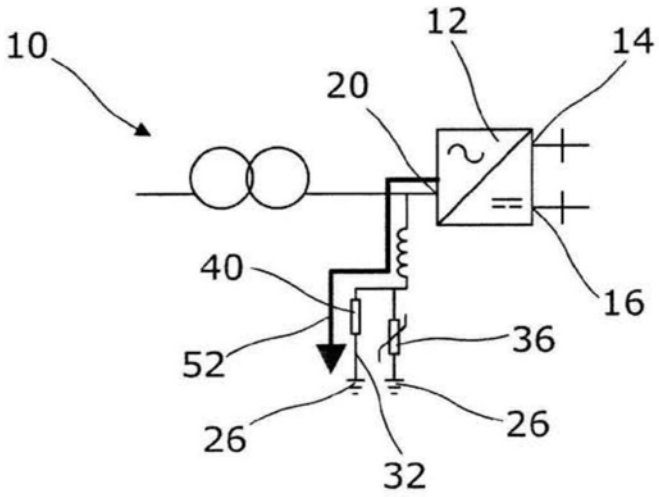


图2(c)

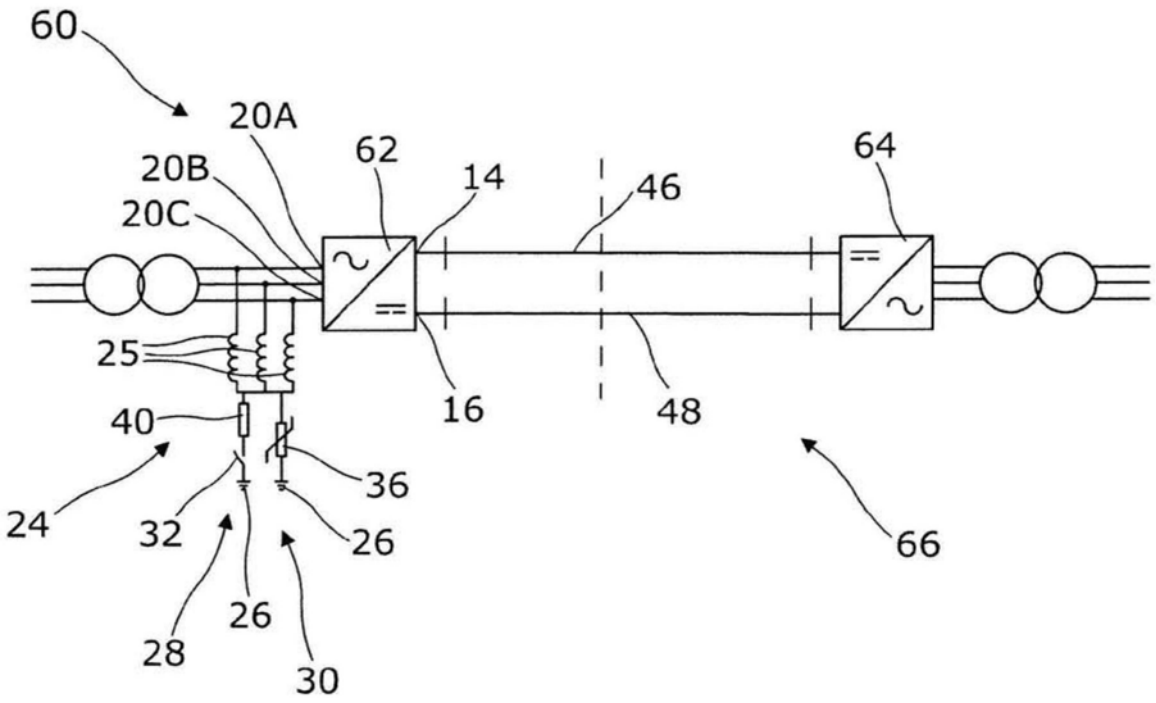

60
20A
20B
20C
62
14
46
64
25
16
48
40
24
36
32
26
66
26
28
30

图3

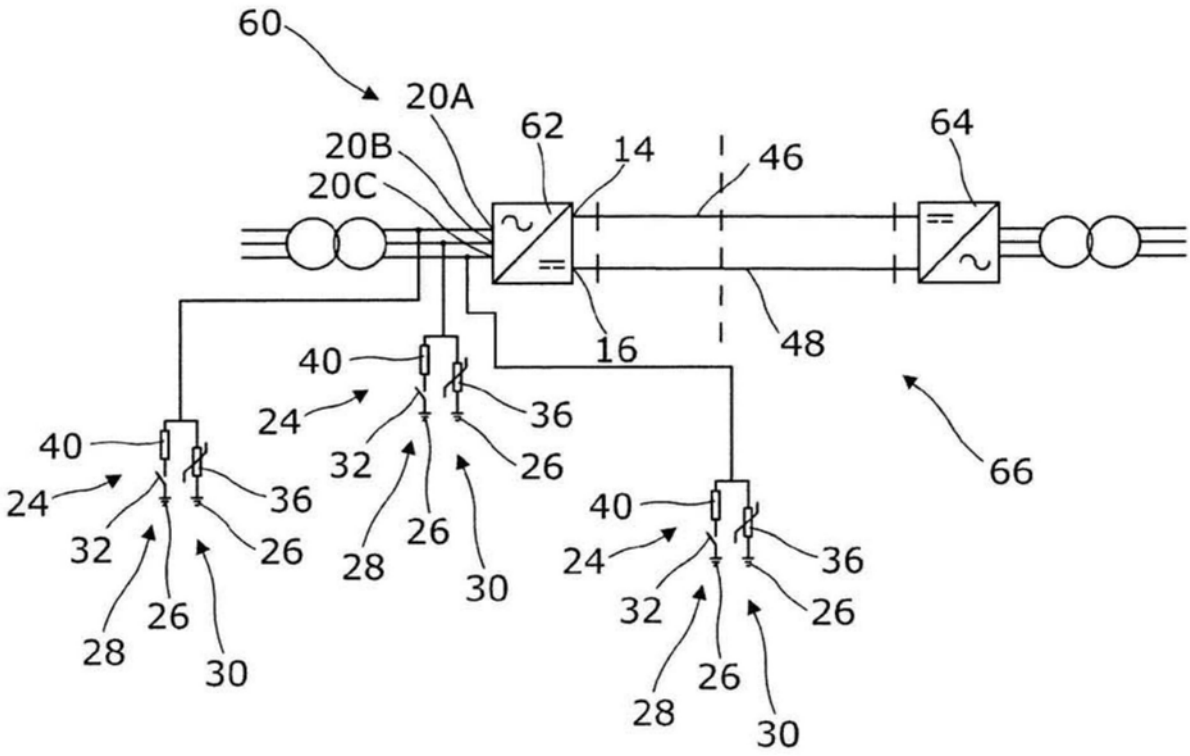

60
20A
20B
20C
62
14
46
64
16
48
40
24
36
32
26
66
28
30

图4