



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102577066 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 27

(21) 申请号 200980160796. 4  
 (22) 申请日 2009. 08. 03  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2012. 02. 03  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/EP2009/060051 2009. 08. 03  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02011/015227 EN 2011. 02. 10  
 (73) 专利权人 阿尔斯通技术有限公司  
 地址 瑞士巴登布朗  
 (72) 发明人 大卫·特瑞纳  
 查诺克·科林·戴维森  
 (74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
 11332  
 代理人 杨生平 钟锦舜

US 2003202367 A1, 2003. 10. 30,  
 Konstantinou, G. S. 等. Performance  
 evaluation of half-bridge cascaded  
 multilevel converters operated with  
 multicarrier sinusoidal PWM techniques.  
 《Industrial Electronics and Applications,  
 2009. ICIEA 2009. 4th IEEE Conference on  
 Industrial Electronics and Applications,  
 2009. ICIEA 2009. 4th IEEE Conference on  
 》. 2009,

审查员 王迅

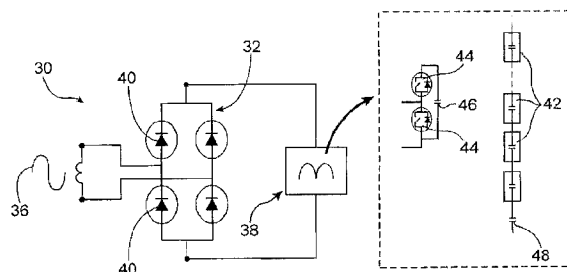
(51) Int. Cl.  
 H02M 5/293(2006. 01)  
 H02M 5/458(2006. 01)  
 H02M 1/42(2006. 01)

(56) 对比文件  
 WO 03023933 A1, 2003. 03. 20,  
 US 2003202367 A1, 2003. 10. 30,

权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称  
 带无功功率补偿的变换器

(57) 摘要  
 用于高压直流电力传输的电压源变换器(30), 包括单独由串联的二极管(40) 组成的至少一个相元件(32), 该相元件用于使直流网络(34) 和交流网络(36) 互连。电压源变换器(30) 进一步包括至少一个辅助变换器(38), 用于对这个或每个相元件(32) 的直流侧的脉冲电压进行修正。



1. 一种用于高压直流电力传输的电压源变换器,该电压源变换器包括单独由串联的二极管构成的至少一个桥式整流器,该桥式整流器用于在使用中使直流网络与交流网络互连,且该电压源变换器包括至少一个辅助变换器,该辅助变换器包括连接至所述至少一个桥式整流器的直流侧的单相多级变换器,从而对存在于所述桥式整流器或每个桥式整流器的直流侧的直流电压进行修正,其中,所述辅助变换器或每个辅助变换器是可控制的,用于合成预定波形给所述桥式整流器或每个桥式整流器的直流侧,导致在所述桥式整流器的交流侧产生具有最小谐波失真的近乎完美的正弦波,

其中,所述辅助变换器或每个辅助变换器在所述桥式整流器或每个桥式整流器的直流侧合成与偏置整流正弦曲线波形极为接近的波形。

2. 根据权利要求 1 所述的电压源变换器,其中,所述单相多级变换器或每个单相多级变换器是飞跨电容型变换器或中性点二极管钳位变换器。

3. 根据权利要求 1 所述的电压源变换器,其中,所述单相多级变换器或每个单相多级变换器是链式变换器。

4. 根据权利要求 3 所述的电压源变换器,其中,所述链式变换器或每个链式变换器包括串联的一串模块,每个模块包括与能量存储设备并联的至少一对半导体开关,且所述半导体开关是可控开关,从而所述串联的一串模块提供连续可变电压源。

5. 根据权利要求 4 所述的电压源变换器,其中,所述链式变换器包括串联的一串模块,每个模块包括以半桥布置方式并联的一对半导体开关和能量存储设备,以限定能够生成零电压或正电压的 2 象限单级模块。

6. 根据权利要求 4 所述的电压源变换器,其中,所述链式变换器包括串联的一串模块,每个模块包括以全桥布置方式并联的两对半导体开关和能量存储设备,以限定能够生成正电压或负电压的 4 象限双极模块。

7. 根据权利要求 6 所述的电压源变换器,其中,所述链式变换器包括使所述变换器偏置的能量源。

8. 根据权利要求 7 所述的电压源变换器,其中,所述能量源是蓄电池、燃料电池或充电的电容器。

9. 根据权利要求 4 至 8 中任一项所述的电压源变换器,其中,所述能量存储设备是蓄电池、燃料电池或电容器。

10. 根据权利要求 4 所述的电压源变换器,其中,每个半导体开关是绝缘栅双极晶体管、门极可关断晶闸管或集成门极换流晶闸管。

11. 根据权利要求 1 所述的电压源变换器,其中,多个桥式整流器和至少一个辅助变换器在电路的直流侧串联,以限定用于多相电力传输的两端直流网络。

12. 根据权利要求 1 所述的电压源变换器,其中,辅助变换器与所述桥式整流器或每个整流器串联,所述桥式整流器或每个桥式整流器与相应的辅助变换器形成单相变换器支路。

13. 根据权利要求 1 所述的电压源变换器,其中,辅助变换器与所述桥式整流器或每个桥式整流器并联,所述桥式整流器或每个桥式整流器与相应的辅助变换器形成单相变换器支路。

14. 根据权利要求 3 所述的电压源变换器,其中,所述桥式整流器或每个桥式整流器连

接至交流变压器的主绕组,所述辅助变换器包括与所述桥式整流器或每个桥式整流器并联的一对链式变换器,这对链式变换器与所述交流变压器的次绕组以全桥方式布置。

15. 根据权利要求 3 所述的电压源变换器,其中,所述桥式整流器或每个桥式整流器连接至交流变压器的主绕组,所述辅助变换器包括与所述桥式整流器或每个桥式整流器并联的链式变换器,该链式变换器与所述交流变压器的次绕组以半桥方式布置。

16. 根据权利要求 14 所述的电压源变换器,其中,所述辅助变换器或每个辅助变换器包括切换布置,该切换布置是可控制的,用于根据需要交流变压器的次绕组接入电路或与电路断开。

17. 根据权利要求 16 所述的电压源变换器,其中,所述切换布置包括一个或多个机械开关和 / 或半导体开关。

18. 根据权利要求 12 所述的电压源变换器,其中,在所述至少一个桥式整流器的直流侧串联多个单相变换器支路,以限定用于多相电力传输的两端直流网络。

19. 根据权利要求 12 所述的电压源变换器,其中,在所述至少一个桥式整流器的直流侧并联多个单相变换器支路,以限定用于多相电力传输的两端直流网络。

20. 根据权利要求 19 所述的电压源变换器,进一步包括在每个支路与相邻支路或每个相邻支路之间互连的缓冲电抗器。

## 带无功功率补偿的变换器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于高压直流 (High Voltage Direct Current, HVDC) 电力传输的电压源变换器。

### 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,以通过架空线路和 / 或海底电缆进行传输。这种变换不需要对受传输线路或电缆影响的交流电容性负载作用进行补偿,因而减少了每公里线路和 / 或电缆的成本。因此,当电力需要长距离传输时,从交流变换到直流可体现出经济效益。

[0003] 在需要将工作于不同频率下的交流网络进行互连的电力传输网络中,也将交流电变换为直流电。

[0004] 在任何这样的电力传输网络中,在交流电和直流电之间的每个接口都需要变换器,以实现所需变换,这种形式的变换器之一是电压源变换器 (Voltage Source Converter, VSC)。

[0005] 一种形式的已知电压源变换器如图 1a 所示,且包括六组串联的绝缘栅双极型晶体管 (Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT) 10 和反并行二极管 12。IGBT 10 通过串联在一起连接和切换,以使得能够实现数十至数百兆瓦 (MW) 的大额定功率。

[0006] 然而,这种方式需要复杂的有源 IGBT 驱动,且需要大的无源缓冲器元件,以保证串联的 IGBT 10 串两端的高电压在变换器切换期间可适当地共享。另外,在交流电源频率的每个周期上,IGBT 10 需要在高电压下进行数次接通和关断,以控制馈送至交流网络 16 的谐波电流。这些因素导致损耗高、电磁干扰的级别高以及设计复杂。

[0007] 另一种已知电压源变换器如图 1b 所示,其包括多级变换器布置。该多级变换器布置包括串联的变换器桥或单元 18,每个变换器单元 18 包括一对串联的 IGBT 20,这对串联的 IGBT 20 与电容器 22 并联。每个变换器单元 18 在不同时间切换,且这种布置消除了与直接切换串联的 IGBT 有关的问题,这是因为各变换器单元 18 并非同时切换且变换器阶跃相对较小。

[0008] 然而,每个变换器单元 18 的电容器 22 必须具有高电容值,以抑制多级变换器布置中电容器端子上的电压变化。此外还需要六个直流侧电抗器 24,以使得实现变换器支路的并联连接及操作,且直流侧电抗器 24 主要用来限制在变换器支路之间的瞬变电流。

[0009] 这些因素导致设备昂贵、巨大且笨重,具有相当大量的存储能量,使得该设备的预装配、测试及运输困难。

[0010] 另外,使用大量单独控制的单元意味着在地电平控制和高电压变换器之间常需要很多光纤通信通道。这很复杂、昂贵,且需要繁杂的设计及非常快速而精确的处理。

### 发明内容

[0011] 根据本发明的一方面,提供一种用于高压直流电力传输的电压源变换器,该电压

源变换器包括单独由串联的二极管构成的至少一个相元件和至少一个辅助变换器,所述相元件用于在使用中使直流网络与交流网络互连,所述辅助变换器作为波形合成器,用于对呈现于所述相元件或每个相元件的直流侧的直流电压进行修正。

[0012] 使用单独由串联的二极管组成的相元件可运行电压源变换器作为 1 象限整流器操作,该 1 象限整流器中,电力仅单向流动。因此,这允许产生一种电压源变换器,仅用于从连接至该变换器的交流侧的交流网络向连接至该变换器的直流侧的直流网络传递电力。

[0013] 在交流网络和直流网络之间的这种非对称的电力输出 - 输入使得电压源变换器适用于高电压应用如近海风电场中,所述高电压应用显著偏向于来自交流网络的电力的输出且仅需最小的电力输入。

[0014] 由于使用单独由串联的二极管组成的至少一个相元件可确保电力仅从交流网络流向直流网络,所以可以省略在未使用相元件的情况下会需要的用于促使从直流网络向交流网络传递电力的其它元件,即半导体开关。由此,这会导致提高效率,这是因为这个相元件或每个相元件中的二极管不要求任何形式的控制。因此,在未使用相元件的情况下需要的用于控制半导体开关的栅极驱动、光纤通信链路和电源也可省略。

[0015] 因此,在非对称应用中,与有利于对称电力传输的电压源变换器相比,使用本发明的高电压变换器会导致尺寸、重量和成本减小。

[0016] 包括至少一个辅助变换器允许对呈现于电压源变换器的直流侧的直流电压进行整形,从而减小低阶谐波的作用。因此,包括至少一个辅助变换器允许在电压源变换器的交流侧产生带有较少谐波畸变的交流波形。

[0017] 优选地,这个辅助变换器或每个辅助变换器是可控制的,用于合成预定波形以呈现于这个相元件或每个相元件的直流侧。在一个这样的实施例,这个辅助变换器或每个辅助变换器是可控制的,用于合成与偏置整流正弦曲线波形极为接近的波形以呈现于所述相元件或每个相元件的直流侧。

[0018] 为相元件的直流侧合成并呈现偏置整流正弦曲线波形会产生具有最小谐波失真的近乎完美的正弦波。因此,在电压源变换器的交流侧不需要谐波滤波器来控制电力质量。

[0019] 为相元件的直流侧合成并呈现该偏置整流正弦曲线波形还使得二极管可在接近零电压处切换,由此减小了变换器正常操作中的切换损失,同时确保受辅助变换器影响和控制的提供给串联二极管的电压曲线是缓慢变化的波形,而非正常施加的高电压阶跃。

[0020] 优选地,这个辅助变换器或每个辅助变换器包括用作高精度波形合成器的单相多级变换器。

[0021] 优选地,单相多级变换器是链式型变换器。然而,在其它实施例中,单相多级变换器可以是二极管钳位变换器或飞跨电容型变换器。

[0022] 使用多级变换器可允许合成高精度波形,因此,在主变换器设计内部无需复杂的有源栅极驱动和大电压共享元件。因此产生更简单、更经济且更高效的硬件。

[0023] 优选地,这个或每个链式变换器包括串联的一串模块,每个模块包括与能量存储设备并联的至少一对半导体开关,该半导体开关在使用中是可控的,使得串联连接的这串模块提供连续可变电电压源。

[0024] 通过将多个模块插入链式变换器中,链式变换器的结构使得可建立组合电压,该组合电压比各模块所提供的电压大。通过连续改变该组合电压的值,链式变换器可用于产

生复杂的电压波形。

[0025] 链式型变换器的使用还允许使用单向（即，产生仅一个极性的电压阶跃）或双向（即，产生正极和负极的电压阶跃）变换器。

[0026] 为了提供单向单相多级变换器，链式型变换器可包括串联的一串模块，每个模块包括以半桥布置方式并联的一对半导体开关和能量存储设备，以限定能够产生零电压或正电压的 2 象限单级模块。

[0027] 为了提供双向单相多级变换器，链式型变换器可包括串联的一串模块，每个模块包括以全桥布置方式并联的两对半导体开关和能量存储设备，以限定能够产生正电压或负电压的 4 象限双极模块。

[0028] 在应用一个或多个双向单相多级变换器的实施例中，优选地，链式变换器包括对变换器加偏压的能量源。例如，该能量源可采用蓄电池、燃料电池或带电电容器的形式。

[0029] 类似地，每个模块的能量存储设备可采用蓄电池、燃料电池或带电电容器的形式。

[0030] 能量源和能量存储设备可实际上包括任何能够存储和释电能以提供电压的设备。这种灵活性在设计处于不同地方的变流器站时非常有用，因为在不同地方，设备的可用性随着位置和运输难度而变。

[0031] 优选地，每个半导体开关是绝缘栅双极晶体管、门极可关断晶闸管或集成门极换流晶闸管。

[0032] 使用半导体开关是有优势的，因为此设备的尺寸和重量小，并具有相对较低的功率消耗，从而减小了对冷却装置的需要。因此，可有效减少电力变换器的成本、尺寸和重量。

[0033] 这个相元件或每个相元件可与这个辅助变换器或每个辅助变换器串联或并联。

[0034] 在一个这样的实施例中，多个相元件与电路直流侧的至少一个辅助变换器串联，以限定用于多相电力传输的两端直流网络。

[0035] 在其它实施例中，辅助变换器可与这个相元件或每个相元件串联，从而这个相元件或每个相元件及相应的辅助变换器形成单相变换器支路。

[0036] 在进一步的实施例中，辅助变换器可与这个相元件或每个相元件并联，从而这个相元件或每个相元件和相应的辅助变换器形成单相变换器支路。

[0037] 不论辅助变换器与每个单相变换器支路中的这个相元件或每个相元件是串联还是并联，通过在电路的直流侧串联或并联连接多个变换器支路可构建多相电压源变换器，以限定用于多相电力传输的两端直流网络。

[0038] 在多个变换器支路并联的实施例中，优选地，在每个支路和相邻支路或每个相邻支路之间互连缓冲电抗器，从而使每个变换器支路和相邻支路或每个相邻支路之间的动态交互作用最小化。

[0039] 如上概述，使用单独由串联二极管构成的至少一个相元件意味着：在使用中，电压源变换器仅可从连接至变换器的交流侧的交流网络向连接至变换器的直流侧的直流网络传递电力。然而，可预想到，在这个辅助变换器或每个辅助变换器包括链式变换器的实施例中，这个辅助变换器或每个辅助变换器可被配置为在使用中使得有限量的有效功率能够从直流网络传递到交流网络。

[0040] 这是因为通过控制交流侧变换器产生的波形的相角和幅度，多级变换器能够以 4 象限操作，因此能够吸收或产生有效功率和无功功率。

[0041] 在一个这种实施例中,这个相元件或每个相元件被连接到交流变压器的主绕组而辅助变压器包括与这个相元件或每个相元件串联的一对链式变换器,且这对链式变换器与交流变压器的次绕组以全桥(或半桥)方式布置。

[0042] 辅助变换器在使用中通过交流变压器的次绕组连接到交流网络,使得在直流网络和交流网络之间交换有效功率。

[0043] 在这个相元件或每个相元件连接至交流变压器的主绕组的另一个这样的实施例中,辅助变换器可包括与这个相元件或每个相元件并联的链式变换器,该链式变换器与交流变压器的次绕组以半桥方式布置。

[0044] 优选地,在这样的实施例中,这个辅助变换器或每个辅助变换器包括切换布置,且切换布置是可控制的,用于按要求将交流变压器的次绕组接入电路和与电路断开。然后,在电压源变换器正常操作期间次绕组可从这个辅助变换器或每个辅助变换器上断开,而当需从直流网络向交流网络传递电力时次绕组连接到这个辅助变换器或每个辅助变换器。

[0045] 任何这样的切换布置可包括机械开关和/或半导体开关。

## 附图说明

[0046] 现通过非限制性示例,参考下述附图对本发明的优选实施例进行描述,附图中:

[0047] 图 1a 和图 1b 示意性示出现有技术中用于高压直流电力传输的电压源变换器;

[0048] 图 2 和图 3 示意性示出了根据本发明实施例的电压源变换器;

[0049] 图 4 到图 8 示出了图 2 和图 3 所示电压源变换器的特定实施例;

[0050] 图 9 示意性示出了根据本发明实施例的电压源变换器;及

[0051] 图 10 和图 11 表示图 9 所示电压源变换器的特定实施例。

## 具体实施方式

[0052] 在图 2 中示例性示出了根据本发明的电压源变换器 30。

[0053] 电压源变换器 30 包括单独由串联的二极管 40 构成的相元件 32,用于在使用时使直流网络 34 和交流网络 36 互连。电压源变换器 30 还包括辅助变换器 38 作为波形合成器,用于对呈现给相元件 32 的直流侧的直流电压进行修正。

[0054] 相元件 32 包括两对串联二极管 40,这两对串联二极管 40 以全桥方式并联,以形成桥式整流器。在交流到直流电压变换期间,每对串联二极管 40 在 180 个电度内导通。因此,电压源变换器 30 的相元件 32 作为一象限整流器,这使得电力能够从交流网络 36 流向直流网络 38。

[0055] 相元件 32 的二极管 40 由于它们的无源特性而不需要任何形式的控制。因此,图 2 所示的相元件 32 提供了用于高电压应用中的特别高效的结构,所述高电压应用显著偏向于来自交流网络的电力的输出且仅需最小的电力输入。

[0056] 参考图 3,可预想到在其它实施例中,电压源变换器 30 的该相元件 32 或每个相元件 32 可包括二极管 40 串,以利于所需的交流到直流电压变换。

[0057] 辅助变换器 38 包括单相多级变换器,该单相多级变换器在使用中对呈现给相元件 32 的直流侧的电压进行修正,以合成与偏置整流正弦曲线波形极为接近的波形。这会导致在相元件 32 的交流侧产生具有最小谐波失真的近乎完美的正弦波。

[0058] 因此,电压源变换器 30 在相元件 32 的交流侧不需要谐波滤波器来控制电力质量。在没有辅助变换器 38 时,相元件 32 会从交流网络 36 引出包含很大低阶谐波(诸如 3 阶、5 阶、7 阶和 9 阶谐波)的电流,这会在交流侧波形中产生不希望有的谐波失真,除非引入谐波滤波器。

[0059] 在相元件 32 的交流侧产生近乎完美的正弦波形会使得二极管 40 在接近零电压处切换(也称为“软切换”),因此使电压源变换器 30 的正常操作中的切换损失最小化。

[0060] 在其它实施例中,可以想到,取决于电压源变换器 30 的期望的功能,可控制辅助变换器 38 以合成其它波形。

[0061] 使用辅助变换器 38 意味着呈现给相元件的二极管 40 的电压曲线受辅助变换器 38 影响和控制,该电压曲线是缓慢变化的波形,而非未使用辅助变换器 38 时会呈现给二极管 40 的高电压阶跃。因此,在主变换器设计内无需复杂的有源栅极驱动和大电压共享元件,而是产生更简单、更经济及更高效的硬件。

[0062] 辅助变换器 38 的使用还使得施加给二极管 40 的电压能够在故障情况期间根据需要而迅速斜变至零(或最小值),以利于在降低的电压下的软切换。

[0063] 在如图 3、4 和 5 所示的实施例中,辅助变换器 38 为链式(Chain-Link Converter)变换器形式,包括串联的一串模块 42。每个模块 42 包括与能量存储设备并联的至少一对半导体开关 44,该半导体开关 44 在使用中是可控的,使得该串模块 42 提供连续可变的电压源,且因此可用于合成所需的波形。

[0064] 参考图 4,链式变换器的每个模块 42 的能量存储设备采用电容器 46 形式,电容器 46 与两对半导体开关 44 以全桥布置连接,以形成 4 象限双极模块,该 4 象限双极模块能够生成正电压、零电压或负电压且可双向导电。

[0065] 模块 42 的每个半导体开关 44 包括伴有反并联连接的二极管的绝缘栅双极晶体管。

[0066] 参考图 5,链式变换器的每个模块 42 的能量存储设备也采用电容器 46 形式,该电容器 46 与一对半导体开关 44 以半桥布置方式连接,以限定能够生成零电压或正电压且能够双向导电的 2 象限单级模块。

[0067] 在其它实施例中,可预想到图 4 所示的每个双极模块 42 的电容器 46 或图 5 所示的每个单级模块 42 的电容器 46 可由蓄电池、燃料电池或其它能够存储和释放能量的设备代替。

[0068] 也能预想到每个绝缘栅双极晶体管可由伴有反向并联连接的二极管的不同半导体开关例如门极可关断晶闸管、场效应晶体管或者集成门极换流晶闸管来代替。

[0069] 在图 4 和图 5 中所示的每个电压源变换器 30 中,可通过改变半导体开关 44 的状态将每个模块 42 与相应的链式变换器旁路或插入相应的链式变换器中。

[0070] 当模块 42 的半导体开关 44 被配置为在模块 42 中形成短路时,模块 42 被旁路,这导致电压源变换器 30 中的电流流过该短路且旁路相应的电容器 46。

[0071] 当模块 42 的半导体开关 44 被配置为允许变换器电流流入和流出相应电容器 46 时,模块 42 被插入到相应的链式变换器中,该电容器于是能够释放其存储的能量并提供电压。

[0072] 因此,通过将多个模块 42 插入链式变换器中,可建立跨过每个链式变换器的组合



电压,该组合电压比相应各模块 42 中的每一个的电压大。通过控制半导体开关 44 的切换也可控制每个链式变换器,从而构建复杂的波形,并由此允许相应的辅助变换器合成与偏置整流正弦曲线波形极为接近的波形,以呈现给相元件 32 的直流侧。

[0073] 可预想到在应用双极模块 42 的实施例中,能量源可用于向辅助变换器 38 施加偏压,以合成所需的偏置波形。参考图 4,能量源采用充电的电容器 48 的形式。在其它实施例中,能量源可采用蓄电池或燃料电池的形式。

[0074] 在其它实施例中,可预想到所述辅助变换器或每个辅助变换器可包括其它单相多级变换器,例如能够合成高精度波形的飞跨电容型变换器或中性点二极管变换器。

[0075] 在如图 2 所示的实施例中,辅助变换器 38 与相元件 32 并联,以限定适于直流网络 38 与单相交流网络 36 之间的连接单相变换器 30。

[0076] 在其它实施例中,如图 3 所示,可预想到多个相元件 32 可互连,以提供适于直流网络 34 与多级交流网络 36 之间的连接的电压源变换器 30。参考图 3,在这样的实施例中,一个或多个辅助变换器 38 可与相元件 32 串联或并联。

[0077] 根据本发明实施例的三相多级电源变换器 50 如图 6 所示。

[0078] 三相多级变换器 50 包括串联连接以形成用于电传输的两端直流网络的三个单相变换器 30a、30b、30c。

[0079] 三相变换器 50 的每个单相变换器 30a、30b、30c 的结构和功能与图 4 所示的单相变换器 30 相同,每个单相变换器 30a、30b、30c 的辅助变换器 38a、38b、38c 包括全桥双极模块 42。

[0080] 图 7 示出根据本发明实施例的另一个三相多级变换器 52,其包括串联的三个单相变换器 30a、30b、30c。

[0081] 每个单相变换器 30a、30b、30c 的结构和功能与图 5 所示的单相变换器 30 相同,每个单相变换器 30a、30b、30c 的辅助变换器 38a、38b、38c 包括半桥单极模块 42。

[0082] 在如图 6 和图 7 所示的每个实施例中,辅助变换器 38a、38b、38c 独立操作且彼此间隔 120 电度。

[0083] 在使用中,图 6 和图 7 所示的每个实施例中的直流输出电压是分开操作 120 电度的各合成波形的总和。在正常操作中,这些在每个电压源变换器 50、52 的输出共计为 6 阶谐波波纹电压。

[0084] 变换器 50、52 中的每一个可看作产生直流传输方案的一个“极”(pole)。通过在所述装置的直流侧串联连接两个这样的极可构建双极方案。

[0085] 通过将 3 相星形绕组配置为三角形( $\Delta$ )(这在主侧可行),或者通过引入次级的更复杂的互连星形(或者 Z 字形),可通过变压器连接而引入附加的 30 电度的相移。这具有直流输出波纹幅度减小而变成 12 阶谐波波形的优点。

[0086] 图 6 和图 7 所示的变换器 50、52 的辅助变换器 38a、38b、38c 的直流电容器 46、48(链模块内的所有电容器)传导 2 阶谐波电流分量,而不是图 1b 所示多级变换器的现有技术所遇到的基本电流分量。因此,对于相同的额定电流,控制波纹电压漂移所需的电容约为所述值的一半。

[0087] 另外,图 6 和图 7 所示的变换器 50、52 的每个辅助变换器 38a、38b、38c 需要的模块 42 比图 1b 所示的现有技术中所需的明显更少。

[0088] 图 8 示出了根据本发明的进一步实施例的电压源变换器 54, 该电压变换器 54 中三个单相变换器 30a、30b、30c 并联以形成三相变换器。

[0089] 单相变换器 30a、30b、30c 可具有如图 4 或图 5 所示的形式。

[0090] 为了减小动态交互作用, 在每个单相变换器 30a、30b、30c 与其邻居之间连接有缓冲电抗器 56。

[0091] 参考图 9, 可以想到, 在所述辅助变换器 38 或每个辅助变换器 38 包括与所述相元件 32 或每个相元件 32 并联的链式变换器的实施例中, 所述辅助变换器 38 或每个辅助变换器 38 可被配置为在使用中使得有限量的有效功率能够从直流网络 34 传送到交流网络 36。

[0092] 这是因为通过控制交流侧变换器产生的波形的相角和幅度, 多级变换器能够以 4 象限操作, 因此能够吸收或产生有效功率。

[0093] 图 10 示出根据本发明的实施例的单相电压源变换器 58, 其具有将有效功率从直流网络 60 传送到交流网络 62 的能力。

[0094] 电压源变换器 58 包括相元件 64 和辅助变换器 68, 相元件 64 由以全桥布置方式并联的两对串联二极管 66 单独组成, 辅助变换器 68 与相元件 64 和直流网络 60 并联。

[0095] 相元件 64 与交流变压器的主绕组 70 连接, 而辅助变换器 68 与该交流变压器的次绕组 72 连接, 辅助变换器 68 包括与交流变压器的次绕组 72 以全桥 (或半桥) 布置方式连接的两个链式变换器 68a、68b。

[0096] 交流变压器的次绕组 72 连接在链式变换器 68a、68b 的中点之间, 使得连接点每侧的模块 74 的数目相等。

[0097] 尽管图 10 所示的电压源变换器 58 的每个链式变换器 68a、68b 包括半桥单级模块 74, 但可预想到在其它实施例中, 半桥单级模块 74 可由全桥双极模块代替。

[0098] 图 11 示出根据本发明的另一实施例的单相电压源变换器 76, 其具有将有效功率从直流网络 78 传送到交流网络 80 的能力。

[0099] 电压源变换器 76 包括相元件 82 和辅助变换器 86, 相元件 82 由以全桥布置方式并联的两对串联二极管 84 单独组成, 辅助变换器 86 与相元件 82 和直流网络 78 并联。

[0100] 相元件 82 与交流变压器的主绕组 88 连接而辅助变换器 86 与该交流变压器的次绕组 90 连接, 辅助变换器 86 包括与交流变压器的次绕组 90 以半桥布置方式连接的链式变换器。

[0101] 在图 11 所示的实施例中, 电压源变换器 76 进一步包括与相元件 82 和直流网络 78 并联的一对关联电容器 92。交流变压器的次绕组 90 被连接在辅助变换器 86 的链式变换器的中点与两个关联电容器 92 之间的中点之间, 使得连接点每侧的模块 94 的数量相等。

[0102] 尽管图 11 所示的电压源变换器 76 的辅助变换器 86 的链式变换器包括半桥单级模块 94, 但可预想到在其它实施例中, 半桥单级模块 94 可由全桥双极模块代替。

[0103] 优选地, 在图 10 和图 11 所示的每个实施例中, 辅助变换器 68、86 包括切换组件, 该组件可包括机械开关和 / 或半导体开关, 以利于切换交流变压器的次绕组 72、90, 使其根据需要而被接入电路或与电路断开。于是, 在正常操作期间可将交流变压器的次绕组 72、90 从电压源变换器 58、76 断开, 而当需要从直流网络 60、78 向交流网络 62、80 传递电力时将交流变压器的次绕组 72、90 连接到辅助变换器 68、86。

[0104] 可预想到, 多个单相电压源变换器 58、72 可采用与图 6、8 所示布置相似的方式互

连,以产生具有从直流网络向交流网络传递电力的能力的多相电压源变换器。

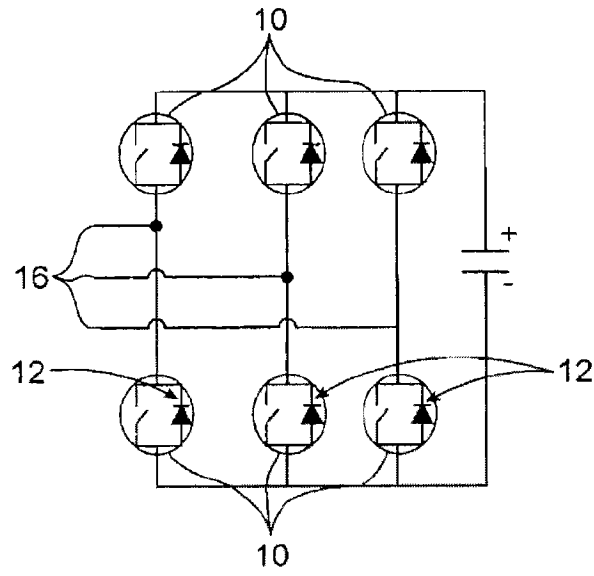


图 1a

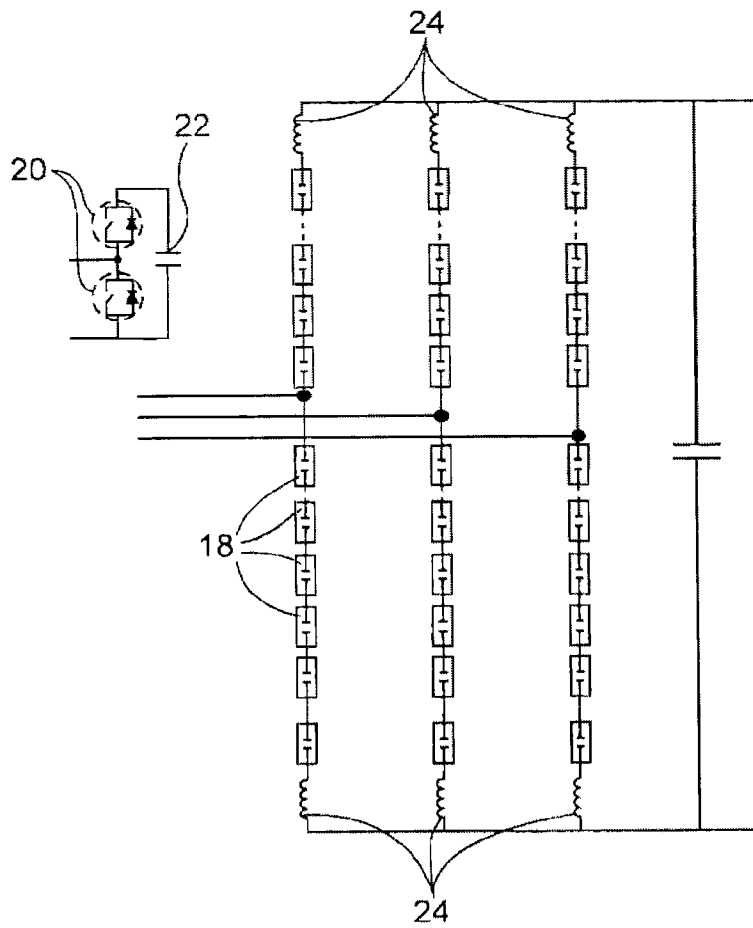


图 1b

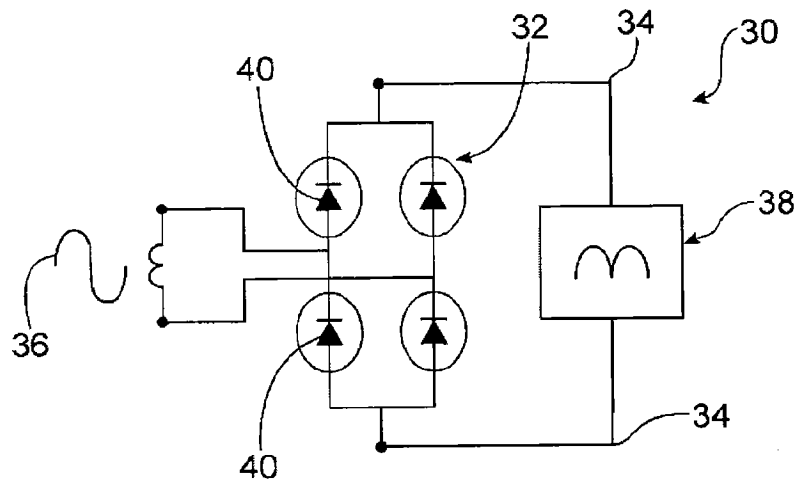


图 2

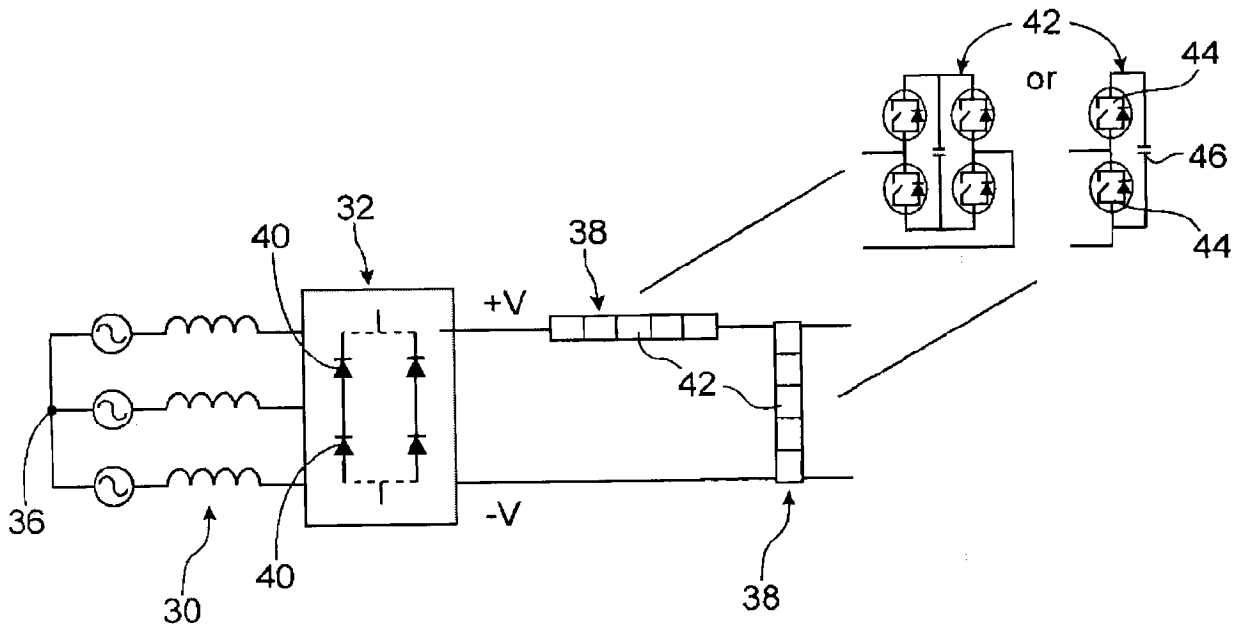


图 3

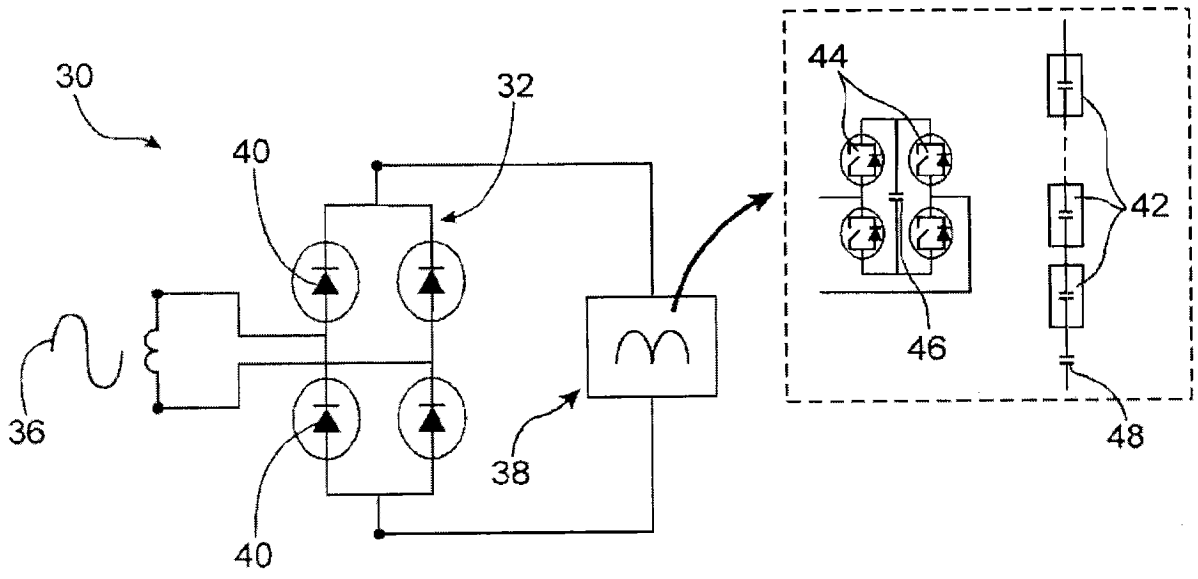


图 4

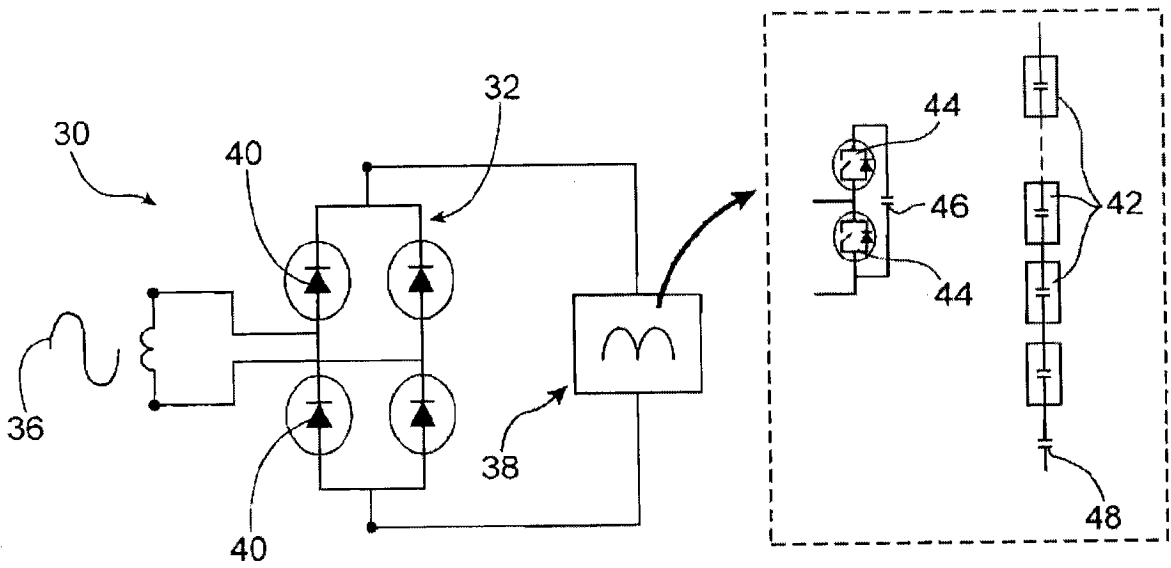


图 5

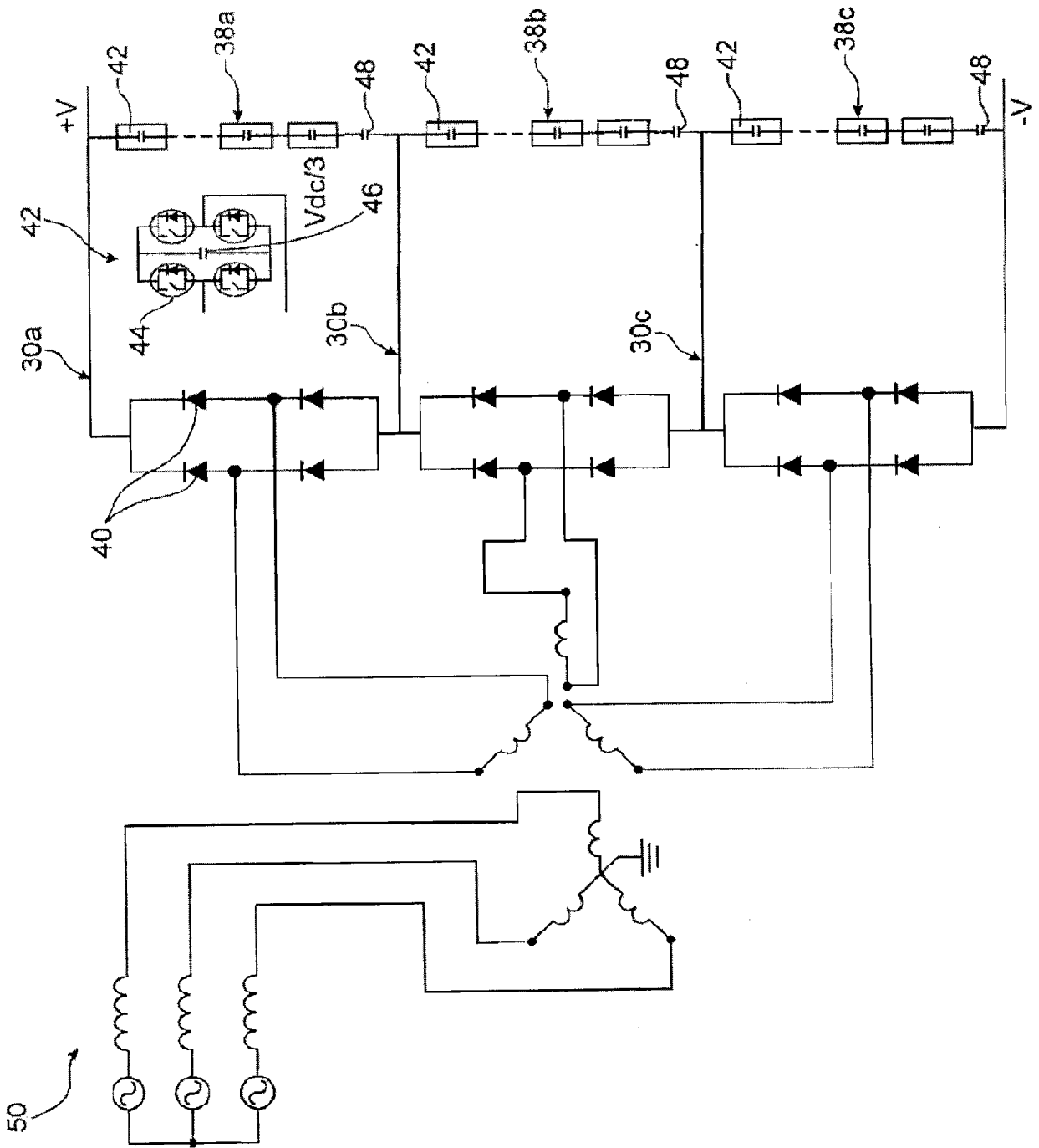


图 6

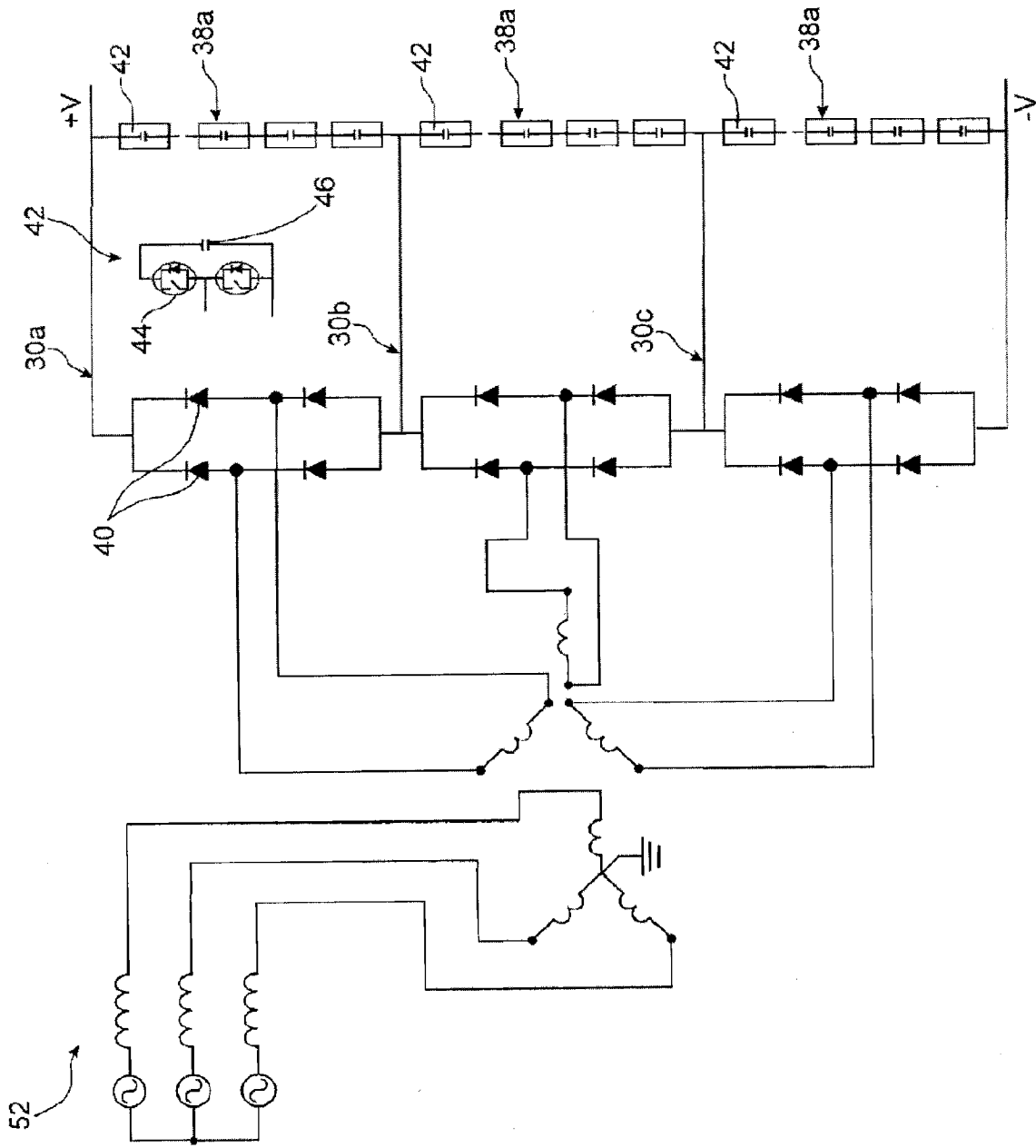


图 7



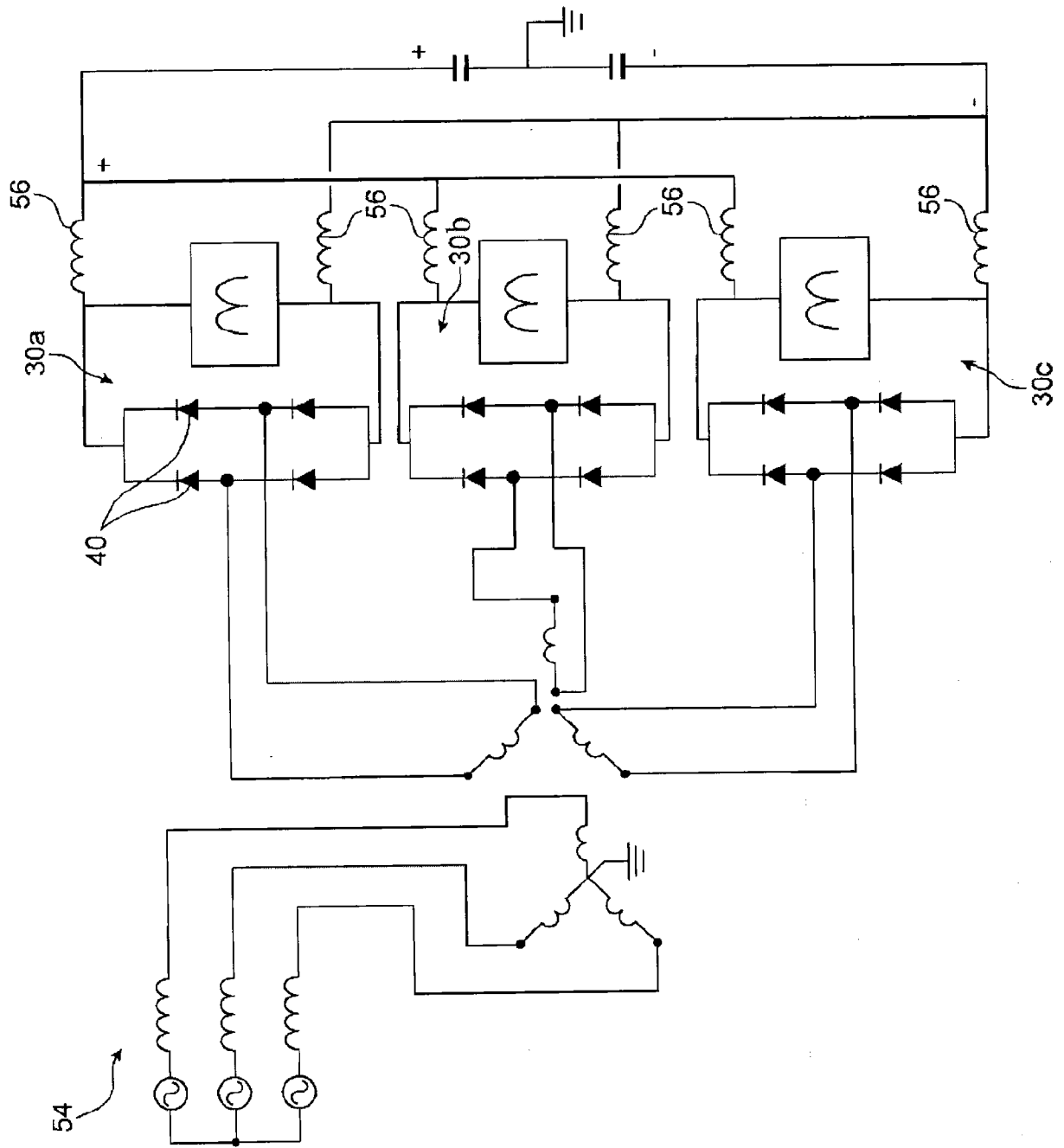


图 8

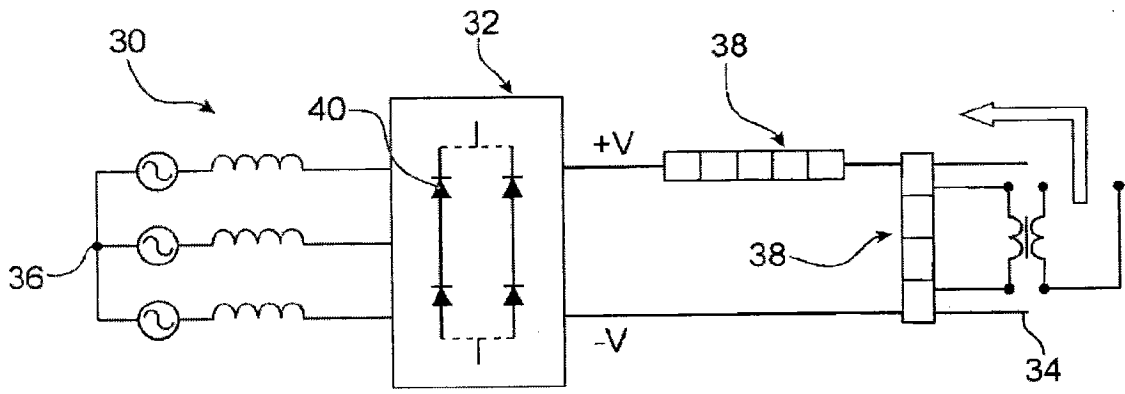


图 9

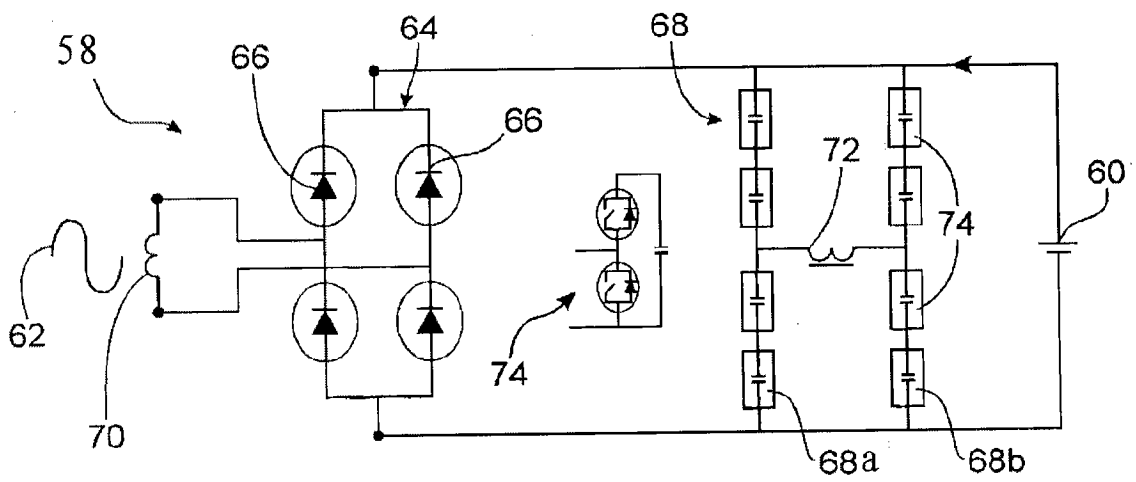


图 10

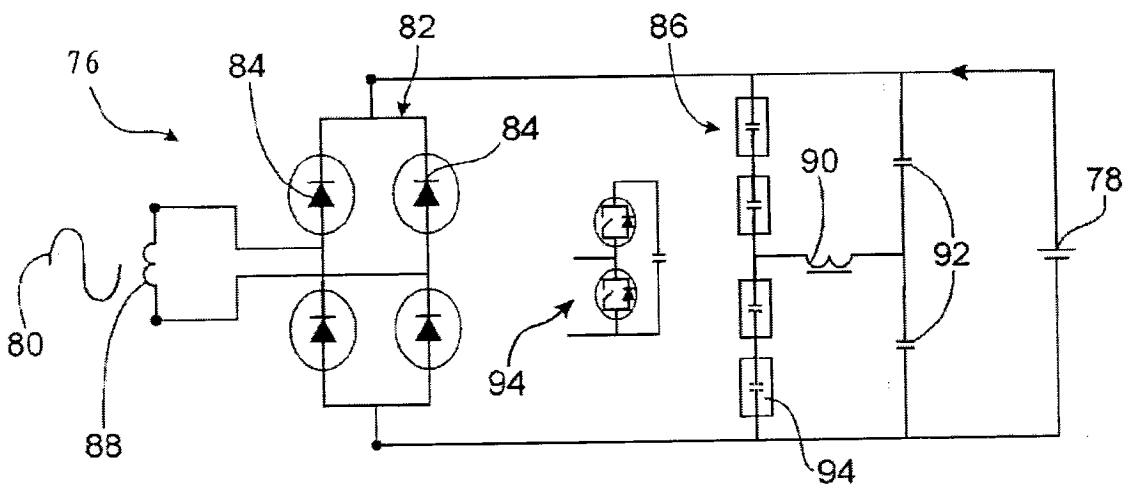


图 11