(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 112290811 B
(45)授权公告日 2021.11.05

(21)申请号 202011127858.6
(22)申请日 2020.10.19
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112290811 A
(43)申请公布日 2021.01.29
(73)专利权人 上海电气风电集团股份有限公司
地址 200241 上海市闵行区东川路555号己号楼8楼
(72)发明人 吴延俊 张鲁华 田超 寻征轩 葛昊祥
(74)专利代理机构 上海弼兴律师事务所 31283
代理人 杨东明 张冉
(51)Int.Cl.
H02M 7/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 110971129 A,2020.04.07
CN 104935182 A,2015.09.23
CN 205430084 U,2016.08.03
EP 3244526 A1,2017.11.15
US 2015049524 A1,2015.02.19

审查员 刘侠

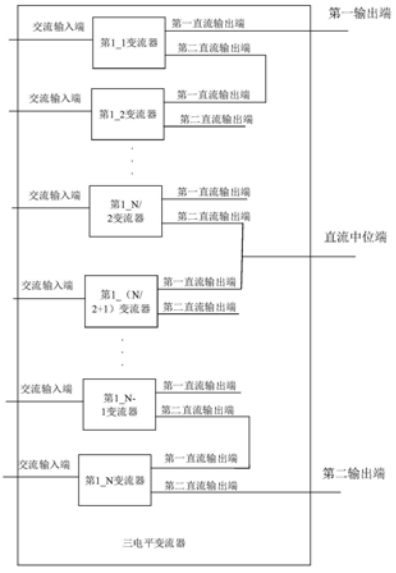
权利要求书3页 说明书12页 附图7页

(54)发明名称

三电平变流器、电力变换装置及零序电流抑制方法

(57)摘要

本发明公开了一种三电平变流器、电力变换装置及零序电流抑制方法，三电平变流器包括N台两电平变流器；每台两电平变流器包括交流输入端、第一直流输出端和第二直流输出端，第一直流输出端的电势值大于第二直流输出端的电势值；第一变流器的第一直流输出端作为第一输出端；第N变流器的第二直流输出端作为第二输出端；任意相邻的两个两电平变流器中对地相对电压值较高的两电平变流器的第二直流输出端与对地相对电压值较低的两电平变流器的第一直流输出端连接。N为大于1的偶数，第N/2串联输出端作为直流中位端。本发明中三电平变流器包含一个相对电位可控的直流中位端，通过控制直流中位端输出电势值实现了零序电流抑制。



CN 112290811 B

1.一种三电平变流器,包括第一输出端、第二输出端和直流中位端,其特征在于,所述三电平变流器还包括N台两电平变流器;

每台所述两电平变流器包括交流输入端、第一直流输出端和第二直流输出端,所述第一直流输出端的电势值大于所述第二直流输出端的电势值;

N台所述两电平变流器按照对地相对电压值排列为第一变流器到第N变流器;

所述第一变流器的第一直流输出端作为所述第一输出端;

所述第N变流器的第二直流输出端作为所述第二输出端;

从所述第一变流器到所述第N变流器,任意相邻的两个所述两电平变流器中对地相对电压值较高的所述两电平变流器的所述第二直流输出端与对地相对电压值较低的所述两电平变流器的所述第一直流输出端连接,以形成第一串联输出端到第N-1串联输出端;

N为大于1的奇数,所述三电平变流器还包括第一电容和第二电容;所述第一电容的一端与第(N-1)/2串联输出端连接,所述第一电容的另一端与所述第二电容的一端连接,所述第二电容的另一端与第(N+1)/2串联输出端连接;所述第一电容和所述第二电容的连接点作为所述直流中位端;第(N-1)/2变流器的第二直流输出端与第(N+1)/2变流器的第一直流输出端连接,形成第(N-1)/2串联输出端;第(N+1)/2变流器的第二直流输出端与第(N+3)/2变流器的第一直流输出端连接,形成第(N+1)/2串联输出。

2.如权利要求1所述的三电平变流器,其特征在于,N等于3;

三台所述两电平变流器按照对地相对电压值排列形成第三变流器、第四变流器和第五变流器;

所述第三变流器的第一直流输出端作为所述第一输出端;

所述第五变流器的第二直流输出端作为所述第二输出端;

所述第三变流器的所述第二直流输出端与所述第四变流器的所述第一直流输出端连接形成所述第一串联输出端;

所述第四变流器的所述第二直流输出端与所述第五变流器的所述第一直流输出端连接形成第二串联输出端;

所述第一电容的一端与所述第一串联输出端连接,所述第一电容的另一端与所述第二电容的一端连接,所述第二电容的另一端与所述第二串联输出端连接;

所述第一电容和所述第二电容的连接点作为所述直流中位端。

3.一种电力变换装置,其特征在于,包括控制模块、至少一如权利要求1-2中任一项所述的三电平变流器和N台网侧变流器,一台所述两电平变流器对应一台所述网侧变流器;所述交流输入端电性耦接于发电机的输出端,所述第一输出端、所述第二输出端、所述第一串联输出端到所述第N-1串联输出端分别电性耦接于对应的所述网侧变流器的直流输入端;所述直流中位端电性耦接于所述发电机的第一中性电位端;

所述控制模块用于基于采集到的所述电力变换装置中的零序电流信号产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值,以抑制零序电流。

4.如权利要求3所述的电力变换装置,其特征在于,所述零序电流信号为所述交流输入端的电流经计算产生的零序分量。

5.如权利要求3所述的电力变换装置,其特征在于,所述电力变换装置还包括第一电流采样模块;

所述第一电流采样模块电性耦接于所述第一中性电位端与所述直流中位端之间；

所述零序电流信号为所述第一电流采样模块的采样电流经计算产生的零序分量。

6.如权利要求3所述的电力变换装置，其特征在于，所述电力变换装置还包括第二电流采样模块；

所述网侧变流器的输出端与变压器的输入端连接；

所述第二电流采样模块电性耦接于所述直流中位端与所述变压器的第二中性电位端之间；

所述零序电流信号为所述第二电流采样模块的第二采样电流经计算产生的零序分量。

7.如权利要求3所述的电力变换装置，其特征在于，所述电力变换装置还包括第一阻抗电路；

所述第一阻抗电路电性耦接于所述第一中性电位端与所述直流中位端之间。

8.如权利要求6所述的电力变换装置，其特征在于，所述电力变换装置还包括第二阻抗电路；

所述第二阻抗电路电性耦接于所述直流中位端与所述第二中性电位端之间。

9.一种零序电流抑制方法，其特征在于，所述零序电流抑制方法应用于如权利要求3所述的电力变换装置，所述零序电流抑制方法包括：

获取所述零序电流信号；

基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流。

10.如权利要求9所述的零序电流抑制方法，其特征在于，所述交流输入端的电流包括若干所述两电平变流器的三相输入电流；

所述零序电流信号为所述三相输入电流经计算产生的零序分量；

所述获取所述零序电流信号的步骤包括：

获取所述三相输入电流；

所述基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流的步骤包括：

将若干所述三相输入电流相加以得到所述零序电流；

判断所述零序电流是否超过阈值；

若是，则输出所述控制信号至所述三电平变流器以控制升高所述直流中位端的输出电压值，以抑制所述零序电流。

11.如权利要求9所述的零序电流抑制方法，其特征在于，

所述电力变换装置还包括第一电流采样模块；

所述第一电流采样模块电性耦接于所述第一中性电位端与所述直流中位端之间；

所述零序电流信号为所述第一电流采样模块的第一采样电流经计算产生的零序分量；

所述获取所述零序电流信号的步骤包括：

获取所述第一电流采样模块的第一采样电流；

所述基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流的步骤包括：

基于所述第一采样电流产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所

述零序电流。

12.如权利要求9所述的零序电流抑制方法,其特征在于,

所述电力变换装置还包括第二电流采样模块;

所述网侧变流器的输出端与变压器的输入端连接;

所述第二电流采样模块电性耦接于所述直流中位端与所述变压器的第二中性电位端之间;

所述零序电流信号为所述第二电流采样模块的第二采样电流经计算产生的零序分量;

所述获取所述零序电流信号的步骤包括:

获取所述第二电流采样模块的第二采样电流;

所述基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流的步骤包括:

基于所述第二采样电流产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流。

三电平变流器、电力变换装置及零序电流抑制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力技术领域，尤其涉及一种三电平变流器、电力变换装置及零序电流抑制方法。

背景技术

[0002] 随着发电设备功率等级的不断上升，设备厂家多采用将2～3台变流器并联运行的方式提高设备总体功率等级。发电设备中采样零飘和脉宽调制方式都会造成变流器的零序(共模)电流过大、振荡、甚至失控的问题。由于零序电流不产生有功功率而电流却实际存在，加大了设备的损耗，降低了设备的效率。三电平变流器由于拓扑中包含一个电位中性点且相对电位可控，从而可以对零序电流进行有效控制。但是三电平变流器劣势也十分明显，存在功率开关管数量过多、调制算法复杂、电路功率器件多等问题。两电平变流器通常在线缆上增加磁环来抑制零序电流，导致成本增加。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是为了克服现有技术中两电平变流器并联造成的变流器设备间的严重的零序电流及抑制零序电流成本高的缺陷，提供一种三电平变流器、电力变换装置及零序电流抑制方法。

[0004] 本发明是通过下述技术方案来解决上述技术问题：

[0005] 一种三电平变流器，包括第一输出端、第二输出端和直流中位端，所述三电平变流器还包括N台两电平变流器；

[0006] 每台所述两电平变流器包括交流输入端、第一直流输出端和第二直流输出端，所述第一直流输出端的电势值大于所述第二直流输出端的电势值；

[0007] N台所述两电平变流器按照对地相对电压值从高到低排列为第一变流器到第N变流器；

[0008] 所述第一变流器的第一直流输出端作为所述第一输出端；

[0009] 所述第N变流器的第二直流输出端作为所述第二输出端；

[0010] 从所述第一变流器到所述第N变流器，任意相邻的两个所述两电平变流器中对地相对电压值较高的所述两电平变流器的所述第二直流输出端与对地相对电压值较低的所述两电平变流器的所述第一直流输出端连接，以形成第一串联输出端到第N-1串联输出端；

[0011] N为大于1的偶数，第N/2串联输出端作为所述直流中位端；

[0012] 或，

[0013] N为大于1的奇数，所述三电平变流器还包括第一电容和第二电容；所述第一电容的一端与第(N-1)/2串联输出端连接，所述第一电容的另一端与所述第二电容的一端连接，所述第二电容的另一端与第(N+1)/2串联输出端连接；所述第一电容和所述第二电容的连接点作为所述直流中位端。

[0014] 在本方案中，通过上述方式改变现有的两台两电平变流器的电力拓扑结构，在交

流额定电压不改变，功率开关管数量不改变的情况下设计出三电平变流器，该三电平变流器包含一个相对电位可控的中性点，即直流中位端，可以对零序(共模)电流进行有效控制，节省了功率开关管的数量，简化控制过程。

[0015] 较佳地，N等于2；

[0016] 两台所述两电平变流器按照对地相对电压值排列形成第一变流器和第二变流器；

[0017] 所述第一变流器的第一直流输出端作为所述第一输出端；

[0018] 所述第二变流器的第二直流输出端作为所述第二输出端；

[0019] 所述第一变流器的第二直流输出端与所述第二变流器的第一直流输出端电连接以形成第一串联输出端；

[0020] 所述第一串联输出端作为所述直流中位端。

[0021] 在本方案中，通过将现有的两台两电平变流器的电力拓扑结构，在交流额定电压不改变，功率开关管数量不改变的情况下设计出一台三电平变流器，该三电平变流器包含一个相对电位可控的中性点，即直流中位端，可以对零序(共模)电流进行有效控制，节省了功率开关管的数量，简化控制过程。

[0022] 较佳地，N等于3；

[0023] 三台所述两电平变流器按照对地相对电压值排列形成第三变流器、第四变流器和第五变流器；

[0024] 所述第三变流器的第一直流输出端作为所述第一输出端；

[0025] 所述第五变流器的第二直流输出端作为所述第二输出端；

[0026] 所述第三变流器的所述第二直流输出端与所述第四变流器的所述第一直流输出端连接形成所述第一串联输出端；

[0027] 所述第四变流器的所述第二直流输出端与所述第五变流器的所述第一直流输出端连接形成第二串联输出端；

[0028] 所述第一电容的一端与所述第一串联输出端连接，所述第一电容的另一端与所述第二电容的一端连接，所述第二电容的另一端与所述第二串联输出端连接；

[0029] 所述第一电容和所述第二电容的连接点作为所述直流中位端。

[0030] 在本方案中，通过改造现有的三台两电平变流器的电力拓扑结构，在交流额定电压不改变，功率开关管数量不改变的情况下设计出一台三电平变流器，该三电平变流器包含一个相对电位可控的中性点，即直流中位端，可以对零序(共模)电流进行有效控制，节省了功率开关管的数量，简化控制过程。

[0031] 一种电力变换装置，包括控制模块、至少一种如上述中任一项所述的三电平变流器和N台网侧变流器，一台所述两电平变流器对应一台所述网侧变流器；所述交流输入端电性耦接于发电机的输出端，所述第一输出端、所述第二输出端、所述第一串联输出端到所述第N-1串联输出端分别电性耦接于对应的所述网侧变流器的直流输入端；所述直流中位端电性耦接于所述发电机的第一中性电位端；

[0032] 所述控制模块用于基于采集到的所述电力变换装置中的零序电流信号产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值，以抑制零序电流。

[0033] 在本方案中，电力变换装置通过使用上述三电平变流器，并控制直流中位端输出电压值实现了零序电流抑制，相对于现有的在两电平变流器的线缆上增加磁环来抑制零序

电流的实现方式节省了共模磁环，降低了物料成本。

[0034] 较佳地，所述零序电流信号为所述交流输入端的电流经计算产生的零序分量。

[0035] 在本方案中，通过采集电力变换装置中的交流输入端的电流，产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，无需额外的信号采样电路，简化了电路设计。

[0036] 较佳地，所述电力变换装置还包括第一电流采样模块；

[0037] 所述第一电流采样模块电性耦接于所述第一中性电位端与所述直流中位端之间；

[0038] 所述零序电流信号为所述第一电流采样模块的第一采样电流经计算产生的零序分量。

[0039] 在本方案中，通过三电平变流器的直流中位端与发电机的第一中性电位端之间增加第一电流采样模块，并基于第一采样电流产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，提高了零序电流抑制的准确度，解决了电机轴电流的问题，减小了电力变换装置的发热与电流损耗，增加了电力变换装置的稳定性与可控性。

[0040] 较佳地，所述电力变换装置还包括第二电流采样模块；

[0041] 所述网侧变流器的输出端与变压器的输入端连接；

[0042] 所述第二电流采样模块电性耦接于所述直流中位端与所述变压器的第二中性电位端之间；

[0043] 所述零序电流信号为所述第二电流采样模块的第二采样电流经计算产生的零序分量。

[0044] 本方案中，通过网侧变流器的输出端与变压器的输入端之间设置第二电流采样模块，在网侧变流器出现零序电流超标时也可以进行有效的抑制。

[0045] 较佳地，所述电力变换装置还包括第一阻抗电路；

[0046] 所述第一阻抗电路电性耦接于所述第一中性电位端与所述直流中位端之间。

[0047] 本方案中，通过在第一电流采样电路中设置第一阻抗电路，提高了采样电流的采样准确性。

[0048] 较佳地，所述电力变换装置还包括第二阻抗电路；

[0049] 所述第二阻抗电路电性耦接于所述直流中位端与所述第二中性电位端之间。

[0050] 本方案中，通过在第二电流采样电路中设置第二阻抗电路，提高了第二采样电流电路的采样准确性。

[0051] 一种零序电流抑制方法，所述零序电流抑制方法应用于上述所述的电力变换装置，所述零序电流抑制方法包括：

[0052] 获取所述零序电流信号；

[0053] 基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流。

[0054] 在本方案中，通过获取电力变换装置中的零序电流信号，基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制直流中位端输出电压值实现了零序电流抑制，相对于现有的实现方式节省了共模磁环，降低了物料成本。

[0055] 较佳地，所述交流输入端的电流包括若干所述两电平变流器的三相输入电流；

[0056] 所述零序电流信号为所述三相输入电流经计算产生的零序分量；

[0057] 所述获取所述零序电流信号的步骤包括：

[0058] 获取所述三相输入电流；

[0059] 所述基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流的步骤包括：

[0060] 将若干所述三相输入电流相加以得到所述零序电流；

[0061] 判断所述零序电流是否超过阈值；

[0062] 若是，则输出所述控制信号至所述三电平变流器以控制升高所述直流中位端的输出电压值，以抑制所述零序电流。

[0063] 在本方案中，通过采集电力变换装置中的交流输入端的电流，产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，无需额外的信号采样电路，简化了电路设计。

[0064] 较佳地，所述电力变换装置还包括第一电流采样模块；

[0065] 所述第一电流采样模块电性耦接于所述第一中性电位端与所述直流中位端之间；

[0066] 所述零序电流信号为所述第一电流采样模块的采样电流经计算产生的零序分量；

[0067] 所述获取所述零序电流信号的步骤包括：

[0068] 获取所述第一电流采样模块的采样电流；

[0069] 所述基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流的步骤包括：

[0070] 基于所述采样电流产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流。

[0071] 在本方案中，通过三电平变流器的直流中位端与发电机的第一中性电位端之间增加第一电流采样模块，并基于采样电流产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，提高了零序电流抑制的准确度，解决了电机轴电流的问题，减小了电力变换装置的发热与电流损耗，增加了电力变换装置的稳定性与可控性。

[0072] 较佳地，所述电力变换装置还包括第二电流采样模块；

[0073] 所述网侧变流器的输出端与变压器的输入端连接；

[0074] 所述第二电流采样模块电性耦接于所述直流中位端与所述变压器的第二中性电位端之间；

[0075] 所述零序电流信号为所述第二电流采样模块的第二采样电流经计算产生的零序分量；

[0076] 所述获取所述零序电流信号的步骤包括：

[0077] 获取所述第二电流采样模块的第二采样电流；

[0078] 所述基于所述零序电流信号产生所述控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流的步骤包括：

[0079] 基于所述第二采样电流产生控制信号以控制所述直流中位端的输出电压值以抑制所述零序电流。

[0080] 本方案中，通过网侧变流器的输出端与变压器的输入端之间设置第二电流采样模块，在网侧变流器出现零序电流超标时也可以进行有效的抑制。

[0081] 本发明的积极进步效果在于：本发明通过改变两台两电平变流器的电力拓扑结

构,在交流额定电压不改变,功率开关管数量不改变的情况下设计出三电平变流器,该三电平变流器包含一个相对电位可控的中性点,即直流中位端,可以对零序(共模)电流进行有效控制,节省了功率开关管的数量,简化控制过程;进一步的,使用该三电平变流器的电力变换装置,通过控制直流中位端输出电压值实现了零序电流抑制,相对于现有的实现方式节省了共模磁环,降低了物料成本;进一步的解决了电机轴电流的问题,减小了电力变换装置的发热与电流损耗,减小了零序电流对电力变换装置造成的影响,增加了电力变换装置的稳定性与可控性。

附图说明

[0082] 图1为本发明实施例1的三电平变流器的结构示意图。

[0083] 图2为本发明实施例1的包括两个两电平变流器的三电平变流器的结构示意图。

[0084] 图3本发明实施例2的三电平变流器的结构示意图。

[0085] 图4为本发明实施例2的包括三个两电平变流器的三电平变流器的结构示意图。

[0086] 图5为本发明实施例3的电力变换装置的结构示意图。

[0087] 图6为本发明实施例4的电力变换装置的结构示意图。

[0088] 图7为本发明实施例5的零序电流抑制方法的流程示意图。

[0089] 图8为本发明实施例5的零序电流抑制方法的流程示意图。

[0090] 图9为本发明实施例5的零序电流抑制方法的流程示意图。

[0091] 图10为本发明实施例5的零序电流抑制方法的流程示意图。

具体实施方式

[0092] 下面通过实施例的方式进一步说明本发明,但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。

[0093] 实施例1

[0094] 本发明提供的三电平变流器,包括第一输出端、第二输出端和直流中位端,三电平变流器还包括N台两电平变流器;

[0095] 每台两电平变流器包括交流输入端、第一直流输出端和第二直流输出端,第一直流输出端的电势值大于第二直流输出端的电势值;

[0096] N台两电平变流器按照对地相对电压值排列为第一变流器到第N变流器;

[0097] 第一变流器的第一直流输出端作为三电平变流器的第一输出端;

[0098] 第N变流器的第二直流输出端作为三电平变流器的第二输出端;

[0099] 从第一变流器到第N变流器,任意相邻的两个两电平变流器中对地相对电压值较高的两电平变流器的第二直流输出端与对地相对电压值较低的两电平变流器的第一直流输出端连接,

[0100] 如图1所示,N为大于1的偶数;

[0101] 第1_1变流器的第二直流输出端与第1_2变流器的第一直流输出端连接,形成第一串联输出端;

[0102] 第1_N/2变流器的第二直流输出端与第1_(N/2+1)变流器的第一直流输出端连接,形成第N/2串联输出端;

[0103] 第1_N-1变流器的第二直流输出端与第1_N变流器的第一直流输出端连接，形成第N-1串联输出端；

[0104] 第N/2串联输出端作为三电平变流器的直流中位端。

[0105] 如图2所示，本实施例中的三电平变流器N取2，即包括两台两电平变流器；

[0106] 两台两电平变流器按照对地相对电压值排列形成第2_1变流器1和第2_2变流器2；

[0107] 第2_1变流器1的第一直流输出端作为三电平变流器的第一输出端；

[0108] 第2_2变流器2的第二直流输出端作为三电平变流器的第二输出端；

[0109] 第2_1变流器1的第二直流输出端与第2_2变流器2的第一直流输出端电连接以形成第一串联输出端；

[0110] 第一串联输出端作为三电平变流器的直流中位端。

[0111] 本实施例的三电平变流器通过将现有的两台两电平变流器的电力拓扑结构，在交流额定电压不改变，功率开关管数量不改变的情况下设计出一台三电平变流器，该三电平变流器包含一个相对电位可控的中性点，即直流中位端，可以对零序电流进行有效控制，节省了功率开关管的数量，简化控制过程。

[0112] 在一种可选的实施方式中，两台两电平变流器为三相半桥结构的两电平变流器。

[0113] 本实施例的三电平变流器通过改变两台两电平变流器的电力拓扑结构，在交流额定电压不改变，功率开关管数量不改变的情况下设计出三电平变流器，该三电平变流器包含一个相对电位可控的中性点，即直流中位端，可以对零序(共模)电流进行有效控制，节省了功率开关管的数量，简化控制过程。

[0114] 实施例2

[0115] 本发明提供的三电平变流器，包括第一输出端、第二输出端和直流中位端，三电平变流器还包括N台两电平变流器；

[0116] 每台两电平变流器包括交流输入端、第一直流输出端和第二直流输出端，第一直流输出端的电势值大于第二直流输出端的电势值；

[0117] N台两电平变流器按照对地相对电压值排列为第一变流器到第N变流器；

[0118] 第一变流器的第一直流输出端作为三电平变流器的第一输出端；

[0119] 第N变流器的第二直流输出端作为三电平变流器的第二输出端；

[0120] 从第一变流器到第N变流器，任意相邻的两个两电平变流器中对地相对电压值较高的两电平变流器的第二直流输出端与对地相对电压值较低的两电平变流器的第一直流输出端连接，

[0121] 如图3所示，N为大于1的奇数；

[0122] 第3_1变流器的第二直流输出端与第3_2变流器的第一直流输出端连接，形成第一串联输出端；

[0123] 第3_(N-1)/2变流器的第二直流输出端与第3_(N+1)/2变流器的第一直流输出端连接，形成第(N-1)/2串联输出端；

[0124] 第3_(N+1)/2变流器的第二直流输出端与第3_(N+3)/2变流器的第一直流输出端连接，形成第(N+1)/2串联输出端；

[0125] 第3_(N-1)变流器的第二直流输出端与第3_N变流器的第一直流输出端连接，形成第N-1串联输出端；

[0126] 三电平变流器还包括第一电容3和第二电容4；

[0127] 第一电容3的一端与第(N-1)/2串联输出端连接，第一电容3的另一端与第二电容4的一端连接，第二电容4的另一端与第(N+1)/2串联输出端连接；

[0128] 第一电容3和第二电容4的连接点作为三电平变流器的直流中位端。

[0129] 如图4所示，本实施例中的三电平变流器N取3，即包括三台两电平变流器；

[0130] 三台两电平变流器按照对地相对电压值排列形成第4_1变流器5、第4_2变流器6和第4_3变流器7；

[0131] 第4_1变流器5的第一直流输出端作为三电平变流器的第一输出端；

[0132] 第4_3变流器7的第二直流输出端作为三电平变流器的第二输出端；

[0133] 第4_1变流器5的第二直流输出端与第4_2变流器6的第一直流输出端连接形成第一串联输出端；

[0134] 第4_2变流器6的第二直流输出端与第4_3变流器7的第一直流输出端连接形成第二串联输出端；

[0135] 第三电容8的一端与第一串联输出端连接，第三电容8的另一端与第四电容9的一端连接，第四电容9的另一端与第二串联输出端连接；

[0136] 第三电容8和第四电容9的连接点作为三电平变流器的直流中位端。

[0137] 本实施例中，通过改造现有的三台两电平变流器的电力拓扑结构，在交流额定电压不改变，功率开关管数量不改变的情况下设计出一台三电平变流器，该三电平变流器包含一个相对电位可控的中性点，即直流中位端，可以对零序电流进行有效控制，节省了功率开关管的数量，简化控制过程。

[0138] 本实施例的三电平变流器通过改变现有的两电平变流器的电力拓扑结构，在交流额定电压不改变，功率开关管数量不改变的情况下设计出三电平变流器，该三电平变流器包含一个相对电位可控的中性点，即直流中位端，可以对零序电流进行有效控制，节省了功率开关管的数量，简化控制过程。

[0139] 实施例3

[0140] 如图5所示，本实施例的电力变换装置，包括控制模块21、至少一实施例1或实施例2的三电平变流器22和N台网侧变流器23，一台两电平变流器对应一台网侧变流器；三电平变流器22的交流输入端T1电性耦接于发电机24的输出端M1，三电平变流器22的第一输出端T2、第二输出端T3、第一串联输出端Tc1到第N-1串联输出端Tcn-1分别电性耦接于对应的N台网侧变流器23的直流输入端W1；三电平变流器22的直流中位端Tm电性耦接于发电机24的第一中性电位端Mm；

[0141] 控制模块21用于基于采集到的电力变换装置中的零序电流信号产生控制信号以控制直流中位端Tm的输出电压值，从而改变直流中位端Tm与第一中性电位端Mm之间的电位差，实现抑制零序电流。

[0142] 本实施例的电力变换装置通过使用上述三电平变流器，并控制直流中位端输出电压值实现了零序电流抑制，相对于现有的在两电平变流器的线缆上增加磁环来抑制零序电流的实现方式节省了共模磁环，降低了物料成本。

[0143] 实施例4

[0144] 如图6所示，本实施例的电力变换装置可选的实施方式包括如实施例1的三电平变

流器，本实施例的三电平变流器22包括两台两电平变流器，分别为第一机侧变流器301和第二机侧变流器302，本实施例的电力变换装置包括两台网侧变流器，分别为第一网侧变流器37和第二网侧变流器38；

[0145] 发电机24包含2套三相绕组，2套三相绕组分别与第一机侧变流器301和第二机侧变流器302的第一交流输入端31和第二交流输入端32连接；

[0146] 第一机侧变流器301和第二机侧变流器302包含开关功率器件、滤波器器件和分断电路。

[0147] 本实施例的电力变换装置还包括第一直流支撑电容C35和第二直流支撑电容C36，第一直流支撑电容C35的两端分别与三电平变流器22的第一输出端33和三电平变流器22的直流中位端34连接；第二直流支撑电容C36的两端分别与三电平变流器22的第二输出端35和三电平变流器22的直流中位端34连接；

[0148] 每台网侧变流器包括开关功率器件、滤波器器件和分断电路。第一网侧变流器37和第二网侧变流器38通过变压器39连接至外部电网。

[0149] 变压器39的低压二次侧包含2套三相绕组，分别与第一网侧变流器37和第二网侧变流器38的输出端连接；

[0150] 本实施例中的变压器39使用了风电中常用的D-Yn型变压器，变压器39的第二中性电位端41通过副边引出。本实例的变压器不限于此型号。

[0151] 三电平变流器22的直流中位端34分别与发电机24的第一中性电位端40和变压器39的第二中性电位端41连接；

[0152] 在一可选的实施方式中，控制模块21获取第一交流输入端31和第二交流输入端32的电流，并基于该电流产生控制信号控制三电平变流器22的直流中位端34的电压值以抑制电力变换装置的零序电流。

[0153] 在本实施例中，通过采集电力变换装置中的交流输入端的电流，产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，无需额外的信号采样电路，简化了电路设计。

[0154] 在另一可选的实施方式中，电力变换装置还包括第一电流采样模块42；

[0155] 第一电流采样模块42电性耦接于第一中性电位端40与直流中位端34之间；第一电流采样模块42用于采样流经第一中性电位端40与直流中位端34上的零序电流；

[0156] 控制模块21用于获取第一电流采样模块42采样的零序电流，并基于该零序电流产生控制信号控制三电平变流器22的直流中位端34的电压值以抑制电力变换装置的零序电流。

[0157] 在本实施例中，通过三电平变流器的直流中位端与发电机的第一中性电位端之间增加第一电流采样模块，并基于采样电流产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，提高了零序电流抑制的准确度，解决了电机轴电流的问题，减小了电力变换装置的发热与电流损耗，增加了电力变换装置的稳定性与可控性。

[0158] 在另一可选的实施方式中，电力变换装置还包括第二电流采样模块43；

[0159] 第二电流采样模块43电性耦接于直流中位端34与变压器的第二中性电位端41之间；

[0160] 第二电流采样模块43用于采集流经直流中位端34与变压器的第二中性电位端41

的零序电流，并基于该零序电流产生控制信号控制三电平变流器22的直流中位端34的电压值以抑制电力变换装置的零序电流。

[0161] 本实施例中第一电流采样模块和第二电流采样模块为电流传感器。

[0162] 本实施例中，通过网侧变流器的输出端与变压器的输入端之间设置第二电流采样模块，在网侧变流器出现零序电流超标时也可以进行有效的抑制。

[0163] 本实施例的电力变换装置还包括第一阻抗电路44；

[0164] 第一阻抗电路44电性耦接于第一中性电位端40与直流中位端34之间。

[0165] 本实施例中，通过在第一电流采样电路中设置第一阻抗电路44，提高了采样电流的采样准确性。

[0166] 在另一可选的实施方式中，本实施例的电力变换装置还包括第二阻抗电路45；

[0167] 第二阻抗电路45电性耦接于直流中位端34与第二中性电位端41之间。

[0168] 本实施例中，通过在第二电流采样电路中设置第二阻抗电路45，提高了第二采样电流电路的采样电流准确性。

[0169] 在一可实施方式中，本实施例的电力变换装置，控制模块21还用于同时获取第一电流采样模块42采样的第一采样电流和第二电流采样模块43采样的第二采样电流，并基于第一采样电流和第二采样电流产生控制信号控制三电平变流器22的直流中位端34的电压值以抑制电力变换装置的零序电流。

[0170] 本实施例的电力变换装置零序电流抑制原理如下：

[0171] 通过第一电流采样模块42获取机侧变流器的零序电流值，当机侧的零序电流小于阈值时，保持三电平变流器22的直流中位端34、第一输出端33和第二输出端35的相对电位。降低直流中位端34的输出电压值时，机侧变流器的零序电流会变大。

[0172] 当机侧的零序电流大于阈值时，对三电平变流器22的直流中位端34的输出电压值进行调节，保持第一输出端33和第二输出端35的相对电位不变，升高直流中位端34的输出电压值，由于直流中位端34的输出电压值升高，机侧变流器的零序电流会减小。

[0173] 通过第二电流采样模块43获取网侧变流器的零序电流值，当网侧的零序电流小于阈值时，保持三电平变流器22的直流中位端34，第一输出端33和第二输出端35的相对电位。降低直流中位端34的输出电压值时，网侧变流器的零序电流会变大。

[0174] 当网侧的零序电流大于阈值时，对三电平变流器22的直流中位端34的输出电压值进行调节，保持第一输出端33和第二输出端35的相对电位不变，升高直流中位端34的输出电压值，由于直流中位端34的输出电压值升高，网侧变流器的零序电流会减小。

[0175] 在一可实施方式中，由于发电机24的第一中性电位端40、变压器39的第二中性电位端41本身就存在零序的阻抗，第一阻抗电路44和第二阻抗电路45根据实际设计可能可以省略。

[0176] 在另一可实施方式中，第一采样电流和第二采样电流在实际应用中也可以通过各种方式估算，从而省略第一电流采样模块42和第二电流采样模块43。

[0177] 在另一可实施方式中，由于网侧有变压器39，对零序电流有一定的隔离作用，网侧零序电流超阈值的可能性会比较小。此情况下则可以去除网侧的零序电流回路线缆与器件，如第二电流采样模块43和第二阻抗电路45。

[0178] 在另一可选的实施方式中，本实施例的电力变换装置可选的实施方式包括如实施

例2的三电平变流器，本实施例的三电平变流器包括三台两电平变流器，分别为第三机侧变流器、第四机侧变流器和第五机侧变流器，本实施例的电力变换装置还包括三台网侧变流器，分别为第三网侧变流器、第四网侧变流器和第五网侧变流器；

[0179] 发电机包含3套三相绕组，3套三相绕组分别与第三机侧变流器、第四机侧变流器和第五机侧变流器的交流输入端连接；

[0180] 该电力变换装置的电路连接方式与零序电流抑制原理与上述相同，此处不再赘述。

[0181] 本实施例的电力变换装置通过交流输入端的电流，产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，减小了零序电流对电力变换装置造成的影响，无需额外的信号采样电路，简化了电路设计；通过设置采样电路和阻抗电路，提高了零序电流抑制的准确度，实现机侧变流器和网侧变流器的零序电流的单独或同时抑制，控制方法简单，适用场景广泛。

[0182] 实施例5

[0183] 如图7所示，本实施例的零序电流抑制方法应用于上述实施例3或实施例4的电力变换装置，本实施例的零序电流抑制方法包括：

[0184] S1、获取零序电流信号；

[0185] S2、基于零序电流信号产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流。

[0186] 在一可实施方式中，如图8所示，本实施例的零序电流抑制方法中交流输入端的电流包括若干两电平变流器的三相输入电流；

[0187] 零序电流信号为三相输入电流经计算产生的零序分量；

[0188] 步骤S1具体包括：

[0189] S11、获取三相输入电流；

[0190] 步骤S2具体包括：

[0191] S21、将若干三相输入电流相加以得到零序电流；

[0192] S22、判断零序电流是否超过阈值；

[0193] 若是，执行步骤S23，若否，执行步骤S24；

[0194] S23、则输出控制信号至三电平变流器以控制升高或降低直流中位端的输出电压值，以抑制零序电流。

[0195] S24、则不输出控制信号。

[0196] 本实施方式的零序电流抑制方法中，当零序电流超过阈值上限时，则输出控制信号至三电平变流器以控制升高直流中位端的输出电压值，以抑制零序电流；当零序电流超过阈值下限时，则输出控制信号至三电平变流器以控制降低直流中位端的输出电压值，以抑制零序电流。

[0197] 本实施方式的零序电流抑制方法通过采集电力变换装置中的交流输入端的电流，产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，无需额外的信号采样电路，简化了电路设计。

[0198] 当电力变换装置还包括第一电流采样模块时，第一电流采样模块电性耦接于第一中性电位端与直流中位端之间；零序电流信号为第一电流采样模块的采样电流经计算产生

的零序分量。

[0199] 在另一可选的方式中，如图9所示，步骤S1具体包括：

[0200] S12、获取第一电流采样模块的采样电流；

[0201] 步骤S2具体包括：

[0202] S25、基于第一采样电流产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流。

[0203] 本实施方式的零序电流抑制方法通过三电平变流器的直流中位端与发电机的第一中性电位端之间增加第一电流采样模块，并基于采样电流产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，提高了零序电流抑制的准确度，解决了电机轴电流的问题，减小了电力变换装置的发热与电流损耗，增加了电力变换装置的稳定性与可控性。

[0204] 当电力变换装置还包括第二电流采样模块时；网侧变流器的输出端与变压器的输入端连接；第二电流采样模块电性耦接于直流中位端与变压器的第二中性电位端之间；零序电流信号为第二电流采样模块的第二采样电流经计算产生的零序分量；

[0205] 在另一可实施方式中，如图10所示，步骤S1包括：

[0206] S13、获取第二电流采样模块的第二采样电流；

[0207] 步骤S2包括：

[0208] S26、基于第二采样电流产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流。

[0209] 本实施例的电力变换装置零序电流抑制过程如下：

[0210] 通过第一电流采样模块42获取机侧变流器的零序电流值，当机侧的零序电流小于阈值时，保持三电平变流器22的直流中位端34、第一输出端33和第二输出端35的相对电位。降低直流中位端34的输出电压值时，机侧变流器的零序电流会变大。

[0211] 当机侧的零序电流大于阈值时，对三电平变流器22的直流中位端34的输出电压值进行调节，保持第一输出端33和第二输出端35的相对电位不变，升高直流中位端34的输出电压值，由于直流中位端34的输出电压值升高，机侧变流器的零序电流会减小。

[0212] 通过第二电流采样模块43获取网侧变流器的零序电流值，当网侧的零序电流小于阈值时，保持三电平变流器22的直流中位端34，第一输出端33和第二输出端35的相对电位。降低直流中位端34的输出电压值时，网侧变流器的零序电流会变大。

[0213] 当网侧的零序电流大于阈值时，对三电平变流器22的直流中位端34的输出电压值进行调节，保持第一输出端33和第二输出端35的相对电位不变，升高直流中位端34的输出电压值，由于直流中位端34的输出电压值升高，网侧变流器的零序电流会减小。

[0214] 本实施例的零序电流抑制方法通过网侧变流器的输出端与变压器的输入端之间设置第二电流采样模块，在网侧变流器出现零序电流超标时也可以进行有效的抑制。

[0215] 本实施例的零序电流抑制方法获取交流输入端的电流，基于交流输入端的电流产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流，无需额外的信号采样电路，简化了电路设计；通过设置采样电路和阻抗电路，提高了零序电流抑制的准确度，实现机侧变流器和网侧变流器的零序电流的单独或同时抑制，控制方法简单，适用场景广泛。

[0216] 本实施例的零序电流抑制方法通过获取电力变换装置中的零序电流信号，基于零序电流信号产生控制信号以控制直流中位端输出电压值实现了零序电流抑制，相对于现有

的实现方式节省了共模磁环,降低了物料成本。

[0217] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域的技术人员应当理解,这仅是举例说明,本发明的保护范围是由所附权利要求书限定的。本领域的技术人员在不背离本发明的原理和实质的前提下,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,但这些变更和修改均落入本发明的保护范围。

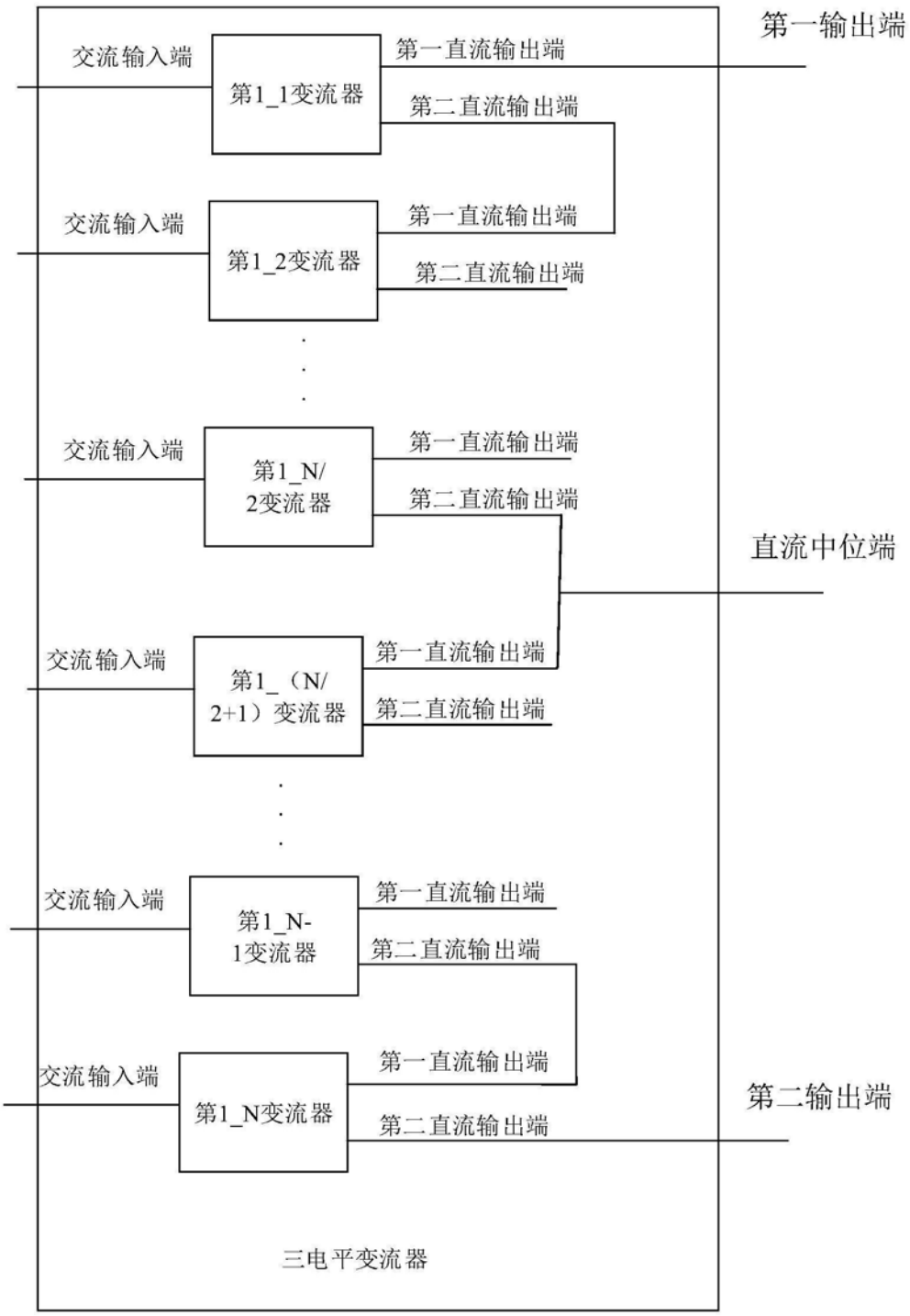

第一输出端
交流输入端
第1_1变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
第1_2变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
第1_N/2变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
直流中位端
交流输入端
第1_（N/2+1）变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
第1_N-1变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
第1_N变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
第二输出端
三电平变流器

图1

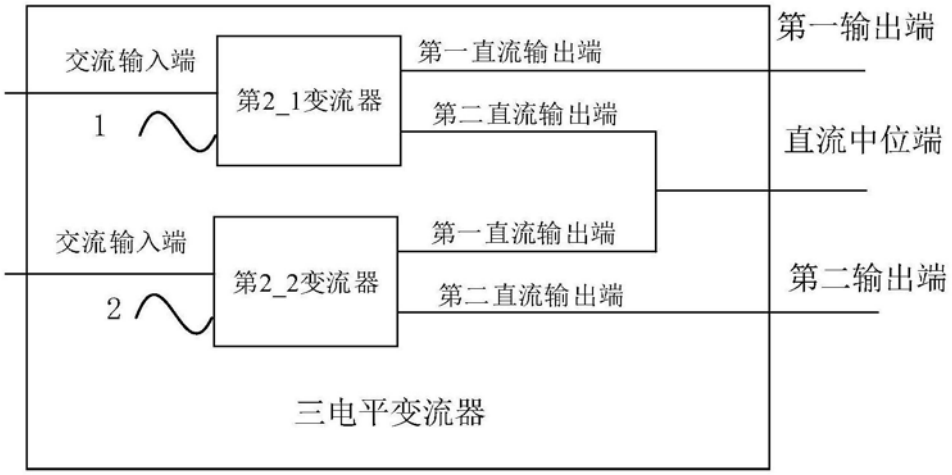

交流输入端
1
第2_1变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
2
第2_2变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
第一输出端
直流中位端
第二输出端
三电平变流器

图2

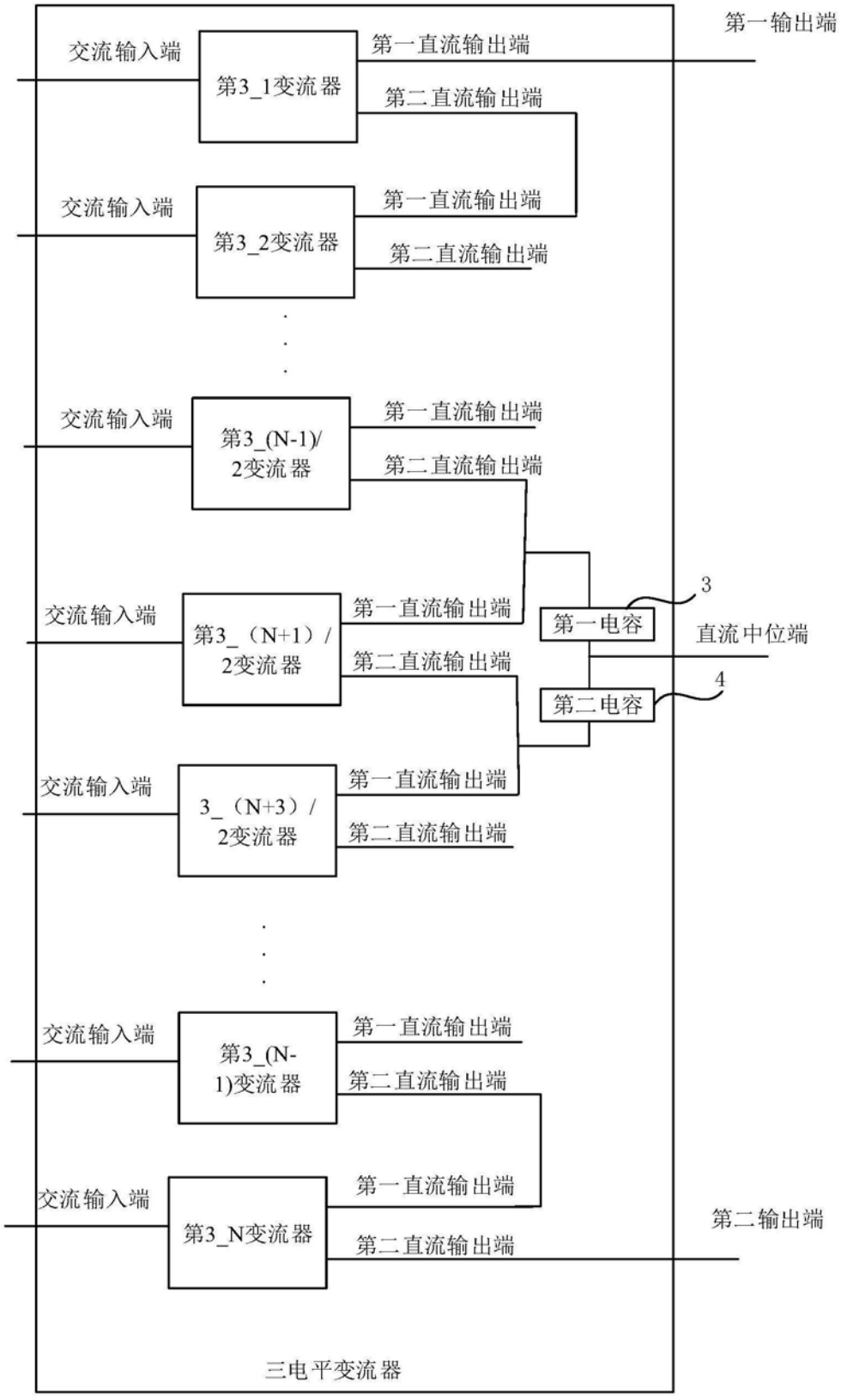

第一输出端
交流输入端
第3_1变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
第3_2变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
第3_(N-1)/2变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
3
交流输入端
第3_（N+1）/2变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
第一电容
直流中位端
4
第二电容
交流输入端
3_（N+3）/2变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
第3_(N-1)变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
交流输入端
第3_N变流器
第一直流输出端
第二直流输出端
第二输出端
三电平变流器

图3

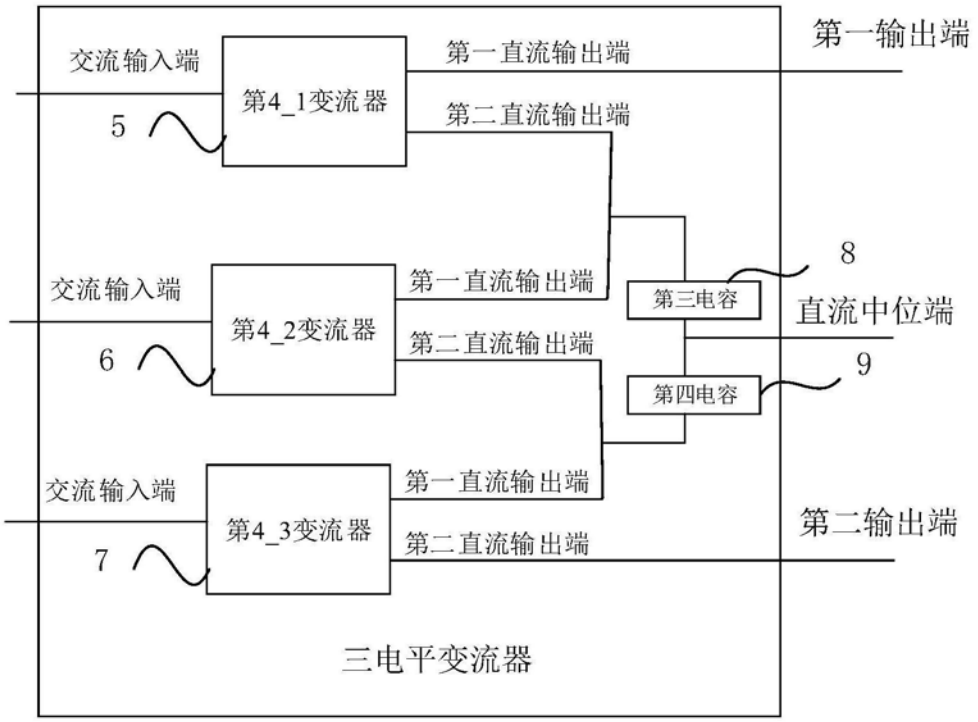

交流输入端
第4_1变流器
5
第一直流输出端
第二直流输出端
第一输出端
交流输入端
第4_2变流器
6
第一直流输出端
第二直流输出端
8
第三电容
直流中位端
9
第四电容
交流输入端
第4_3变流器
7
第一直流输出端
第二直流输出端
第二输出端
三电平变流器

图4

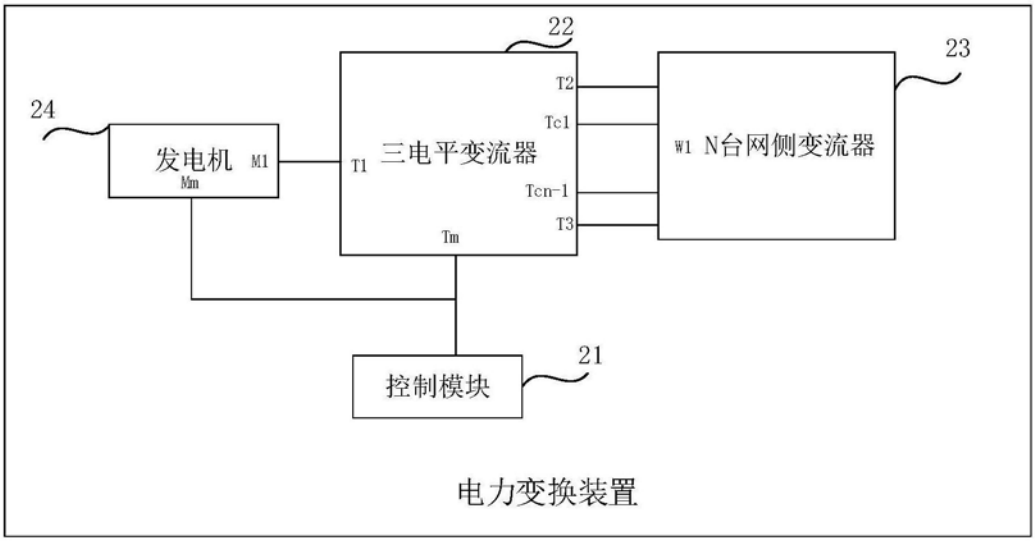

22
23
24
发电机 M1
Mm
T1 三电平变流器
T2
Tc1
Tcn-1
T3
Tm
W1 N台网侧变流器
21
控制模块
电力变换装置

图5

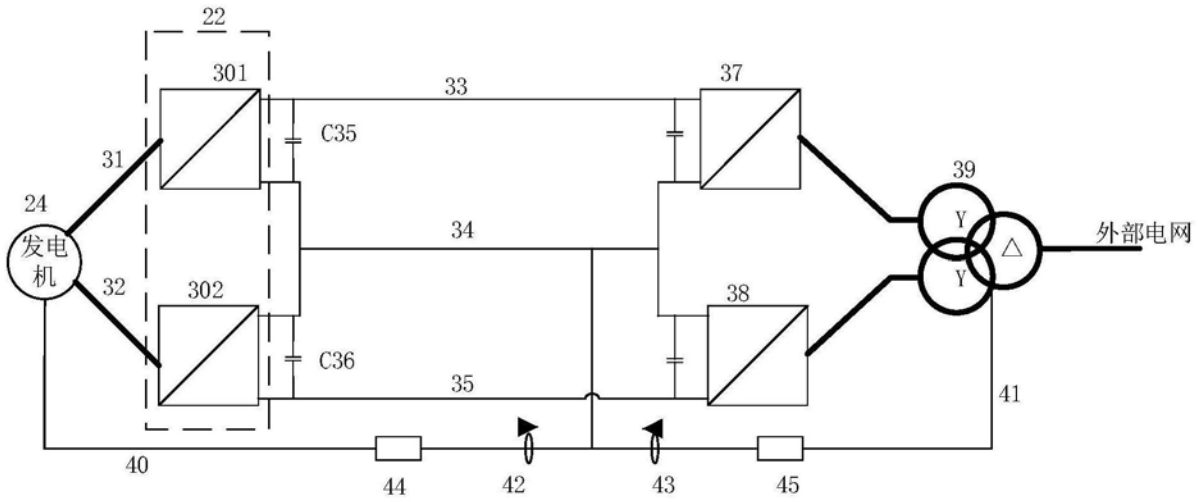

22
301
33
37
C35
31
39
24
Y
发电机
34
△
外部电网
32
302
38
Y
C36
35
41
40
44
42
43
45

图6

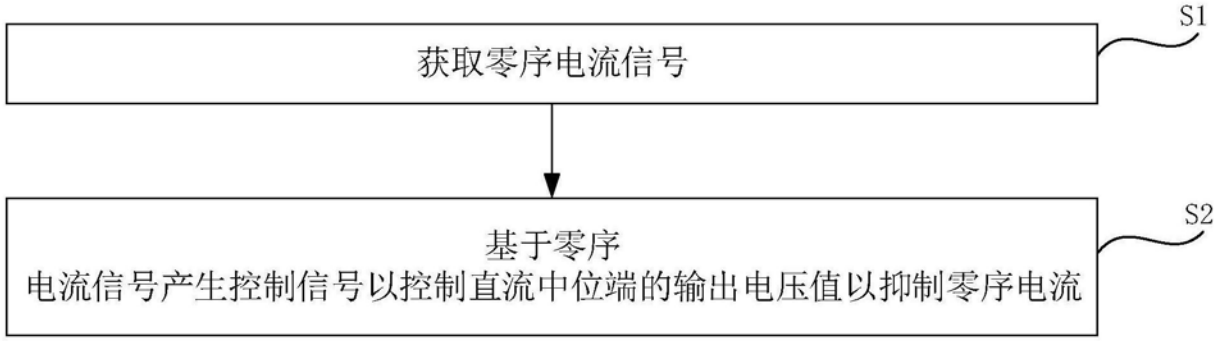

S1
获取零序电流信号
S2
基于零序
电流信号产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流

图7

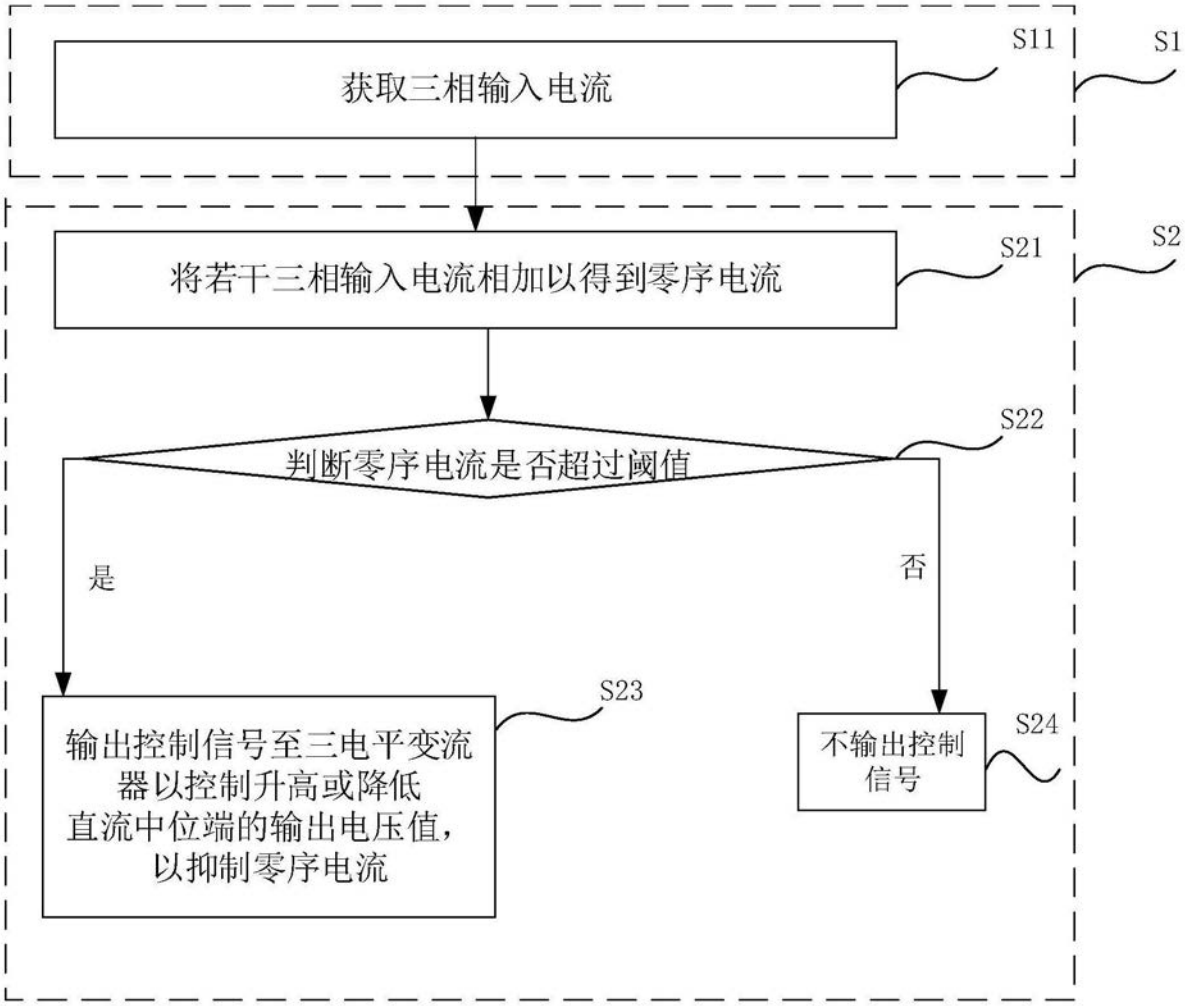

S1
S11
获取三相输入电流
S2
S21
将若干三相输入电流相加以得到零序电流
S22
判断零序电流是否超过阈值
是
否
S23
输出控制信号至三电平变流器以控制升高或降低直流中位端的输出电压值，以抑制零序电流
S24
不输出控制信号

图8

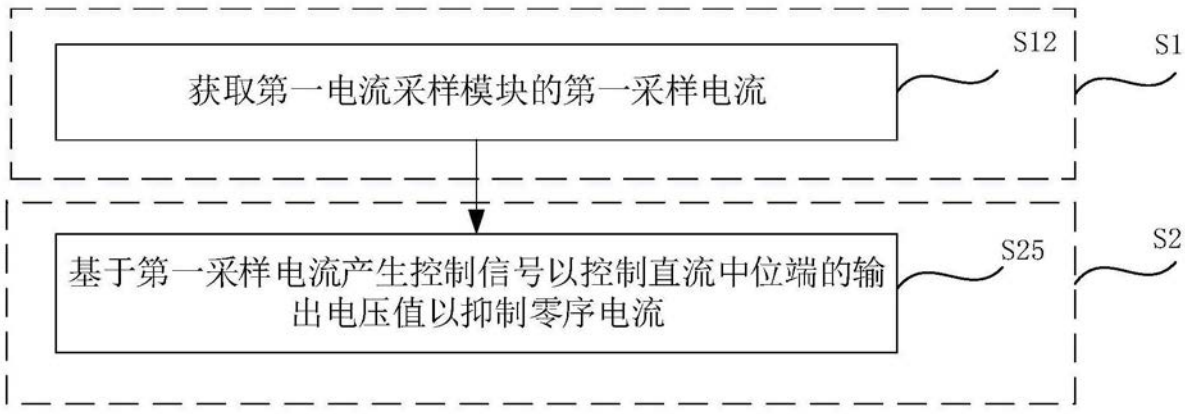

S1
S12
获取第一电流采样模块的第一采样电流
S2
S25
基于第一采样电流产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流

图9

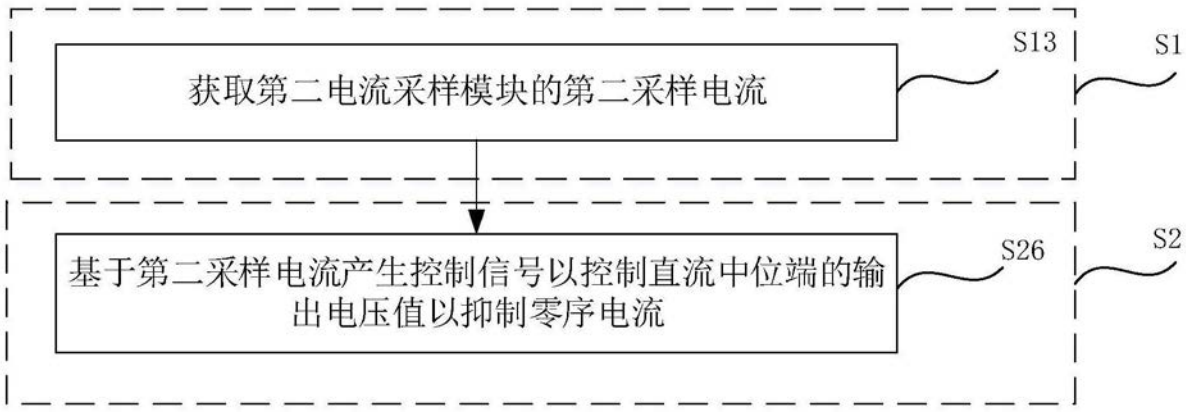

S13
S1
获取第二电流采样模块的第二采样电流
S26
S2
基于第二采样电流产生控制信号以控制直流中位端的输出电压值以抑制零序电流

图10