



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118100260 B

(45) 授权公告日 2025. 02. 21

(21) 申请号 202410114629.2

(22) 申请日 2024.01.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118100260 A

(43) 申请公布日 2024.05.28

(66) 本国优先权数据
202311556308.X 2023.11.20 CN

(73) 专利权人 南京南瑞继保电气有限公司
地址 211102 江苏省南京市江宁区苏源大道69号
专利权人 南京南瑞继保工程技术有限公司

(72) 发明人 谢晔源 文继锋 王宇 段军
刘桓成

(74) 专利代理机构 北京律和信知识产权代理事务
所(普通合伙) 11446
专利代理师 武玉琴 谢清萍

(51) Int.Cl.
H02J 3/36 (2006.01)
H02J 3/46 (2006.01)
H02J 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 116093946 A, 2023.05.09
CN 115940100 A, 2023.04.07
审查员 易海艳

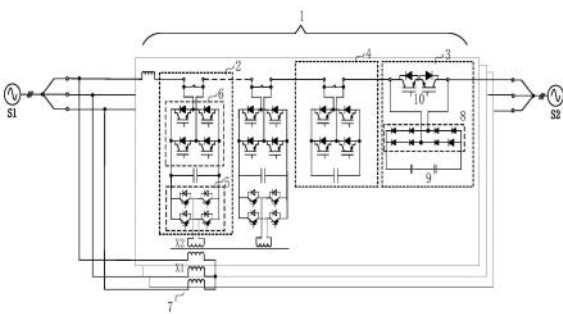
权利要求书4页 说明书10页 附图10页

(54) 发明名称

柔性交流互联装置及控制方法

(57) 摘要

本申请公开了一种柔性交流互联装置,所述柔性交流互联装置包括连接两个交流系统的三相串联换流阀;所述串联换流阀包括N个整流逆变模块、M个通流阻断模块,和K个无功模块;所述整流逆变模块包括在直流侧并联的整流全桥电路和逆变全桥电路;所述逆变全桥电路的交流端口和其他整流逆变模块的逆变全桥电路交流端口依次级联;所述整流全桥电路的交流端口连接多绕组变压器的不同副边绕组或具有供能能力的电源;所述通流阻断模块至少包括一个二极管全桥整流电路和其直流端并联的阻断电容;所述通流阻断模块还包括通流回路,根据本申请的实施例,本申请提供的装置运行方式灵活、效率高,可靠性高。



1. 一种柔性交流互联装置,包括连接两个交流系统的三相串联换流阀,其特征在于,所述三相串联换流阀包括:

N个整流逆变模块,其中 $N \geq 0$,每个所述整流逆变模块包括在直流侧并联的整流全桥电路和逆变全桥电路,其中,每个所述整流逆变模块的逆变全桥电路的交流端口和其他整流逆变模块的逆变全桥电路交流端口依次级联;每个所述整流逆变模块的整流全桥电路的交流端口连接多绕组变压器的不同副边绕组或具有供能能力的电源;

K个无功模块,其中 $K \geq 0$,每个所述无功模块包括无功全桥电路和在直流侧并联的储能电容,其中,所述无功全桥电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联,且 $N+K \geq 1$;

M个通流阻断模块,其中 $M \geq 1$,每个所述通流阻断模块均包括第一二极管全桥整流电路和其直流端并联的阻断电容,所述第一二极管全桥整流电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联;

所述通流阻断模块还包括通流回路,所述通流回路与所述第一二极管全桥整流电路的直流端或交流端并联。

2. 如权利要求1所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述通流阻断模块还包括机械开关,所述机械开关串联在所述第一二极管全桥整流电路的交流端。

3. 如权利要求2所述的柔性交流互联装置,其特征在于:

当所述通流回路导通时,所述通流阻断模块处于通态工作状态;

当所述通流回路关闭,且所述阻断电容的电压抬升后,所述通流阻断模块处于阻断工作状态;和/或

当所述通流回路关闭,所述阻断电容的电压抬升,且所述机械开关分断后,所述通流阻断模块处于分断工作状态。

4. 如权利要求1所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述整流逆变模块和无功模块均包括模块控制单元;

所述整流逆变模块和无功模块均接受其模块控制单元控制,或接受上级控制单元的控制。

5. 如权利要求1所述的柔性交流互联装置,其特征在于,至少两个所述第一二极管全桥整流电路的交流端串联,所述通流回路并联在所述至少两个所述第一二极管全桥整流电路的交流端串联支路上。

6. 如权利要求1所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述通流阻断模块的通流回路包括双向阻断单元,并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的交流端口,其中,

所述双向阻断单元包括反向串联的IGBT、MOSFET、IGCT、GTO、双向晶闸管或机械开关中的一种或多种的组合。

7. 如权利要求1所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述通流阻断模块的通流回路包括至少一个功率半导体器件,其中,

所述功率半导体器件并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的直流两端;或

所述功率半导体器件并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的上桥臂的各个二极管两端或下桥臂的二极管两端;

所述功率半导体器件包括IGBT、MOSFET、IGCT、GTO、晶闸管中的一种或多种的组合;

所述第一二极管全桥整流电路的交流端包括组成全桥结构的两个半桥的中点、组成全桥结构的任意一个半桥的中点和直流电容正极或负极;所述上桥臂包括所述直流电容正极与所述半桥的中点的部分;所述下桥臂包括所述直流电容负极与所述半桥的中点的部分。

8.如权利要求1所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述整流逆变模块的逆变全桥电路,和/或所述通流阻断模块的通流回路两端并联过电压保护装置、和/或旁路开关和/或双向晶闸管,其中,所述旁路开关为电分电合,并且具有掉电合闸保持功能。

9.如权利要求5所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述通流阻断模块的阻断电容包括至少两个串联的分立电容,其中,所述分立电容两端并联均压电阻。

10.如权利要求7所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述通流阻断模块还包括驱动隔离电路,用于接收外部驱动信号,并经电位隔离后控制所述功率半导体器件的导通和关断。

11.如权利要求10所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述驱动隔离电路原边连接直流电源;所述直流电源通过如下方式中的至少一种而获得:

1) 位于地电位的低压交流电源连接导线,并在末端短路,所述导线穿过串联CT,所述串联CT输出整流后得到;

2) 多绕组变压器的任一副边绕组连接导线,并在末端短路,所述导线穿过串联CT,所述串联CT输出整流后得到。

12.如权利要求10所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述通流阻断模块还包括整流单元和至少一个隔离电源,所述整流单元在直流端和所述阻断电容并联的第二二极管全桥整流电路,其中,

所述第二二极管全桥整流电路的交流端连接供能变压器的副边绕组;

所述隔离电源的输入连接所述阻断电容,所述隔离电源的输出连接所述驱动隔离电路。

13.如权利要求10所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述通流阻断模块还包括隔离电源,其中,

所述隔离电源的输入连接所述通流阻断模块的阻断电容两端,或相邻的整流逆变模块的直流电容,或相邻的整流逆变模块的模块控制单元,或多绕组变压器的副边绕组;

所述隔离电源的输出连接所述驱动隔离电路。

14.如权利要求1所述的柔性交流互联装置,其特征在于,在所述通流阻断模块的阻断电容的两端并联放电回路,并在所述阻断电容和所述放电回路并联连接后与隔离开关串联。

15.如权利要求7所述的柔性交流互联装置,其特征在于,所述通流回路中的至少一个功率半导体器件和限流回路串联。

16.一种模块化柔性交流互联装置,其特征在于,包括分相串联换流阀,所述分相串联换流阀包括串联的整流逆变模块、无功模块和通流阻断模块,

所述整流逆变模块被布置在 $n*N$ 的矩阵中,其中, n 为并联数, n 大于等于1, N 为串联数, N 大于等于1;

所述无功模块被布置在 $k*K$ 的矩阵中,其中, k 为并联数, n 大于等于0, K 为串联数, K 大于等于0;

所述通流阻断模块被布置在 $m \times M$ 的矩阵中,其中, m 为并联数, m 大于等于1, M 为串联数, M 大于等于1;

其中,每个所述整流逆变模块包括在直流侧并联的整流全桥电路和逆变全桥电路,且每个所述整流逆变模块的逆变全桥电路的交流端口和其他整流逆变模块的逆变全桥电路交流端口依次级联;每个所述整流逆变模块的整流全桥电路的交流端口连接多绕组变压器的不同副边绕组或具有供能能力的电源;

每个所述无功模块包括无功全桥电路和在直流侧并联的储能电容,且所述无功全桥电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联,且 $N+K \geq 1$;

每个所述通流阻断模块均包括第一二极管全桥整流电路和其直流端并联的阻断电容,所述第一二极管全桥整流电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联;

所述通流阻断模块还包括通流回路,所述通流回路与所述第一二极管全桥整流电路的直流端或交流端并联。

17.如权利要求16所述的模块化柔性交流互联装置,其特征在于,所述整流逆变模块、所述无功模块和所述通流阻断模块被分别设计成预设个数的串联单元。

18.如权利要求16至17任一所述的模块化柔性交流互联装置,其特征在于,所述整流逆变模块、无功模块和/或通流阻断模块的交流端口并联旁路开关,其中,

所述旁路开关调节投入的个数,以调整对应矩阵的规模。

19.一种柔性交流互联系统,其特征在于,所述系统包括控制保护装置、至少一个阀控单元和如权利要求1-11任一所述的柔性交流互联装置,所述至少一个阀控单元包括第一阀控单元和第二阀控单元,其中,

所述第一阀控单元分别与所述整流逆变模块和所述无功模块的模块控制单元通信;

所述第二阀控单元与所述通流阻断模块通信;

所述第一阀控单元和第二阀控单元相互通信,或集成在同一机箱内。

20.如权利要求19所述的柔性交流互联系统,其特征在于,还包括至少三个单相电抗器,其中,所述单相电抗器与所述柔性交流互联装置的串联换流阀串联,所述单相电抗器位于串联换流阀的一端或两端。

21.一种如权利要求1~15中任意一项所述的柔性交流互联装置的控制方法,其特征在于,包括:

当所述柔性交流互联装置正常工作时,响应于两个交流系统的相电压之差在预设的阈值范围内,整流逆变模块负责补偿两个交流系统的相电压向量差,导通通流阻断模块的通流回路;

当所述柔性交流互联装置过压故障时,响应于两个交流系统相电压之差超出预设的阈值范围,闭锁所述整流逆变模块,闭锁所述通流阻断模块的通流回路,以阻断两个交流系统存在的相电压向量差。

22.如权利要求21所述的控制方法,其特征在于,所述控制方法还包括:

当所述柔性交流互联装置正常工作时,计算两个交流系统相电压之差,并根据所述整流逆变模块的直流电压和调制度,确定投入的整流逆变模块个数,并将其余的整流/逆变模块控制旁路开关闭合;

当失去冗余或两个交流系统的相电压之差升高时,将被旁路的整流逆变模块的旁路开

关分断。

柔性交流互联装置及控制方法

技术领域

[0001] 本申请属于高压直流输电技术领域,具体而言,涉及一种柔性交流互联装置及控制方法。

背景技术

[0002] 目前,随着用户对用电需求、电能质量及供电可靠性等要求的不断提高,传统的供电网络越来越难以满足用户的供电需求。在现有的供配电网络,当其中一条线路出现过负荷或者故障时,经常会导致较大范围的停电。采用基于电力电子变流技术的柔性互联装置可以连接不同供区电源或不同母线电源,实现合环运行。同时,柔性互联装置还可以起到供区之间相互支援,潮流均衡的作用。

[0003] 传统的互联装置采用MMC背靠背的方案,具有双端无功补偿和故障隔离的功能,但存在成本高、传输效率低、占地大的问题。

[0004] 专利(CN115483683A)公开了一种串联型的柔性交流合环装置及系统,具有双方向功率可控、故障隔离、效率高等优点。由于该装置的换流链由众多功率模块构成,当该装置连接的两侧交流电源幅值差和相角差较小时,实际上起到调节作用的模块数量很少。当连接的两侧交流电源中有一侧发生低电压故障时,施加在装置两端的压差会突然增大,从而施加在功率模块上,造成功率模块上的直流过压。因此,为了解决上述故障工况,功率模块的数量就会增加,分担在故障工况下交流侧产生的过电压,导致大大增加了装置的成本。

[0005] 本申请的发明人发现,目前尚缺乏一种能够承受交流故障带来的过电压问题的低成本解决方案。

发明内容

[0006] 本申请旨在提出一种柔性交流互联装置及控制方法,以能够承受交流故障带来的过电压问题,且成本较低。

[0007] 根据本申请的一方面,提出一种柔性交流互联装置,包括连接两个交流系统的三相串联换流阀,所述三相串联换流阀包括:

[0008] N个整流逆变模块,其中 $N \geq 0$,每个所述整流逆变模块包括在直流侧并联的整流全桥电路和逆变全桥电路,其中,每个所述整流逆变模块的逆变全桥电路的交流端口和其他整流逆变模块的逆变全桥电路交流端口依次级联;每个所述整流逆变模块的整流全桥电路的交流端口连接多绕组变压器的不同副边绕组或具有供能能力的电源;

[0009] K个无功模块,其中 $K \geq 0$,每个所述无功模块包括无功全桥电路和在直流侧并联的储能电容,其中,所述无功全桥电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联,且 $N+K \geq 1$;

[0010] M个通流阻断模块,其中 $M \geq 1$,每个所述通流阻断模块均包括第一二极管全桥整流电路和其直流端并联的阻断电容,所述第一二极管全桥整流电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联;

[0011] 所述通流阻断模块还包括通流回路,所述通流回路与所述第一二极管全桥整流电路的直流端或交流端并联。

[0012] 根据一些实施例,所述通流阻断模块还包括机械开关,所述机械开关串联在第一二极管全桥整流电路的交流端。

[0013] 根据一些实施例,当所述通流回路导通时,所述通流阻断模块处于通态工作状态;当所述通流回路关闭,且所述阻断电容的电压抬升后,所述通流阻断模块处于阻断工作状态;和/或当所述通流回路关闭,所述阻断电容的电压抬升,且所述机械开关分断后,所述通流阻断模块处于分断工作状态。

[0014] 根据一些实施例,所述至少两个第一二极管全桥整流电路的交流端串联,所述通流回路并联在所述至少两个第一二极管全桥整流电路的交流端串联支路上。

[0015] 根据一些实施例,所述通流阻断模块的通流回路包括双向阻断单元,并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的交流端口,其中,所述双向阻断单元包括反向串联的IGBT、MOSFET、IGCT、GTO、双向晶闸管或机械开关中的一种或多种的组合。

[0016] 根据一些实施例,所述通流阻断模块的通流回路包括至少一个功率半导体器件,其中,所述功率半导体器件并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的直流两端;或所述功率半导体器件并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的上桥臂的各个二极管两端或下桥臂的二极管两端;所述半导体器件包括IGBT、MOSFET、IGCT、GTO、晶闸管中的一种或多种的组合;所述第一二极管全桥整流电路的交流端包括组成全桥结构的两个半桥的中点、组成全桥结构的任意一个半桥的中点和直流电容正极或负极;所述上桥臂包括所述直流电容正极与所述半桥的中点的部分;所述下桥臂包括所述直流电容负极与所述半桥的中点的部分。根据一些实施例,所述整流逆变模块的逆变全桥电路,和/或所述通流阻断模块的通流回路两端并联过电压保护装置、和/或旁路开关和/或双向晶闸管,其中,所述旁路开关为电分电合,并且具有掉电合闸保持功能。

[0017] 根据一些实施例,所述通流阻断模块的阻断电容包括至少两个串联的分立电容,其中,所述分立电容两端并联均压电阻。

[0018] 根据一些实施例,所述通流阻断模块还包括驱动隔离电路,用于接收外部驱动信号,并经电位隔离后控制所述功率半导体器件的导通和关断。

[0019] 根据一些实施例,所述驱动隔离电路原边连接直流电源;所述直流电源通过如下方式中的至少一种而获得:

[0020] 1) 位于地电位的低压交流电源连接导线,并在末端短路,所述导线穿过串联CT,所述串联CT输出整流后得到;

[0021] 2) 多绕组变压器的任一副边绕组连接导线,并在末端短路,所述导线穿过串联CT,所述串联CT输出整流后得到。

[0022] 根据一些实施例,所述通流阻断模块还包括整流单元和至少一个隔离电源,所述整流单元在直流端和所述阻断电容并联的第二二极管全桥整流电路,其中,所述第二二极管全桥整流电路的交流端连接供能变压器的副边绕组;所述隔离电源的输入连接所述阻断电容,所述隔离电源的输出连接所述驱动隔离电路。

[0023] 根据一些实施例,所述通流阻断模块还包括隔离电源,其中,所述隔离电源的输入连接所述通流阻断模块的阻断电容两端,或相邻的整流逆变模块的直流电容,或相邻的整

流逆变模块的模块控制单元,或多绕组变压器的副边绕组;所述隔离电源的输出连接所述驱动隔离电路。

[0024] 根据一些实施例,在所述通流阻断模块的阻断电容的两端并联放电回路,并在所述阻断电容和所述放电回路并联连接后与隔离开关串联。

[0025] 根据一些实施例,所述通流回路中的至少一个功率半导体器件和限流回路串联。

[0026] 根据本申请的一方面,提出一种模块化柔性交流互联装置,包括分相串联换流阀,所述分相串联换流阀包括串联的整流逆变模块、无功模块和通流阻断模块,所述整流逆变模块被布置在 $n \times N$ 的矩阵中,其中 n 为并联数, n 大于等于1, N 为串联数, N 大于等于1;所述无功模块被布置在 $k \times K$ 的矩阵中,其中 k 为并联数, n 大于等于0, K 为串联数, K 大于等于0;所述通流阻断模块被布置在 $m \times M$ 的矩阵中,其中 m 为并联数, m 大于等于1, M 为串联数, M 大于等于1。

[0027] 根据一些实施例,所述整流逆变模块、无功模块和通流阻断模块被分别设计成预设个数的串联单元。

[0028] 根据一些实施例,所述整流逆变模块、无功模块和/或通流阻断模块的交流端口并联旁路开关,其中,所述旁路开关调节投入的个数,以调整对应矩阵的规模。

[0029] 根据本申请的一方面,提出一种柔性交流互联系统,所述系统包括如前任一所述的柔性交流互联装置、控制保护装置和至少一个阀控单元,所述至少一个阀控单元包括第一阀控单元和第二阀控单元,其中,所述第一阀控单元分别与所述整流逆变模块和所述无功模块的模块控制单元通信;所述第二阀控单元与所述通流阻断模块通信;所述第一阀控单元和第二阀控单元相互通信,或集成在同一机箱内。

[0030] 根据一些实施例,所述柔性交流互联系统还包括至少三个单相电抗器,其中,所述单相电抗器与所述柔性交流互联装置的串联换流阀串联,所述单相电抗器位于串联换流阀的一端或两端。

[0031] 根据本申请的一方面,提出一种如前任意一项所述的柔性交流互联装置的控制方法,包括:

[0032] 当所述柔性交流互联装置正常工作时,响应于两个交流系统的相电压之差在预设的阈值范围内,整流逆变模块负责补偿两个交流系统的相电压向量差,导通通流阻断模块的通流回路;

[0033] 当所述柔性交流互联装置过压故障时,响应于两个交流系统相电压之差超出预设的阈值范围,闭锁所述整流逆变模块,闭锁所述通流阻断模块的通流回路,以阻断两个交流系统存在的相电压向量差。

[0034] 根据一些实施例,所述控制方法还包括:当所述柔性交流互联装置正常工作时,计算两个交流系统相电压之差,并根据所述整流逆变模块的直流电压和调制度,确定投入的整流逆变模块个数,并将其余的整流/逆变模块控制旁路开关闭合;当失去冗余或两个交流系统的相电压之差升高时,将被旁路的整流逆变模块的旁路开关分断。

[0035] 根据本申请的实施例,本申请提出的柔性交流互联装置中的串联换流阀由整流逆变模块和通流阻断模块串联构成;其中,整流逆变模块负责输出电压补偿两端压差,通过改变输出电压的幅值和相位,调节流过装置的电流;通流阻断模块平时旁路,本身的损耗很低,在故障时提供电压阻断流过装置的电流。装置运行方式灵活、效率高。

[0036] 根据一些实施例,通流阻断模块采用高压设计,并通过合理分配通流阻断模块与整流逆变模块的数量比例,可以为整流逆变模块分担电压应力,有效保护了整流逆变模块。由于通流阻断模块结构简单,成本低,占地小,总体上减小了装置的整体成本和占地。

[0037] 根据另一些实施例,通流阻断模块取能来自相邻整流逆变模块,避免了高电压下取能电源的设计难题,设计简单可靠;整流逆变模块采用两端电压差反馈的旁路控制,进一步减小损耗。

[0038] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性的,并不能限制本申请。

附图说明

[0039] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍。通过参照附图详细描述其示例实施例,本申请的上述和其他目标、特征及优点将变得更加显而易见。

[0040] 图1示出了根据本申请示例实施例的一种柔性交流互联装置的装置框图。

[0041] 图2示出了根据本申请示例实施例的一种柔性交流互联装置的电路示意图。

[0042] 图3A示出了根据本申请示例实施例的一种由IGBT构成的通流回路的电路示意图。

[0043] 图3B示出了根据本申请示例实施例的一种由IGBT和反并联晶闸管串联构成的通流回路的电路示意图。

[0044] 图3C示出了根据本申请示例实施例的另一种由IGBT构成的通流回路的电路示意图。

[0045] 图3D示出了根据本申请示例实施例的另一种由IGBT构成的通流回路的电路示意图。

[0046] 图3E示出了根据本申请示例实施例的另一种和限流回路串联的通流回路的电路示意图。

[0047] 图4A示出了根据本申请示例实施例的一种为阻断电容并联放电回路的电路示意图。

[0048] 图4B示出了根据本申请示例实施例的一种为阻断电容串联二极管的电路示意图。

[0049] 图5示出了根据本申请示例实施例的一种外部驱动信号的驱动隔离电路的电路示意图。

[0050] 图6示出根据本申请示例实施例的一种直流电源由供能变压器的任一副边绕组得到的电路示意图。

[0051] 图7示出根据本申请示例实施例的一种直流电源从相邻整流/逆变模块整流逆变模块的电源板的输出得到的电路示意图。

[0052] 图8示出了根据本申请示例实施例的另一种柔性交流互联装置的电路示意图。

[0053] 图9示出了根据本申请示例实施例的一种并联有双向阻断单元的通流回路的电路示意图。

[0054] 图10示出了根据本申请示例实施例的一种串联有机械开关的通流阻断模块示意图。

[0055] 图11示出了根据本申请示例实施例的另一种柔性交流互联装置的电路示意图。

[0056] 图12示出了根据本申请示例实施例的另一种柔性交流互联装置的电路示意图。

[0057] 图13示出了根据本申请示例实施例的一种柔性交流互联装置的控制方法流程图。

具体实施方式

[0058] 现在将参考附图更全面地描述示例实施例。然而,示例实施例能够以多种形式实施,且不应被理解为限于在此阐述的实施例;相反,提供这些实施例使得本申请将全面和完整,并将示例实施例的构思全面地传达给本领域的技术人员。在图中相同的附图显示表示相同或类似的部分,因而将省略对它们的重复描述。

[0059] 所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多实施例中。在下面的描述中,提供许多具体细节从而给出对本公开的实施例的充分理解。然而,本领域技术人员将意识到,可以实践本公开的技术方案而没有这些特定细节中的一个或更多,或者可以采用其它的方式、组元、材料、装置或操作等。在这些情况下,将不详细示出或描述公知结构、方法、装置、实现、材料或者操作。

[0060] 附图中所示的流程图仅是示例性说明,不是必须包括所有的内容和操作/步骤,也不是必须按所描述的顺序执行。例如,有的操作/步骤还可以分解,而有的操作/步骤可以合并或部分合并,因此实际执行的顺序有可能根据实际情况改变。

[0061] 本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象,而不是用于描述特定顺序。此外,术语“包括”和“具有”以及它们任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元,而是可选地还包括没有列出的步骤或单元,或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其他步骤或单元。

[0062] 下面结合附图,对根据本申请的具体实施例进行详细说明。

[0063] 图1示出了根据本申请示例实施例的一种柔性交流互联装置的装置框图,如图1所示的柔性交流互联装置包括N个整流逆变模块101、K个无功模块103和M个通流阻断模块105。其中, $N \geq 0$, $M \geq 1$, $K \geq 0$, 且 $N+K \geq 1$ 。

[0064] 根据本申请的实施例,每个所述整流逆变模块包括在直流侧并联的整流全桥电路和逆变全桥电路,其中,每个所述整流逆变模块的逆变全桥电路的交流端口和其他整流逆变模块的逆变全桥电路交流端口依次级联;每个所述整流逆变模块的整流全桥电路的交流端口连接多绕组变压器的不同副边绕组或具有供能能力的电源。

[0065] 根据一些实施例,每个所述无功模块包括无功全桥电路和在直流侧并联的储能电容,其中,所述无功全桥电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联。

[0066] 根据另一些实施例,每个所述通流阻断模块均包括第一二极管全桥整流电路和其直流端并联的阻断电容,所述第一二极管全桥整流电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联。

[0067] 根据本申请的实施例,所述通流阻断模块还包括机械开关,所述机械开关串联在第一二极管全桥整流电路的交流端。当所述通流回路导通时,所述通流阻断模块处于通态工作状态;当所述通流回路关闭,且所述阻断电容的电压抬升后,所述通流阻断模块处于阻断工作状态;和/或当所述通流回路关闭,所述阻断电容的电压抬升,且所述机械开关分断后,所述通流阻断模块处于分断工作状态。

[0068] 在一些实施例中,所述整流逆变模块和无功模块均包括模块控制单元;所述整流逆变模块和无功模块均接受其模块控制单元控制,或接受上级控制单元控制。例如,接受柔性交流互联装置的上级阀控单元的控制。

[0069] 在一些具体的实施例中,每个所述通流阻断模块均包括第一二极管全桥整流电路和其直流端并联的阻断电容,所述第一二极管全桥整流电路的交流端与所述整流逆变模块的逆变全桥电路交流端串联。

[0070] 在另一些实施例中,所述通流阻断模块的通流回路包括至少一个功率半导体器件,其中,所述功率半导体器件并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的直流两端;或所述功率半导体器件并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的上桥臂的二极管两端或下桥臂的二极管两端;所述半导体器件包括IGBT、MOSFET、IGCT、GTO、晶闸管中的一种或多种的组合。所述第一二极管全桥整流电路的交流端包括组成全桥结构的两个半桥的中点、组成全桥结构的任意一个半桥的中点和直流电容正极或负极;所述上桥臂包括所述直流电容正极与所述半桥的中点的部分;所述下桥臂包括所述直流电容负极与所述半桥的中点的部分。

[0071] 根据图1所示的实施例,整流逆变模块负责输出电压补偿两端压差,通过改变输出电压的幅值和相位,调节流过柔性交流互联装置的电流。通流阻断模块平时旁路,其本身的损耗很低,在柔性交流互联装置过压故障时,通流阻断模块提供电压阻断流过通流阻断模块装置的电流,从而为整流逆变模块分担电压应力,有效保护了整流逆变模块。由于通流阻断模块结构简单、成本低、占地小,因此减小了柔性交流互联装置的整体成本和占地面积。

[0072] 图2示出了根据本申请示例实施例的一种柔性交流互联装置的电路示意图,如图2所示的柔性交流互联装置包括连接两个交流系统S1和S2的三相串联换流阀。如图2所示,所述三相串联换流阀1包括N个整流逆变模块2、M个通流阻断模块3,和K个无功模块4。其中 $N \geq 1, M \geq 1, K \geq 0$ 。

[0073] 所述整流逆变模块2包括在直流侧并联的整流全桥电路5和逆变全桥电路6。其中,所述逆变全桥电路6的交流端口和其他整流逆变模块的逆变全桥电路交流端口依次级联。所述整流全桥电路5的交流端口连接多绕组变压器7的不同副边绕组X2。多绕组变压器的原边绕组X1连接任意交流系统。

[0074] 所述无功模块4包括无功全桥电路和在直流侧并联的储能电容。其中,所述无功全桥电路的交流端与所述整流逆变模块2的逆变全桥电路6的交流端串联。

[0075] 所述整流逆变模块和无功模块包括模块控制单元。

[0076] 在一些实施例中,所述通流阻断模块3的阻断电容9的两端还并联至少两个采样电阻;所述阻断电容上的电压经采样电阻分压,并隔离后送入整流逆变模块2的模块控制单元中。

[0077] 所述通流阻断模块3至少包括一个第一二极管全桥整流电路8和其直流端并联的阻断电容9,所述第一二极管全桥整流电路8的交流端与所述整流逆变模块2的逆变全桥电路3交流端的串联。

[0078] 根据一些实施例,通流阻断模块的阻断电容包括至少两个串联的分立电容,其中,所述分立电容两端并联均压电阻。

[0079] 如图2所示,所述通流阻断模块3还包括通流回路10,所述通流回路与所述二极管

全桥整流电路的直流端或交流端并联。

[0080] 在一些实施例中,所述整流逆变模块2的逆变全桥电路6,和/或通流阻断模块3的第一二极管全桥整流电路8的交流端口并联旁路开关和/或双向晶闸管。其中,所述旁路开关为电分电合,并且具有掉电合闸保持功能。

[0081] 在具体的实施例中,所述通流阻断模块3的通流回路10包括至少一个功率半导体器件。其中,所述半导体器件包括IGBT、MOSFET、IGCT、GTO、晶闸管中的一种或多种的组合。

[0082] 在一些实施例中,并联连接在所述第一二极管全桥整流电路8的直流两端。并联连接在所述第一二极管全桥整流电路8的直流两端。如图3A和图3B所示。

[0083] 在另一些实施例中,所述通流回路中的功率半导体器件并联在二极管全桥整流电路的上桥臂的二极管两端或下桥臂的二极管两端,如图3C和图3D所示。所述二极管全桥整流电路的交流端包括组成全桥结构的两个半桥的中点、组成全桥结构的任意一个半桥的中点和直流电容正极或负极;所述上桥臂包括所述直流电容正极与所述半桥的中点的部分;所述下桥臂包括所述直流电容负极与所述半桥的中点的部分。

[0084] 在具体的实施例中,所述通流回路中的至少一个功率半导体器件还串联限流回路,所述限流回路包括限流电阻35和限流旁路开关34的并联连接。如图3E所示。

[0085] 在具体的实施例中,所述通流阻断模块3的阻断电容9两端还并联放电回路,如图4A所示。所述放电回路包括串联连接的放电电阻33和放电开关32的串联连接,所述阻断电容两端和放电回路并联连接后还与隔离开关31串联。如图3C所示。

[0086] 在另一些实施例中,所述通流阻断模块3的阻断电容9还串联二极管或/和阻感元件。其中,所述二极管的阴极连接阻断电容正极,如图4B所示。

[0087] 在一些实施例中,所述通流阻断模块3的通流回路10包括至少一个双向阻断功率半导体单元。在具体的实施例中,所述通流回路10并联连接在所述第一二极管全桥整流电路8的交流端口;所述双向阻断功率半导体单元包括反向串联的IGBT、MOSFET、IGCT、GTO或双向晶闸管中的一种或多种的组合。如图2所示,所述通流回路10并联连接在所述第一二极管全桥整流电路8的交流端口,所述双向阻断功率半导体单元包括由反向串联的IGBT构成。

[0088] 在具体的实施例中,所述通流阻断模块3中的IGBT还包括反并联二极管。

[0089] 在一些实施例中,所述第一二极管全桥整流电路中的二极管的数量大于等于1,在当所述第一二极管全桥整流电路中的二极管的数量大于1时,以串联和/或并联的方式接入整流电路。

[0090] 根据本申请的实施例,图2所示的柔性交流互联装置还包括至少一个阀控单元,所述整流逆变模块和无功模块包括模块控制单元。所述阀控单元与整流逆变模块和无功模块的模块控制单元通信。

[0091] 在一些实施例中,如图5所示,所述通流阻断模块3还包括驱动隔离电路11,用于接收外部驱动信号,并经电位隔离后控制通流阻断模块3中的功率半导体器件的导通和关断。其中,所述外部驱动信号来自柔性交流互联装置的阀控单元或整流逆变模块的模块控制单元12。

[0092] 在具体的实施例中,所述驱动隔离电路原边连接直流电源;所述直流电源通过如下方式中的至少一种而获得:

[0093] 1) 位于地电位的低压交流电源连接导线,并在末端短路;导线穿过串联CT,所述串

联CT输出整流后得到;其中,串联CT是指将两个或多个电流互感器的输出端连接在一起,串联后输出的电流信号为串联后各个电流互感器输出电流信号的代数和。

[0094] 2) 多绕组变压器的任一副边绕组连接导线,并在末端短路,所述导线穿过串联CT,所述串联CT输出整流后得到。如图6所示。

[0095] 3) 从相邻整流逆变模块的电源板的输出得到,如图7所示。

[0096] 根据图2所示的实施例,整流逆变模块负责输出电压补偿两端压差,通过改变输出电压的幅值和相位,调节流过装置的电流;通流阻断模块平时旁路,本身的损耗很低,在故障时提供电压阻断流过装置的电流,装置运行方式灵活、效率高。

[0097] 在另一些实施例中,至少两个第一二极管全桥整流电路的交流端串联,所述通流回路并联在所述至少两个第一二极管全桥整流电路的交流端串联支路上。如图8所示,所述两个第一二极管全桥整流电路的交流端串联,所述通流回路并联在所述两个第一二极管全桥整流电路的交流端串联支路上。

[0098] 根据另一些实施例,所述通流阻断模块的通流回路包括至少一个双向阻断单元,且双向阻断单元并联连接在所述第一二极管全桥整流电路的交流端口,其中,所述双向阻断单元包括反向串联的IGBT、MOSFET、IGCT、GTO、双向晶闸管或机械开关中的一种或多种的组合,如图9所示。

[0099] 根据另一些实施例,所述通流阻断模块还包括机械开关20,所述机械开关串联在一二极管全桥整流电路的交流端。如图10所示,通流回路10中的双向阻断功率半导体单元包括可控半导体器件,阻断电容9包括直流电容。所述通流阻断模块包括通态、阻断和分断三种工作状态。其中,所述通态工作状态由控制可控半导体器件导通实现;所述阻断工作状态由控制可控半导体器件关闭,直流电容电压抬升后实现;所述分断工作状态由控制可控半导体器件关闭,直流电容电压抬升,分断机械开关后实现。

[0100] 根据本申请的一些实施例,所述通流阻断模块还包括驱动隔离电路,用于接收外部驱动信号,并经电位隔离后控制所述功率半导体器件的导通和关断。

[0101] 在具体的实施例中,所述隔离电源的输入连接所述通流阻断模块的阻断电容两端,或相邻的整流逆变模块的直流电容,或相邻的整流逆变模块的模块控制单元,或多绕组变压器的副边绕组;所述隔离电源的输出连接所述驱动隔离电路。其中,通流阻断模块和整流逆变模块在同一个串联换流阀中。如图11所示,在该实施例中,通流阻断模块取能来自相邻整流逆变模块,避免了高电压下取能电源的设计难题,设计简单可靠;整流逆变模块采用两端电压差反馈的旁路控制,进一步减小损耗。

[0102] 在另一些实施例中,所述通流阻断模块还包括整流单元,所述通流阻断模块还包括整流单元和至少一个隔离电源,所述整流单元在直流端和所述阻断电容并联的第二二极管全桥整流电路,其中,所述第二二极管全桥整流电路的交流端连接供能变压器的副边绕组;所述隔离电源的输入连接所述阻断电容,所述隔离电源的输出连接驱动隔离电路。如图12所示。

[0103] 根据本申请的实施例,还提出一种模块化柔性交流互联装置,包括分相串联换流阀,所述分相串联换流阀包括串联的整流逆变模块、无功模块和通流阻断模块。其中,所述整流逆变模块被布置在 $n \times N$ 的矩阵中,其中 n 为并联数, n 大于等于1, N 为串联数, N 大于等于1;所述无功模块被布置在 $k \times K$ 的矩阵中,其中 k 为并联数, n 大于等于0, K 为串联数, K 大于等

于0;所述通流阻断模块被布置在 $m \times M$ 的矩阵中,其中 m 为并联数, m 大于等于1, M 为串联数, M 大于等于1。

[0104] 根据一些实施例,所述整流逆变模块、所述无功模块和所述通流阻断模块被分别设计成预设个数的串联单元。在具体的实施例中,模块化柔性交流互联装置包括预设个数的串联单元,所述串联单元包括整流逆变模块、无功模块和通流阻断模块。

[0105] 根据一些实施例,所述整流逆变模块、无功模块和/或通流阻断模块的交流端口并联旁路开关,其中,所述旁路开关调节投入的个数,以调整对应矩阵的规模。也即,当旁路开关闭合时,将与该旁路开关并联的整流逆变模块、无功模块或通流阻断模块旁路。

[0106] 根据本申请的一些实施例,提出一种柔性交流互联系统。其中,该柔性交流互联系统包括如前任一所述的柔性交流互联装置、控制保护装置和至少一个阀控单元。

[0107] 根据一些实施例,所述至少一个阀控单元包括第一阀控单元和第二阀控单元,其中,所述第一阀控单元分别与所述整流逆变模块和所述无功模块的模块控制单元通信;所述第二阀控单元与所述通流阻断模块通信;所述第一阀控单元和第二阀控单元相互通信,或集成在同一机箱内。

[0108] 根据一些实施例,柔性交流互联系统还包括至少三个单相电抗器,其中,所述单相电抗器与所述柔性交流互联装置的串联换流阀串联,所述单相电抗器位于串联换流阀的一端或两端。也即,单相电抗器串联在柔性交流互联装置的一端或串联在柔性交流互联装置的两端。

[0109] 图13示出了根据本申请示例实施例的一种柔性交流互联装置的控制方法流程图,如图13所示的方法包括步骤。

[0110] 在步骤S1201,首先判断柔性交流互联装置的工作状态,判断柔性交流互联装置是否处于正常工作状态。当柔性交流互联装置正常工作时,执行步骤S1203;当柔性交流互联装置过压故障时,执行步骤S1205。

[0111] 在步骤S1203,当所述柔性交流互联装置正常工作时,响应于两个交流系统的相电压之差在预设的阈值范围内,整流逆变模块负责补偿两个交流系统的相电压向量差,导通通流阻断模块的通流回路。

[0112] 在步骤S1205,当所述柔性交流互联装置过压故障时,响应于两个交流系统相电压之差超出预设的阈值范围,闭锁所述整流逆变模块,闭锁所述通流阻断模块的通流回路两类模块的电容电压升高,形成电压源,以阻断两个交流系统存在的相电压向量差。

[0113] 根据本申请的实施例,为了进一步提高效率,图13所示的方法还包括:当柔性交流互联装置正常工作时,根据计算的两个交流系统的相电压之差,并根据整流逆变模块的直流电压和调制度,确定投入的整流逆变模块个数,并将其余的整流逆变模块控制旁路开关闭合或双向晶闸管导通;当失去冗余或两个交流系统的相电压之差升高时,将被旁路的整流逆变模块的旁路开关分断或关断双向晶闸管。根据一些实施例,通流阻断模块采用高压设计。在本实施例中,通过合理分配通流阻断模块与整流逆变模块的数量比例,可以为整流逆变模块分担电压应力,有效保护了整流逆变模块。由于通流阻断模块结构简单,成本低,占地小,总体上减小了装置的整体成本和占地。

[0114] 以上对本申请实施例进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明仅用于帮助理解本申请的方法及其核心思想。同

时,本领域技术人员依据本申请的思想,基于本申请的具体实施方式及应用范围上做出的改变或变形之处,都属于本申请保护的范围。综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。



图1

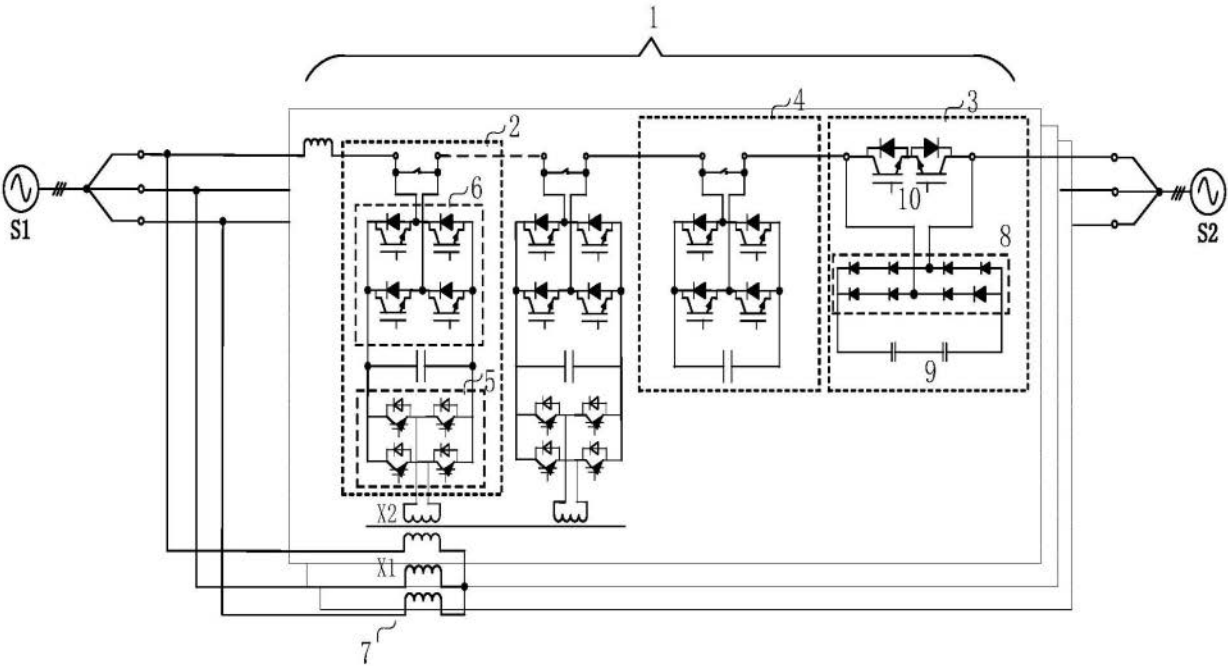


图2

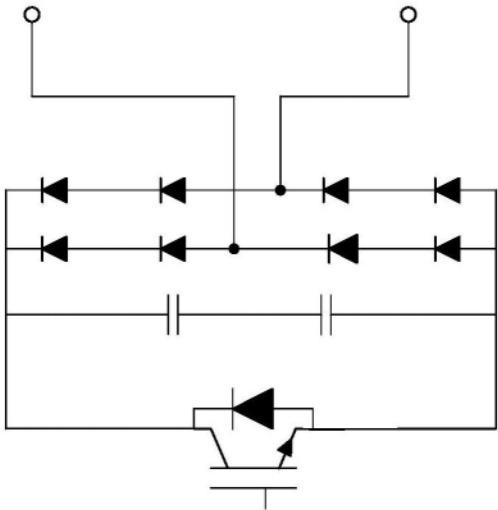


图3A

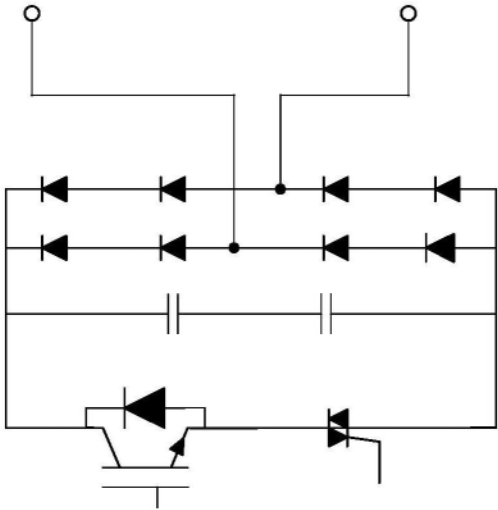


图3B

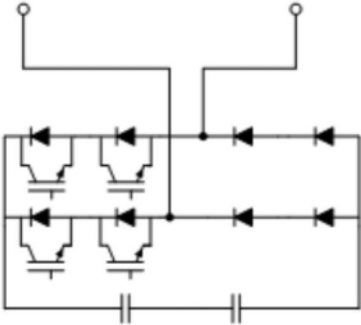


图3C

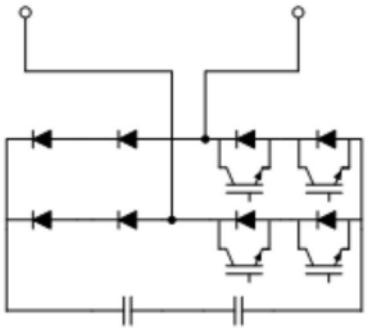


图3D

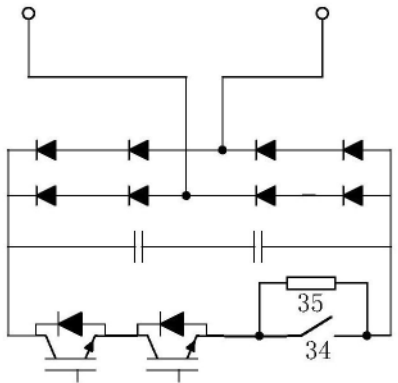


图3E

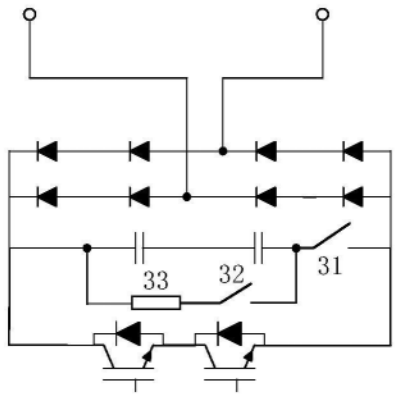


图4A

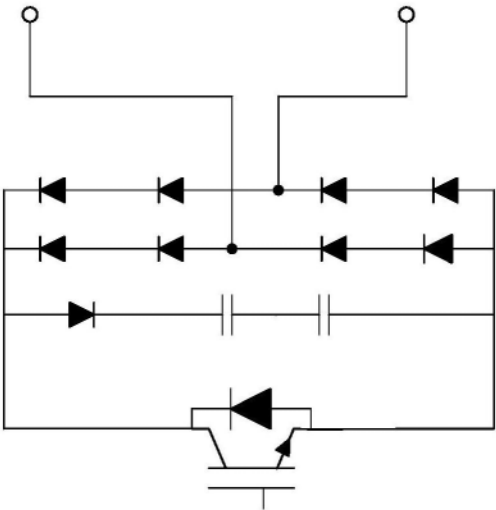


图4B

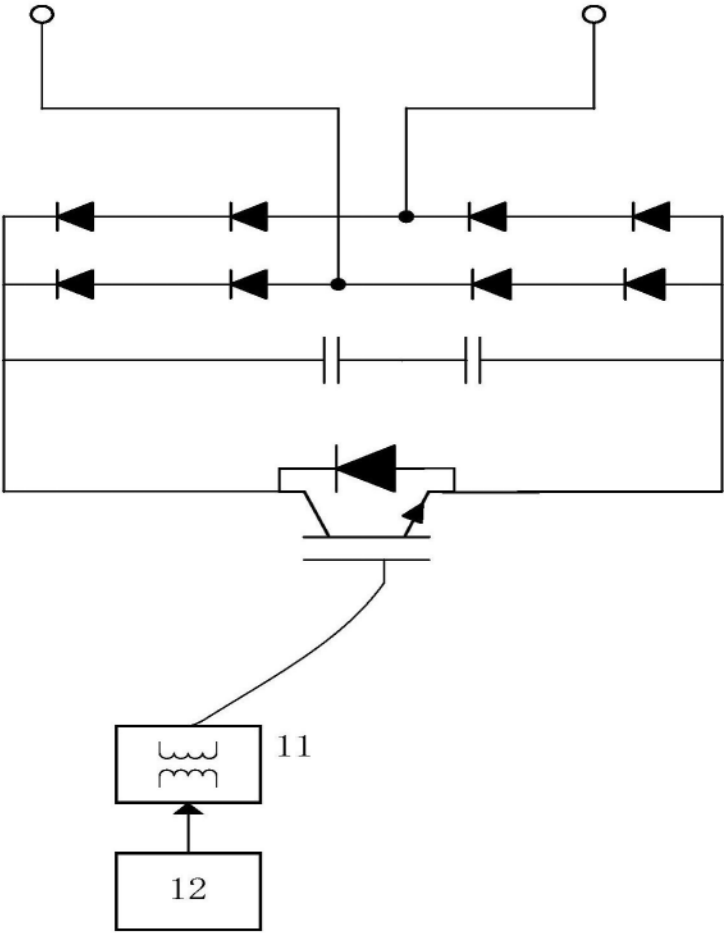


图5

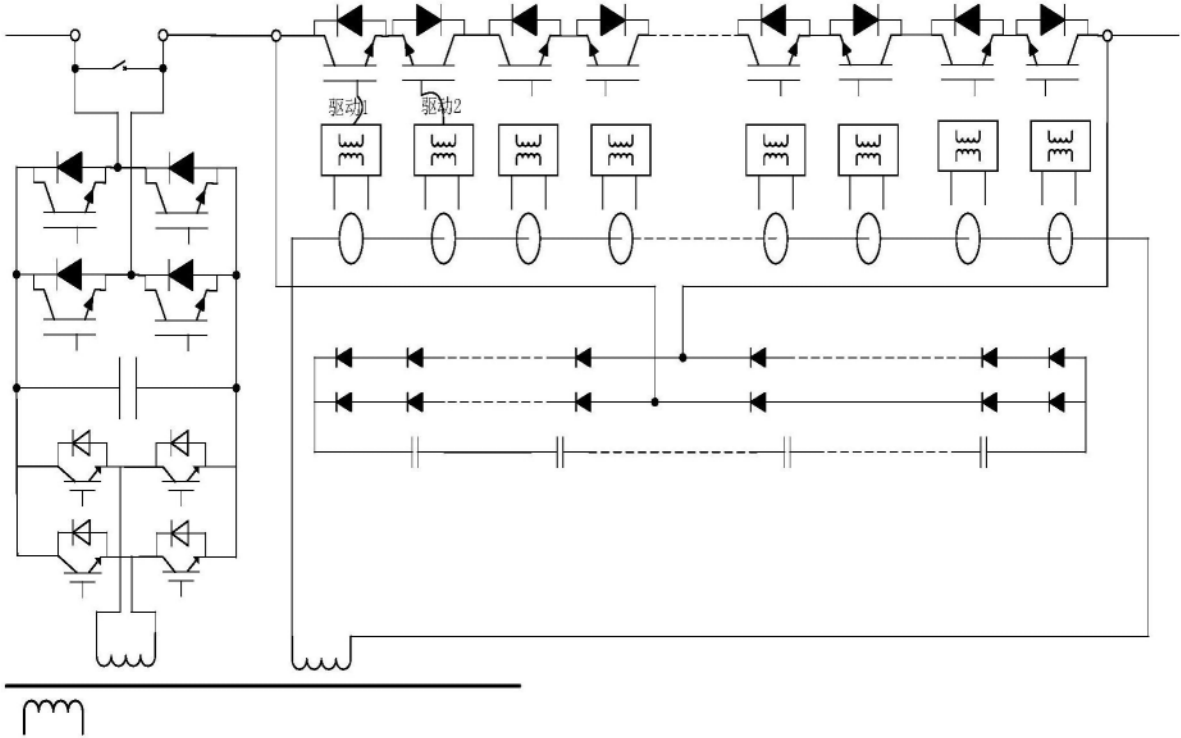


图6

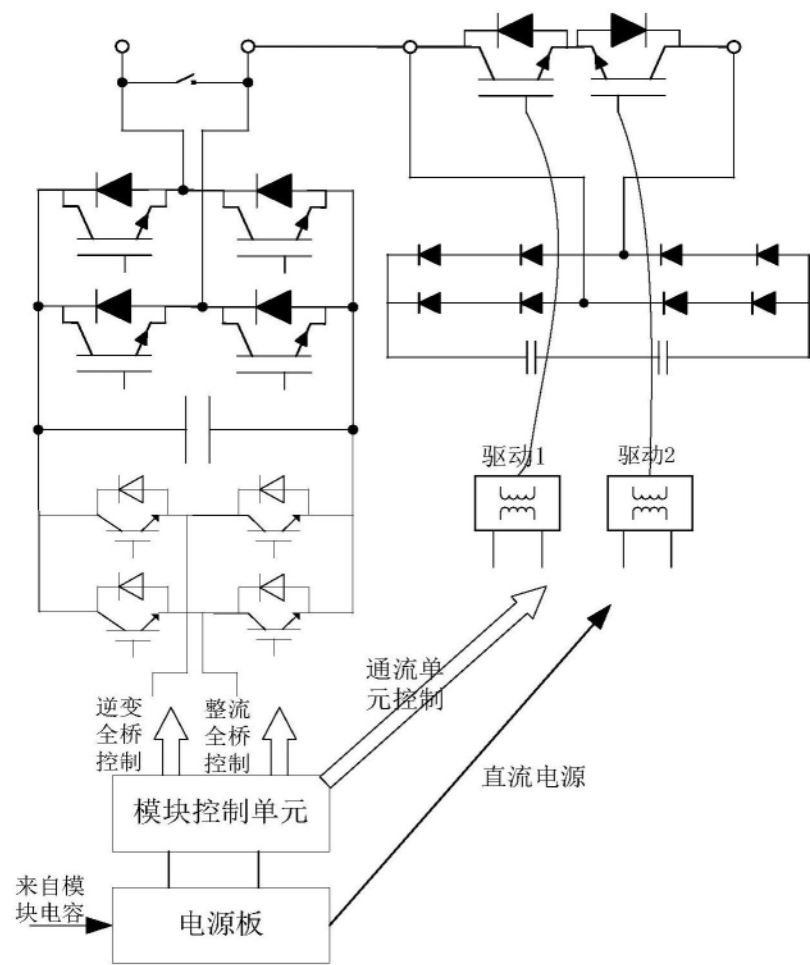


图7

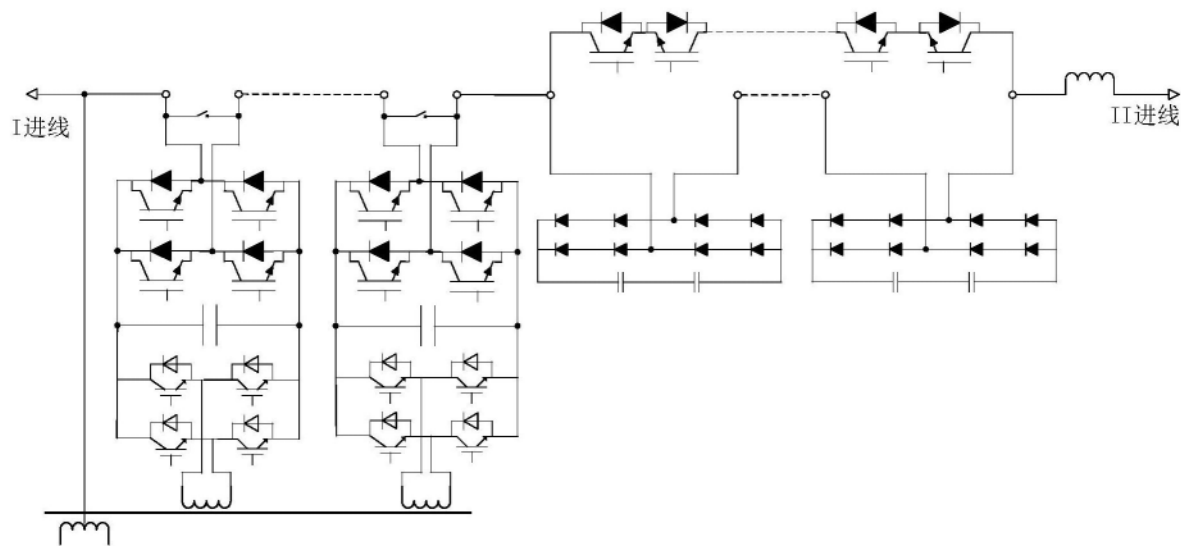


图8

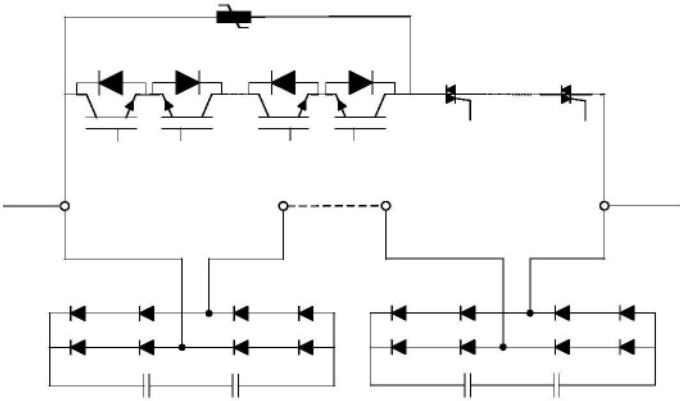


图9

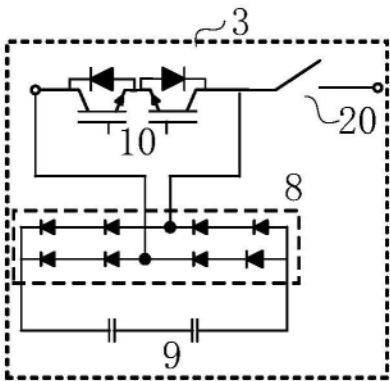


图10

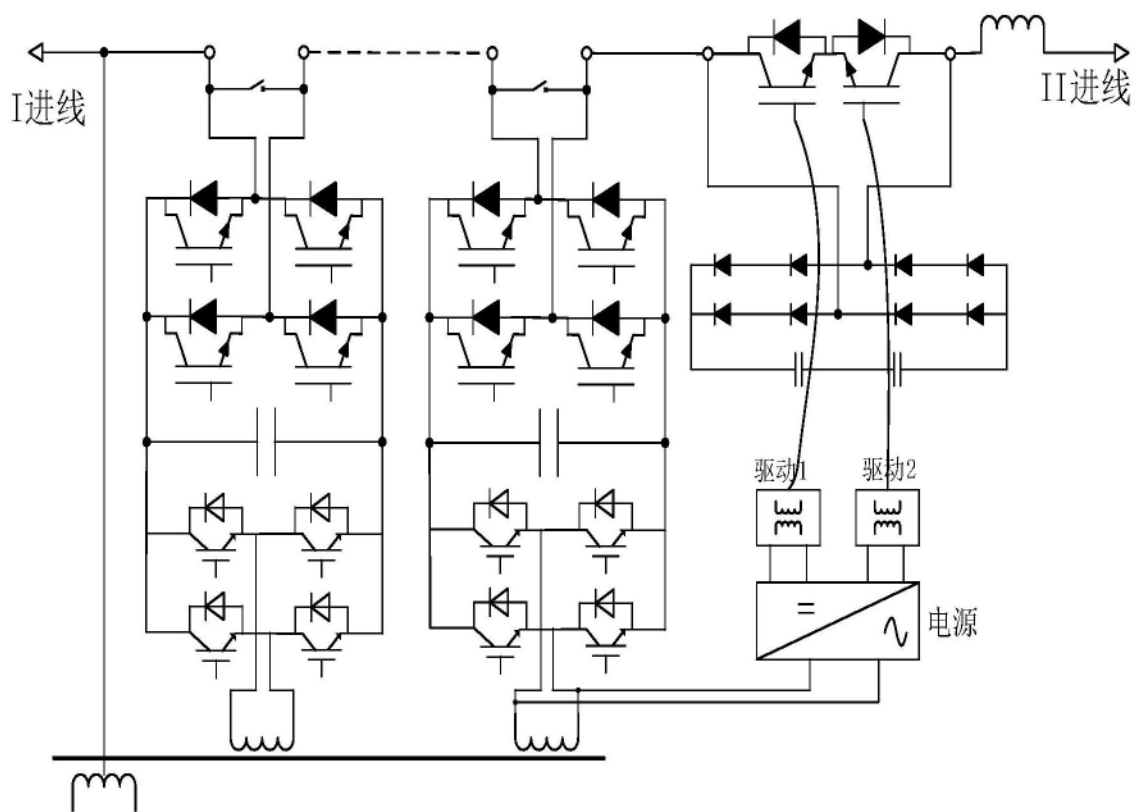


图11

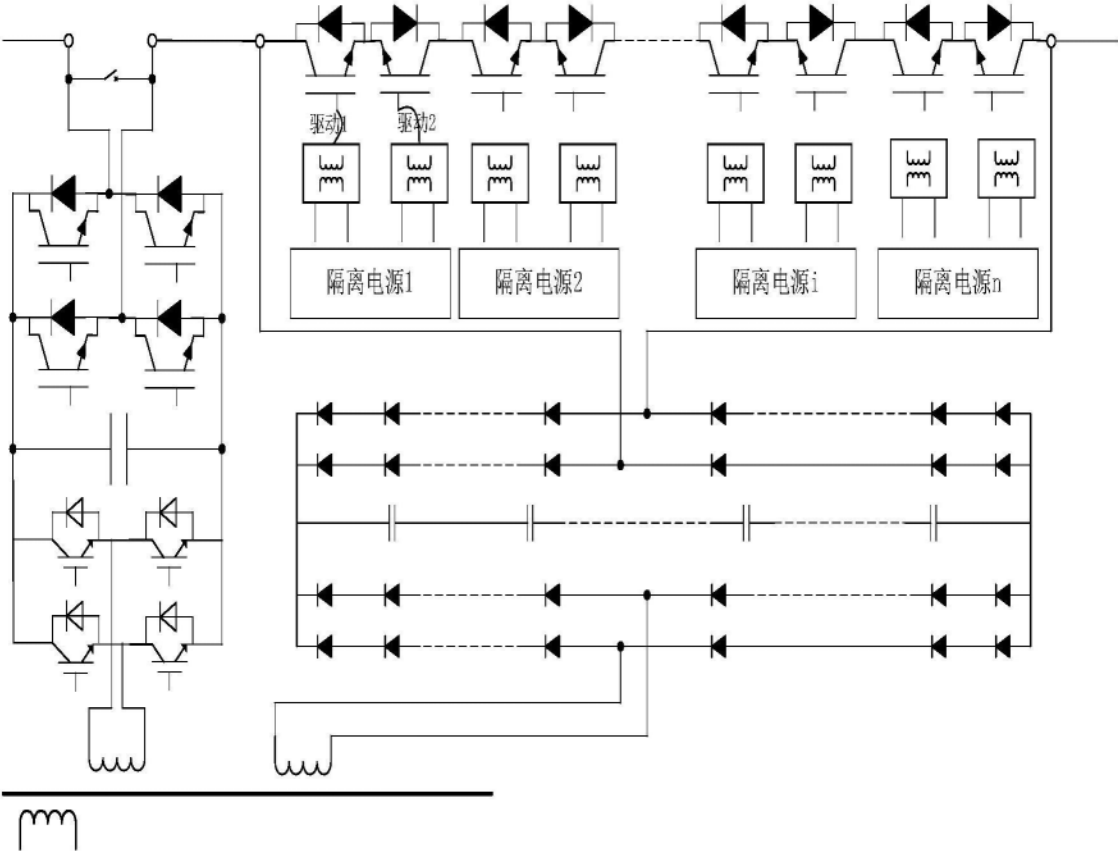


图12

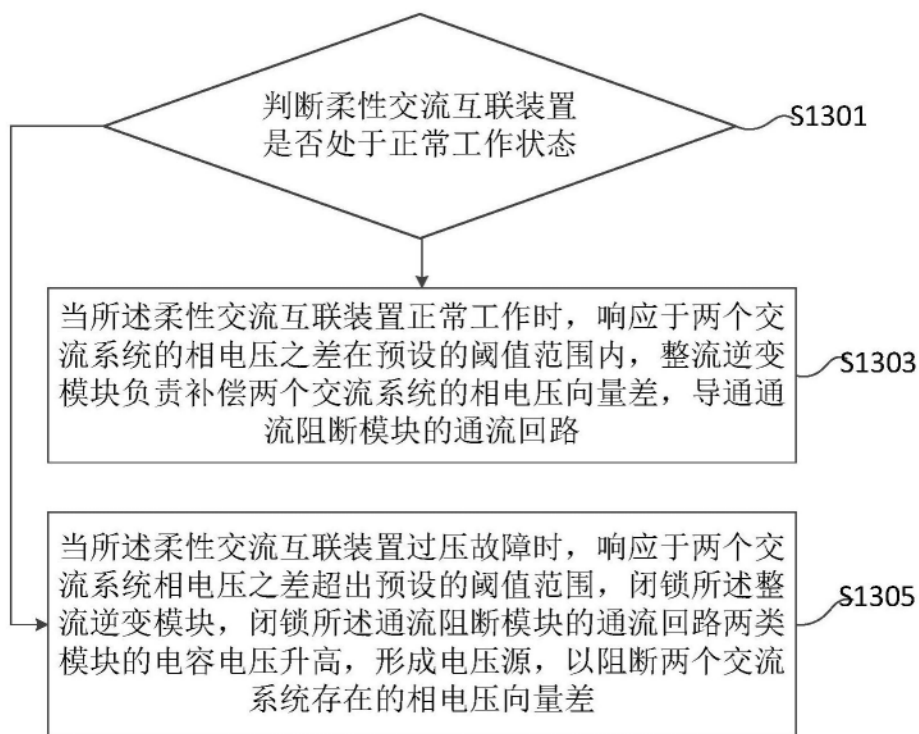


图13