



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108199571 B

(45) 授权公告日 2025. 03. 18

(21) 申请号 201810178403.3

CN 106786762 A, 2017.05.31

(22) 申请日 2018.03.05

CN 104578130 A, 2015.04.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 104167912 A, 2014.11.26

申请公布号 CN 108199571 A

CN 208094430 U, 2018.11.13

(43) 申请公布日 2018.06.22

审查员 周容

(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 卢东斌 李海英 曹冬明

(51) Int. Cl.

H02M 1/32 (2007.01)

H02J 3/36 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106100404 A, 2016.11.09

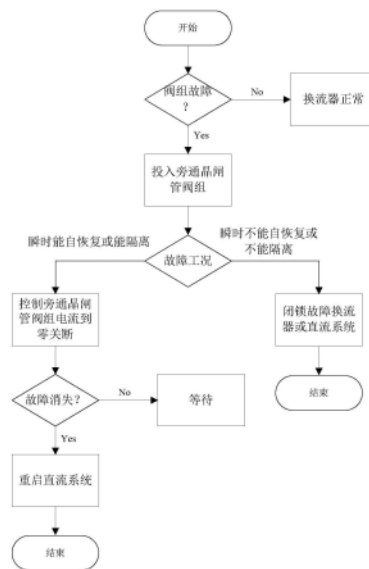
权利要求书3页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种换流器保护电路和保护方法及装置

(57) 摘要

本发明公开一种换流器保护电路,用于保护二极管阀组或电流源型阀组单元与电压源型阀组单元串联组成的具有直流故障穿越能力的换流器中的电压源换流器,在具有直流故障穿越能力的换流器两端并联旁通晶闸管阀组,旁通晶闸管阀组的阳极和阴极分别与具有直流故障穿越能力的换流器的正极和负极相连。本发明还公开一种换流器保护方法,电压源换流器检测到交流或者直流系统发生故障,导致电压源换流器电压或电流超过阈值,投入旁通晶闸管阀组,并将故障信息传送到整流站,整流站降低直流电压,降低直流电流到零,旁通晶闸管阀组电流过零关断。上述电压源换流器保护电路有效解决了电压源换流器因直流充电引起的过压和过流问题,保证电压源换流器可靠运行。



1. 一种换流器保护电路,用于保护电压源型阀组单元中的电压源换流器,其特征在于,采用如下三种方案之一:

方案一:至少包含一个旁通晶闸管阀组和一个二极管阀组,连接方式为所述二极管阀组与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联,组成具有直流故障穿越能力的换流器,在具有直流故障穿越能力的换流器两端并联旁通晶闸管阀组,旁通晶闸管阀组的阳极与所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极相连,旁通晶闸管阀组的阴极与所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极相连;

方案二:至少包含一个旁通晶闸管阀组和一个电流源型阀组单元;连接方式为电流源型阀组单元与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联,组成具有直流故障穿越能力的换流器;在具有直流故障穿越能力的换流器两端并联旁通晶闸管阀组,旁通晶闸管阀组的阳极与所述直流故障穿越能力的换流器的正极相连,旁通晶闸管阀组的阴极与所述直流故障穿越能力的换流器的负极相连;

方案三:至少包含一个旁通晶闸管阀组,旁通晶闸管阀组的阳极与具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元的正极相连,旁通晶闸管阀组的阴极与具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元的负极相连;

所述不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元是自身不能实现直流输电系统的直流侧故障穿越;

所述具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元是自身能实现直流输电系统的直流侧故障穿越,是在不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元所包含的电压源换流器基础上增加辅助电力电子器件抑制反向电流实现。

2. 如权利要求1所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述二极管阀组与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联连接有两种拓扑结构:

- (1) 二极管阀组的阴极与电压源型阀组单元的正极相连;或者
- (2) 二极管阀组的阳极与电压源型阀组单元的负极相连;

对于第(1)种结构,所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极为二极管阀组的阳极,所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极为电压源型阀组单元的负极;对于第(2)种结构,所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极为电压源型阀组单元的正极,所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极为二极管阀组的阴极。

3. 如权利要求1所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元中所包含的电压源换流器是以下任一种或多种:两电平换流器、二极管箝位型多电平换流器、半桥结构子模块组成的模块化多电平换流器MMC、两电平级联型换流器CSL或堆叠式两电平换流器CTL;所述二极管阀组由多个二极管串联组成。

4. 如权利要求1所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元所包含的电压源换流器是以下任一种或多种:全桥结构子模块组成的模块化多电平换流器MMC、两电平级联型换流器CSL、堆叠式两电平换流器CTL,半桥和全桥结构子模块组成的混合模块化多电平换流器HMC,或二极管箝位型模块化多电平换流器。

5. 如权利要求1所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述电流源型阀组单元与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联连接有两种拓扑结构:

- (1) 电流源型阀组单元的阴极和电压源型阀组单元的正极相连;或者

(2) 电流源型阀组单元的阳极和电压源型阀组单元的负极相连;

对于第(1)种结构,所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极为电流源型阀组单元的阳极;所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极为电压源型阀组单元的负极;对于第(2)种结构,所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极为电压源型阀组单元的正极;所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极为电流源型阀组单元的阴极。

6. 如权利要求5所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述电流源型阀组单元包括电网换相换流器;或者包括电网换相换流器与旁通开关,二者并联连接;或者包括电网换相换流器与旁通开关及刀闸组件,所述刀闸组件包括连接刀闸和旁通刀闸,电网换相换流器与旁通开关并联连接,并联后的单元两端分别和连接刀闸的一端相连,连接刀闸的另一端并联旁通刀闸。

7. 如权利要求6所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述电网换相换流器为六脉动桥式电路或十二脉动桥式电路,其由不可关断的半控型功率半导体组成。

8. 如权利要求1所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述电压源型阀组单元包括电压源换流器;或者电压源换流器及其旁通电路;或者包括电压源换流器及其旁通电路和刀闸组件,所述刀闸组件包括连接刀闸和旁通刀闸,并且电压源换流器及其旁通电路两端分别和连接刀闸的一端相连,连接刀闸的另一端并联旁通刀闸。

9. 如权利要求8所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述电压源换流器及其旁通电路为电压源换流器与旁通开关并联电路;或者旁通开关与电感串联连接后再与电压源换流器并联电路;或者电压源换流器与电感串联连接后再与旁通开关并联电路。

10. 如权利要求1所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述电压源换流器由可关断的全控型功率半导体组成;所述可关断的全控型功率半导体是以下任一种或多种:绝缘栅双极型晶体管IGBT、集成门极换流晶闸管IGCT、可关断晶闸管GTO、电力场效应管Power MOSFET、电子注入增强栅晶体IEGT、门极换流晶闸管GCT或碳化硅增强型结型场效应晶体管SiC-JFET。

11. 如权利要求1所述的一种换流器保护电路,其特征在于:所述旁通晶闸管阀组只包含一个桥臂,由多个晶闸管串联组成,并包含相应的控制保护电路;或者所述旁通晶闸管阀组是并联的电网换相换流器的旁通对或通过所述并联的电网换相换流器快速移相实现。

12. 如权利要求11所述的一种换流器保护电路,其特征在于:在所述多个晶闸管串联后的始端或末端串联直流转换开关或者隔离刀闸。

13. 一种适用于权利要求1至12任一项所述换流器保护电路的换流器保护方法,逆变站配置不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元或者所述具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元,当直流输电系统运行时,逆变站为直流输电系统的逆变侧,整流站为直流输电系统的整流侧;其特征在于:电压源型阀组单元检测到故障,投入旁通晶闸管阀组,并将故障信息传送到整流站,对于瞬时能自恢复或能隔离的故障,整流侧降低直流电压,降低直流电流,控制旁通晶闸管阀组电流到零关断,故障消失后,通过整流侧和逆变侧协调控制,重启直流输电系统;对于瞬时不能自恢复或不能隔离的故障,通过整流侧和逆变侧协调控制,闭锁所述电压源型阀组单元或直流输电系统。

14. 如权利要求13所述的换流器保护方法,其特征在于:所述电压源型阀组单元检测到故障包括控制系统故障、阀区故障、主变压器区故障和交流系统故障;故障检测的具体方式

是:通过检测电压源型阀组单元总直流电压、直流电流或电压源型阀组单元的桥臂电流超过阈值;或者通过检测电压源型阀组单元的子模块电压或电流超过阈值;或者通过检测交流电压或交流电流间接预测或辅助判断;或者通过电压源型阀组单元停运信号出现、保护动作信号出现、闭锁信号出现或运行信号消失来判断。

15. 如权利要求13所述的换流器保护方法,其特征在于:所述控制旁通晶闸管阀组电流到零关断,是通过逆变站主导控制旁通晶闸管阀组电流到零,或者将故障信息传送到整流站,整流站主导控制旁通晶闸管阀组电流到零,或者两站协调控制旁通晶闸管阀组电流到零;所述控制旁通晶闸管阀组电流到零的方法是在旁通晶闸管阀组施加零压或反压,或者断开直流输电系统电流回路中的直流转换开关来实现。

16. 如权利要求13所述的换流器保护方法,其特征在于:所述故障信息传送到整流站是在站间通讯正常情况下,整流站接收逆变站送来的故障信息或整流站检测直流电压和直流电流识别故障信息,在站间通讯故障情况下,整流站检测直流电压和直流电流来识别故障信息;所述瞬时能自恢复或能隔离的故障为能够瞬时熄弧或能够通过开关、刀闸实现快速隔离的故障;所述瞬时不能自恢复或不能隔离的故障为永久性故障,不能瞬时熄弧或通过开关、刀闸不能实现隔离的故障。

17. 一种适用于权利要求1至12任一项所述换流器保护电路的换流器保护装置,其特征在于,所述装置包括检测单元、保护单元和控制单元,其中:

检测单元,检测电压源型阀组单元的直流电压、直流电流、桥臂电流,电压源型阀组单元中子模块的电压、电流,旁通晶闸管阀组流过的电流,接入交流系统的交流电压、交流电流,电压源型阀组单元停运信号、保护动作信号、闭锁信号、运行信号,判断是否有电压源型阀组单元故障出现,有则触发保护单元;

保护单元,当判断电压源型阀组单元故障出现时,投入旁通晶闸管阀组,将故障信息传送到整流站,并触发控制单元;

控制单元,整流侧降低直流电压,降低直流电流,如果电压源型阀组单元故障瞬时能自恢复或能隔离,控制旁通晶闸管阀组电流到零关断,故障消失后,重启直流输电系统,如果电压源型阀组单元故障瞬时不能自恢复或不能隔离,闭锁所述电压源型阀组单元或直流输电系统。

一种换流器保护电路和保护方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于柔性直流输电、高压直流输电领域,具体涉及一种换流器保护电路和保护方法及装置。

背景技术

[0002] 基于晶闸管的电流源型高压直流输电优点为换流器损耗小,发生直流线路故障时可通过移相来重启直流系统;缺点是逆变侧换流器工作在有源逆变,不能接入无源系统;逆变侧接入弱交流系统出现扰动后容易发生换相失败;无功消耗大,电压、电流谐波含量高,需要安装滤波装置提供无功功率和滤波。基于电压源换流器的直流输电优点为可控性高,可接入无源系统,不需要无功补偿装置;缺点为换流器开关损耗大,采用半桥结构的模块化多电平换流器不能控制直流侧故障时的故障电流,在故障发生后只能通过断开交流侧断路器来切除故障。

[0003] 对于直流侧故障,ABB公司采用增加直流线路的断路器来解决直流侧故障;西门子公司采用全桥电路结构来解决;阿尔斯通公司采用全桥电路并且桥臂串联电力电子开关器件的方式来解决;浙江大学采用在主回路串联二极管来解决。上述方案在直流输电系统发生极端故障,如电压源换流器与变压器之间接地、交流系统三相短路,仍然会引起电压源换流器发生严重过压和过流。为了保证上述换流器可靠运行,在该种结构基础上提出一种新的保护电路和保护方法及装置。

发明内容

[0004] 本发明的目的,在于提供一种换流器保护电路,防止具有电压源换流器出现严重过压或过流,并控制整流侧换流器使直流电流到零,实现故障重启,保护电压源型阀组单元可靠运行;同时提供一种换流器保护方法及装置,用于控制此换流器保护电路。

[0005] 为了达成上述目的,本发明采用的技术方案是:一种换流器保护电路,用于保护电压源型阀组单元中的电压源换流器,采用如下三种方案之一:

[0006] 方案一:至少包含一个旁通晶闸管阀组和一个二极管阀组,连接方式为所述二极管阀组与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联,组成具有直流故障穿越能力的换流器,在具有直流故障穿越能力的换流器两端并联旁通晶闸管阀组,旁通晶闸管阀组的阳极与所述换流器的正极相连,旁通晶闸管阀组的阴极与所述换流器的负极相连;

[0007] 方案二:至少包含一个旁通晶闸管阀组和一个电流源型阀组单元;连接方式为电流源型阀组单元与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联,组成具有直流故障穿越能力的换流器;在具有直流故障穿越能力的换流器两端并联旁通晶闸管阀组,旁通晶闸管阀组的阳极与所述换流器的正极相连,旁通晶闸管阀组的阴极与所述换流器的负极相连;

[0008] 方案三:至少包含一个旁通晶闸管阀组,旁通晶闸管阀组的阳极与具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元的正极相连,旁通晶闸管阀组的阴极与具有直流故障穿越能

力的电压源型阀组单元的负极相连。

[0009] 上述方案中:二极管阀组与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联连接有两种拓扑结构:

[0010] (1) 二极管阀组的阴极与电压源型阀组单元的正极相连;或者

[0011] (2) 二极管阀组的阳极与电压源型阀组单元的负极相连;

[0012] 对于第(1)种结构,所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极为二极管阀组的阳极,所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极为电压源型阀组单元的负极;对于第(2)种结构,所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极为电压源型阀组单元的正极,所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极为二极管阀组的阴极。

[0013] 上述不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元是自身不能实现直流输电系统的直流侧故障穿越,所述自身不具有直流故障穿越能力的电压源换流器是以下任一种或多种:两电平换流器、二极管箝位型多电平换流器、半桥结构子模块组成的模块化多电平换流器MMC、两电平级联型换流器CSL或堆叠式两电平换流器CTL;所述二极管阀组由多个二极管串联组成。

[0014] 上述具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元是自身能实现直流输电系统的直流侧故障穿越,是在不具有直流故障穿越能力的电压源换流器基础上增加辅助电力电子器件抑制反向电流实现,所述自身具有直流故障穿越能力的电压源换流器是以下任一种或多种:全桥结构子模块组成的模块化多电平换流器MMC、两电平级联型换流器CSL、堆叠式两电平换流器CTL,半桥和全桥结构子模块组成的混合模块化多电平换流器HMC,或二极管箝位型模块化多电平换流器。

[0015] 上述方案中:电流源型阀组单元与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联连接有两种拓扑结构:

[0016] (1) 电流源型阀组单元的阴极和电压源型阀组单元的正极相连;或者

[0017] (2) 电流源型阀组单元的阳极和电压源型阀组单元的负极相连;

[0018] 对于第(1)种结构,所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极为电流源型阀组单元的阳极;所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极为电压源型阀组单元的负极;对于第(2)种结构,所述具有直流故障穿越能力的换流器的正极为电压源型阀组单元的正极;所述具有直流故障穿越能力的换流器的负极为电流源型阀组单元的阴极。

[0019] 上述电流源型阀组单元包括电网换相换流器;或者包括电网换相换流器与旁通开关,二者并联连接;或者包括电网换相换流器与旁通开关及刀闸组件,电网换相换流器与旁通开关并联连接,并联后的单元两端分别和连接刀闸的一端相连,连接刀闸的另一端并联旁通刀闸。

[0020] 上述电网换相换流器为六脉动桥式电路或十二脉动桥式电路,其由不可关断的半控型功率半导体组成。

[0021] 上述电压源型阀组单元包括电压源换流器;或者电压源换流器及其旁通电路;或者包括电压源换流器及其旁通电路和刀闸组件,并且电压源换流器及其旁通电路两端分别和连接刀闸的一端相连,连接刀闸的另一端并联旁通刀闸。

[0022] 上述电压源换流器及其旁通电路为电压源换流器与旁通开关并联电路;或者旁通开关与电感连接后再与电压源换流器并联电路;或者电压源换流器与电感连接后再与旁通

开关并联电路。上述旁通开关是以下任一种或多种：机械式开关、电力电子开关或刀闸。

[0023] 上述电压源换流器由可关断的全控型功率半导体组成；所述可关断的全控型功率半导体是以下任一种或多种：绝缘栅双极型晶体管IGBT、集成门极换流晶闸管IGCT、可关断晶闸管GTO、电力场效应管Power MOSFET、电子注入增强栅晶体IEGT、门极换流晶闸管GCT或碳化硅增强型结型场效应晶体管SiC-JFET。

[0024] 上述旁通晶闸管阀组只包含一个桥臂，由多个晶闸管串联组成，并包含相应的控制保护电路；或者所述旁通晶闸管阀组是并联的电网换相换流器的旁通对或通过所述并联的电网换相换流器快速移相实现。

[0025] 为了保证晶闸管可靠关断，在上述多个晶闸管串联后的始端或末端串联直流转换开关或者隔离刀闸。

[0026] 本发明还提供一种换流器保护方法，用于上述换流器保护电路，其特征在于：电压源型阀组单元检测到故障，投入旁通晶闸管阀组，并将故障信息传送到整流站，对于瞬时能自恢复或能隔离的故障，整流侧降低直流电压，降低直流电流，控制旁通晶闸管阀组电流到零关断，故障消失后，通过整流侧和逆变侧协调控制，重启直流输电系统；对于瞬时不能自恢复或不能隔离的故障，通过整流侧和逆变侧协调控制，闭锁所述电压源型阀组单元或直流输电系统。

[0027] 上述电压源型阀组单元检测到故障包括控制系统故障、阀区故障、主变压器区故障和交流系统故障；故障检测的具体方式是：通过检测电压源型阀组单元总直流电压、直流电流或桥臂电流超过阈值；或者通过检测子模块电压或电流超过阈值；或者通过检测交流电压或交流电流间接预测或辅助判断；或者通过电压源型阀组单元停运信号出现、保护动作信号出现、闭锁信号出现或运行信号消失来判断。

[0028] 上述控制旁通晶闸管阀组电流到零关断，是通过本站主导控制旁通晶闸管阀组电流到零，或者将故障信息传送到对站，对站主导控制旁通晶闸管阀组电流到零，或者两站协调控制旁通晶闸管阀组电流到零；所述控制旁通晶闸管阀组电流到零的方法是在旁通晶闸管阀组施加零压或反压，或者断开直流输电系统电流回路中的直流转换开关来实现。

[0029] 上述故障信息传送到整流站是在站间通讯正常情况下，整流站接收逆变站送来的故障信息或整流站检测直流电压和直流电流识别故障信息，在站间通讯故障情况下，整流站检测直流电压和直流电流来识别故障信息；所述瞬时能自恢复或能隔离的故障为能够瞬时熄弧或能够通过开关、刀闸实现快速隔离的故障；所述瞬时不能自恢复或不能隔离的故障为永久性故障，不能瞬时熄弧或通过开关、刀闸不能实现隔离的故障。

[0030] 本发明还提供一种换流器保护装置，用于上述换流器保护电路，其特征在于，所述装置包括检测单元、保护单元和控制单元，其中：

[0031] 检测单元，检测电压源型阀组单元的直流电压、直流电流、桥臂电流，子模块的电压、电流，旁通晶闸管阀组流过的电流，接入交流系统的交流电压、交流电流，电压源型阀组单元停运信号、保护动作信号、闭锁信号、运行信号；判断是否有电压源型阀组单元故障出现，有则触发保护单元；

[0032] 保护单元，当判断电压源型阀组单元故障出现时，投入旁通晶闸管阀组，将故障信息传送到整流站，并触发控制单元；

[0033] 控制单元，整流侧降低直流电压，降低直流电流，如果电压源型阀组单元故障瞬时

能自恢复或能隔离,控制旁通晶闸管阀组电流到零关断,故障消失后,重启直流输电系统,如果电压源型阀组单元故障瞬时不能自恢复或不能隔离,闭锁所述电压源型阀组单元或直流输电系统。

[0034] 本发明的有益效果是:提出一种换流器保护电路和保护方法及装置,通过投入旁通晶闸管释放直流能量,防止具有直流故障穿越能力的换流器中的电压源换流器出现过压或过流,并控制整流侧电流到零,实现故障重启。

附图说明

[0035] 图1是本发明的一种换流器保护电路结构;

[0036] 其中,(a)为二极管阀组阴极与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元正极连接,(b)为二极管阀组阳极与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元负极连接,(c)为具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元,(d)为电流源型阀组单元的阴极和电压源型阀组单元的正极相连,(e)为电流源型阀组单元的阳极和电压源型阀组单元的负极相连;

[0037] 图2是两种典型的用于模块化多电平换流器中的子模块结构;

[0038] 其中,(a)为半桥结构子模块,(b)为全桥结构子模块;

[0039] 图3是电流源型阀组单元的结构图;

[0040] 图4是电压源型阀组单元的结构图;

[0041] 图5是电压源换流器及其旁通电路;

[0042] 图6是送端是基于电网换相换流器、受端是基于电压源换流器的混合直流输电电路结构;

[0043] 图7是送端是基于电网换相换流器串联结构、受端是基于电网换相换流器和基于电压源换流器串联的混合直流输电电路结构;

[0044] 图8是本发明的一种换流器保护方法;

[0045] 图9是本发明的一种换流器保护装置。

具体实施方式

[0046] 借助以下附图对本发明的实施例进行描述,其中,相同的组件使用相同的附图标记。图1为本发明提出的一种换流器保护电路,用于保护具有直流故障穿越能力的换流器,至少包含一个旁通晶闸管阀组1,连接方式为在具有直流故障穿越能力的换流器两端并联旁通晶闸管阀组1,旁通晶闸管阀组1的阳极与具有直流故障穿越能力的换流器的正极相连,旁通晶闸管阀组1的阴极与具有直流故障穿越能力的换流器的负极相连。

[0047] 图1(a)和图1(b)是二极管阀组2与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联连接拓扑结构:图1(a)为二极管阀组阴极与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元正极X1连接,换流器的正极为二极管阀组2的阳极,换流器的负极为电压源型阀组单元的负极X2,换流器两端并联旁通晶闸管阀组1;图1(b)为二极管阀组阳极与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元负极X2连接,换流器的正极为电压源型阀组单元的正极X1,换流器的负极为二极管阀组2的阴极,换流器两端并联旁通晶闸管阀组1;图1(c)是具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元两端并联旁通晶闸管阀组1;图1(d)和图1(e)是由电

流源型阀组单元和电压源型阀组单元串联组成的两种混合直流换流器拓扑结构:图1(d)为电流源型阀组单元的阴极X3和电压源型阀组单元的正极X1相连,具有直流故障穿越能力的换流器的正极为电流源型阀组单元的阳极X4,具有直流故障穿越能力的换流器的负极为电压源型阀组单元的负极X2;图1(e)为电流源型阀组单元的阳极X4和电压源型阀组单元的负极X2相连,具有直流故障穿越能力的换流器的正极为电压源型阀组单元的正极X1,具有直流故障穿越能力的换流器的负极为电流源型阀组单元的阴极X3。

[0048] 图2是两种典型的用于模块化多电平换流器中的子模块结构,图2(a)是半桥结构的子模块,由两个IGBT开关器件和一个电容器组成,端口A是其正端,端口B是其负端,半桥结构的子模块串联可构成不具有直流故障穿越能力的电压源换流器;图2(b)是全桥结构的子模块,由四个IGBT开关器件和一个电容器组成,端口A是其正端,端口B是其负端,全桥结构的子模块串联可构成具有直流故障穿越能力的电压源换流器;图2(a)和图2(b)的子模块混合串联可构成具有直流故障穿越能力的电压源换流器。

[0049] 图3是电流源型阀组单元的结构图,有三种结构形式:包括电网换相换流器3,如图3(a)所示;包括电网换相换流器3与旁通开关4并联连接,如图3(b)所示;包括电网换相换流器3与旁通机械式开关4并联连接,并联后的单元两端分别和连接刀闸5的一端相连,连接刀闸5的另一端并联旁通刀闸6,如图3(c)所示。

[0050] 图4是电压源型阀组单元的结构图,有两种结构形式:包括电压源换流器,如图4(a)所示;包括电压源换流器及其旁通电路,如图4(b)所示;包括电压源换流器及其旁通电路,并且两端X5、X6分别和连接刀闸5的一端相连,连接刀闸5的另一端并联旁通刀闸6,如图4(c)所示。其中,电压源换流器及其旁通电路有三种结构形式:旁通机械式开关或电力电子开关8与电压源换流器7并联电路,如图5(a)所示;旁通机械式开关或电力电子开关8与电感9连接后再与电压源换流器7并联电路,如图5(b)所示;电压源换流器7与电感9连接后再与旁通机械式开关或电力电子开关8并联电路,如图5(c)所示。

[0051] 电网换相换流器3为六脉动或十二脉动三相桥式电路,十二脉动三相桥式电路包括两个互相串联连接的六脉动三相桥式电路。电压源换流器7是以下任一种或多种:两电平换流器、二极管箝位型多电平换流器、模块化多电平换流器MMC、混合多电平换流器HMC、两电平级联型换流器CSL或堆叠式两电平换流器CTL。

[0052] 图6示出了高压直流输电装置整流侧由电流源型阀组单元组成的换流器和逆变侧由二极管阀组2与不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元串联连接组成的换流器一个实施例。高压直流输电装置整流站24由电流源型阀组单元23组成,逆变站25由不具有直流故障穿越能力的电压源型阀组单元21和22分别组成其正极换流器和负极换流器。阀组3为电网换相换流器,其与基于电网换相的高压直流输电变压器16次级绕组相连,阀组7为电压源换流器,其与基于电压源换流器的高压直流输电变压器17次级绕组相连。整流站24配置交流滤波器20,通过交流开关19与交流电网10连接,滤除谐波和提供无功功率,其通过交流开关11与交流电网10分合。为了抑制电压源型阀组的桥臂环流和故障下的浪涌电流,设置桥臂电抗器12;为了平滑直流电路的直流电压和抑制直流故障电流,设置平波电抗器13。图6中示出接地极导线18,其用于换流器与接地极的连接。整流站直流线路15和接地极导线18之间配置直流滤波器14。逆变站电压源型阀组单元21的正极与二极管阀组2的阴极连接,其两端并联旁通晶闸管阀组1,逆变站电压源型阀组单元22的负极与二极管阀组2的阳极连

接,其两端并联旁通晶闸管阀组1。

[0053] 图7示出了高压直流输电装置整流侧由电流源型阀组单元串联组成的换流器和逆变侧由电流源型阀组单元与电压源型阀组单元串联连接组成的混合直流换流器一个实施例。高压直流输电装置整流站24由电流源型阀组单元串联的拓扑结构28组成,逆变站25由混合直流换流器26和27分别组成其正极换流器和负极换流器。阀组3为电网换相换流器,其与基于电网换相的高压直流输电变压器16次级绕组相连,阀组7为电压源换流器,其与基于电压源换流器的高压直流输电变压器17次级绕组相连。整流站24配置交流滤波器20,通过交流开关19与交流电网10连接,滤除谐波和提供无功功率,其通过交流开关11与交流电网10分合。为了抑制电压源型阀组的桥臂环流和故障下的浪涌电流,设置桥臂电抗器12;为了平滑直流电路的直流电压和抑制直流故障电流,设置平波电抗器13。图7中示出接地极导线18,其用于换流器与接地极的连接。整流站直流线路15和接地极导线18之间配置直流滤波器14。逆变站混合直流换流器26和27的两端分别并联旁通晶闸管阀组1。

[0054] 图8为本发明提出的一种换流器保护方法,控制图6和图7的换流器保护电路。图6中的电压源型阀组单元21或22检测到故障,投入旁通晶闸管阀组1,并将故障信息传送到整流站24,对于瞬时能自恢复或能隔离的故障,如交流系统瞬时三相接地故障,整流站24的电流源型阀组单元23降低直流电压,降低直流电流,控制旁通晶闸管阀组1电流到零关断,故障消失后,重启直流输电系统;对于瞬时不能自恢复或不能隔离的故障,如电压源换流器自身故障,闭锁直流输电系统。图7中的电压源型阀组单元检测到故障,投入旁通晶闸管阀组1,并将故障信息传送到整流站24,对于瞬时能自恢复或能隔离的故障,如交流系统瞬时三相接地故障,整流站24的电流源型阀组单元23降低直流电压,降低直流电流,控制旁通晶闸管阀组1电流到零关断,故障消失后,重启直流输电系统;对于瞬时不能自恢复的故障,如电压源换流器自身故障,闭锁电压源换流器并隔离故障,直流输电系统其他无故障的换流器重新组织并继续运行;对于不能隔离的故障,如阀组连接线接地故障,闭锁直流输电系统。

[0055] 图9为本发明提出的一种换流器保护装置,控制图6和图7的具有直流故障穿越能力的换流器保护电路,包括:

[0056] 检测单元29,检测电压源型阀组单元的直流电压、直流电流、桥臂电流,子模块的电压、电流,旁通晶闸管阀组流过的电流,接入交流系统的交流电压、交流电流,电压源型阀组单元停运信号、保护动作信号、闭锁信号、运行信号;判断是否有电压源型阀组单元故障出现,有则触发保护单元30;

[0057] 保护单元30,判断电压源型阀组单元故障出现,投入旁通晶闸管阀组,将故障信息传送到整流站,并触发控制单元31;

[0058] 控制单元31,整流侧降低直流电压,降低直流电流,如果电压源型阀组单元故障瞬时能自恢复或能隔离,控制旁通晶闸管阀组电流到零关断,故障消失后,重启直流输电系统,如果电压源型阀组单元故障瞬时不能自恢复或不能隔离,闭锁所述电压源型阀组单元或直流输电系统。

[0059] 以上实施例仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明保护范围之内。

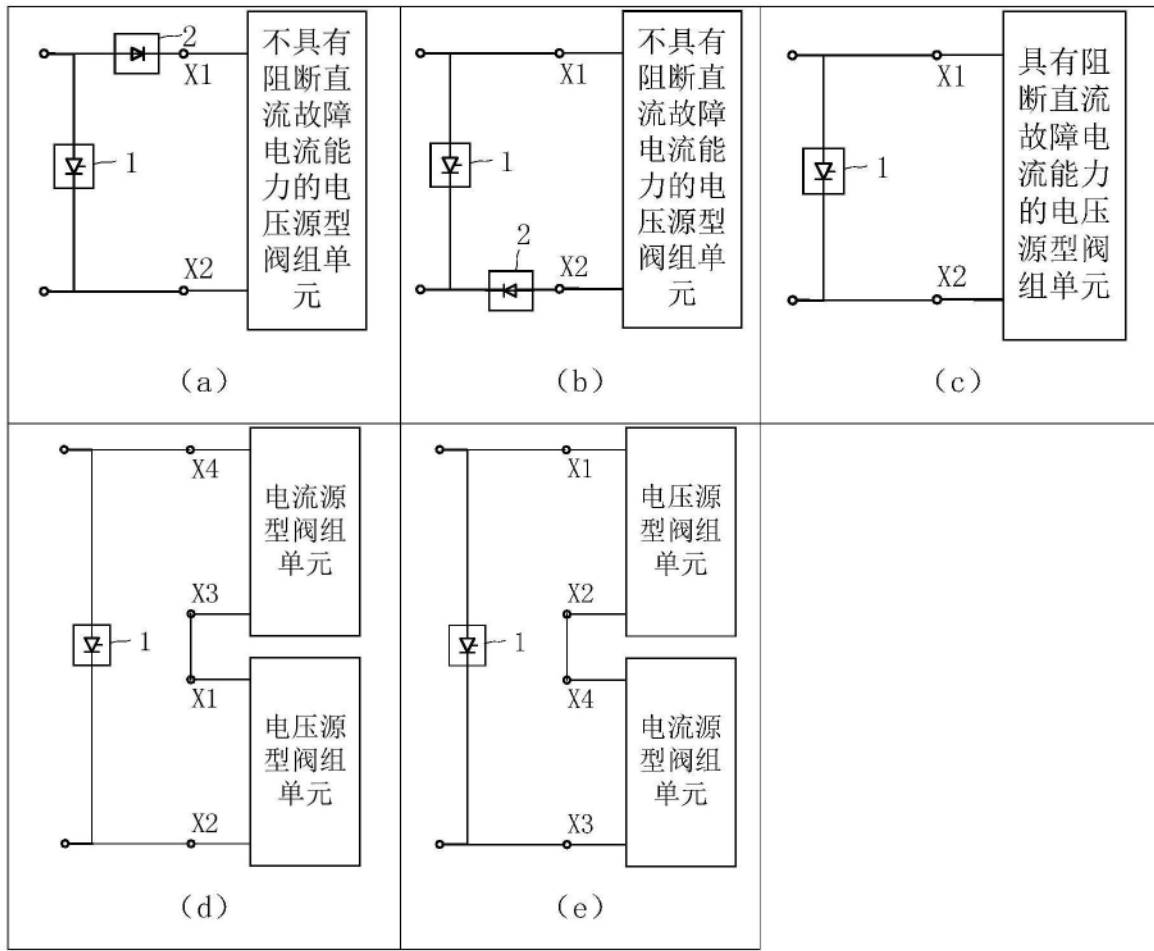


图1

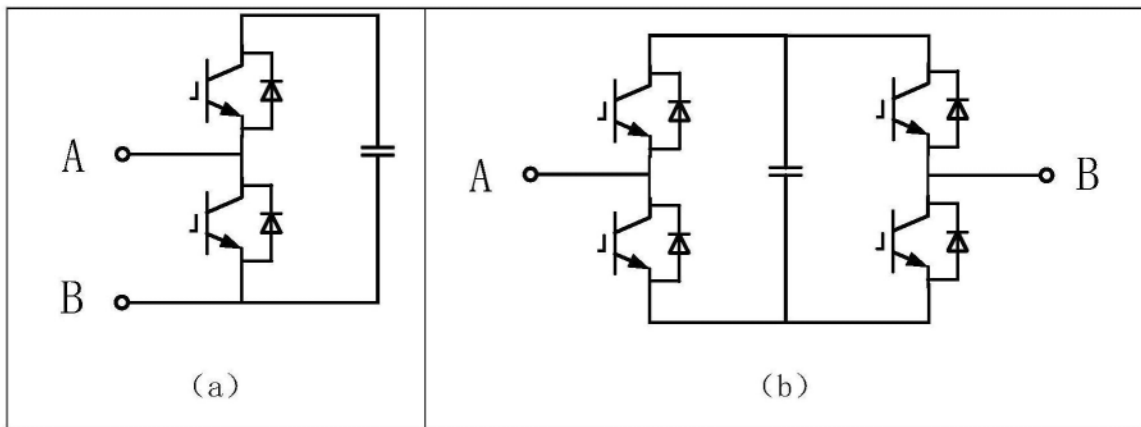


图2

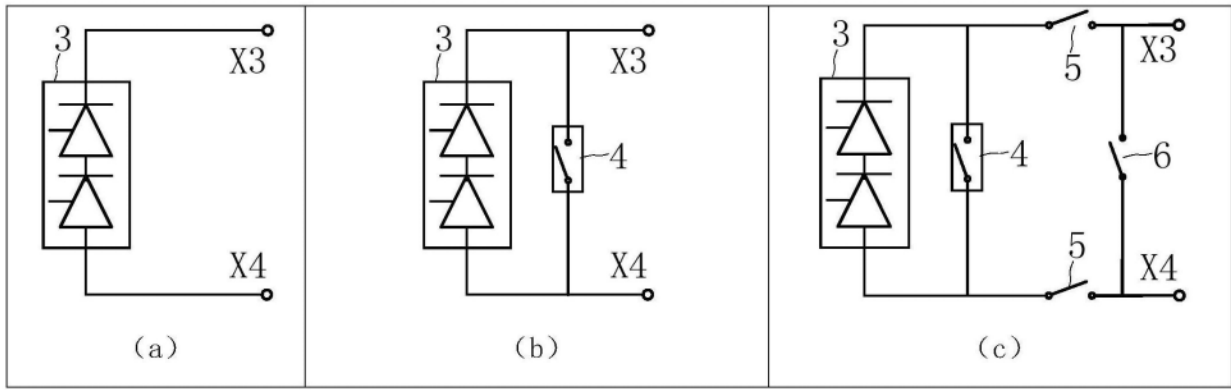


图3

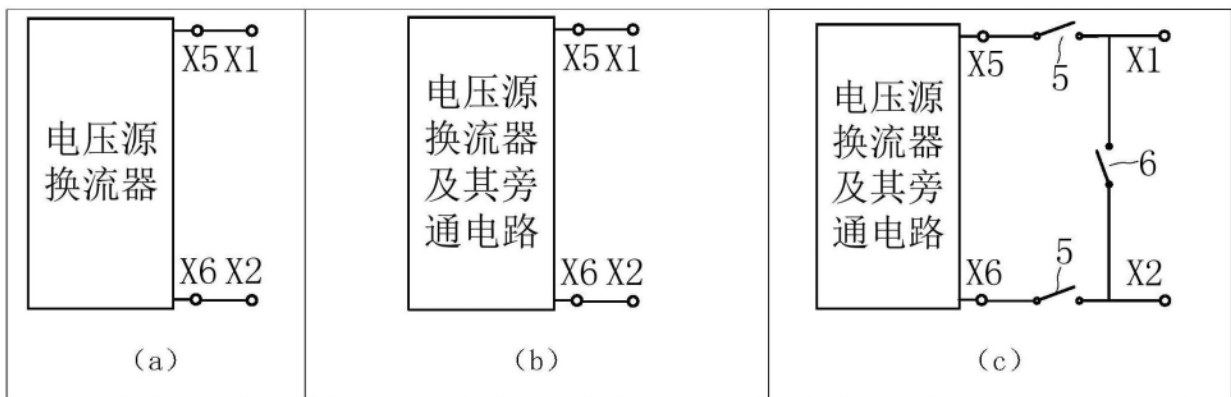


图4

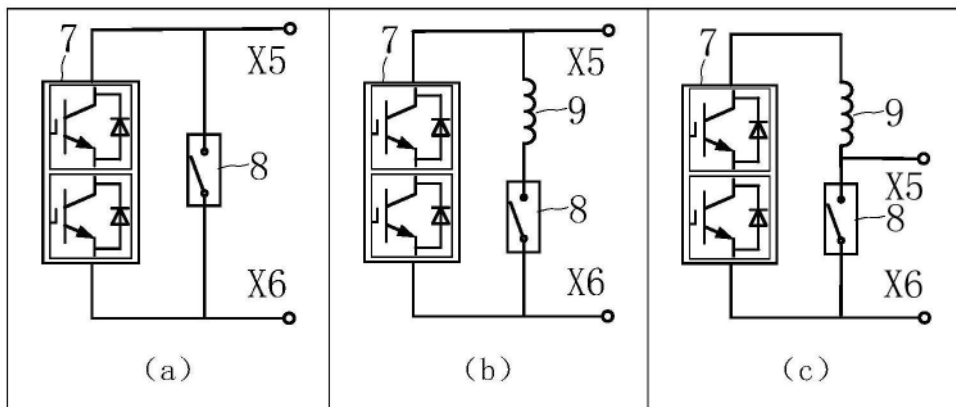


图5

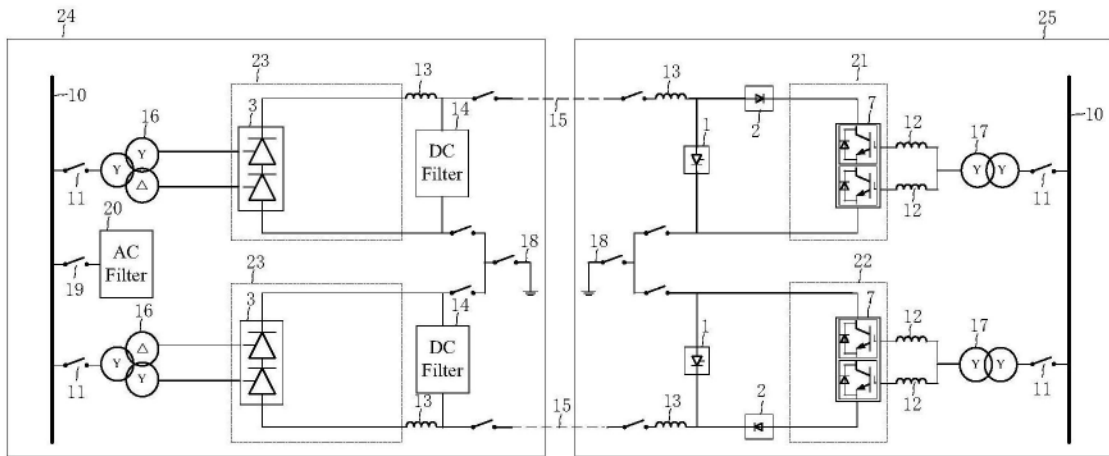


图6

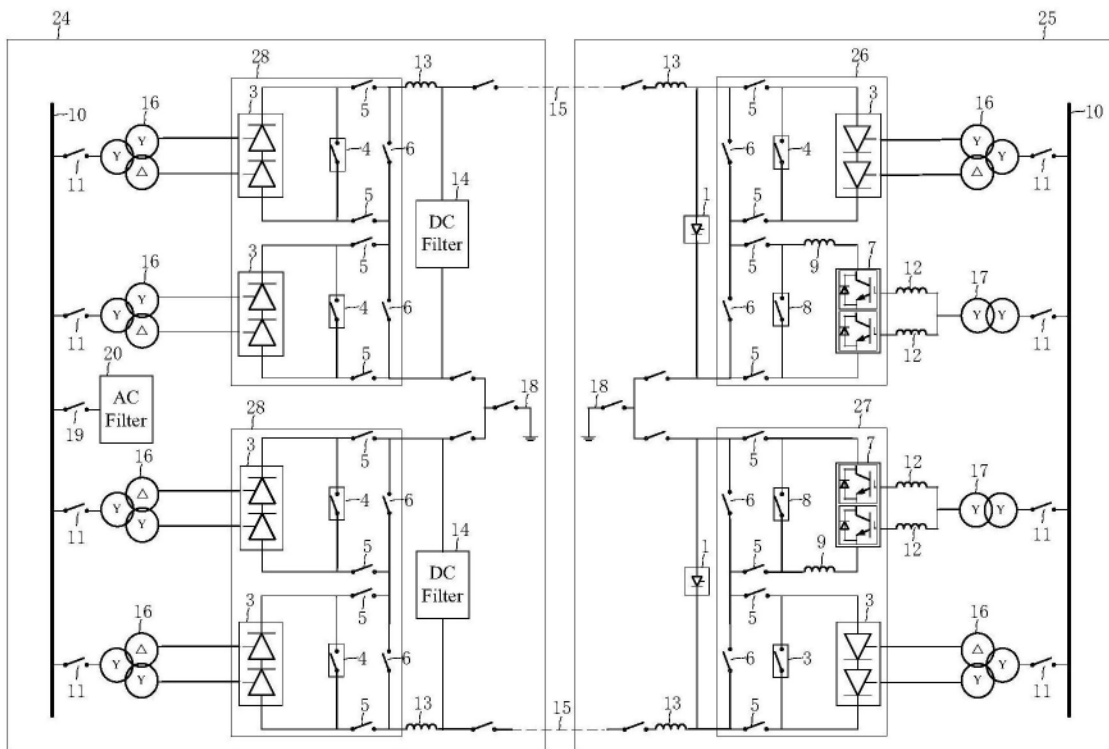


图7

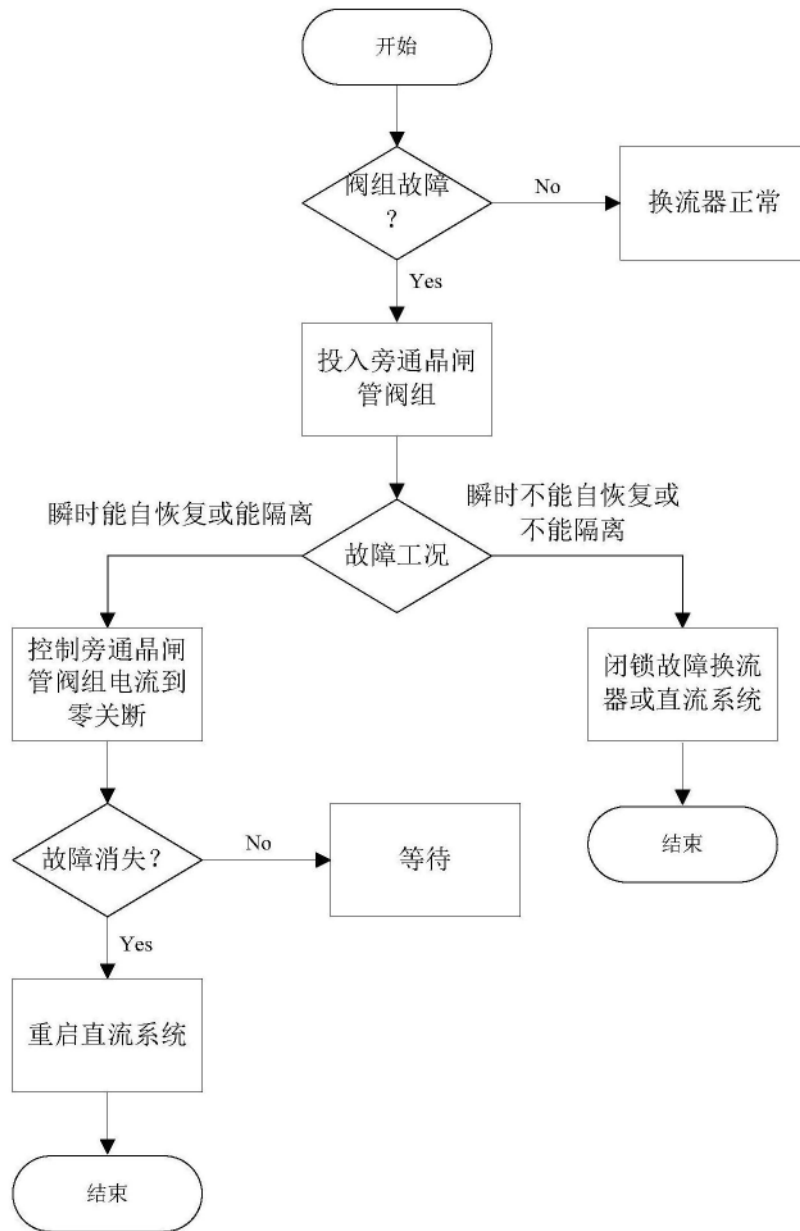


图8

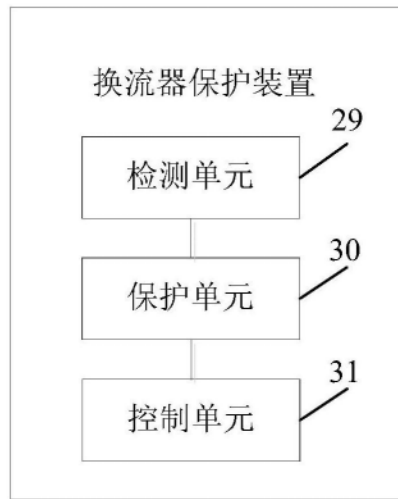


图9