



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106911142 A
(43)申请公布日 2017.06.30

(21)申请号 201710211961.0

(22)申请日 2017.04.01

(71)申请人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街86号

申请人 南京南瑞继保电气有限公司

南京南瑞继保工程技术有限公司

(72)发明人 张福轩 余军 卢东斌 郭贤珊

刘杰 黄志岭 侍乔明

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司

公司 32200

代理人 葛潇敏

(51)Int.Cl.

H02J 3/36(2006.01)

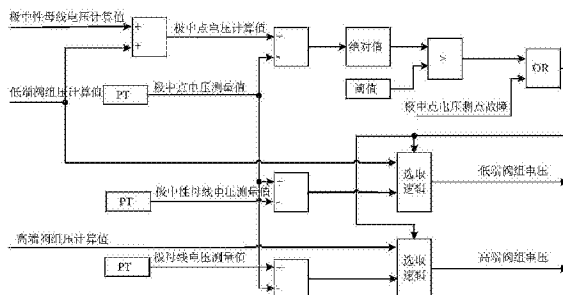
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

基于电压计算值的特高压直流输电控制方法及控制装置

(57)摘要

本发明公开一种基于电压计算值的特高压直流输电控制方法,根据双十二脉动直流极中点电压计算值或者中点电压测点反馈信号判断中点电压测量出现故障,采用阀组电压计算值作为反馈电压进行控制;整流侧配置电压修正单元,将阀组电压计算值与阀组电压参考值之差叠加到电流调节单元的阀组电流测量值与参考值之差上,结果通过PI调节器对阀组的触发延迟角进行控制;逆变侧配置电压控制单元,将阀组电压参考值与阀组电压计算值之差经PI调节器对阀组的触发延迟角进行控制。此种控制方法可实现特高压直流在没有双十二脉动直流极中点电压测点或者电压测点故障情况下仍能够稳定控制电压。本发明还公开一种基于电压计算值的特高压直流输电控制装置。



1. 一种基于电压计算值的特高压直流输电控制方法,其特征在于:根据双十二脉动直流极中点电压计算值或者中点电压测点反馈信号判断中点电压测量出现故障,采用阀组电压计算值作为反馈电压进行控制,其中,整流侧配置电压修正单元,将阀组电压计算值与阀组电压参考值之差叠加到电流调节单元的阀组电流测量值与参考值之差上,结果输出到PI调节器后,PI调节器的输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制;逆变侧配置电压控制单元,将阀组电压参考值与阀组电压计算值之差经PI调节器输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制。

2. 如权利要求1所述的基于电压计算值的特高压直流输电控制方法,其特征在于:所述双十二脉动直流包括两个串联阀组,分别为高端阀组和低端阀组,每个阀组的换流器为十二脉动换流器,高端阀组一端连接极直流线路,另一端与低端阀组一端相连,低端阀组的另一端与极中性母线相连;所述双十二脉动直流极中点为高端阀组与低端阀组相连的公共端。

3. 如权利要求1所述的基于电压计算值的特高压直流输电控制方法,其特征在于:所述双十二脉动直流极中点电压计算值通过极中性母线电压计算值和低端阀组电压计算值相加得到。

4. 如权利要求3所述的基于电压计算值的特高压直流输电控制方法,其特征在于:所述极中性母线电压计算值根据运行方式不同有三种计算方法:大地回线运行方式下,极中性母线电压计算值通过接地极线路的电流和接地极线路的电阻相乘得到;金属回线运行方式下,整流侧极中性母线电压计算值通过极中性母线的电流和另一极直流线路的电阻相乘得到,逆变侧极中性母线电压计算值为零;站内接地运行方式下,极中性母线电压计算值为零。

5. 如权利要求3所述的基于电压计算值的特高压直流输电控制方法,其特征在于:所述低端阀组电压计算值根据触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到,整流侧和逆变侧低端阀组电压计算值分别计算如下:

整流侧:

$$U_{D_C2_CALC} = 2U_{di0R_C2} \cdot \left[\cos \alpha_{R_C2} - (d_{xR_C2} + d_{rR_C2}) \cdot \frac{I_{dR_C2}}{I_{dNR_C2}} \cdot \frac{U_{di0NR_C2}}{U_{di0R_C2}} \right] - 2U_{TR_C2}$$

逆变侧:

$$U_{D_C2_CALC} = 2U_{di0I_C2} \cdot \left[\cos \gamma_{I_C2} - (d_{xI_C2} - d_{rI_C2}) \cdot \frac{I_{dI_C2}}{I_{dNI_C2}} \cdot \frac{U_{di0NI_C2}}{U_{di0I_C2}} \right] + 2U_{TI_C2}$$

其中, α_{R_C2} 为整流侧低端阀组的触发延迟角, d_{xR_C2} 为整流侧低端阀组的相对感性压降, d_{rR_C2} 为整流侧低端阀组的相对阻性压降, I_{dR_C2} 为整流侧低端阀组的直流电流实测值, I_{dNR_C2} 为整流侧低端阀组的额定直流电流, U_{di0NR_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0R_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TR_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器前向压降; γ_{I_C2} 为逆变侧低端阀组的触发延迟角, d_{xI_C2} 为逆变侧低端阀组的相对感性压降, d_{rI_C2} 为逆变侧低端阀组的相对阻性压降, I_{dI_C2} 为逆变侧低端阀组的直流电流实测值, I_{dNI_C2} 为逆变侧低端阀组的额定直流电流, U_{di0NI_C2} 为逆

变侧低端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0I_C2} 为逆变侧低端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TI_C2} 为逆变侧低端阀组的六脉动换流器前向压降。

6. 如权利要求1所述的基于电压计算值的特高压直流输电控制方法, 其特征在于: 所述阀组电压计算值分为低端阀组电压计算值和高端阀组电压计算值, 其中, 高端阀组电压计算值根据触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到, 整流侧和逆变侧高端阀组电压计算值分别计算如下:

整流侧:

$$U_{D_CI_CALC} = 2U_{di0R_CI} \cdot \left[\cos \alpha_{R_CI} - (d_{xR_CI} + d_{rR_CI}) \cdot \frac{I_{dR_CI}}{I_{dNR_CI}} \cdot \frac{U_{di0NR_CI}}{U_{di0R_CI}} \right] - 2U_{TR_CI}$$

逆变侧:

$$U_{D_CI_CALC} = 2U_{di0I_CI} \cdot \left[\cos \gamma_{I_CI} - (d_{xI_CI} - d_{rI_CI}) \cdot \frac{I_{dI_CI}}{I_{dNI_CI}} \cdot \frac{U_{di0NI_CI}}{U_{di0I_CI}} \right] + 2U_{TI_CI}$$

其中, α_{R_CI} 为整流侧高端阀组的触发延迟角, d_{xR_CI} 为整流侧高端阀组的相对感性压降, d_{rR_CI} 为整流侧高端阀组的相对阻性压降, I_{dR_CI} 为整流侧高端阀组的直流电流实测值, I_{dNR_CI} 为整流侧高端阀组的额定直流电流, U_{di0NR_CI} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0R_CI} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TR_CI} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器前向压降; γ_{I_CI} 为逆变侧高端阀组的触发延迟角, d_{xI_CI} 为逆变侧高端阀组的相对感性压降, d_{rI_CI} 为逆变侧高端阀组的相对阻性压降, I_{dI_CI} 为逆变侧高端阀组的直流电流实测值, I_{dNI_CI} 为逆变侧高端阀组的额定直流电流, U_{di0NI_CI} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0I_CI} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TI_CI} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器前向压降。

7. 如权利要求1所述的基于电压计算值的特高压直流输电控制方法, 其特征在于: 所述根据双十二脉动直流极中点电压计算值判断中点电压测量出现故障为双十二脉动直流极中点电压测量值和计算值偏差大于一定阈值; 所述根据中点电压测点反馈信号判断中点电压测量出现故障为中点电压测点出现装置报警、装置闭锁、数据报警、数据无效。

8. 如权利要求1所述的基于电压计算值的特高压直流输电控制方法, 其特征在于: 所述控制方法用于正常运行时特高压直流输电的电压控制, 或用于双十二脉动直流极中点电压测点故障后的备用电压控制; 当作为备用电压控制时, 正常运行时采用双十二脉动直流极中点电压测点的电压, 当双十二脉动直流极中点电压测点故障, 或者双十二脉动直流极中点电压测量值和计算值偏差大于一定阈值时, 切换到采用双十二脉动直流极中点电压计算值进行控制。

9. 一种基于电压计算值的特高压直流输电控制装置, 用于调节特高压直流输电的两个串联阀组的电压, 其特征在于所述装置包括:

检测单元, 检测交流电网的交流电压、触发延迟角或关断角, 极中性母线流过的电流、接地极线路流过的电流、阀组流过的电流、极线电压、极中点电压和极中性母线电压;

电压计算单元, 通过极中性母线电压计算值和低端阀组电压计算值相加得到双十二脉动直流极中点电压计算值, 低端阀组电压计算值和高端阀组电压计算值分别根据低端和高

端阀组的触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到;以及,

电压控制单元,采用双十二脉动直流极中点电压计算值作为反馈电压进行控制,其中,整流侧配置电压修正单元,将根据双十二脉动直流极中点电压计算值得到的阀组电压与阀组电压参考值之差叠加到电流调节单元的阀组电流测量值与参考值之差上,结果输出到PI调节器后,PI调节器的输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制;逆变侧配置电压控制单元,将阀组电压参考值与根据双十二脉动直流极中点电压计算值得到的阀组电压之差经PI调节器输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制。

基于电压计算值的特高压直流输电控制方法及控制装置

技术领域

[0001] 本发明属于特高压直流输电领域,特别涉及一种特高压直流输电阀组电压控制方法及控制装置。

背景技术

[0002] 特高压直流输电采用双十二脉动阀组互相串联,流过每个阀组的直流电流是相同的。为了控制每个阀组的电压,在双十二脉动直流极中点配置电压测点,可准确得到每个单十二脉动阀组的测量电压。整流侧配置电压修正单元,将阀组测量电压与阀组电压参考值之差叠加到电流调节单元的阀组电流测量值与参考值之差上,结果输出到PI调节器后,PI调节器的输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制;逆变侧配置电压控制单元,将阀组测量电压与阀组电压参考值之差经PI调节器输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制。

[0003] 特高压直流输电在双十二脉动直流极中点如果不配置电压测点,无法对阀组电压进行精确控制;如果配置电压测点,可能会发生由于测点故障造成阀组过压保护动作闭锁。因此,需要考虑在没有双十二脉动直流极中点电压测点或者电压测点故障情况下的直流输电系统阀组电压控制策略。

发明内容

[0004] 本发明的目的,在于提供一种基于电压计算值的特高压直流输电控制方法及控制装置,其可实现特高压直流在没有双十二脉动直流极中点电压测点或者电压测点故障情况下仍能够稳定控制电压。

[0005] 为了达成上述目的,本发明的解决方案是:

[0006] 一种基于电压计算值的特高压直流输电控制方法,根据双十二脉动直流极中点电压计算值或者中点电压测点反馈信号判断中点电压测量出现故障,采用阀组电压计算值作为反馈电压进行控制,其中,整流侧配置电压修正单元,将阀组电压计算值与阀组电压参考值之差叠加到电流调节单元的阀组电流测量值与参考值之差上,结果输出到PI调节器后,PI调节器的输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制;逆变侧配置电压控制单元,将阀组电压参考值与阀组电压计算值之差经PI调节器输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制。

[0007] 上述双十二脉动直流包括两个串联阀组,分别为高端阀组和低端阀组,每个阀组的换流器为十二脉动换流器,高端阀组一端连接极直流线路,另一端与低端阀组一端相连,低端阀组的另一端与极中性母线相连;所述双十二脉动直流极中点为高端阀组与低端阀组相连的公共端。

[0008] 上述双十二脉动直流极中点电压计算值通过极中性母线电压计算值和低端阀组电压计算值相加得到。

[0009] 上述极中性母线电压计算值根据运行方式不同有三种计算方法:大地回线运行方

式下,极中性母线电压计算值通过接地极线路的电流和接地极线路的电阻相乘得到;金属回线运行方式下,整流侧极中性母线电压计算值通过极中性母线的电流和另一极直流线路的电阻相乘得到,逆变侧极中性母线电压计算值为零;站内接地运行方式下,极中性母线电压计算值为零。

[0010] 上述低端阀组电压计算值根据触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到,整流侧和逆变侧低端阀组电压计算值分别计算如下:

[0011] 整流侧:

$$[0012] \quad U_{D_C2_CALC} = 2U_{di0R_C2} \cdot \left[\cos \alpha_{R_C2} - (d_{xR_C2} + d_{rR_C2}) \cdot \frac{I_{dR_C2}}{I_{dNR_C2}} \cdot \frac{U_{di0NR_C2}}{U_{di0R_C2}} \right] - 2U_{TR_C2}$$

[0013] 逆变侧:

$$[0014] \quad U_{D_C2_CALC} = 2U_{di0I_C2} \cdot \left[\cos \gamma_{I_C2} - (d_{xI_C2} - d_{rI_C2}) \cdot \frac{I_{dI_C2}}{I_{dNI_C2}} \cdot \frac{U_{di0NI_C2}}{U_{di0I_C2}} \right] + 2U_{TI_C2}$$

[0015] 其中, α_{R_C2} 为整流侧低端阀组的触发延迟角, d_{xR_C2} 为整流侧低端阀组的相对感性压降, d_{rR_C2} 为整流侧低端阀组的相对阻性压降, I_{dR_C2} 为整流侧低端阀组的直流电流实测值, I_{dNR_C2} 为整流侧低端阀组的额定直流电流, U_{di0NR_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0R_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TR_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器前向压降; γ_{I_C2} 为逆变侧低端阀组的触发延迟角, d_{xI_C2} 为逆变侧低端阀组的相对感性压降, d_{rI_C2} 为逆变侧低端阀组的相对阻性压降, I_{dI_C2} 为逆变侧低端阀组的直流电流实测值, I_{dNI_C2} 为逆变侧低端阀组的额定直流电流, U_{di0NI_C2} 为逆变侧低端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0I_C2} 为逆变侧低端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TI_C2} 为逆变侧低端阀组的六脉动换流器前向压降。

[0016] 上述阀组电压计算值分为低端阀组电压计算值和高端阀组电压计算值,其中,高端阀组电压计算值根据触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到,整流侧和逆变侧高端阀组电压计算值分别计算如下:

[0017] 整流侧:

$$[0018] \quad U_{D_C1_CALC} = 2U_{di0R_C1} \cdot \left[\cos \alpha_{R_C1} - (d_{xR_C1} + d_{rR_C1}) \cdot \frac{I_{dR_C1}}{I_{dNR_C1}} \cdot \frac{U_{di0NR_C1}}{U_{di0R_C1}} \right] - 2U_{TR_C1}$$

[0019] 逆变侧:

$$[0020] \quad U_{D_C1_CALC} = 2U_{di0I_C1} \cdot \left[\cos \gamma_{I_C1} - (d_{xI_C1} - d_{rI_C1}) \cdot \frac{I_{dI_C1}}{I_{dNI_C1}} \cdot \frac{U_{di0NI_C1}}{U_{di0I_C1}} \right] + 2U_{TI_C1}$$

[0021] 其中, α_{R_C1} 为整流侧高端阀组的触发延迟角, d_{xR_C1} 为整流侧高端阀组的相对感性压降, d_{rR_C1} 为整流侧高端阀组的相对阻性压降, I_{dR_C1} 为整流侧高端阀组的直流电流实测值, I_{dNR_C1} 为整流侧高端阀组的额定直流电流, U_{di0NR_C1} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0R_C1} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TR_C1} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器前向压降; γ_{I_C1} 为逆变侧高端阀组的触发延迟角,

d_{xI_C1} 为逆变侧高端阀组的相对感性压降, d_{rI_C1} 为逆变侧高端阀组的相对阻性压降, I_{dI_C1} 为逆变侧高端阀组的直流电流实测值, I_{dNI_C1} 为逆变侧高端阀组的额定直流电流, U_{di0NI_C1} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0I_C1} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TI_C1} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器前向压降。

[0022] 上述根据双十二脉动直流极中点电压计算值判断中点电压测量出现故障为双十二脉动直流极中点电压测量值和计算值偏差大于一定阈值;所述根据中点电压测点反馈信号判断中点电压测量出现故障为中点电压测点出现装置报警、装置闭锁、数据报警、数据无效。

[0023] 上述控制方法用于正常运行时特高压直流输电的电压控制,或用于双十二脉动直流极中点电压测点故障后的备用电压控制;当作为备用电压控制时,正常运行时采用双十二脉动直流极中点电压测点的电压,当双十二脉动直流极中点电压测点故障,或者双十二脉动直流极中点电压测量值和计算值偏差大于一定阈值时,切换到采用双十二脉动直流极中点电压计算值进行控制。

[0024] 一种基于电压计算值的特高压直流输电控制装置,用于调节特高压直流输电的两个串联阀组的电压,所述装置包括:

[0025] 检测单元,检测交流电网的交流电压、触发延迟角或关断角,极中性母线流过的电流、接地极线路流过的电流、阀组流过的电流、极线电压、极中点电压和极中性母线电压;

[0026] 电压计算单元,通过极中性母线电压计算值和低端阀组电压计算值相加得到双十二脉动直流极中点电压计算值,低端阀组电压计算值和高端阀组电压计算值分别根据低端和高端阀组的触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到;以及,

[0027] 电压控制单元,采用双十二脉动直流极中点电压计算值作为反馈电压进行控制,其中,整流侧配置电压修正单元,将根据双十二脉动直流极中点电压计算值得到的阀组电压与阀组电压参考值之差叠加到电流调节单元的阀组电流测量值与参考值之差上,结果输出到PI调节器后,PI调节器的输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制;逆变侧配置电压控制单元,将阀组电压参考值与根据双十二脉动直流极中点电压计算值得到的阀组电压之差经PI调节器输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制。

[0028] 采用上述方案后,本发明在没有双十二脉动直流极中点电压测点或者电压测点故障情况下,通过采用双十二脉动直流极中点电压计算值进行控制,仍能够稳定控制直流输电系统电压,实现对特高压直流输电的两个串联阀组电压的调节。

附图说明

[0029] 图1是高、低端阀组接入同一交流电网的常规特高压直流输电系统单换流站主回路示意图;

[0030] 图2是高、低端阀组接入两个交流电网的分层特高压直流输电系统单换流站主回路示意图;

[0031] 图3是本发明阀组电压计算方法的原理框图;

[0032] 图4是本发明整流侧阀组电压控制的原理结构框图;

[0033] 图5是本发明逆变侧阀组电压控制的原理结构框图;

[0034] 图6是本发明的控制装置结构示意图。

具体实施方式

[0035] 以下将结合附图,对本发明的技术方案进行详细说明。

[0036] 图1示出了高、低端阀组接入同一交流电网的常规特高压直流输电系统单换流站主回路。常规特高压直流输电的一个直流极10,其通过直流线路6连接到另外一端换流站。直流极10具有两个由阀组4组成的高端阀组8和低端阀组9,阀组4分别可以通过直流开关5跨接。低端阀组9通过接地极线路7与接地极11相连。阀组4为十二脉动三相桥式电路,也就是包括两个互相串联连接的六脉动桥4a和4b,其分别与高压直流输电变压器3相连。高压直流输电变压器3具有一个与交流电网1通过交流开关2相连的初级绕组3a,高端阀组8和低端阀组9的初级绕组3a连接到同一交流电网1。需要指出的是,交流电网是三相的,然而在图1中为清楚起见仅示出一相。高压直流输电变压器的次级绕组3b分为星形连接和角形连接,从而提供一个相差。另外,图中还示出了极线电压UDL、极中点电压UDM和极中性母线电压UDN。图2示出了高、低端阀组接入两个交流电网的分层特高压直流输电系统单换流站主回路。与图1不同的是,高端阀组8和低端阀组9的初级绕组3a分别连接到两个交流电网1a和1b。

[0037] 特高压直流输电系统正常运行过程中,根据极线电压、极中点电压、极中性母线电压的测量值可以计算得到高、低端阀组电压的实际值,基于高、低端阀组电压的实际值可以实现对高、低阀组电压控制。当双十二脉动直流极中点电压测点出现故障时,极中点电压的测量值由其计算值代替,同时结合极母线电压和极中性母线电压的测量值可计算出高、低端阀组的电压值,以实现特高压直流输电系统高、低端阀组的电压控制。

[0038] 本发明控制方法主要包含高、低端阀组电压计算以及高、低端阀组电压控制两部分内容。其中,基于双十二脉动直流极中点电压计算值或测量值来计算高、低端阀组电压的具体过程如图3所示,主要包含极中点电压计算、极中点电压选择及阀组电压计算两步,具体步骤如下:

[0039] (1) 根据系统运行方式以及极中性母线电流或接地极线路电流实时计算极中性母线电压和低端阀组的电压,然后基于极中性母线电压计算值和低端阀组电压计算值相加计算出极中点电压的计算值。

[0040] 极中性母线电压计算值根据运行方式不同有三种计算方法:

[0041] ①大地回线运行方式下,中性母线的电压计算值通过接地极线路的电流和接地极线路的电阻相乘得到,具体计算如下:

$$[0042] \quad U_{DN_CALC} = I_{DEL} \cdot R_{EL}$$

[0043] ②金属回线运行方式下,整流侧中性母线的电压计算值通过中性母线的电流和另一极直流线路的电阻相乘得到,逆变侧中性母线的电压计算值为零,具体计算如下:

$$[0044] \quad \text{整流侧 } U_{DN_CALC} = I_{DNC} \cdot R_L, \text{ 逆变侧 } U_{DN_CALC} = 0$$

[0045] ③站内接地运行方式下,中性母线的电压计算值为零,即:

$$[0046] \quad U_{DN_CALC} = 0$$

[0047] 其中, I_{DEL} 为接地极线路的电流, R_{EL} 为接地极线路的电阻, I_{DNC} 为极中性母线流过的电流, R_L 为直流线路的电阻。

[0048] 低端阀组电压计算值根据触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到,整流侧和逆变侧低端阀组电压计算值分别计算如下:

[0049] 整流侧:

$$[0050] \quad U_{D_C2_CALC} = 2U_{di0R_C2} \cdot \left[\cos \alpha_{R_C2} - (d_{xR_C2} + d_{rR_C2}) \cdot \frac{I_{dR_C2}}{I_{dNR_C2}} \cdot \frac{U_{di0NR_C2}}{U_{di0R_C2}} \right] - 2U_{TR_C2}$$

[0051] 逆变侧:

$$[0052] \quad U_{D_C2_CALC} = 2U_{di0I_C2} \cdot \left[\cos \gamma_{I_C2} - (d_{xI_C2} - d_{rI_C2}) \cdot \frac{I_{dI_C2}}{I_{dNI_C2}} \cdot \frac{U_{di0NI_C2}}{U_{di0I_C2}} \right] + 2U_{TI_C2}$$

[0053] 其中, α_{R_C2} 为整流侧低端阀组的触发延迟角, d_{xR_C2} 为整流侧低端阀组的相对感性压降, d_{rR_C2} 为整流侧低端阀组的相对阻性压降, I_{dR_C2} 为整流侧低端阀组的直流电流实测值, I_{dNR_C2} 为整流侧低端阀组的额定直流电流, U_{di0NR_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0R_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TR_C2} 为整流侧低端阀组的六脉动换流器前向压降; γ_{I_C2} 为逆变侧低端阀组的触发延迟角, d_{xI_C2} 为逆变侧低端阀组的相对感性压降, d_{rI_C2} 为逆变侧低端阀组的相对阻性压降, I_{dI_C2} 为逆变侧低端阀组的直流电流实测值, I_{dNI_C2} 为逆变侧低端阀组的额定直流电流, U_{di0NI_C2} 为逆变侧低端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0I_C2} 为逆变侧低端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TI_C2} 为逆变侧低端阀组的六脉动换流器前向压降。

[0054] 高端阀组电压计算值根据触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到,整流侧和逆变侧高端阀组电压计算值分别计算如下:

[0055] 整流侧:

$$[0056] \quad U_{D_C1_CALC} = 2U_{di0R_C1} \cdot \left[\cos \alpha_{R_C1} - (d_{xR_C1} + d_{rR_C1}) \cdot \frac{I_{dR_C1}}{I_{dNR_C1}} \cdot \frac{U_{di0NR_C1}}{U_{di0R_C1}} \right] - 2U_{TR_C1}$$

[0057] 逆变侧:

$$[0058] \quad U_{D_C1_CALC} = 2U_{di0I_C1} \cdot \left[\cos \gamma_{I_C1} - (d_{xI_C1} - d_{rI_C1}) \cdot \frac{I_{dI_C1}}{I_{dNI_C1}} \cdot \frac{U_{di0NI_C1}}{U_{di0I_C1}} \right] + 2U_{TI_C1}$$

[0059] 其中, α_{R_C1} 为整流侧高端阀组的触发延迟角, d_{xR_C1} 为整流侧高端阀组的相对感性压降, d_{rR_C1} 为整流侧高端阀组的相对阻性压降, I_{dR_C1} 为整流侧高端阀组的直流电流实测值, I_{dNR_C1} 为整流侧高端阀组的额定直流电流, U_{di0NR_C1} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0R_C1} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TR_C1} 为整流侧高端阀组的六脉动换流器前向压降; γ_{I_C1} 为逆变侧高端阀组的触发延迟角, d_{xI_C1} 为逆变侧高端阀组的相对感性压降, d_{rI_C1} 为逆变侧高端阀组的相对阻性压降, I_{dI_C1} 为逆变侧高端阀组的直流电流实测值, I_{dNI_C1} 为逆变侧高端阀组的额定直流电流, U_{di0NI_C1} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器额定空载直流母线电压, U_{di0I_C1} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器实际空载直流母线电压, U_{TI_C1} 为逆变侧高端阀组的六脉动换流器前向压降。

[0060] (2) 根据双十二脉动直流极中点电压测点的状态,或者比较直流极中点电压计算

值与测量值偏差来选择得到低端阀组电压和高端阀组电压。当双十二脉动直流极中点电压测点故障时,或者双十二脉动直流极中点电压计算值减去测量值再取绝对值后大于启动阈值,则低端阀组电压和高端阀组电压分别选取其计算值;反之,低端阀组电压为电子式PT采集的极中点电压测量值减去电子式PT采集的极中性母线电压测量值,高端阀组电压为电子式PT采集的极母线电压测量值减去电子式PT采集的极中点电压测量值。

[0061] 基于以上计算得到高、低端阀组电压后,即可通过控制系统实现对阀组电压控制。

[0062] 图4示出了整流侧采用阀组电压计算值的高、低端阀组电压控制的原理。整流侧高、低端阀组电压控制系统相同,均包括电流调节单元41和电压修正单元42,电流调节单元41的负端输入为阀组电流参考值,正端输入为阀组电流测量值;电压修正单元42的负端输入为阀组电压参考值,正端输入为阀组电压计算值,并将阀组电压计算值与阀组电压参考值之差叠加到电流调节单元的阀组电流测量值与参考值之差上,结果输出到PI调节器43后,PI调节器43输出触发延迟角指令,通过触发脉冲控制单元44实现对阀组4的电压控制。

[0063] 图5示出了逆变侧采用阀组电压计算值的高、低端阀组电压控制的原理。逆变侧高、低端阀组电压控制系统相同,包括电压控制单元51,电压控制单元51的正端输入为阀组电压参考值,负端输入为阀组电压计算值,将阀组电压参考值与阀组电压计算值之差经PI调节器52输出触发延迟角指令,通过触发脉冲控制单元53实现对阀组4的电压控制。

[0064] 图6示出了基于双十二脉动直流极中点电压计算值的特高压直流输电控制装置6,具体包括:

[0065] (1) 检测单元61。该单元检测交流电网的交流电压、触发延迟角或关断角,极中性母线流过的电流、接地极线路流过的电流、阀组流过的电流、极线电压、极中点电压和极中性母线电压;

[0066] (2) 电压计算单元62。该单元主要基于图3所示的计算原理,首先通过极中性母线电压计算值和低端阀组电压计算值相加得到双十二脉动直流极中点电压计算值,低端阀组电压计算值和高端阀组电压计算值分别根据低端和高端阀组的触发延迟角或关断角、相对感性压降、相对阻性压降、实际直流电流、额定直流电流、实际空载直流母线电压、额定空载直流母线电压和前向压降计算得到;

[0067] (3) 电压控制单元63。该单元主要基于图4和图5的控制原理,采用双十二脉动直流极中点电压作为反馈电压进行控制,其中,整流侧配置电压修正单元,将根据双十二脉动直流极中点电压计算值得到的阀组电压与阀组电压参考值之差叠加到电流调节单元的阀组电流测量值与参考值之差上,结果输出到PI调节器后,PI调节器的输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制;逆变侧配置电压控制单元,将阀组电压参考值与根据双十二脉动直流极中点电压计算值得到的阀组电压之差经PI调节器输出对阀组的触发延迟角进行控制,实现阀组电压控制。

[0068] 综上,本发明的方法和装置能在双十二脉动直流极中点电压无测点或测点故障时,基于双十二脉动直流极中点电压的计算值正常实现对高、低端阀组的电压控制,从而保证系统的稳定运行。本发明的方法和装置不仅适用于高、低端阀组接入同一交流电网的常规特高压直流输电系统,还适用于高、低端压阀组接入两个交流电网的分层特高压直流输电系统。

[0069] 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。

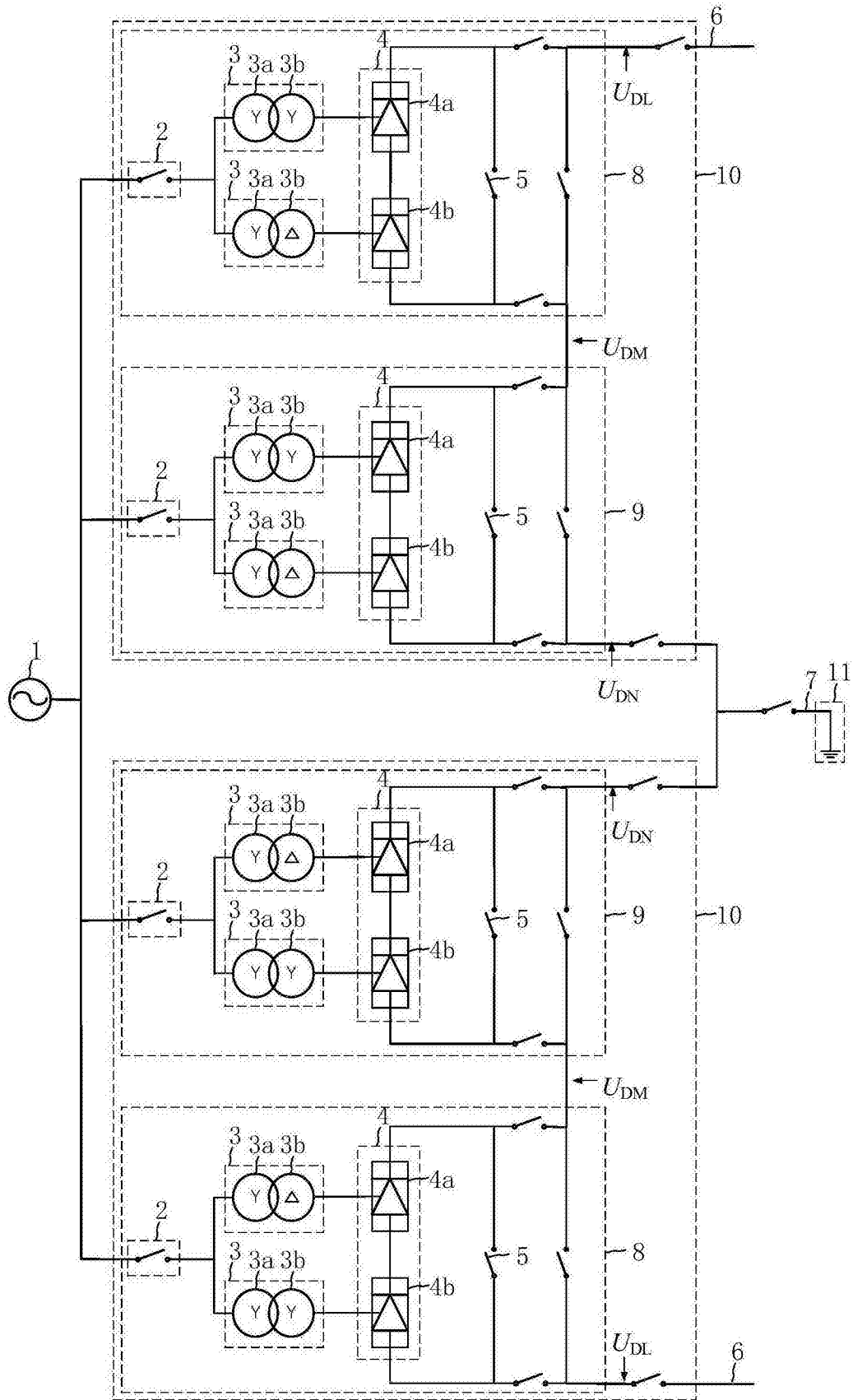


图1

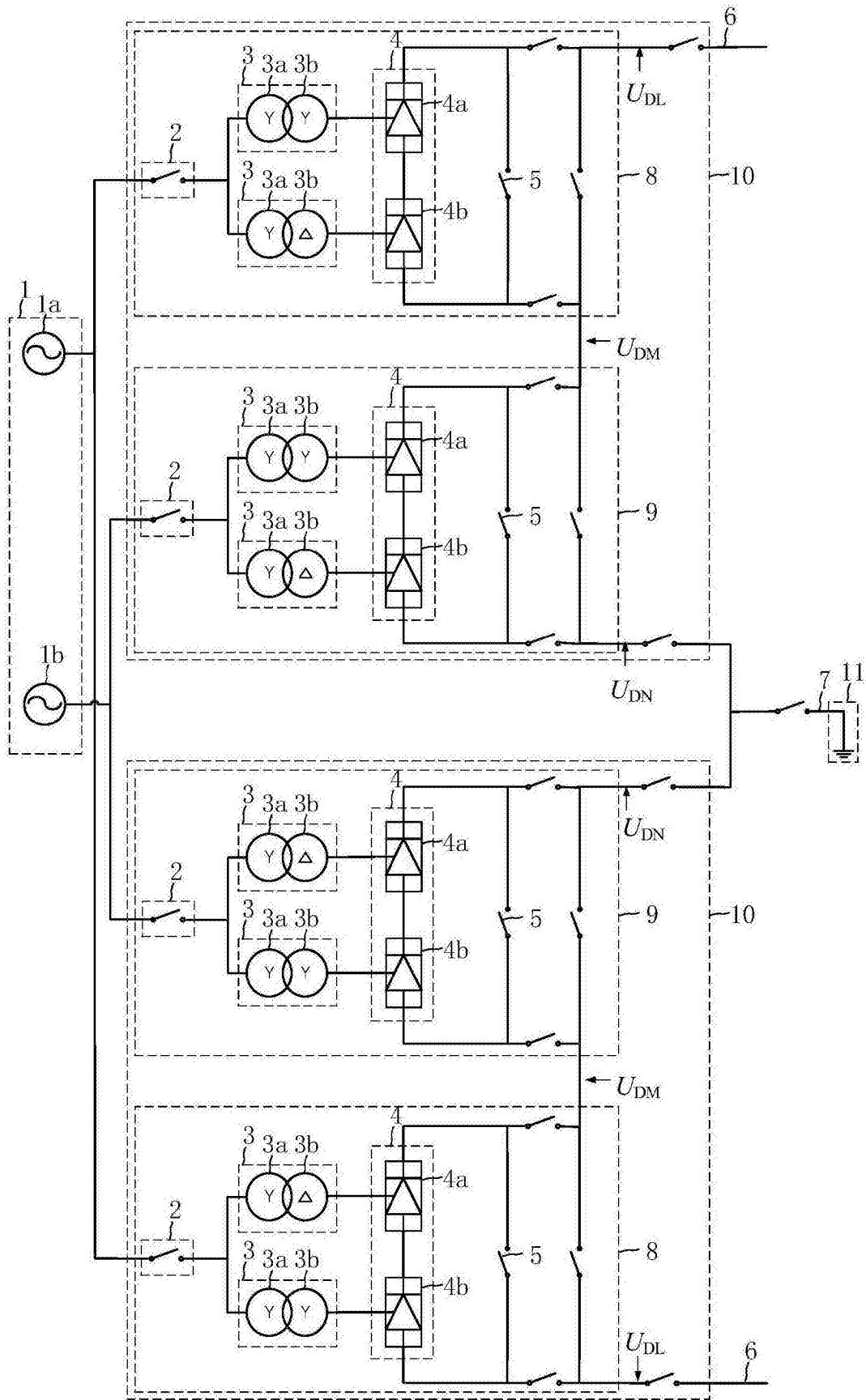


图2

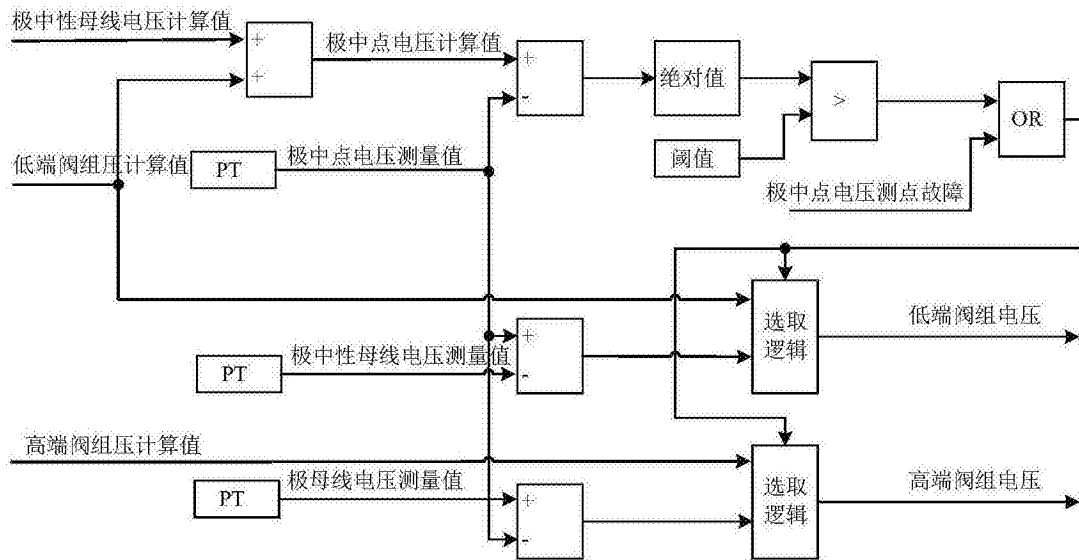


图3

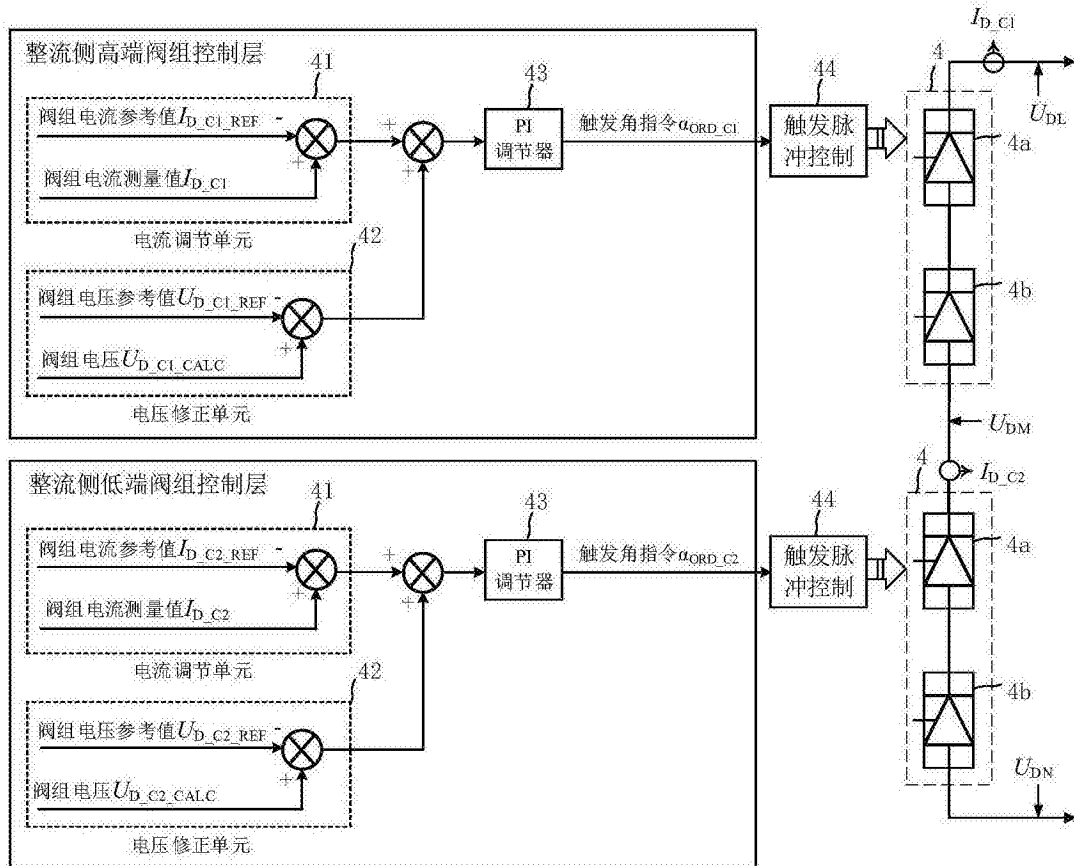


图4

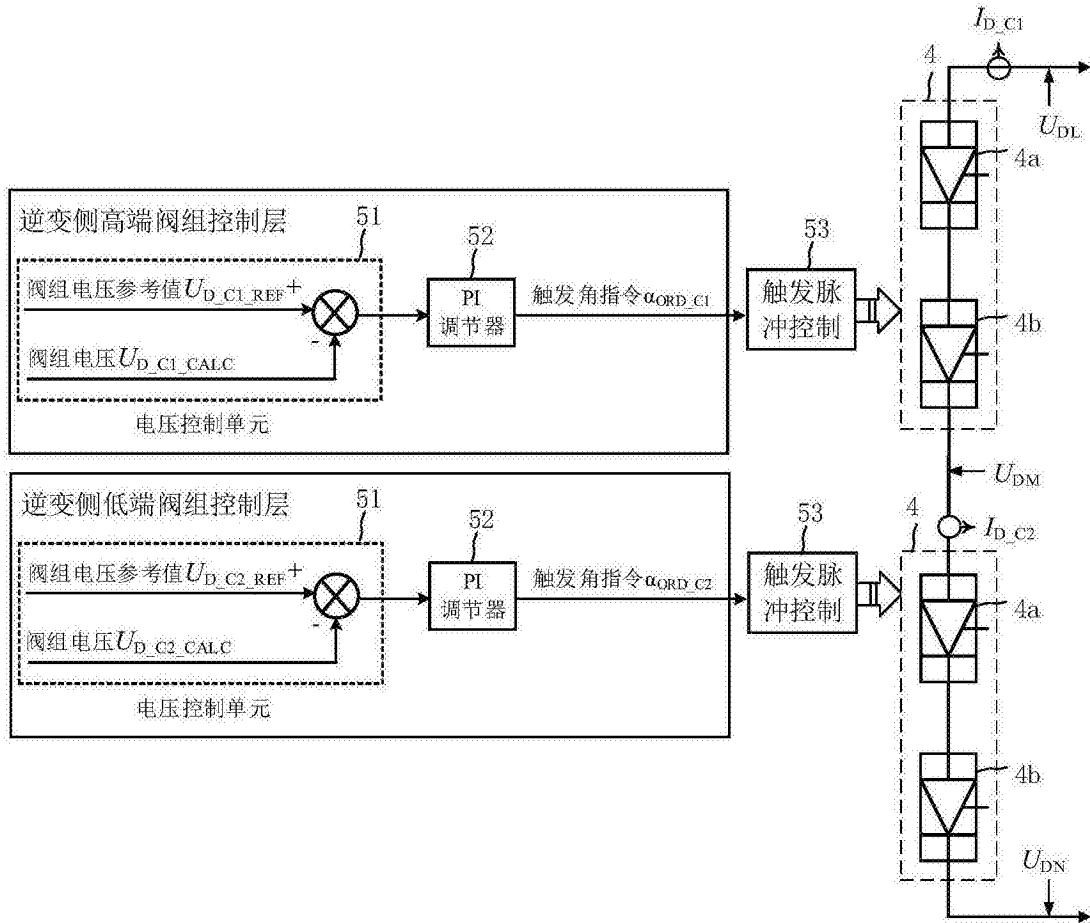


图5

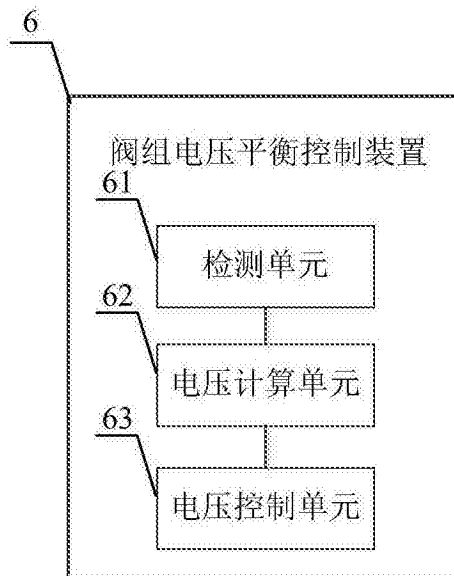


图6