



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106684841 B

(45)授权公告日 2018.12.07

(21)申请号 201710063382.6

(22)申请日 2017.02.03

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106684841 A

(43)申请公布日 2017.05.17

(73)专利权人 许继电气股份有限公司
地址 461000 河南省许昌市许继大道1298号

专利权人 许继集团有限公司
西安许继电力电子有限公司
国家电网公司

(72)发明人 吴金龙 行登江 王先为 刘欣和
张军 张浩 范彩云 陈北海

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

代理人 崔旭东

(51)Int.Cl.
H02H 7/26(2006.01)

(56)对比文件
CN 103730883 A,2014.04.16,全文.
CN 105790251 A,2016.07.20,全文.
CN 105896488 A,2016.08.24,全文.
EP 0661189 B1,1999.09.29,全文.
李斌等.多端柔性直流电网保护关键技术.
《电力系统自动化》.2016,第40卷(第21期),

审查员 陈文达

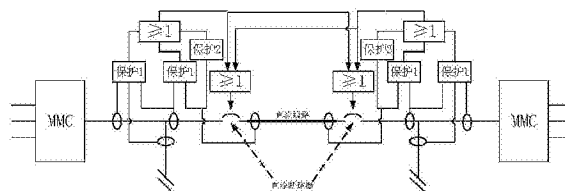
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

柔性直流电网系统直流短路故障保护方法及装置

(57)摘要

本发明涉及一种柔性直流电网系统直流短路故障保护方法及装置,将直流线路一侧换流器与近端线路电抗器之间的部分分为第一、第二保护区域,其中,近端线路的电抗器与直流断路器之间区域为第一保护区域,直流断路器与换流器之间为第二保护区域,并对第一、第二保护区域内的短路故障进行相应的保护。该方法能有效识别第一、第二保护区域的短路故障保护,当任一保护区域发生短路故障,都不会影响另一保护区域的正常运行,保证了无故障线路不被错切的问题,实现直流线路上短路故障准确和快速隔离。



1. 一种柔性直流电网系统直流短路故障保护方法,其特征在于,对于一条直流线路,将其一侧换流器与近端线路电抗器之间的部分分为第一、第二两个保护区域,第一保护区域包括近端线路的电抗器与直流断路器之间的区域,第二保护区域包括直流断路器与换流器之间的区域;

对于第一保护区域,以直流断路器电流和近端线路电抗器电流作为差动输入,执行差动保护,若第一保护区域内发生短路故障,则至少发出对应线路近端直流断路器跳闸指令;

对于第二保护区域,以换流阀出口直流母线电流、与换流器相连的所有线路的近端直流断路器电流为差动输入,执行差动保护,若第二保护区域内故障,则至少发出与换流器相连的所有线路近端断路器的跳闸指令。

2. 根据权利要求1所述的柔性直流电网系统直流短路故障保护方法,其特征在于,所述第一保护区域、第二保护区域的差动保护是以差动电流变化率为判据的差动保护。

3. 根据权利要求1所述的柔性直流电网系统直流短路故障保护方法,其特征在于,所述第一、第二保护区域内发生短路故障时,还向所述直流线路上对应的远端直流断路器发出跳闸指令。

4. 根据权利要求1所述的柔性直流电网系统直流短路故障保护方法,其特征在于,对于所述一条直流线路,还包括近端线路电抗器与远端线路电抗器之间的第三保护区域,对于第三保护区域,同时执行行波保护和电压突变量保护,若区域内发生短路故障,则发出对应线路两端直流断路器跳闸指令。

5. 一种柔性直流电网系统直流短路故障保护装置,其特征在于,包括以下单元:

用于对一条直流线路,将其一侧换流器与近端线路电抗器之间的部分分为第一、第二两个保护区域,第一保护区域包括近端线路的电抗器与直流断路器之间的区域,第二保护区域包括直流断路器与换流器之间的区域的单元;

用于对第一保护区域,以直流断路器电流和近端线路电抗器电流作为差动输入,执行差动保护,若第一保护区域内发生短路故障,则至少发出对应线路近端直流断路器跳闸指令的单元;

用于对第二保护区域,以换流阀出口直流母线电流、与换流器相连的所有线路的近端直流断路器电流为差动输入,执行差动保护,若第二保护区域内故障,则至少发出与换流器相连的所有线路近端断路器的跳闸指令的单元。

6. 根据权利要求5所述的柔性直流电网系统直流短路故障保护装置,其特征在于,所述第一保护区域、第二保护区域的差动保护是以差动电流变化率为判据的差动保护。

7. 根据权利要求5所述的柔性直流电网系统直流短路故障保护装置,其特征在于,所述第一、第二保护区域内发生短路故障时,还包括用于向所述直流线路上对应的远端直流断路器发出跳闸指令的单元。

8. 根据权利要求5所述的柔性直流电网系统直流短路故障保护装置,其特征在于,对所述一条直流线路,还包括用于将近端线路电抗器与远端线路电抗器之间的部位定义为第三保护区域,对于第三保护区域,同时执行行波保护和电压突变量保护,若区域内发生短路故障,则发出对应线路两端直流断路器跳闸指令的单元。

柔性直流电网系统直流短路故障保护方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于柔性直流输电系统继电保护技术领域,具体涉及柔性直流电网系统直流短路故障保护方法及装置。

背景技术

[0002] 目前,采用模块化多电平换流器(MMC)的高压柔性直流输电是解决大规模新能源集中外送的重要途径。以我国的张北地区为例,要将张北和康保地区的风电通过柔性直流输电集中外送至北京和冀北的丰宁,需要建设四端柔性直流输电网。采用柔性直流电网进行远距离输电时,考虑到经济性,换流站之间不宜采用直流电缆,而应采用直流架空线路,但直流架空线路的应用增大了直流侧发生短路故障的概率。

[0003] 现有的柔性直流输电线路保护主要针对双端或多端系统,目前还没有可行的区别方法,将直流线路上断路器与电抗器之间的短路故障保护、和断路器与换流器之间的短路故障保护区别开来,现有技术中,当换流器和电抗器之间的线路上(包括断路器与电抗器之间、和断路器与换流器之间的线路)任意一处发生短路故障时,都会启动相应的保护动作,例如,如图2所示的直流线路上b点发生短路故障时,现有的保护不仅断开上述直流线路上的断路器,如断路器①,还会断开与换流器MMC相连的其他线路上的断路器,如断路器②,而实际上当b点发生短路故障时只需断开b点所在直流线路上的断路器,即隔离b点所在的直流线路,其他线路可继续正常运行。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种柔性直流电网系统直流短路故障保护方法及装置,用于解决现有技术中换流器和电抗器之间的短路故障保护切断无故障线路的问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提出一种柔性直流电网系统直流短路故障保护方法,对于一条直流线路,将其一侧换流器与近端线路电抗器之间的部分分为第一、第二两个保护区域,第一保护区域包括近端线路的电抗器与直流断路器之间的区域,第二保护区域包括直流断路器与换流器之间的区域;

[0006] 对于第一保护区域,以直流断路器电流和近端线路电抗器电流作为差动输入,执行差动保护,若第一保护区域内发生短路故障,则至少发出对应线路近端直流断路器跳闸指令;

[0007] 对于第二保护区域,以换流阀出口直流母线电流、与换流器相连的所有线路的近端直流断路器电流为差动输入,执行差动保护,若第二保护区域内故障,则至少发出与换流器相连的所有线路近端断路器的跳闸指令。

[0008] 进一步,所述第一保护区域、第二保护区域的差动保护是以差动电流变化率为判断的差动保护。

[0009] 进一步,所述第一、第二保护区域内发生短路故障时,还向所述直流线路上对应的远端直流断路器发出跳闸指令。

[0010] 进一步,对于所述一条直流线路,还包括近端线路电抗器与远端线路电抗器之间的第三保护区域,对于第三保护区域,同时执行行波保护和电压突变量保护,若区域内发生短路故障,则发出对应线路两端直流断路器跳闸指令。

[0011] 为解决上述技术问题,本发明提出一种柔性直流电网系统直流短路故障保护装置,包括以下单元:

[0012] 用于对一条直流线路,将其一侧换流器与近端线路电抗器之间的部分分为第一、第二两个保护区域,第一保护区域包括近端线路的电抗器与直流断路器之间的区域,第二保护区域包括直流断路器与换流器之间的区域的单元;

[0013] 用于对第一保护区域,以直流断路器电流和近端线路电抗器电流作为差动输入,执行差动保护,若第一保护区域内发生短路故障,则至少发出对应线路近端直流断路器跳闸指令的单元;

[0014] 用于对第二保护区域,以换流器出口直流母线电流、与换流器相连的所有线路的近端直流断路器电流为差动输入,执行差动保护,若第二保护区域内故障,则至少发出与换流器相连的所有线路近端断路器的跳闸指令的单元。

[0015] 进一步,所述第一保护区域、第二保护区域的差动保护是以差动电流变化率为判断的差动保护。

[0016] 进一步,所述第一、第二保护区域内发生短路故障时,还包括用于向所述直流线路上对应的远端直流断路器发出跳闸指令的单元。

[0017] 进一步,对所述一条直流线路,还包括用于将近端线路电抗器与远端线路电抗器之间的部位定义为第三保护区域,对于第三保护区域,同时执行行波保护和电压突变量保护,若区域内发生短路故障,则发出对应线路两端直流断路器跳闸指令的单元。

[0018] 本发明的有益效果是:将直流线路一侧换流器与近端线路电抗器之间的部分分为第一、第二保护区域,其中,近端线路的电抗器与直流断路器之间区域为第一保护区域,直流断路器与换流器之间为第二保护区域,并对第一、第二保护区域内的短路故障进行相应的保护。该方法能有效识别直流线路上断路器与电抗器之间(第一保护区域)的短路故障保护,以及断路器与换流器之间(第二保护区域)的短路故障保护,当任一保护区域发生短路故障,都不会影响另一保护区域的正常运行,保证了无故障线路不被错切的问题,实现直流线路上短路故障准确和快速隔离。

附图说明

[0019] 图1是本发明柔性直流电网系统直流短路故障保护配置方案示意图;

[0020] 图2是换流器直流侧短路故障分区示意图;

[0021] 图3是第一保护区域的短路故障隔离示意图;

[0022] 图4是第二保护区域的短路故障隔离示意图;

[0023] 图5是第三保护区域的短路故障隔离示意图;

[0024] 图6是保护动作逻辑示意图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。

[0026] 本发明一种柔性直流电网系统直流短路故障保护方法的实施例：

[0027] 对于一条直流线路，将其一侧换流器与近端线路电抗器之间的部分分为第一、第二两个保护区域，第一保护区域包括近端线路的电抗器与直流断路器之间的区域，第二保护区域包括直流断路器与换流器之间的区域；将近端线路电抗器与远端线路电抗器之间的部位定义为第三保护区域。

[0028] 对于第一保护区域，以直流断路器电流和近端线路电抗器电流作为差动输入，执行差动保护，若第一保护区域内发生短路故障，则至少发出对应线路近端直流断路器跳闸指令。对于第二保护区域，以换流阀出口直流母线电流、与换流器相连的所有线路的近端直流断路器电流为差动输入，执行差动保护，若第二保护区域内故障，则至少发出与换流器相连的所有线路近端断路器的跳闸指令。对于第三保护区域，执行行波保护和电压突变量保护，若区域内发生短路故障，则发出对应线路两端直流断路器跳闸指令。

[0029] 具体的，如图2所示的换流器，采用MMC拓扑结构，以直流断路器①所在的第一直流线路为例，将第一直流线路的近端线路上的电抗器与直流断路器①设为第一保护区域，将直流断路器①与换流器MMC之间的区域设为第二保护区域，将第一直流线路的近端线路上的电抗器与远端线路上的电抗器之间设为第三保护区域。采集第一保护区域两侧进出线的电流 i_2 、 i_3 ，执行差动保护：当 i_2 、 i_3 的差动电流变化率的绝对值超过第一整定值时，判定第一保护区域发生短路故障（例如b点发生短路），判定公式如下：

$$[0030] \quad \left| \frac{d(i_2 - i_3)}{dt} \right| > di_{bset}$$

[0031] 式中， di_{bset} 为第一整定值，识别第一保护区域发生短路故障后，触发第一直流线路近端线路上的直流断路器①，以及远端线路上的直流断路器，如图3所示，实现该短路故障快速隔离。

[0032] 采集第一保护区域两侧进出线的电流 i_2 、 i_3 的同时，还需采集第二保护区域中换流器MMC出线侧电流 i_1 ，以及与换流器MMC相连的另一线路上直流断路器②进线端的电流 i_4 ，执行差动保护：当 i_1 、 i_2 、 i_4 的差动电流变化率的绝对值超过第二整定值时，判定第二保护区域发生短路故障（例如a点发生短路），判定公式如下：

$$[0033] \quad \left| \frac{d(i_1 - i_2 - i_4)}{dt} \right| > di_{aset}$$

[0034] 式中， di_{aset} 为第二整定值，识别第二保护区域发生短路故障后，触发第一直流线路近端线路上的直流断路器①、另一线路近端线路上的直流断路器②，以及第一直流线路和另一线路的远端线路上的直流断路器，如图4所示，实现快速隔离该短路故障。

[0035] 对于第一直流线路上近端线路电抗器与远端线路电抗器之间的第三保护区域，执行行波保护和电压突变量保护，若区域内发生短路故障（例如c点短路），则发出对应线路两端直流断路器跳闸指令，如图5所示。其中，行波保护原理为：

$$[0036] \quad \begin{cases} \frac{dP_{dif}}{dt} > \Delta 1 \\ P_{dif} > \Delta 2 \\ G_{com} > \Delta 3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_{dif} = Z_{dif} I_{dif} - U_{dif} \\ G_{com} = Z_{com} I_{com} - U_{com} \end{cases}$$

[0037] 式中, P_{dif} 为直流侧极模波; G_{com} 为直流侧地模波; Z_{dif} 为直流侧极模波阻抗; Z_{com} 为直流侧地模波阻抗; I_{dif} 、 U_{dif} 为系统差模分量; I_{com} 、 U_{com} 为系统共模分量; $\Delta 1$ 为极波变化率整定值; $\Delta 2$ 为极波整定值; $\Delta 3$ 为地模波整定值。

[0038] 电压突变量保护原理为:

$$[0039] \quad \begin{cases} \frac{du}{dt} < du_{set} \\ U < U_{set} \\ \frac{di}{dt} > di_{set} \end{cases}$$

[0040] 式中, du_{set} 为电压变化率整定值; U_{set} 为直流电压整定值; di_{set} 为直流电流变化率整定值。

[0041] 本发明直流断路器的快速触发方案如下:当第二保护区域故障时,需要同时断开与故障换流站相连的所有直流线路两端的直流断路器才能够实现故障线路的准确隔离,如图4所示;当第一保护区域、直流线路上近端线路电抗器与远端线路电抗器之间的区域发生故障时,仅需要断开故障点所在直流线路两端的直流断路器,即可准确隔离故障线路,如图3所示;当第一保护区域、第二保护区域故障时,远端换流站将检测不到故障,但又必须触发直流断路器断开,因此就必须接受近端故障的检测与定位结果并触发断路器动作。

[0042] 由此可知,直流断路器的开断动作受四个指令控制,近端线路故障检测结果、近端直流断路器与线路电抗之间故障检测结果、近端直流断路器阀侧短路故障检测结果,以及远端直流断路器动作指令。

[0043] (1) 近端线路故障检测结果:当近端直流线路故障检测装置检测到第三保护区域内发生短路故障时,指示该故障并触发近端直流断路器断开,同时远端故障检测装置检测到线路故障并触发远端直流断路器断开,实现故障线路的隔离。

[0044] (2) 近端直流断路器与线路电抗之间故障检测结果:当检测装置检测到第一保护区域内发生短路故障时,指示该位置发生故障,并触发近端直流断路器断开,但此时远端故障检测装置无法检测到该故障,无法触发远端直流断路器断开,因此需要将近端故障检测结果传输至远端来触发远端直流断路器断开,实现故障线路的隔离。

[0045] (3) 近端直流断路器阀侧短路故障检测结果:当检测装置检测到第二保护区域内发生短路故障时,指示该区域发生故障,并触发所有与故障换流站相连的直流线路近端直流断路器断开,但此时其它远端故障检测装置无法检测到该故障,无法触发远端直流断路器断开,因此需要将近端故障检测结果传输至远端来触发远端直流断路器断开,实现故障线路的隔离。

[0046] (4) 远端直流断路器动作指令:与上述(2)、(3)的分析类似,当远端直流断路器与线路电抗之间线路或远端直流母线发生故障时,近端保护装置检测不到故障,需要将远端的直流断路器动作指令传输至近端,触发近端断路器断开实现故障线路的隔离。

[0047] 上述四种情况均应触发直流断路器动作开断,因此直流断路器开断指令由四者共同发出,当至少一个检测结果有效时,直流断路器即动作开断,如图6所示。

[0048] 本发明基于行波保护原理与突变量保护原理,通过对电流变化率、电压变化率和变化量,以及差动电流变化率,并根据故障位置的不同,将故障分为三个区域的故障:直流电抗线路侧故障、直流断路器与直流电抗器之间的故障和近端直流断路器阀侧的故障。

[0049] 当直流电抗器线路侧故障(指直流线路上两个直流电抗器之间所发生的故障)时,线路两端所配置的行波保护、电压突变量保护策略均能够检测到故障,并触发断路器动作。

[0050] 当直流断路器与直流电抗器之间部分直流线路发生故障时,远端所配置保护策略无法检测到故障,而近端通过检测直流电抗线路侧、直流断路器线路侧的两个测点的差动电流变化率实现故障检测与定位,进而触发直流断路器动作,并将断路器动作信号传输至远端直流断路器。

[0051] 当近端直流断路器阀侧故障(指直流断路器与换流器之间直流线路的故障)时,远端所配置保护策略同样无法检测到故障,而近端通过检测换流阀出口直流母线电流,与换流器相连的所有线路的近端直流断路器电流的变化率实现故障检测与定位,进而触发直流断路器动作,并将断路器动作信号传输至远端直流断路器。

[0052] 综上所述,本发明提出的短路故障保护方法针对柔性直流电网系统,在直流线路的任意处发生短路故障时,都能实现故障的快速检测与定位。

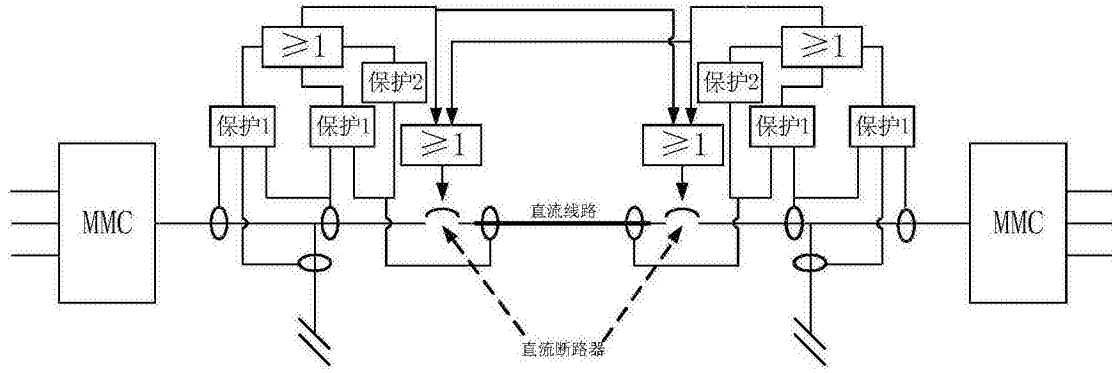


图1

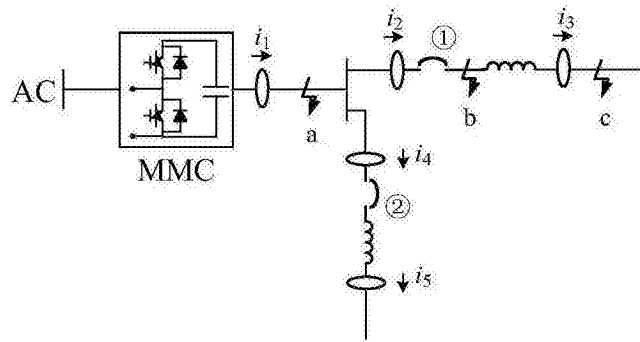


图2

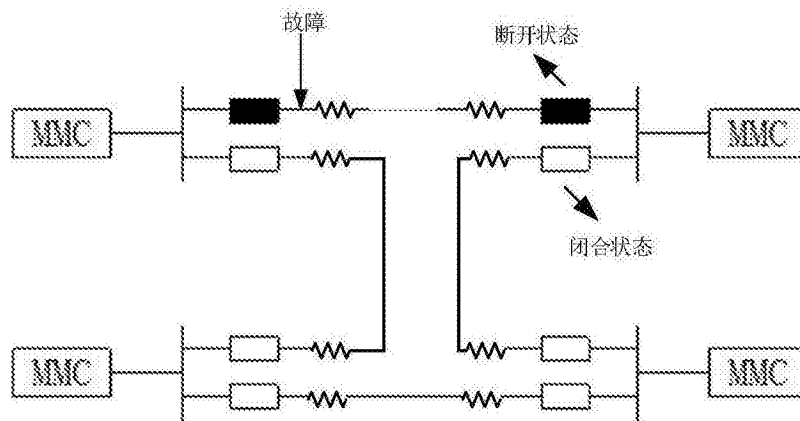


图3

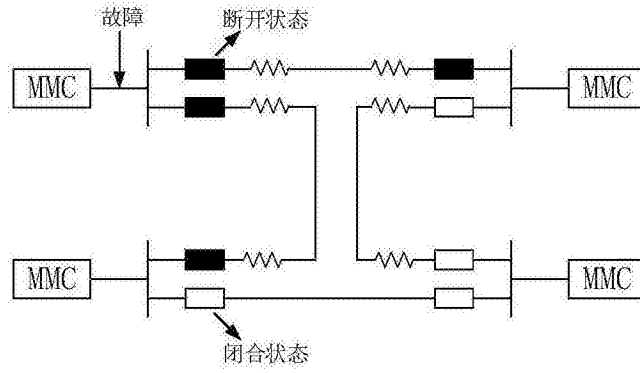


图4

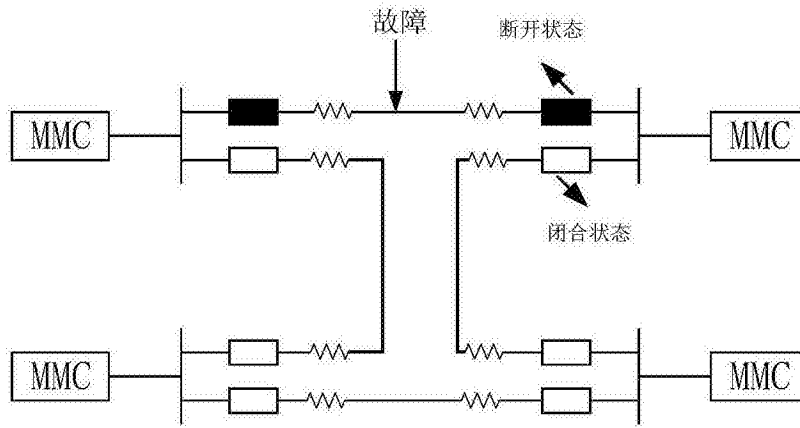


图5

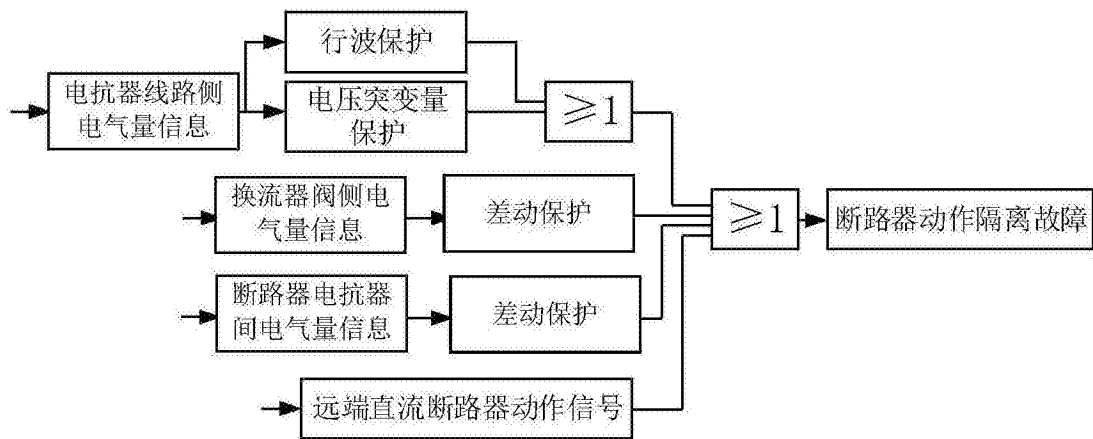


图6