



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109802417 A

(43)申请公布日 2019.05.24

(21)申请号 201711139510.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.11.16

H02J 3/36(2006.01)

(71)申请人 中国电力科学研究院有限公司

地址 100192 北京市海淀区清河小营东路
15号

申请人 国家电网公司
国家电网公司华北分部

(72)发明人 王青 郝梦竹 李轶群 江长明
宋云亭 陈得治 罗亚洲 马世英
高洵 贾琳 訾鹏 谭贝斯 赵伟
吴丽华

(74)专利代理机构 北京安博达知识产权代理有
限公司 11271

代理人 徐国文

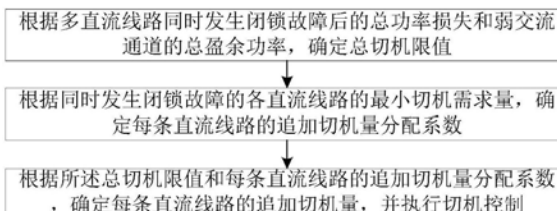
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急
控制方法及装置

(57)摘要

本发明提供了一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法及装置,包括:根据多直流线路同时发生闭锁故障后的总功率损失和弱交流通道的总盈余功率,确定总切机限值;根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数;根据所述总切机限值和每条直流线路的追加切机量分配系数,确定每条直流线路的追加切机量,并执行切机控制。本发明提供的技术方案能够兼顾单一直流闭锁故障时的切机需求和多直流同时闭锁故障时的切机需求,具有对多故障场景的良好适应性;原理简单、稳定可靠、可操作性及实用性强;具有较高的实用价值和良好的市场前景。



1. 一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法,其特征在于,包括:

根据多直流线路同时发生闭锁故障后的总功率损失和弱交流通道的总盈余功率,确定总切机限值;

根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数;

根据所述总切机限值和每条直流线路的追加切机量分配系数,确定每条直流线路的追加切机量,并执行切机控制。

2. 如权利要求1所述的一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法,其特征在于,所述根据多直流线路同时发生闭锁故障后的总功率损失和弱交流通道的总盈余功率,确定总切机限值,包括:

按下式计算所述总切机限值:

$$P_{gc_dem} = P_{loss} - P_{a_sum}$$

其中, P_{gc_dem} 为总切机限值; P_{loss} 为故障后的总功率损失; P_{a_sum} 为弱交流通道的总盈余功率。

3. 如权利要求2所述的一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法,其特征在于,

所述故障后的总功率损失的计算式如下:

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^m P_{dci}$$

其中, P_{dci} 为直流运行功率; m 为同时发生闭锁故障的直流线路条数, $m \leq n$, n 为直流线路总条数;

所述弱交流通道的总盈余功率的计算式如下:

$$P_{a_sum} = k_c \times (P_{st} - P_{tie0})$$

其中, k_c 为裕度系数; P_{st} 为弱交流通道的静稳极限; P_{tie0} 为弱交流通道功率初值。

4. 如权利要求1所述的一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法,其特征在于,所述根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数,包括:

根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,计算各直流线路剩余切机量;

根据所述各直流线路剩余切机量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数。

5. 如权利要求4所述的一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法,其特征在于,所述根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,计算各直流线路剩余切机量,包括:

按下式计算各直流线路剩余切机量:

$$P_{gc_fi} = P_{gc_supi} - P_{gc_Ai}$$

其中, P_{gc_fi} 为各直流线路剩余切机量; P_{gc_supi} 为当前运行状态可供切机量; P_{gc_Ai} 为各直流线路的最小切机需求量。

6. 如权利要求5所述的一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法,其特征在于,所述根据所述各直流线路剩余切机量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数,

包括：

按下式计算每条直流线路的追加切机量分配系数：

$$L_i = \frac{P_{gc_fi}}{\sum_{i=1}^m P_{gc_fi}}$$

其中， m 为同时发生闭锁故障的直流线路条数， $m \leq n$ ， n 为直流线路总条数。

7. 如权利要求1所述的一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法，其特征在于，所述根据所述总切机限值和每条直流线路的追加切机量分配系数，确定每条直流线路的追加切机量，并执行切机控制，包括：

按下式计算每条直流线路的追加切机量：

$$P_{gc_inci} = \frac{L_i}{\sum_{i=1}^m L_i} \left(P_{gc_dem} - \sum_{i=1}^m P_{gc_Ai} \right)$$

其中， P_{gc_inci} 为每条直流的追加切机量； L_i 为追加切机量分配系数； P_{gc_dem} 为总切机限值； P_{gc_Ai} 为最小切机需求量； m 为同时发生闭锁故障的直流线路条数， $m \leq n$ ， n 为直流线路总条数。

8. 一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制装置，其特征在于，包括：

总切机模块，用于根据多直流线路同时发生闭锁故障后的总功率损失和弱交流通道的总盈余功率，确定总切机限值；

分配系数模块，用于根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量，确定每条直流线路的追加切机量分配系数；

执行模块，用于根据所述总切机限值和每条直流线路的追加切机量分配系数，确定每条直流线路的追加切机量，并执行切机控制。

9. 一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法，其特征在于：

若单一直流线路发生闭锁故障，则根据该直流线路的最小切机需求量执行切机控制；

若多条直流线路同时发生闭锁故障，则采用如权利要求1-7任一所述的方法执行切机控制。

10. 如权利要求9所述的一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法，其特征在于，所述若单一直流线路发生闭锁故障，则根据该直流线路的最小切机需求量执行切机控制，包括：

判断单一直流闭锁故障下的切机量是否充裕，若是则进行下一步，否则告警；

计算单一直流闭锁故障时满足安全稳定需要的最小切机需求量。

11. 如权利要求10所述的一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法，其特征在于，所述判断单一直流闭锁故障下的切机量是否充裕，包括：比较当前运行状态可供切机量 P_{gc_supi} 和直流运行功率 P_{dci} ；

若 $P_{gc_supi} < P_{dci}$ ，则切机量不充裕，发出切机量不足的告警提示；否则切机量充裕。

12. 一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制装置，其特征在于，包括：

单一直流闭锁模块，用于若单一直流线路发生闭锁故障，则根据该直流线路的最小切机需求量执行切机控制；

多直流闭锁模块，用于若多条直流线路同时发生闭锁故障，则采用如权利要求1-7任一

所述的方法执行切机控制。

应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电力系统稳定控制技术领域的方法,具体涉及一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法及装置。

背景技术

[0002] 目前能源资源与负荷中心呈现逆向分布的特征,这在客观上决定了当今电网格局具有大电源、大电网、大容量、远距离输电等特征。远距离跨区域直流输电技术以其输送容量大、快速可控、有效限制短路电流等特点,弥补了传统交流输电存在的不足,得到了广泛发展。

[0003] 随着特高压直流输电工程的密集投产,存在如下交直流典型送电场景:送端系统通过多条直流和单条交流弱联络通道外送电力,多条直流线路馈入的受端系统中,落点位置间距较近,当受端系统发生严重故障时会引起这些直流同时闭锁,给送端系统带来很大的冲击。以往直流安控系统设计时仅考虑单一直流闭锁故障场景,当发生多条直流同时闭锁故障,存在因安控切机量不足,盈余功率叠加转移至交流弱联络通道引起线路解列的风险。

[0004] 因此,需要提供一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法及装置来解决上述问题。

发明内容

[0005] 针对现有技术当发生多条直流同时闭锁故障,存在因安控切机量不足,盈余功率叠加转移至交流弱联络通道引起线路解列的风险,本发明提出了一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法及装置,充分考虑弱交流通道的静稳极限约束条件,保证足够的切机量,解决传统安控切机方法未考虑的多直流同时闭锁故障时弱交流通道解列的问题。

[0006] 一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法,包括:

[0007] 根据多直流线路同时发生闭锁故障后的总功率损失和弱交流通道的总盈余功率,确定总切机限值;

[0008] 根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数;

[0009] 根据所述总切机限值和每条直流线路的追加切机量分配系数,确定每条直流线路的追加切机量,并执行切机控制。

[0010] 进一步的,所述根据多直流线路同时发生闭锁故障后的总功率损失和弱交流通道的总盈余功率,确定总切机限值,包括:

[0011] 按下式计算所述总切机限值:

$$[0012] \quad P_{gc_dem} = P_{loss} - P_{a_sum}$$

[0013] 其中, P_{gc_dem} 为总切机限值; P_{loss} 为故障后的总功率损失; P_{a_sum} 为弱交流通道的总

盈余功率。

[0014] 进一步的,所述故障后的总功率损失的计算式如下:

$$[0015] \quad P_{loss} = \sum_{i=1}^m P_{dci}$$

[0016] 其中, P_{dci} 为直流运行功率; m 为同时发生闭锁故障的直流线路条数, $m \leq n$, n 为直流线路总条数;

[0017] 所述弱交流通道的总盈余功率的计算式如下:

$$[0018] \quad P_{a_sum} = k_c \times (P_{st} - P_{tie0})$$

[0019] 其中, k_c 为裕度系数; P_{st} 为弱交流通道的静稳极限; P_{tie0} 为弱交流通道功率初值。

[0020] 进一步的,所述根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数,包括:

[0021] 根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,计算各直流线路剩余切机量;

[0022] 根据所述各直流线路剩余切机量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数。

[0023] 进一步的,所述根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,计算各直流线路剩余切机量,包括:

[0024] 按下式计算各直流线路剩余切机量:

$$[0025] \quad P_{gc_fi} = P_{gc_supi} - P_{gc_Ai}$$

[0026] 其中, P_{gc_fi} 为各直流线路剩余切机量; P_{gc_supi} 为当前运行状态可供切机量; P_{gc_Ai} 为各直流线路的最小切机需求量。

[0027] 进一步的,所述根据所述各直流线路剩余切机量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数,包括:

[0028] 按下式计算每条直流线路的追加切机量分配系数:

$$[0029] \quad L_i = \frac{P_{gc_fi}}{\sum_{i=1}^m P_{gc_fi}}$$

[0030] 其中, m 为同时发生闭锁故障的直流线路条数, $m \leq n$, n 为直流线路总条数。

[0031] 进一步的,所述根据所述总切机限值和每条直流线路的追加切机量分配系数,确定每条直流线路的追加切机量,并执行切机控制,包括:

[0032] 按下式计算每条直流线路的追加切机量:

$$[0033] \quad P_{gc_inci} = \frac{L_i}{\sum_{i=1}^m L_i} \left(P_{gc_dem} - \sum_{i=1}^m P_{gc_Ai} \right)$$

[0034] 其中, P_{gc_inci} 为每条直流的追加切机量; L_i 为追加切机量分配系数; P_{gc_dem} 为总切机限值; P_{gc_Ai} 为最小切机需求量; m 为同时发生闭锁故障的直流线路条数, $m \leq n$, n 为直流线路总条数。

[0035] 一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制装置,包括:

[0036] 总切机模块,用于根据多直流线路同时发生闭锁故障后的总功率损失和弱交流通道的总盈余功率,确定总切机限值;

[0037] 分配系数模块,用于根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,确

定每条直流线路的追加切机量分配系数；

[0038] 执行模块,用于根据所述总切机限值和每条直流线路的追加切机量分配系数,确定每条直流线路的追加切机量,并执行切机控制。

[0039] 一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法:

[0040] 若单一直流线路发生闭锁故障,则根据该直流线路的最小切机需求量执行切机控制;

[0041] 若多条直流线路同时发生闭锁故障,则采用如权利要求1-7任一所述的方法执行切机控制。

[0042] 进一步的,所述若单一直流线路发生闭锁故障,则根据该直流线路的最小切机需求量执行切机控制,包括:

[0043] 判断单一直流闭锁故障下的切机量是否充裕,若是则进行下一步,否则告警;

[0044] 计算单一直流闭锁故障时满足安全稳定需要最小切机需求量。

[0045] 进一步的,所述判断单一直流闭锁故障下的切机量是否充裕,包括:比较当前运行状态可供切机量 P_{gc_supi} 和直流运行功率 P_{dci} ;

[0046] 若 $P_{gc_supi} < P_{dci}$,则切机量不充裕,发出切机量不足的告警提示;否则切机量充裕。

[0047] 一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制装置,包括:

[0048] 单一直流闭锁模块,用于若单一直流线路发生闭锁故障,则根据该直流线路的最小切机需求量执行切机控制;

[0049] 多直流闭锁模块,用于若多条直流线路同时发生闭锁故障,则采用如权利要求1-7任一所述的方法执行切机控制。

[0050] 与最接近的现有技术比,本发明提供的技术方案具有以下有益效果:

[0051] 1、本发明提供的技术方案充分考虑弱交流通道的静态稳定极限约束条件,保证足够的切机量,解决传统安控切机方法未考虑的多直流同时闭锁故障时弱交流通道解列的问题。

[0052] 2、本发明提供的技术方案能够兼顾单一直流闭锁故障时的切机需求和多直流同时闭锁故障时的切机需求,具有对多故障场景的良好适应性。

[0053] 3、本发明提供的技术方案具有原理简单、稳定可靠、可操作性及实用性强的优点,具有较高的实用价值和良好的市场前景。

附图说明

[0054] 图1为本发明流程图;

[0055] 图2为本发明实施例中应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法的流程图;

[0056] 图3为区域电网网架结构示意图;

[0057] 图4为直流故障后采取紧急控制方法对应的联络线有功功率曲线图。

具体实施方式

[0058] 下面结合附图对本发明做进一步详细说明。为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行

清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0059] 图1为本发明流程图,一种应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制方法,包括:

[0060] 根据多直流线路同时发生闭锁故障后的总功率损失和弱交流通道的总盈余功率,确定总切机限值;

[0061] 根据同时发生闭锁故障的各直流线路的最小切机需求量,确定每条直流线路的追加切机量分配系数;

[0062] 根据所述总切机限值和每条直流线路的追加切机量分配系数,确定每条直流线路的追加切机量,并执行切机控制。

[0063] 如图2所示,图2为应对多直流故障下弱交流通道解列的紧急控制方法的流程图;本发明的方法包括以下步骤:

[0064] 步骤一:构建应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制系统;

[0065] 步骤二:计算当前弱交流通道的静稳极限和总盈余功率耐受值;

[0066] 步骤三:根据单一直流功率与可切机量判断单一直流闭锁故障下的切机量是否充裕;

[0067] 步骤四:确定单一直流闭锁故障时满足安全稳定需要的最小切机需求量;

[0068] 步骤五:计算当多条直流同时发生闭锁故障时的安控切机量;

[0069] 步骤六:电网紧急控制系统判断故障信息,执行切机命令。

[0070] 步骤一中,在调度中心配置直流安全稳定切机控制总站,在多条外送型直流配置各自的安全稳定切机控制主站,在直流近区电厂配置切机执行站,在弱交流通道配置测量子站,各控制单元之间建立通信联系通道。

[0071] 直流安全稳定切机控制总站获取各直流控制主站发来的直流送电功率信息及对应的可切机组总量信息,并接收弱交流通道测量子站发送的弱交流通道接入的机组、主变、串补等元件是否运行的状态以及通道功率信息。

[0072] 直流安全稳定切机控制主站接收电厂切机执行站发送的运行机组的功率信息,监测自身直流是否故障,并将故障信息发送至控制总站,接收总站发来的追加切机命令,向切机执行站发送切机命令。

[0073] 切机执行站根据主站发来的命令执行切机操作。

[0074] 步骤二中,计算当前弱交流通道的静稳极限和总盈余功率耐受值,包括以下步骤:

[0075] S201、由测量子站获取弱交流通道功率初值 P_{tie0} ;

[0076] S202、考虑弱交流通道接入的机组、主变、串补等元件是否运行的状态,采用送端增加机组出力、受端减少机组出力的工程计算方法,进行时域仿真,计算当前弱交流通道的静稳极限 P_{st} ;

[0077] S203、确定交流通道的总盈余功率耐受值 $P_{a_sum} = k_c \times (P_{st} - P_{tie0})$,其中 k_c 为裕度系数,一般可取0.9;

[0078] 步骤三中,对于区域内的外送型直流,由直流安全稳定切机控制主站比较当前运行状态可供切机量 P_{gc_supi} 和直流运行功率 P_{dci} ,若 $P_{gc_supi} < P_{dci}$,则发出切机量不足的告警提

示,否则进行下一步;

[0079] 步骤四中,对于区域内的外送型直流,根据近区不发生功角失稳、电压稳定,不发生大规模风机脱网现象、弱交流通道不解列等要求,基于时域仿真方法,由各直流的安全稳定切机控制主站计算各自的最小切机需求 P_{gc_Ai} ,并计算剩余可切机量 $P_{gc_fi}=P_{gc_supi}-P_{gc_Ai}$;

[0080] 步骤五中,计算当多条直流同时发生闭锁故障时的安控切机量,包括以下步骤:

[0081] S501、由控制总站收集故障信息,若 m 条直流同时发生故障 ($m \leq n$),计算故障后总功率损失 $P_{loss} = \sum_{i=1}^m P_{dci}$;

[0082] S502、确定总切机限值 $P_{gc_dem} = P_{loss} - P_{a_sum}$;

[0083] S503、计算每条直流的追加切机量分配系数 $L_i = \frac{P_{gc_fi}}{\sum_{i=1}^m P_{gc_fi}}$,即按每条直流剩余可切机量 P_{gc_fi} 的比例进行分配;

[0084] S504、计算每条直流的追加切机量 $P_{gc_inci} = \frac{L_i}{\sum_{i=1}^m L_i} \left(P_{gc_dem} - \sum_{i=1}^m P_{gc_Ai} \right)$;

[0085] 步骤六中,电网紧急控制系统判断故障信息,执行切机命令,包括以下步骤:

[0086] S601、直流安全稳定切机控制主站监测本直流是否发生闭锁故障,如果监测到,则按最小切机需求量 P_{gc_Ai} 执行切机命令,并向直流安全稳定切机控制总站发送故障信息;

[0087] S602、直流安全稳定切机控制总站接收直流安全稳定切机控制主站发送的直流故障信息,当监测到多条直流同时闭锁故障时,向各相关直流安全稳定切机控制主站发送切除追加切机量 P_{gc_inci} 的命令;

[0088] S603、直流安全稳定切机控制主站接收直流安全稳定切机控制总站发送的切除追加切机量 P_{gc_inci} 命令,予以实施,保证弱交流通道及系统的安全稳定运行。

[0089] 根据上述方法,结合实际某区域电网A为例做进一步说明。区域电网网架结构示意图如图3所示。

[0090] 该区域电网A典型运行方式下,与区域电网B通过单回特高压交流联络线相连,直流1、直流2同时向区域C送电,直流3、直流4、直流5从区域外电网受电。典型运行方式下交直流功率如表1所示。仅考虑交流通道静稳极限确定,两条外送型直流同时故障的场景下,安控切机量的计算过程。

[0091] 表1 典型运行方式

	出力 (MW)	电压 (kV)	可供切机量 (MW)
交流联络线	5000	1000	-
[0092] 直流 1	5000	±800	5080
直流 2	7500	±800	8600
直流 3	10000	±800	-
直流 4	10000	±800	-
直流 5	4000	±660	-

[0093] 本发明提供的应对多直流故障下弱交流通道解列的紧急控制方法包括下述步骤:

[0094] 步骤一中,构建应对直流故障冲击弱交流通道的电网紧急控制系统,在调度中心配置直流安全稳定切机控制总站,分别在直流1、直流2配置各自的安全稳定切机控制主站,在直流1、直流2近区电厂配置切机执行站,在弱交流通道配置测量子站,并在各控制单元之间建立通信联系通道。

[0095] 步骤二中,计算当前弱交流通道的静稳极限和总盈余功率耐受值,包括以下步骤:

[0096] S201、由测量子站获取弱交流通道功率初值 $P_{tie0}=5000\text{MW}$;

[0097] S202、考虑弱交流通道附近接入的机组未投入运行、特高压站各2台主变、特高压站两侧串补均投入运行,采用增加系统A机组出力、减少系统B机组出力的工程计算方法,进行时域仿真,计算得到,当前弱交流通道的静稳极限 $P_{st}=7000\text{MW}$;

[0098] S203、确定交流通道的总盈余功率 $P_{a_sum}=k_c \times (P_{st}-P_{tie0})=0.9 \times (7000-5000)=1800\text{MW}$;

[0099] 步骤三中,对于区域内的2条外送型直流,由直流安全稳定切机控制主站比较当前运行状态可供切机量 P_{gc_supi} 和直流运行功率的关系;

[0100] 直流1:

[0101] $P_{gc_sup1}=5080\text{MW} > P_{dc1}=5000\text{MW}$

[0102] 直流2:

[0103] $P_{gc_sup2}=8600\text{MW} > P_{dc2}=7500\text{MW}$

[0104] 两条直流的可供切机量均大于直流功率,可进行下一步;

[0105] 步骤四中,对于区域内的2条正方向直流,根据近区不发生功角失稳、电压稳定,不发生大规模风机脱网现象、弱交流通道不解列等要求,基于时域仿真方法,计算得到:

[0106] 直流1:

[0107] 最小切机需求 $P_{gc_A1}=3180\text{MW}$;

[0108] 剩余切机量 $P_{gc_f1}=P_{gc_sup1}-P_{gc_A1}=5080-3180=1900\text{MW}$;

[0109] 直流2:

[0110] 最小切机需求 $P_{gc_A2}=4640\text{MW}$;

[0111] 剩余切机量 $P_{gc_f2}=P_{gc_sup2}-P_{gc_A2}=8600-4640=3960\text{MW}$;

[0112] 步骤五中,计算多条同受端直流同时闭锁时的安控切机方案,包括以下步骤:

[0113] S501、由控制总站收集故障信息,若2条直流同时发生故障,计算故障后总功率损

$$\text{失}P_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^m P_{\text{dci}} = 7500 + 5000 = 12500\text{MW};$$

[0114] S502、确定总切机限值 $P_{\text{gc_dem}} = P_{\text{loss}} - P_{\text{a_sum}} = 12500 - 1800 = 10700\text{MW}$;

[0115] S503、计算每条直流的附加切机量分配系数 L_i

[0116] 直流1:

$$[0117] \quad L_1 = \frac{P_{\text{gc_f1}}}{\sum_{i=1}^m P_{\text{gc_fi}}} = \frac{1900}{1900 + 3960} = 0.32$$

[0118] 直流2:

$$[0119] \quad L_2 = \frac{P_{\text{gc_f2}}}{\sum_{i=1}^m P_{\text{gc_fi}}} = \frac{3960}{1900 + 3960} = 0.68$$

[0120] S504、计算每条直流的追加切机量 $P_{\text{gc_inci}}$;

[0121] 直流1:

$$[0122] \quad P_{\text{gc_inc1}} = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^m L_i} \left(P_{\text{gc_dem}} - \sum_{i=1}^m P_{\text{gc_Ai}} \right) = 0.32 \times [10700 - (3180 + 4640)] = 922\text{MW}$$

[0123] 直流2:

$$[0124] \quad P_{\text{gc_inc2}} = \frac{L_2}{\sum_{i=1}^m L_i} \left(P_{\text{gc_dem}} - \sum_{i=1}^m P_{\text{gc_Ai}} \right) = 0.68 \times [10700 - (3180 + 4640)] = 1958\text{MW}$$

[0125] 步骤六中,控制系统判断故障信息,执行切机命令,包括以下步骤:

[0126] S601、直流1、直流2控制主站均监测自身直流是否发生闭锁故障,如果监测到,则按各自最小切机需求量 $P_{\text{gc_A1}} = 3180\text{MW}$ 、 $P_{\text{gc_A2}} = 4640\text{MW}$ 执行切机命令,并向直流安全稳定切机控制总站发送故障信息;

[0127] S602、直流安全稳定切机控制总站接收直流安全稳定切机控制主站发送的直流故障信息,当监测到2条直流同时闭锁故障时,向各相关直流安全稳定切机控制主站发送切除追加切机量 $P_{\text{gc_inc1}} = 922\text{MW}$ 、 $P_{\text{gc_inc2}} = 1958\text{MW}$ 的命令;

[0128] S603、直流安全稳定切机控制主站在接收到直流安全稳定切机控制总站发送的切除附加切机量 $P_{\text{gc_inc1}} = 922\text{MW}$ 、 $P_{\text{gc_inc2}} = 1958\text{MW}$ 命令,予以实施,可保证弱交流通道及系统的安全稳定运行。

[0129] 直流故障后采取紧急控制方法对应的联络线有功功率曲线图如图4所示。

[0130] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0131] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序

指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0132] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0133] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0134] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

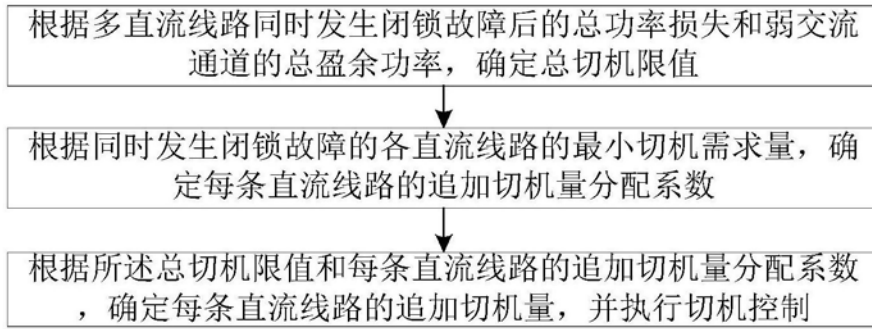


图1

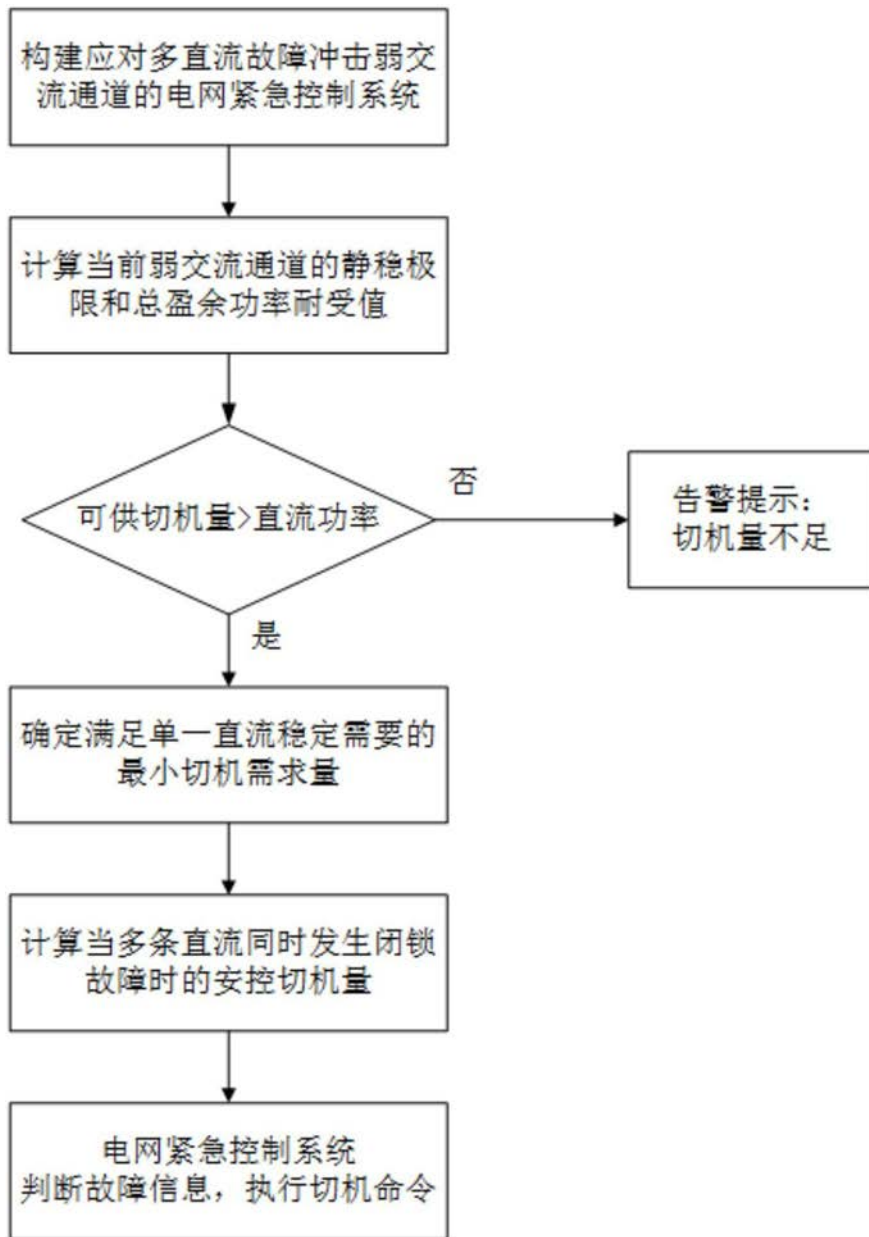


图2

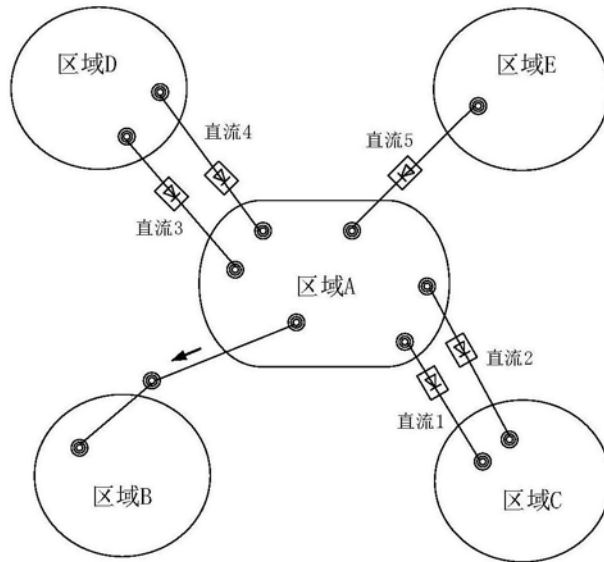


图3

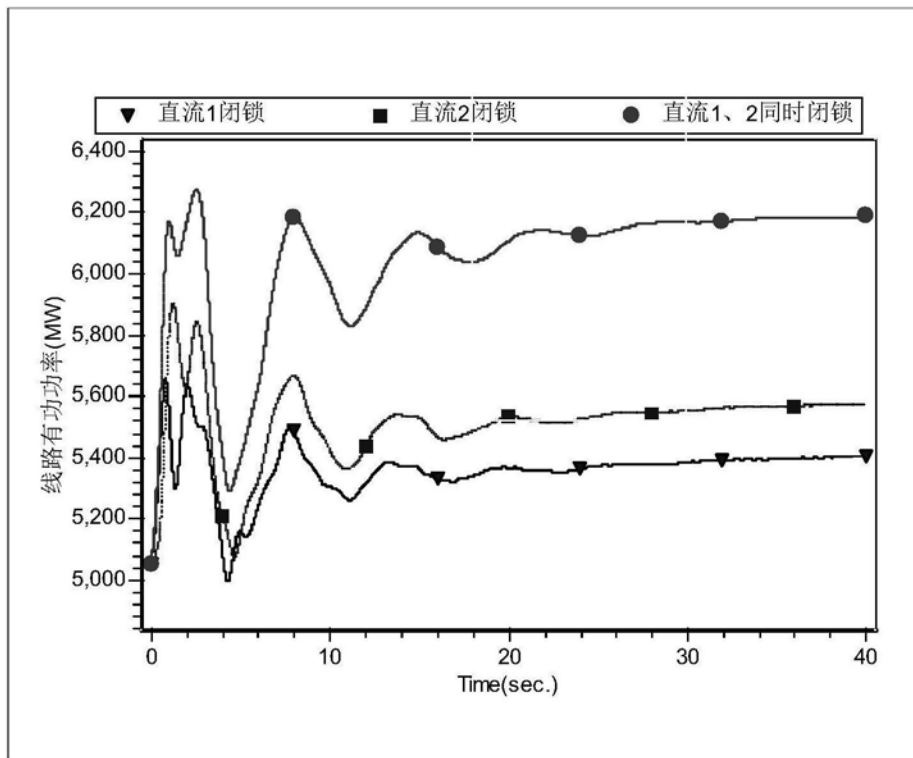


图4