

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 10 月 1 日 (01.10.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/192145 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/36 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/118547
- (22) 国际申请日: 2019 年 11 月 14 日 (14.11.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910237602.1 2019 年 3 月 27 日 (27.03.2019) CN
- (71) 申请人: 中国电力科学研究院有限公司 (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。国家电网公司西北分部 (NORTHWEST BRANCH OF STATE GRID

CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国陕西省西安市环城东路中段 50 号, Shaanxi 710200 (CN)。国家电网有限公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。

- (72) 发明人: 王铁柱 (WANG, Tiezhu); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。牛拴保 (NIU, Shuanbao); 中国陕西省西安市环城东路中段 50 号, Shaanxi 710200 (CN)。郭剑波 (GUO, Jianbo); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。马士聪 (MA, Shicong); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。孙华东 (SUN, Huadong); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。赵兵 (ZHAO, Bing); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing

(54) Title: METHOD, APPARATUS AND DEVICE FOR DETERMINING NUMBER OF POWERED-ON UNITS OF ULTRA-HIGH VOLTAGE DIRECT-CURRENT TRANSMITTING END ALTERNATING-CURRENT SYSTEM, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法、装置、设备及存储介质

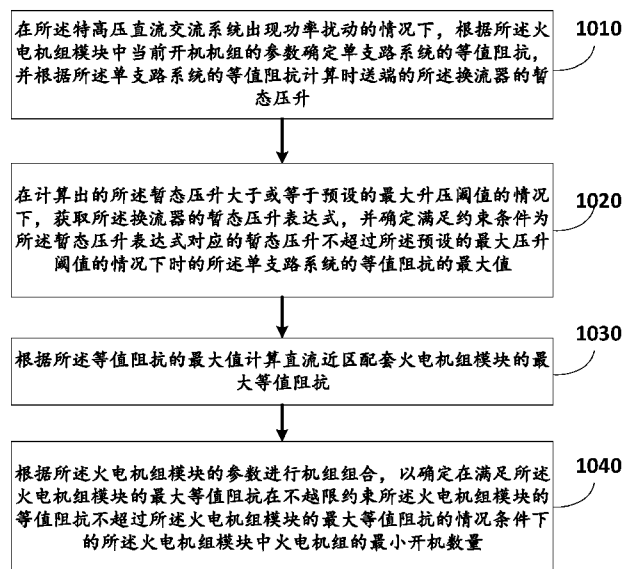


图 1

- 1010 When power disturbance occurs in an ultra-high voltage direct-current alternating-current system, determine an equivalent impedance of a single-branch system according to parameters of current powered-on units in a thermal power unit module, and calculate a transient voltage rise of a current converter of a transmitting end according to the equivalent impedance of the single-branch system
- 1020 When the calculated transient voltage rise is greater than or equal to the preset maximum voltage rise threshold, acquire a transient voltage rise expression of the current converter, and determine the maximum value of the equivalent impedance of the single-branch system when a constraint condition that a transient voltage rise corresponding to the transient voltage rise expression does not exceed the preset maximum voltage rise threshold is satisfied
- 1030 Calculate, according to the maximum value of the equivalent impedance, the maximum equivalent impedance of the thermal power unit module matching a direct-current near region
- 1040 Perform unit combination according to parameters of the thermal power unit module so as to determine the minimum number of powered-on thermal power units in the thermal power unit module when the condition that the maximum equivalent impedance of the thermal power unit module does not exceed the limit constraint that an equivalent impedance of the thermal power unit module does not exceed the maximum equivalent impedance of the thermal power unit module is satisfied

(57) Abstract: Disclosed are a method, apparatus and device for determining the number of powered-on units of an ultra-high voltage direct-current transmitting end alternating-current system, and a storage medium. The method comprises: when power disturbance occurs in an ultra-high voltage direct-current transmitting end alternating-current system, determining an equivalent impedance of a single-branch system according to parameters of current powered-on units, and calculating a transient voltage rise of a current converter



100192 (CN)。柯贤波(KE, Xianbo); 中国陕西省西安市环城东路中段50号, Shaanxi 710200 (CN)。王吉利(WANG, Jili); 中国陕西省西安市环城东路中段50号, Shaanxi 710200 (CN)。汪梦军(WANG, Mengjun); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。曾思成(ZENG, Sicheng); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。张曦(ZHANG, Xi); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。王姗姗(WANG, Shanshan); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。吴萍(WU, Ping); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。

RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司(BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路39号西金大厦6层, Beijing 100036 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

according to the equivalent impedance of the single-branch system; when the calculated transient voltage rise is greater than or equal to the maximum voltage rise threshold, acquiring a transient voltage rise expression, and determining the maximum value of the equivalent impedance of the single-branch system when a transient voltage rise corresponding to the transient voltage rise expression does not exceed the maximum voltage rise threshold; calculating the maximum equivalent impedance of a thermal power unit module according to the maximum value of the equivalent impedance; and determining, according to parameters of the thermal power unit module, the minimum number of powered-on thermal power units when an equivalent impedance of the thermal power unit module does not exceed the maximum equivalent impedance of the thermal power unit module.

(57) 摘要: 本文公开了一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法、装置、设备及存储介质, 该方法包括: 在特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情況下, 根据当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗, 根据单支路系统的等值阻抗计算换流器的暂态压升; 在计算出的暂态压升大于或等于最大升压阈值的情况下, 获取暂态压升表达式, 确定在暂态压升表达式对应的暂态压升不超过最大压升阈值的情况下的单支路系统的等值阻抗的最大值; 根据等值阻抗的最大值计算火电机组模块的最大等值阻抗; 根据火电机组模块的参数确定在火电机组模块的等值阻抗不超过火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的火电机组的最小开机数量。

用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法、装置、设备及存储介质

本申请要求在2019年03月27日提交中国专利局、申请号为201910237602.1的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及电力系统运行控制技术领域，例如，涉及一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

特高压直流输电具备点对点、超远距离、大容量送电能力，是解决能源与电力负荷逆向分布问题的核心技术。在电网实际运行过程中，当特高压直流发生换相失败或发生闭锁故障时，将会给送端电网带来较大的功率扰动，并伴随发生暂态过电压，可能引起近区新能源机组因耐高压能力不足而脱网。特高压直流功率扰动引起的送端暂态过电压问题成为制约直流输送能力的主要因素。通过在特高压直流送端配套火电机组，可以有效缓解该问题。

对于大容量特高压直流功率扰动引起的送端暂态过电压问题，工程上主要采取仿真分析的方法计算暂态压升，缺乏有效的理论计算方法；对于近区配套火电机组的最小开机数的确定，工程上也主要采用仿真分析加试凑的方法，工作量巨大。

因此，需要一种确定特高压直流送端的火电机组的最小开机数量的方法，以通过有效的理论计算方法，确定考虑暂态过电压的特高压直流送端的火电机组的开机数量，保障电网的安全、稳定运行。

发明内容

本申请提供了一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法、装置、设备及存储介质，以解决如何确定暂态过电压工况时的特高压直流送端的火电机组的最小开机数量的问题。

本申请提供了一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法，所述特高压直流送端交流系统包括：交流主网模块和火电机组模块，所述交流主网模块和所述火电机组模块均与换流器连接，所述交流主网模块和所述火电机组模块与所述换流器的连接点为特高压直流送端，所述方法包括：

计算在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情况下，根据所述火

电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗，并根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升；其中，所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路；

在计算出的所述暂态压升大于或等于预设的最大升压阈值的情况下，获取所述换流器的暂态压升表达式，并确定在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值，其中，所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路；

根据所述等值阻抗的最大值计算所述火电机组模块的最大等值阻抗；

根据所述火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量。

本申请还提供了一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的装置，所述特高压直流送端交流系统包括：交流主网模块和火电机组模块，所述交流主网模块和所述火电机组模块均与换流器连接，所述交流主网模块和所述火电机组模块与所述换流器的连接点为特高压直流送端，所述装置包括：

暂态压升计算单元，设置为计算在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情況下，根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗，并根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升；其中，所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路；

等值阻抗的最大值确定单元，设置为在计算出的所述暂态压升大于或等于预设的最大升压阈值的情况下，获取所述换流器的暂态压升表达式，并确定在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值，其中，所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路；

火电机组模块的最大等值阻抗计算单元，设置为根据所述等值阻抗的最大值计算所述火电机组模块的最大等值阻抗；

最小开机数量确定单元，设置为根据所述火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量。

本申请还提供了一种设备，包括处理器和存储器，所述存储器上存储有计算机程序，所述计算机程序被所述处理器执行时实现本申请任意实施例所述的方法。

本申请还提供了一种计算机存储介质，存储有计算机程序，所述计算机程

序被所述处理器执行时实现本申请任意实施例所述的方法。

附图说明

图 1 为本申请实施例提供的一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法的流程图；

图 2 为本申请实施例提供的一种特高压直流送端交流系统拓扑结构图；

图 3 为本申请实施例提供的一种特高压直流送端交流系统等值电路示意图；

图 4 为本申请实施例提供的一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的装置的结构示意图；

图 5 为本申请实施例提供的一种设备的结构示意图。

具体实施方式

参考附图介绍本申请的示例性实施方式，本申请可以用许多不同的形式来实施，并且不局限于本文描述的实施例，提供这些实施例是为了公开本申请。对于表示在附图中的示例性实施方式中的术语并不是对本申请的限定。在附图中，相同的单元/元件使用相同的附图标记。

本文使用的术语（包括科技术语）对所属技术领域的技术人员具有通常的理解含义。另外，以通常使用的词典限定的术语，应当被理解为与其相关领域的语境具有一致的含义，而不应该被理解为理想化的或过于正式的意义。

图 1 为本申请实施例提供的一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法的流程图。如图 1 所示，本申请的实施方式提供的用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法能够在考虑暂态过电压的情况下确定特高压直流送端交流系统的最小开机数量，可用于实际电网的分析和运行；并且在保证计算结果准确性的同时，简化了分析计算难度，具有较高的工程适用性，能够有效地保障电网的安全、稳定运行。

本实施例中，所述特高压直流送端交流系统包括：交流主网模块和直流近区配套火电机组模块。交流主网模块和火电机组模块均与换流器连接，交流主网模块和所述火电机组模块与换流器的连接点为特高压直流送端。

图 2 为本申请实施例提供的一种特高压直流送端交流系统拓扑结构图。如图 2 所示，本申请的实施方式提供的特高压直流送端交流系统包括交流主网模块和火电机组模块两部分；图 2 中， $Gen_1 \sim Gen_N$ 为近区配套的 N 台火电机组， $E_{G1} \sim E_{GN}$ 表示相应机组的等值内电势， $Z_{G1} \sim Z_{GN}$ 表示相应机组的等值阻抗， $Z_{T1} \sim Z_{TN}$ 表示相应机组对应升压变压器的等值阻抗， Z_L 表示火电机组至特高压

直流送端的输电线路等值阻抗, U_s 表示交流主网模块等值内电势, Z_s 表示交流主网模块等值阻抗, U_2 表示特高压直流送端的交流电压, P_2 表示注入特高压直流送端的有功功率, Q_2 表示注入特高压直流送端的无功功率, P_s 表示交流主网模块送出的有功功率, Q_s 表示交流主网模块送出的无功功率。

图 3 为本申请实施例提供的一种特高压直流送端交流系统等值电路示意图。如图 3 所示, 等值电路包括: U_1 为等值交流系统的内电势, P_1 表示等值交流系统送出的有功功率, Q_1 表示等值交流系统送出的无功功率, Z_{eq} 表示等值交流系统的等值阻抗。

本实施例中, 在等值电路中, U_1 、 P_1 、 Q_1 、 Z_{eq} 的取值根据下述公式计算:

$$\begin{cases} U_1 = \sqrt{\left(U_2 + \frac{P_2 R_{eq} + Q_2 X_{eq}}{U_2}\right)^2 + \left(\frac{P_2 X_{eq} - Q_2 R_{eq}}{U_2}\right)^2} \\ P_1 = P_2 + \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} R_{eq} \\ Q_1 = Q_2 + \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} X_{eq} \\ Z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} + Z_L} + \frac{1}{Z_s}}} \end{cases},$$

上述公式中, R_{eq} 为 Z_{eq} 的实部, X_{eq} 为 Z_{eq} 的虚部。

参见图 1, 本申请实施例提供的方法包括如下步骤。

步骤 1010, 在特高压直流交流系统出现功率扰动的情况下, 根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗, 并根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升。

本实施例中, 单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路。

在一实施例中, 在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情况下, 根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗, 包括: 通过如下公式确定单支路系统的等值阻抗:

$$Z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} + Z_L} + \frac{1}{Z_s}}},$$

其中, Z_{eq} 为单支路系统的等值阻抗, Z_{Gi} 为火电机组模块中第 i 组火电机组

的等值阻抗, Z_{Ti} 为火电机组模块中第 i 组火电机组对应的升压变压器的等值阻抗, 所述 Z_L 为火电机组模块至特高压直流送端的输电线路的等值阻抗, Z_S 为交流主网模块的等值阻抗, N 为火电机组模块中火电机组的当前开机数量。

一实施例中, 根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升, 包括: 通过如下公式计算换流器的暂态压升:

$$\Delta U_2 = \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right],$$

$$\Delta P_2 = P_{21} - P_2,$$

$$\Delta Q_2 = Q_{21} - Q_2,$$

$$\Delta S_2^2 = P_{21}^2 + Q_{21}^2 - P_2^2 - Q_2^2,$$

上述公式中, ΔU_2 为换流器的暂态压升; U_2 为特高压直流送端的交流电压; P_2 为注入特高压直流送端的有功功率; Q_2 为注入特高压直流送端的无功功率; P_{21} 、 Q_{21} 分别为在特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情况下注入特高压直流送端的有功功率和无功功率; U_1 为单支路系统的内电势; P_1 为单支路系统送出的有功功率; Q_1 为单支路系统送出的无功功率; Z_{eq} 为单支路系统的等值阻抗 X_{eq} 为 Z_{eq} 的虚部。

本申请的实施方式提供的在特高压直流功率扰动的情况下, 特高压直流送端的换流器的暂态压升的计算方法, 可以在保证计算结果准确性的同时, 简化分析计算难度。

步骤 1020, 在计算出的所述暂态压升大于或等于预设的最大升压阈值的情况下, 获取所述换流器的暂态压升表达式, 并确定所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值, 其中, 所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路。

一实施例中, 所述在确定所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值, 包括: 通过如下公式确定所述单支路系统的等值阻抗的最大值:

$$Z_{eqMAX} = \max X_{eq},$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \max X_{eq}, \\ s.t. \quad \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right] \leq \Delta U_{2MAX} \end{array} \right.,$$

上述公式中, Z_{eqMAX} 为单支路系统的等值阻抗的最大值; $\max X_{eq}$ 为在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下, Z_{eq} 的虚部的最大值; ΔU_{2MAX} 为预设的最大压升阈值。

步骤 1030, 根据所述等值阻抗的最大值计算火电机组模块的最大等值阻抗。

一实施例中, 所述根据所述等值阻抗的最大值计算火电机组模块的最大等值阻抗, 包括: 通过如下公式计算火电机组模块的最大等值阻抗:

$$Z_{GeqMAX} = \frac{Z_S Z_{eqMAX}}{Z_S - Z_{eqMAX}} - Z_L,$$

上述公式中, Z_{GeqMAX} 为火电机组模块的最大等值阻抗; Z_L 为火电机组至特高压直流送端模块的输电线路的等值阻抗; Z_S 为交流主网模块的等值阻抗。

步骤 1040, 根据所述火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量。

一实施例中, 所述根据所述火电机组模块的参数, 确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块的最小开机数量, 包括: 通过如下公式确定所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量:

$$\begin{cases} \min M, \\ s.t. \quad \frac{1}{\sum_{i=1}^M \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} \leq Z_{GeqMAX}, \end{cases}$$

上述公式中, $\min M$ 为火电机组模块中火电机组的最小开机数量; Z_{Gi} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组的等值阻抗, Z_{Ti} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组对应的升压变压器的等值阻抗。以下举例说明本申请的实施方式

在本申请的实施方式中, 电力系统的多种参数信息分别为: 系统额定电压为 525kV, 额定功率为 1000MW; 特高压直流送端交流系统的交流主网等值阻抗 Z_S 为 $0.00023+j0.0668p.u.$; 特高压直流送端的交流电压 U_2 为 $0.99p.u.$; 初始时注入特高压直流送端的有功功率和无功功率 P_2 、 Q_2 分别为 3600MW、0Mvar; 特高压直流功率扰动时注入特高压直流送端的有功功率和无功功率 P_{21} 、 Q_{21} 分别为 0MW、-2400Mvar; 直流近区配套 10 台火电机组, 每台火电机组等值阻抗 Z_G 均为 $0+j0.29p.u.$, 每台火电机组的升压变压器等值阻抗 Z_T 均为 $0.0039+j0.18p.u.$, 火电机组模块至特高压直流送端的输电线路等值阻抗 Z_L 为

0.0001+j0.01p.u.; 允许的暂态压升 ΔU_{2MAX} 为 0.1p.u., 则确定火电机组模块中火电机组的最小开机数量的步骤如下:

S10, 利用公式 (1) 计算得到等值后的交流系统的内电势 U_1 为 1.02p.u., 等值后的交流系统送出的有功功率 P_1 为 3636MW; 等值后的交流系统送出的无功功率 Q_1 为 896Mvar。

$$\begin{cases} U_1 = \sqrt{\left(U_2 + \frac{P_2 R_{eq} + Q_2 X_{eq}}{U_2} \right)^2 + \left(\frac{P_2 X_{eq} - Q_2 R_{eq}}{U_2} \right)^2} \\ P_1 = P_2 + \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} R_{eq} \\ Q_1 = Q_2 + \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} X_{eq} \\ Z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} + Z_L} + \frac{1}{Z_S}}} \end{cases} \quad (1)$$

S20, 利用公式 (2) 至 (5) 可以计算得到暂态压升 ΔU_2 为 0.17p.u., 此时暂态压升超过了允许的最大暂态压升 ΔU_{2MAX} 。

$$\Delta U_2 = \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right] \quad (2)$$

$$\Delta P_2 = P_{21} - P_2 \quad (3)$$

$$\Delta Q_2 = Q_{21} - Q_2 \quad (4)$$

$$\Delta S_2^2 = P_{21}^2 + Q_{21}^2 - P_2^2 - Q_2^2 \quad (5)$$

S30, 利用公式 (6) 至 (7) 可以计算得到等值后的交流系统的等值阻抗的最大值 Z_{eqMAX} 为 0+j0.0398p.u.。

$$Z_{eqMAX} = \max X_{eq} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \max X_{eq}, \\ s.t. \quad \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right] \leq \Delta U_{2MAX} \end{cases} \quad (7)$$

S40, 利用公式 (8) 可以计算得到火电机组模块的最大等值阻抗 Z_{GeqMAX} 为 0+j0.0884p.u.。

$$Z_{\text{GeqMAX}} = \frac{Z_S Z_{\text{eqMAX}}}{Z_S - Z_{\text{eqMAX}}} - Z_L \quad (8)$$

S50, 利用公式 (9) 可以计算得到最小开机台数为 6 台。

$$\begin{cases} \min M, \\ s.t. \quad \frac{1}{\sum_{i=1}^M \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} \leq Z_{\text{GeqMAX}} \end{cases} \quad (9)$$

图 4 为本申请实施例提供的一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的装置的结构示意图。所述特高压直流送端交流系统包括: 交流主网模块和火电机组模块, 所述交流主网模块和所述火电机组模块均与换流器连接, 所述交流主网模块和所述火电机组模块与所述换流器的连接点为特高压直流送端。如图 4 所示, 本申请的实施方式提供的用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的装置 400, 包括: 暂态压升计算单元 401、等值阻抗的最大值确定单元 402、火电机组模块的最大等值阻抗计算单元 403 和最小开机数量确定单元 404。

所述暂态压升计算单元 401, 设置为计算在特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情況下, 根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗, 并根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升。

本实施例中, 所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路。

一实施例中, 所述暂态压升计算单元 401 是设置为通过如下公式在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情況下, 根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗:

$$Z_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} + Z_L} + \frac{1}{Z_S}}},$$

其中, Z_{eq} 为所述单支路系统的等值阻抗, Z_{Gi} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组的等值阻抗, Z_{Ti} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组对应的升压变压器的等值阻抗, 所述 Z_L 为所述火电机组模块至所述特高压直流送端的输电线路的等值阻抗, Z_S 为所述交流主网模块的等值阻抗, N 为所述火电机组模块中火电机组的当前开机数量。

一实施例中, 所述暂态压升计算单元 401 是设置为通过如下公式根据所述

单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升:

$$\Delta U_2 = \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right],$$

$$\Delta P_2 = P_{21} - P_2,$$

$$\Delta Q_2 = Q_{21} - Q_2,$$

$$\Delta S_2^2 = P_{21}^2 + Q_{21}^2 - P_2^2 - Q_2^2,$$

其中, ΔU_2 为换流器的暂态压升; U_2 为特高压直流送端的交流电压; P_2 为注入特高压直流送端的有功功率; Q_2 为注入特高压直流送端的无功功率; P_{21} 、 Q_{21} 分别为在特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情况下注入特高压直流送端的有功功率和无功功率; U_1 为单支路系统的内电势; P_1 为单支路系统送出的有功功率; Q_1 为单支路系统送出的无功功率; Z_{eq} 为单支路系统的等值阻抗, X_{eq} 为 Z_{eq} 的虚部。

本实施例中, 所述等值阻抗的最大值确定单元 402, 设置为在计算出的所述暂态压升大于或等于预设的最大压升阈值的情况下, 获取所述换流器的暂态压升表达式, 并确定在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过预设的最大压升阈值的情况下的单支路系统的等值阻抗的最大值, 其中, 所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路。

一实施例中, 所述等值阻抗的最大值确定单元 402 是设置为确定所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过预设的最大压升阈值时的等值阻抗的最大值:

$$Z_{eqMAX} = \max X_{eq},$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \max X_{eq}, \\ s.t. \quad \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right] \leq \Delta U_{2MAX} \end{array} \right.,$$

其中, Z_{eqMAX} 为单支路系统的等值阻抗的最大值; X_{eqMAX} 为在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过预设的最大压升阈值的情况下, Z_{eq} 的虚部的最大值; ΔU_{2MAX} 为预设的最大压升阈值。

本实施例中, 所述火电机组模块的最大等值阻抗计算单元 403, 设置为根据所述等值阻抗的最大值计算火电机组模块的最大等值阻抗。

一实施例中, 所述火电机组模块的最大等值阻抗计算单元 403 是设置为通

过如下公式根据所述等值阻抗的最大值计算火电机组模块的最大等值阻抗:

$$Z_{\text{GeqMAX}} = \frac{Z_S Z_{\text{eqMAX}}}{Z_S - Z_{\text{eqMAX}}} - Z_L,$$

其中, Z_{GeqMAX} 为火电机组模块的最大等值阻抗; Z_L 为火电机组模块至特高压直流送端的输电线路的等值阻抗; Z_S 为交流主网模块的等值阻抗。

本实施例中, 所述最小开机数量确定单元 404, 设置为根据所述直流近区配套火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量。

一实施例中, 所述最小开机数量确定单元 405 是设置为通过如下公式根据所述火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下火电机组模块中火电机组的最小开机数量:

$$\begin{cases} \min M, \\ s.t. \quad \frac{1}{\sum_{i=1}^M \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} \leq Z_{\text{GeqMAX}}, \end{cases}$$

其中, $\min M$ 为火电机组模块中火电机组的最小开机数量; Z_{Gi} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组的等值阻抗, Z_{Ti} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组对应的升压变压器的等值阻抗。

本申请的实施例的用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的装置 400 与本申请的另一个实施例的用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法相对应, 本文不再赘述。

图 5 为本申请实施例提供的一种设备的结构示意图, 如图 5 所示, 该设备包括处理器 60 和存储器 61; 设备中处理器 60 的数量可以是一个或多个, 图 5 中以一个处理器 60 为例; 设备中的处理器 60 和存储器 61 可以通过总线或其他方式连接, 图 6 中以通过总线连接为例。

存储器 61 作为一种计算机可读存储介质, 可设置为存储软件程序、计算机可执行程序以及模块, 如本申请实施例中的一种用于确定特高压直流送端交流系统的最小开机数量的方法对应的程序指令/模块。处理器 60 通过运行存储在存储器 61 中的软件程序、指令以及模块, 从而执行设备的至少一种功能应用以及

数据处理。

存储器 61 可主要包括存储程序区和存储数据区，存储器 61 中，存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序；存储数据区可存储根据终端的使用所创建的数据等。此外，存储器 61 可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非易失性存储器，例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非易失性固态存储器件。在一些实例中，存储器 61 可包括相对于处理器 60 远程设置的存储器，这些远程存储器可以通过网络连接至设备。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

本申请实施例还提供一种包含计算机可执行指令的存储介质，所述计算机可执行指令在由计算机处理器执行时用于执行本申请任意实施例提供的用于确定特高压直流送端交流系统的最小开机数量的方法，所述特高压直流送端交流系统包括：交流主网模块和火电机组模块，所述交流主网模块和所述火电机组模块均与换流器连接，所述交流主网模块和所述火电机组模块与所述换流器的连接点为特高压直流送端，所述方法包括：在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情况下，根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗，并根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升；其中，所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路；在计算出的所述暂态压升大于或等于预设的最大升压阈值的情况下，获取所述换流器的暂态压升表达式，并确定在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值；根据所述等值阻抗的最大值计算所述火电机组模块的最大等值阻抗，其中，所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路；根据所述火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量。

本实施例所提供的包含计算机可执行指令的存储介质，计算机可执行指令不限于如上所述的方法操作，还可以执行本申请任意实施例所提供的用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法中的相关操作。

本申请可借助软件及通用硬件来实现，也可以通过硬件实现。基于这样的理解，本申请的技术方案可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中，如计算机的软盘、只读存储器（Read-Only

Memory, ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、闪存(FLASH)、硬盘或光盘等,包括多个指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本申请任意实施例所述的用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法。

本文使用的所有术语都根据他们在技术领域的通常含义被解释,除非在本文中被另外明确地定义。所有的参考“一个/所述/该[装置、组件等]”都被开放地解释为所述装置、组件等中的至少一个实例,除非另外说明。这里公开的任何方法的步骤都没必要以公开的顺序运行,除非另外说明。

权利要求书

1、一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的方法，所述特高压直流送端交流系统包括：交流主网模块和火电机组模块，所述交流主网模块和所述火电机组模块均与换流器连接，所述交流主网模块和所述火电机组模块与所述换流器的连接点为特高压直流送端，所述方法包括：

在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情况下，根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗，并根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升；其中，所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路；

在计算出的所述暂态压升大于或等于预设的最大升压阈值的情况下，获取所述换流器的暂态压升表达式，并确定在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值，其中，所述暂态压升表达式包括所述单支路系统的等值阻抗变量；

根据所述等值阻抗的最大值计算所述火电机组模块的最大等值阻抗；

根据所述火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，所述在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情况下，根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗，包括：在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情况下，通过如下公式确定单支路系统的等值阻抗：

$$Z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} + Z_L} + \frac{1}{Z_S}},$$

其中， Z_{eq} 为所述单支路系统的等值阻抗， Z_{Gi} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组的等值阻抗， Z_{Ti} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组对应的升压变压器的等值阻抗，所述 Z_L 为所述火电机组模块至所述特高压直流送端的输电线路的等值阻抗， Z_S 为所述交流主网模块的等值阻抗， N 为所述火电机组模块中火电机组的当前开机数量；

所述根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升，包括：通过如下公式计算所述换流器的暂态压升：

$$\Delta U_2 = \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right],$$

$$\Delta P_2 = P_{21} - P_2,$$

$$\Delta Q_2 = Q_{21} - Q_2,$$

$$\Delta S_2^2 = P_{21}^2 + Q_{21}^2 - P_2^2 - Q_2^2,$$

其中, ΔU_2 为所述换流器的暂态压升; U_2 为所述特高压直流送端的交流电压; P_2 为注入所述特高压直流送端的有功功率; Q_2 为注入所述特高压直流送端的无功功率; P_{21} 、 Q_{21} 分别为在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情況下注入所述特高压直流送端的有功功率和无功功率; U_1 为所述单支路系统的内电势; P_1 为所述单支路系统送出的有功功率; Q_1 为所述单支路系统送出的无功功率; Z_{eq} 为所述单支路系统的等值阻抗, X_{eq} 为 Z_{eq} 的虚部。

3、根据权利要求2所述的方法, 其中, 所述确定在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值, 包括: 通过如下公式确定所述单支路系统的等值阻抗的最大值:

$$Z_{eqMAX} = \max X_{eq},$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \max X_{eq}, \\ s.t. \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right] \leq \Delta U_{2MAX} \end{array} \right.,$$

其中, Z_{eqMAX} 为所述单支路系统的等值阻抗的最大值; $\max X_{eq}$ 为在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下, Z_{eq} 的虚部的最大值; ΔU_{2MAX} 为所述预设的最大压升阈值。

4、根据权利要求3所述的方法, 其中, 所述根据所述等值阻抗的最大值计算所述火电机组模块的最大等值阻抗, 包括: 通过如下公式计算所述火电机组模块的最大等值阻抗:

$$Z_{GeqMAX} = \frac{Z_S Z_{eqMAX}}{Z_S - Z_{eqMAX}} - Z_L,$$

其中, Z_{GeqMAX} 为所述火电机组模块的最大等值阻抗; Z_L 为所述火电机组模块至所述特高压直流送端的输电线路的等值阻抗; Z_S 为交流主网模块的等值阻抗; Z_{eqMAX} 为所述单支路系统的等值阻抗的最大值。

5、根据权利要求4所述的方法, 其中, 所述根据所述直流近区配套火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的

最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量, 包括: 通过如下公式确定所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量:

$$\begin{cases} \min M, \\ s.t. \quad \frac{1}{\sum_{i=1}^M \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} \leq Z_{GeqMAX}, \end{cases}$$

其中, $\min M$ 为所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量; Z_{Gi} 为所述直流近区配套火电机组模块中第 i 组火电机组的等值阻抗, Z_{Ti} 为所述直流近区配套火电机组模块中第 i 组火电机组对应的升压变压器的等值阻抗, Z_{GeqMAX} 为所述火电机组模块的最大等值阻抗。

6、一种用于确定特高压直流送端交流系统的开机数量的装置, 所述特高压直流送端交流系统包括: 交流主网模块和火电机组模块, 所述交流主网模块和所述火电机组模块均与换流器连接, 所述交流主网模块和所述火电机组模块与所述换流器的连接点为特高压直流送端, 所述装置包括:

暂态压升计算单元, 设置为在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情況下, 根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗, 并根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升; 其中, 所述单支路系统为所述特高压直流送端交流系统的等值电路;

等值阻抗的最大值确定单元, 设置为在计算出的所述暂态压升大于或等于预设的最大升压阈值的情况下, 获取所述换流器的暂态压升表达式, 并确定在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值, 其中, 所述暂态压升表达式包括所述单支路系统的等值阻抗变量;

火电机组模块的最大等值阻抗计算单元, 设置为根据所述等值阻抗的最大值计算所述火电机组模块的最大等值阻抗;

最小开机数量确定单元, 设置为根据所述火电机组模块的参数确定在所述火电机组模块的等值阻抗不超过所述火电机组模块的最大等值阻抗的情况下的所述火电机组模块中火电机组的最小开机数量。

7、根据权利要求6所述的系统, 其中, 所述暂态压升计算单元是设置为通过如下公式在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情況下, 根据所述火电机组模块中当前开机机组的参数确定单支路系统的等值阻抗:

$$Z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} + Z_L} + \frac{1}{Z_S}}}$$

其中, Z_{eq} 为所述单支路系统的等值阻抗, Z_{Gi} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组的等值阻抗, Z_{Ti} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组对应的升压变压器的等值阻抗, 所述 Z_L 为所述火电机组模块至所述特高压直流送端的输电线路的等值阻抗, Z_S 为所述交流主网模块的等值阻抗, N 为所述火电机组模块中火电机组的当前开机数量;

所述暂态压升计算单元是设置为通过如下公式根据所述单支路系统的等值阻抗计算所述换流器的暂态压升:

$$\Delta U_2 = \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right],$$

$$\Delta P_2 = P_{21} - P_2,$$

$$\Delta Q_2 = Q_{21} - Q_2,$$

$$\Delta S_2^2 = P_{21}^2 + Q_{21}^2 - P_2^2 - Q_2^2,$$

其中, ΔU_2 为所述换流器的暂态压升; U_2 为所述特高压直流送端的交流电压; P_2 为注入所述特高压直流送端的有功功率; Q_2 为注入所述特高压直流送端的无功功率; P_{21} 、 Q_{21} 分别为在所述特高压直流送端交流系统出现功率扰动的情況下注入所述特高压直流送端的有功功率和无功功率; U_1 为所述单支路系统的内电势; P_1 为所述单支路系统送出的有功功率; Q_1 为所述单支路系统送出的无功功率; Z_{eq} 为所述单支路系统的等值阻抗, X_{eq} 为 Z_{eq} 的虚部。

8、根据权利要求 7 所述的系统, 其中, 所述等值阻抗的最大值确定单元是设置为通过如下公式确定在所述暂态压升表达式对应的暂态压升不超过所述预设的最大压升阈值的情况下的所述单支路系统的等值阻抗的最大值:

$$Z_{eqMAX} = \max X_{eq},$$

$$\begin{cases} \max X_{eq}, \\ s.t. \frac{1}{U_2} \left[\frac{P_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \Delta P_2 + \left(-X_{eq} + \frac{Q_1 X_{eq}^2}{U_1^2} \right) (\Delta Q_2 + X_{eq} \Delta S_2^2) \right] \leq \Delta U_{2MAX} \end{cases},$$

其中, Z_{eqMAX} 为所述单支路系统的等值阻抗的最大值; X_{eqMAX} 为在所述暂态

压升表达式对应的暂态压升不超过预设的最大压升阈值的情况下, Z_{eq} 的虚部的最大值; ΔU_{2MAX} 为所述预设的最大压升阈值。

9、根据权利要求 8 所述的系统, 其中, 所述火电机组模块的最大等值阻抗计算单元是设置为通过如下公式计算所述火电机组模块的最大等值阻抗:

$$Z_{GeqMAX} = \frac{Z_S Z_{eqMAX}}{Z_S - Z_{eqMAX}} - Z_L,$$

其中, Z_{GeqMAX} 为所述火电机组模块的最大等值阻抗; Z_L 为所述火电机组模块至所述特高压直流送端的输电线路的等值阻抗; Z_S 为交流主网模块的等值阻抗; Z_{eqMAX} 为所述单支路系统的等值阻抗的最大值。

10、根据权利要求 9 所述的系统, 其中, 所述最小开机数量确定单元是设置为通过如下公式确定所述火电机组模块的最小开机数量:

$$\begin{cases} \min M, \\ s.t. \quad \frac{1}{\sum_{i=1}^M \frac{1}{Z_{Gi} + Z_{Ti}}} \leq Z_{GeqMAX}, \end{cases}$$

其中, $\min M$ 为所述最小开机数量; Z_{Gi} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组的等值阻抗, Z_{Ti} 为所述火电机组模块中第 i 组火电机组对应的升压变压器的等值阻抗, Z_{GeqMAX} 为所述火电机组模块的最大等值阻抗。

11、一种设备, 包括处理器和存储器, 所述存储器上存储有计算机程序, 所述计算机程序被所述处理器执行时实现如权利要求 1-5 任一项所述的方法。

12、一种计算机存储介质, 存储有计算机程序, 所述计算机程序被所述处理器执行时实现如权利要求 1-5 任一项所述的方法。

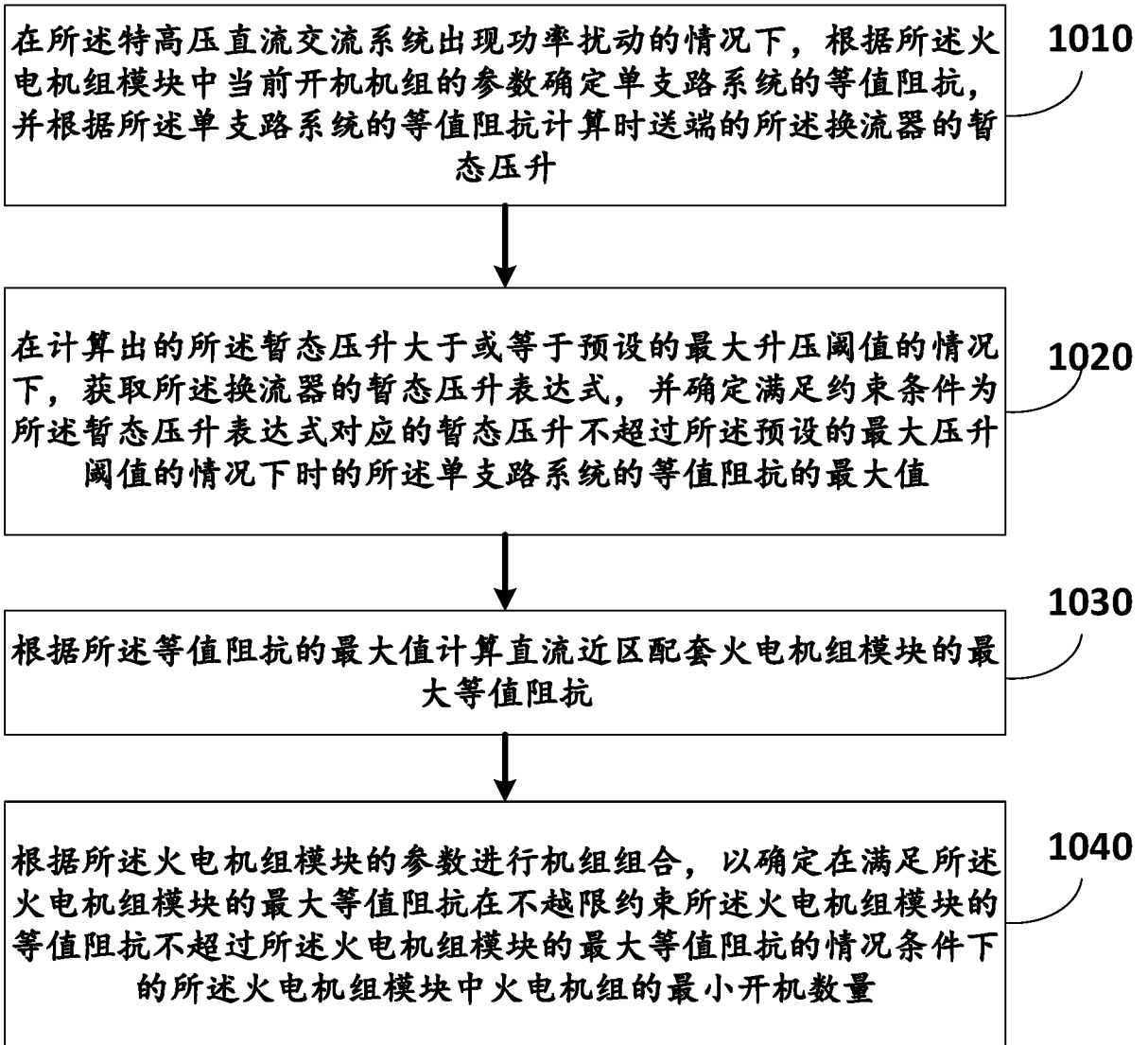


图 1

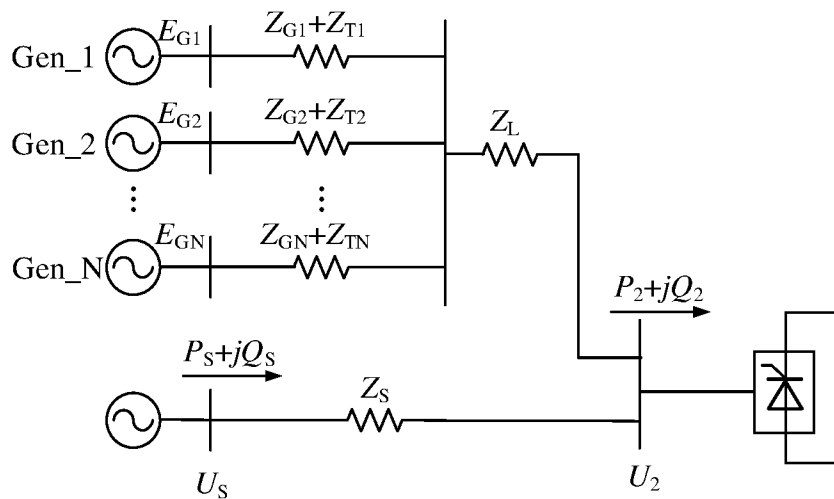


图 2

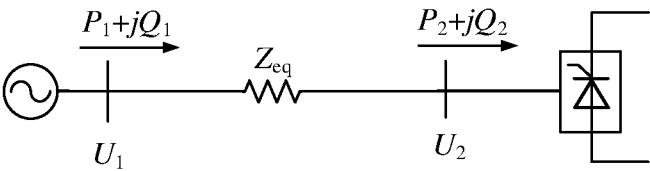


图 3

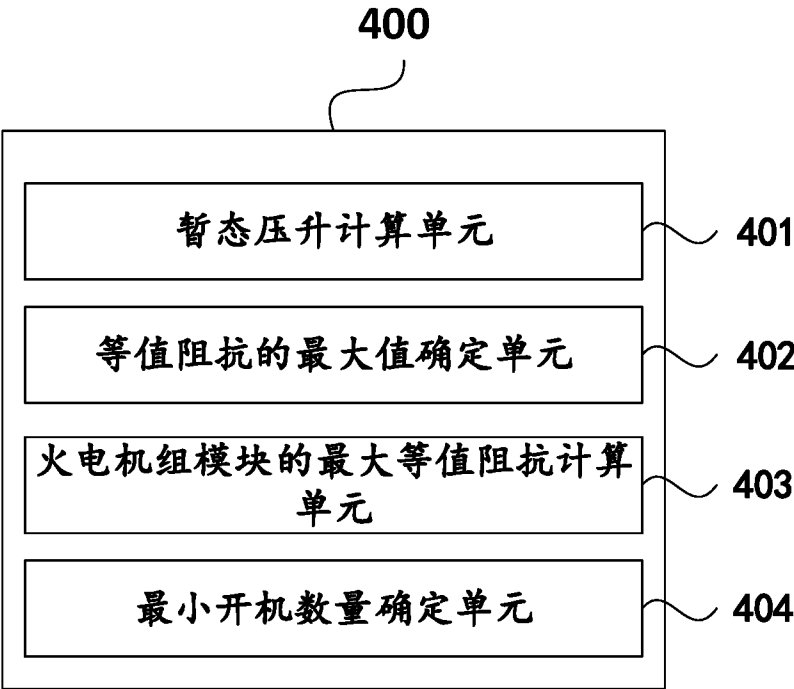


图 4

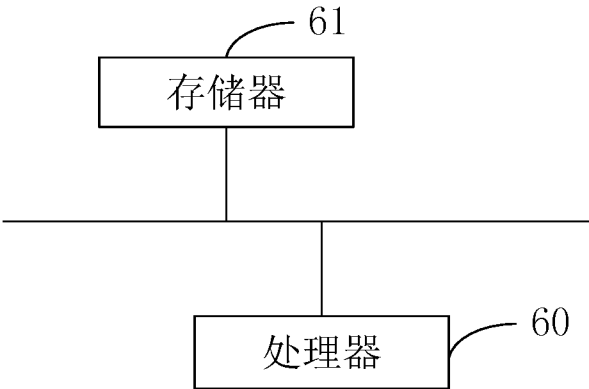


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/118547

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/36(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI, DWPI, SIPOABS, IEEE: 高压, 直流, 过电压, 过压, 瞬态, 暂态, 故障, 开机, 数量, 数量, 阻抗; high voltage, direct current, over voltage, transient, fault, start, number, impedance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109088427 A (ECONOMIC TECH RESEARCH INSTITUTE STATE GRID QIANGHAI ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 25 December 2018 (2018-12-25) description, paragraphs 55-105, and figures 1 and 2	1-12
A	CN 106410845 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 15 February 2017 (2017-02-15) entire document	1-12
A	CN 108306300 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE et al.) 20 July 2018 (2018-07-20) entire document	1-12
A	CN 107968434 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTION OF STATE GRID LIAONING ELECTRIC POWER SUPPLY CO., LTD. et al.) 27 April 2018 (2018-04-27) entire document	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

18 February 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/118547

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109088427	A	25 December 2018	None	
CN	106410845	A	15 February 2017	None	
CN	108306300	A	20 July 2018	None	
CN	107968434	A	27 April 2018	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/118547

A. 主题的分类

H02J 3/36(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H02J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, CNTXT, CNKI, DWPI, SIPOABS, IEEE:高压, 直流, 过电压, 过压, 瞬态, 暂态, 故障, 开机, 数量, 数量, 阻抗; high voltage, direct current, over voltage, transient, fault, start, number, impedance

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 109088427 A (国网青海省电力公司经济技术研究院等) 2018年 12月 25日 (2018 - 12 - 25) 说明书第55-105段, 附图1-2	1-12
A	CN 106410845 A (国家电网公司等) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 全文	1-12
A	CN 108306300 A (中国电力科学研究院有限公司等) 2018年 7月 20日 (2018 - 07 - 20) 全文	1-12
A	CN 107968434 A (国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院等) 2018年 4月 27日 (2018 - 04 - 27) 全文	1-12

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

国际检索报告邮寄日期

2020年 2月 18日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

辛义剑

电话号码 86-(010)-62412310

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/118547

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109088427	A	2018年 12月 25日	无	
CN	106410845	A	2017年 2月 15日	无	
CN	108306300	A	2018年 7月 20日	无	
CN	107968434	A	2018年 4月 27日	无	