

(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
2022 年 7 月 28 日 (28.07.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/156183 A1

(51) 国际专利分类号:

H02J 3/36 (2006.01)

AND TECHNOLOGY [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号, Hubei 430074 (CN)。

(21) 国际申请号:

PCT/CN2021/109753

(72) 发明人: 李程昊(LI, Chenghao); 中国河南省郑州市嵩山南路85号, Henan 450000 (CN)。 姚伟(YAO, Wei); 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号, Hubei 430074 (CN)。 刘明洋(LIU, Mingyang); 中国河南省郑州市嵩山南路85号, Henan 450000 (CN)。 周泓宇(ZHOU, Hongyu); 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号, Hubei 430074 (CN)。 崔惟(CUI, Wei); 中国河南省郑州市嵩山南路85号, Henan 450000 (CN)。 文劲宇(WEN, Jingyu); 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号, Hubei 430074 (CN)。 周宁(ZHOU, Ning); 中国河南省郑州市嵩山南路85号, Henan 450000 (CN)。 饶宇飞(RAO, Yufei); 中国河南省郑州市嵩山南路85号, Henan 450000 (CN)。 高泽(GAO, Ze); 中

(22) 国际申请日:

2021 年 7 月 30 日 (30.07.2021)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202110099174.8 2021年1月25日 (25.01.2021) CN

(71) 申请人: 国网河南省电力公司电力科学研究院(STATE GRID HENAN ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国河南省郑州市嵩山南路85号, Henan 450000 (CN)。 华中科技大学(HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE

(54) Title: ENERGY-STORAGE TRANSIENT POWER COORDINATED CONTROL METHOD FOR SUPPRESSING SUBSEQUENT COMMUTATION FAILURE

(54) 发明名称: 一种抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法

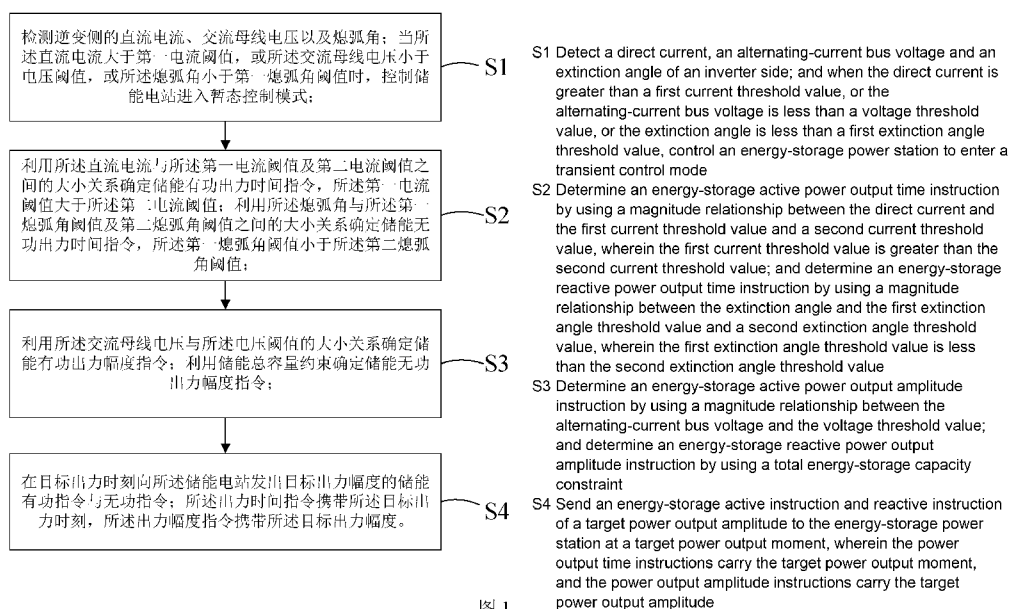


图 1

(57) Abstract: Disclosed is an energy-storage transient power coordination control method for suppressing a subsequent commutation failure, belonging to the technical field of multi-infeed ultra-high voltage alternating current and direct current hybrid power grids. The method comprises: detecting a direct current, an alternating-current bus voltage and an extinction angle of an inverter side; and when the direct current is greater than a first current threshold value, the alternating-current bus voltage is less than a voltage threshold value, or the extinction angle is less than a first extinction angle threshold value, controlling an energy-storage power station to enter a transient

国河南省郑州市嵩山南路85号, Henan 450000 (CN)。 肖寒(XIAO, Han); 中国河南省郑州市嵩山南路85号, Henan 450000 (CN)。

(74) 代理人: 南京苏高专利商标事务所(普通合伙)(NANJING SUGAO PATENT AND TRADEMARK FIRM (ORDINARY PARTNERSHIP)); 中国江苏省南京市白下区中山东路198号龙台国际大厦1912室, Jiangsu 210005 (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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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))。

control mode. An energy-storage active power output time instruction and reactive power output time instruction are respectively determined by means of detecting a direct current and an extinction angle of an inverter side; an active power output amplitude instruction is determined by means of detecting an alternating-current bus voltage, and a reactive power output amplitude instruction is determined by using a total energy-storage capacity constraint, such that an energy-storage active instruction and reactive instruction of a target power output amplitude are sent to an energy-storage power station at a target power output moment. In this way, by means of the present invention, a subsequent commutation failure after a fault occurs in an alternating current and direct current hybrid system can be effectively suppressed, thereby facilitating voltage recovery after a fault occurs.

(57) 摘要: 本发明公开了一种抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法, 属于多馈入特高压的交直流混联电网技术领域, 方法包括: 检测逆变侧的直流电流、交流母线电压以及熄弧角; 当直流电流大于第一电流阈值或交流母线电压小于电压阈值或熄弧角小于第一熄弧角阈值时, 控制储能电站进入暂态控制模式。通过检测逆变侧的直流电流以及熄弧角, 分别确定储能有功出力时间指令、无功出力时间指令; 通过检测交流母线电压确定有功出力幅度指令, 利用储能总容量约束确定无功出力幅度指令; 从而在目标出力时刻向储能电站发出目标出力幅度的储能有功指令与无功指令。如此, 本发明能够有效抑制交直流混联系统故障后的后续换相失败, 促进故障后电压恢复。

一种抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法

技术领域

本发明属于多馈入特高压的交直流混联电网技术领域，更具体地，涉及一种抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法。

背景技术

换相失败是基于电网换相换流器的高压直流输电系统最为常见故障之一。换相失败发生后，直流电压迅速跌落、直流电流剧烈增加，对系统造成严重冲击，甚至会导致传输功率中断。随着高压直流输电工程的相继投入，我国电网“强直弱交、多回直流集中馈入”的特征日渐突出，受端电网支撑能力下降，交流系统故障可能诱发单个换流站的多次换相失败，甚至造成直流闭锁，严重威胁我国新形态下交直流混联电网安全。

随着电网侧规模化储能电站及百兆瓦级储能电站群的建设，储能电站群除了能够在调峰、调频、平抑新能源并网后功率波动等场景发挥作用外，还可针对电网故障提供暂态有功、无功紧急支撑。与其它储能形式相比，电化学储能具有响应速度快、动态有功无功支撑能力强、环境适应度高、建设周期短、可分散配置等优势，对于电网而言是一种非常优质的调节资源。

当直流系统发生首次换相失败之后，对于如何采用合适的控制策略以充分利用电网侧电化学储能的快速响应和暂态支撑能力，为故障后的交流系统提供暂态功率支撑，减少后续换相失败次数，提高故障后电网的恢复能力，具有重要的理论和实际意义。

发明内容

针对现有技术的缺陷和改进需求，本发明提供了一种抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其目的在于采用合适的控制策略以充分利用电网侧电化学储能的快速响应和暂态支撑能力，为故障后的交流系统提供暂态功率支撑，减少后续换相失败次数，提高故障后电网的恢复能力。

为实现上述目的，按照本发明的一个方面，提供了一种抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，包括：

S1：检测逆变侧的直流电流、交流母线电压以及熄弧角；当所述直流电流大于第一电流阈值，或所述交流母线电压小于电压阈值，或所述熄弧角小于第一熄弧角阈值时，控制储能电站进入暂态控制模式；

S2：利用所述直流电流与所述第一电流阈值及第二电流阈值之间的大小关系确定储能有功出力时间指令，所述第一电流阈值大于所述第二电流

阈值；利用所述熄弧角与所述第一熄弧角阈值及第二熄弧角阈值之间的大小关系确定储能无功出力时间指令，所述第一熄弧角阈值小于所述第二熄弧角阈值；

S3：利用所述交流母线电压与所述电压阈值的大小关系确定储能有功出力幅度指令；利用储能总容量约束确定储能无功出力幅度指令；

S4：在目标出力时刻向所述储能电站发出目标出力幅度的储能有功指令与无功指令；所述出力时间指令携带所述目标出力时刻，所述出力幅度指令携带所述目标出力幅度。

进一步地，所述步骤 S2 包括：

S201：当检测到所述直流电流大于所述第一电流阈值时，发出有功下降沿指令，有功出力时间指令的值 P_T 为 -1，所述有功下降沿指令用于控制储能电站吸收高压直流输电系统逆变侧有功功率；当检测到所述熄弧角小于所述第一熄弧角阈值时，发出无功上升沿指令，无功出力时间指令的值 Q_T 为 1，所述无功上升沿指令用于控制储能向高压直流输电系统逆变侧释放无功功率；

S202：当检测到所述直流电流下降并先后低于所述第一电流阈值、第二阈值的过程中，维持 P_T 为 -1；当检测到所述熄弧角增大并先后大于所述第一熄弧角阈值、第二熄弧角阈值的过程中，维持 Q_T 为 1；

S203：当检测到所述直流电流上升到超过所述第二电流阈值时，改变 P_T 为 0；当检测到所述熄弧角减小到小于第二熄弧角阈值并大于第一熄弧角阈值时，改变 Q_T 为 0；

S204：当检测到所述直流电流上升到超过所述第一电流阈值时，或所述实时熄弧角减小到小于所述第一熄弧角阈值时，执行步骤 S201。

进一步地，所述步骤 S203 之后，所述步骤 S2 还包括：

S205：当所述直流电流在每一次逆变侧换相失败后的恢复过程中首次超过所述第二电流阈值时，发出有功上升沿指令并使有功出力时间指令的值 P_T 为 0 的时长超过有功时间阈值，以避免所述直流电流在所述第二电流阈值附近发生高频振荡导致短时重复触发；当所述熄弧角在每一次逆变侧换相失败后的恢复过程中首次小于所述第二熄弧角阈值时，发出无功下降沿指令并使无功出力时间指令的值 Q_T 为 0 的时长超过无功时间阈值，以避免所述熄弧角在所述第二熄弧角阈值附近发生高频振荡导致短时重复触发。

进一步地，所述步骤 S205 之前，所述方法还包括：将所述有功时间阈值设置为 8ms，所述无功时间阈值设为 5ms。

进一步地，所述步骤 S3 包括：

S301：当所述交流母线电压低于所述电压阈值时，且所述直流电流超出预设范围时，输出有功出力幅值指令值 P_A 记为 P_1 ；否则，输出有功出力幅值指令值 P_A 记为 P_2 ；其中， $P_1 > P_2$ ；

S302: 根据所述有功出力幅度指令与储能自身容量约束确定无功出力幅值指令。

进一步地, $P_1 = 7.5\%P_{dc} + \frac{P_{dc}^2 f U_{f0.1}}{20U_N^2}$; 其中, P_{dc} 为高压直流输电系统额定直流传输功率, f 交流系统额定频率, U_N 为逆变侧交流母线额定电压有效值, $U_{f0.1}$ 为逆变侧交流母线故障发生后 0.1s 时所述交流母线电压;

$$P_2 = 7.5\%P_{dc}。$$

进一步地, 储能无功幅值出力值 $Q_A = \sqrt{S_{BESS}^2 - (P_T P_A)^2}$; 其中, S_{BESS} 为储能容量。

进一步地, 所述步骤 S302 之前, 所述方法还包括:

将 $U_{f0.1}$ 的采样保持时间设置为 1s。

进一步地, 所述步骤 S4 包括:

S401: 从所述出力时间指令中的上升沿时刻或下降沿时刻确定出所述目标出力时刻; 将所述出力幅度指令对应出力值作为所述目标出力幅度;

S402: 在所述目标出力时刻输出所述目标出力幅度对应的所述储能有功指令, 所述储能有功指令的值为所述有功出力时间指令的值与有功出力幅度指令的值的代数乘积; 在所述目标出力时刻输出所述目标出力幅度对应的所述储能无功指令, 所述储能无功指令的值为所述无功出力时间指令的值与无功出力幅度指令的值的代数乘积。

进一步地, 所述步骤 S2 之前, 所述方法还包括:

当所述直流电流小于或等于所述第一电流阈值, 或, 所述交流母线电压大于或等于所述电压阈值时, 控制所述储能电站继续保持所述储能有功指令的值为 0; 所述实时熄弧角大于或等于所述第一熄弧角阈值, 控制所述储能电站继续保持所述储能无功指令的值为 0。

总体而言, 通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比, 能够取得有益效果包括:

本发明通过检测逆变侧的直流电流以及熄弧角, 分别确定储能有功出力时间指令、无功出力时间指令; 通过检测交流母线电压确定有功出力幅度指令, 利用储能总容量约束确定无功出力幅度指令; 从而在目标出力时刻向储能电站发出目标出力幅度的储能有功指令与无功指令。如此, 本发明从储能出力时间、出力幅值、有功无功配合三个维度进行设计, 以充分利用电网侧电化学储能的快速响应和暂态支撑能力, 使储能有功与无功协调出力在换相失败抑制领域得到应用, 可有效改善储能电站对特高压交直流混联系统的暂态控制效果, 能够有效防止由于换相失败发生后直流电压迅速跌落、直流电流剧烈增加, 对电网系统造成严重冲击。还能够抑制直流故障后首次换相失败后的后续换相失败。

附图说明

图 1 为本发明一实施例中抑制后续换相失败的储能电站暂态有功和无功协调控制方法的流程图；

图 2 为本发明一实施例中抑制后续换相失败的储能电站暂态有功和无功协调控制方法中步骤 S2 的流程图；

图 3 为本发明一实施例中储能电站有功时间出力指令示意图；

图 4 为本发明一实施例中储能电站无功时间出力指令示意图；

图 5 为本发明一实施例中抑制后续换相失败的储能电站暂态有功和无功协调控制方法中步骤 S3 的流程图；

图 6 为本发明一实施例中抑制后续换相失败的储能电站暂态有功和无功协调控制方法中步骤 S4 的流程图；

图 7 为本发明提供的抑制后续换相失败的储能电站暂态有功和无功协调控制方法的逻辑实现框图；

图 8 为本发明所提供的河南多馈入直流系统模型示意图；

图 9 为本发明所提供的锂电池电化学储能电站模型示意图；

图 10 中 (a)、(b)、(c) 分别为本发明在接地电感 L 为 0.002H、0.02H、0.1H 时，对换相失败抑制效果仿真结果示意图。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

参阅图 1，结合图 2 至图 7，本发明提供了一种抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，包括：

S1：持续检测逆变侧的实时直流电流 I_{dci} 及逆变侧的交流母线电压 U_{aci} 以及熄弧角 γ 。当实时直流电流 I_{dci} 大于第一电流阈值 I_{drefH} 或交流母线电压 U_{aci} 小于电压阈值 $U_{acirefA}$ 或所述实时熄弧角 γ 小于第一熄弧角阈值 γ_1 时，控制储能电站进入暂态控制模式。

具体的，持续采集并检测逆变侧实时直流电流 I_{dci} 及逆变侧交流母线电压 U_{aci} ，设置第一电流阈值 I_{drefH} 为 1.2pu，第二电流阈值 I_{drefL} 为 0.88pu， $U_{acirefA}$ 为 0.95pu，第一熄弧角阈值 γ_1 为 12° ，第二熄弧角阈值 γ_h 为 35° 。若 I_{dci} 幅值大于阈值 I_{drefH} 或 U_{aci} 幅值小于电压阈值 $U_{acirefA}$ 或 γ 幅值小于阈值 γ_1 ，则判定储能电站进入暂态控制模式。在其中一个实施例中，步骤 S2 之前，抑制后续换相失败的储能电站暂态有功和无功协调控制方法还包括：当实时直流电流 I_{dci} 小于或等于第一电流阈值 I_{drefH} ，或，交流母线电压大于或等于电压阈值时，控制储能电站继续保持储能有功指令为 0；当实时熄弧角 γ

大于或等于第一熄弧角阈值 γ_1 ，控制所述储能电站继续保持所述储能无功指令的值为 0。

S2：利用实时直流电流 I_{dci} 与第一电流阈值 I_{drefH} 及第二电流阈值 I_{drefL} 之间的大小关系确定出储能有功出力对应的出力时间指令，第一电流阈值 I_{drefH} 大于第二电流阈值 I_{drefL} 。利用实时逆变侧熄弧角 γ 与第一熄弧角阈值 γ_1 及第二熄弧角阈值 γ_h 之间的大小关系确定出储能无功出力对应的出力时间指令，第一熄弧角阈值 γ_1 小于第二熄弧角阈值 γ_h ；

具体的，步骤 S2 是根据检测到实时直流电流 I_{dci} 确定储能有功出力时刻对应的出力时间指令，即何时向高压直流输电系统释放或吸收有功功率；根据检测到实时熄弧角确定储能无功出力时刻对应的出力时间指令，即何时向高压直流输电系统释放或吸收无功功率。举例来说，确定出力时间指令的过程如下：1) 当检测到直流电流 I_{dci} 大于阈值 I_{drefH} 时，此时控制器发出下降沿指令 P_T 为 -1，控制储能吸收高压直流输电系统逆变侧有功功率；直流电流 I_{dci} 在系统本身定电流控制的作用下，会先下降并小于 I_{drefH} 、 I_{drefL} 而后继续上升；当检测到所述实时熄弧角 γ 小于所述第一熄弧角阈值 γ_1 时，发出无功上升沿指令 Q_T 为 1，控制储能向高压直流输电系统逆变侧释放无功功率；2) 当检测到直流电流 I_{dci} 上升到阈值 I_{drefL} 时，控制器发出上升沿指令 P_T 为 0，控制储能停止向高压直流输电系统逆变侧吸收有功功率；当检测到所述实时熄弧角 γ 下降低于第二熄弧角阈值 γ_h 大于第一熄弧角阈值 γ_1 时，控制器改变 Q_T 为 0；3) 若直流电流 I_{dci} 越过阈值 I_{drefL} 并再次达到阈值 I_{drefH} 时或当再次下降的实时熄弧角 γ 小于第一熄弧角阈值 γ_1 时，继续转至步骤 1)；否则维持储能电站的储能有功指令、无功指令均为 0。

S3：利用交流母线电压 U_{aci} 与电压阈值 $U_{acirefA}$ 的大小关系确定出力幅度指令；利用储能总容量约束确定出储能无功出力对应的出力幅度指令；

具体的，步骤 S3 是根据交流母线电压 U_{aci} 与电压阈值 $U_{acirefA}$ 的大小关系确定储能有功出力幅值对应的出力幅值指令，根据有功出力指令与储能自身容量约束确定无功出力幅值指令，具体过程如下：1) 在有功控制时，电压 U_{aci} 跌落超过阈值 $U_{acirefA}$ 时，向幅值选择部分的与门 P_{A1} 输出高电平；当电流 I_{dci} 在一定时间内不再发生大的波动，即判断为系统稳定，系统不稳定时向选择部分与门 P_{A2} 输出高电平；2) 当储能有功幅值选择部分同时收到来自 P_{A1} 、 P_{A2} 传来的高电平时，选择器切换到最佳出力幅值确定模块 P_1 ，否则处于储能基础出力 P_2 档位，最终输出为 P_A ，即 $P_A = P_1$ 或者 $P_A = P_2$ ；3) 根据有功出力指令与储能自身容量约束确定无功出力幅值指令 Q_A 。在其中

一个实施例中，第一档位输出的出力值 $P_1 = 7.5\%P_{dc} + \frac{P_{dc}^2 f U_{f0.1}}{20 U_N^2}$ 。其中， P_{dc}

为高压直流输电系统额定直流传输功率， f 交流系统额定频率， U_N 为逆变侧交流母线额定电压有效值， $U_{f0.1}$ 为逆变侧交流母线故障发生后 0.1s 时交流母线电压。第二档位输出的出力值 $P_2 = 7.5\%P_{dc}$ 。无功出力幅值指令

$Q_A = \sqrt{S_{BESS}^2 - (P_T P_A)^2}$ ，其中， S_{BESS} 为储能容量。

需要说明的是，该方法在储能电站暂态控制的每个控制周期（取决于控制系统的精度）内都会循环执行一次。另外，在本发明中所选取的控制参数（ $U_{acirefA}$ 、 I_{drefL} 、 I_{drefH} 、 γ_l 、 γ_h ）是人为选定的经验值，可以进行适当调整。 $U_{acirefA}$ 的选取原则为判定交直流系统处于较大扰动的暂态过程； I_{drefL} 、 I_{drefH} 的选取原则是判定直流处于换相失败恢复过程中的后续换相失败高风险阶段； γ_l 、 γ_h 的选择原则为确保在换相失败恢复阶段，实时关断角处于电流偏差控制的范围。

S4：在目标出力时刻向储能电站发出目标出力幅度的储能有功指令与储能无功指令，出力时间指令携带目标出力时刻，出力幅度指令携带目标出力幅度。具体的，根据出力时间指令中的上升沿时刻或下降沿时刻确定出目标出力时刻。将有功出力幅度指令对应出力值 P_1 或者 P_2 作为目标有功出力幅度，在目标出力时刻向储能电站发出目标出力幅度的储能有功指令，储能有功指令的值 P_{ref} 为出力时间指令的值 P_T 与出力幅度指令的值 P_A 的代数乘积，即 $P_{ref} = P_T * P_A$ ；在目标出力时刻向储能电站发出目标出力幅度的储能无功指令，储能无功指令的值 Q_{ref} 为出力时间指令的值 Q_T 与出力幅度指令的值 Q_A 的代数乘积，即 $Q_{ref} = Q_T * Q_A$ 。

在其中一个实施例中，如图 2 所示，步骤 S2 包括：S201：当检测到所述直流电流大于所述第一电流阈值时，发出有功下降沿指令，有功出力时间指令的值 P_T 为 -1，所述有功下降沿指令用于控制储能电站吸收高压直流输电系统逆变侧有功功率；当检测到所述熄弧角小于所述第一熄弧角阈值时，发出无功上升沿指令，无功出力时间指令的值 Q_T 为 1，所述无功上升沿指令用于控制储能向高压直流输电系统逆变侧释放无功功率；

S202：当检测到所述直流电流下降并先后低于所述第一电流阈值、第二阈值的过程中，维持 P_T 为 -1；当检测到所述熄弧角增大并先后大于所述第一熄弧角阈值、第二熄弧角阈值的过程中，维持 Q_T 为 1；

S203：当检测到所述直流电流上升到超过所述第二电流阈值时，改变 P_T 为 0；当检测到所述熄弧角减小到小于第二熄弧角阈值时，改变 Q_T 为 0；

S204：当检测到所述直流电流上升到超过所述第一电流阈值时，或所述实时熄弧角减小到小于所述第一熄弧角阈值时，执行步骤 S201。

具体的，当检测到直流电流 I_{dci} 大于阈值 I_{drefH} 时，此时控制器发出下降沿指令 P_T 为 -1，控制储能吸收高压直流输电系统逆变侧有功功率；直流电流 I_{dci} 在系统本身定电流控制的作用下，会先下降并小于 I_{drefH} 、 I_{drefL} 而后继续上升；当检测到所述实时熄弧角 γ 小于所述第一熄弧角阈值 γ_l 时，发出无功上升沿指令 Q_T 为 1，控制储能向高压直流输电系统逆变侧释放无功功率；当检测到直流电流 I_{dci} 上升到阈值 I_{drefL} 时，控制器发出上升沿指令 P_T 为 0，控制储能停止向高压直流输电系统逆变侧吸收有功功率；当检测到所述实时熄弧角 γ 减小到小于第二熄弧角阈值 γ_h 大于第一熄弧角阈值 γ_l 时，

控制器改变 Q_T 为 0；若直流电流 I_{dci} 越过阈值 I_{drefL} 并再次达到阈值 I_{drefH} 时，发出有功下降沿指令 P_T 为 -1；当再次下降的实时熄弧角 γ 小于第一熄弧角阈值 γ_l 时，发出无功上升沿指令 Q_T 为 1；否则维持储能电站的储能有功指令、无功指令均为 0，储能电站处于等待出力状态。

在其中一个实施例中，在步骤 S203 之后，步骤 S2 还包括：S205：当实时直流电流 I_{dci} 在第一次逆变侧换相失败后的恢复过程中首次超过第二电流阈值 I_{drefL} 时，发出有功上升沿指令并使出力时间指令的值 P_T 为 0 的时长超过有功时间阈值，以避免实时直流电流在第二电流阈值附近发生高频振荡导致短时重复触发；当实时熄弧角在每一次逆变侧换相失败后的恢复过程中首次低于所述第二熄弧角阈值时，发出无功下降沿指令并使所述出力时间指令的值 Q_T 为 0 的时长超过无功时间阈值，以避免所述实时熄弧角在所述第二熄弧角阈值附近发生高频振荡导致短时重复触发。两时间阈值可以根据需求进行设置，一般设置在毫秒级。在其中一个实施例中，步骤 S205 之前，抑制后续换相失败的储能电站暂态有功和无功协调控制方法还包括：将有功时间阈值设置为 8ms，将无功时间阈值设置为 5ms。在该步骤中，为避免 I_{dci} 上升到阈值 I_{drefL} 附近发生高频振荡导致短时重复触发，当 I_{dci} 在第一次换相失败后的恢复过程中首次超过阈值 I_{drefL} 时，设置控制器发出上升沿指令 P_T 为 0 的时间最短为 8ms，为避免 γ 下降到阈值 γ_h 附近发生高频振荡导致短时重复触发，当 γ 在第一次换相失败后的恢复过程中首次小于阈值 γ_h 时，设置控制器发出上升沿指令 Q_T 为 0 的时间最短为 5ms。需要说明的是，首次换相失败后，由于直流系统本身具有调节控制作用，会使系统换相条件改善，如直流电流、交流电压恢复，此为第一次换相失败恢复过程。若恢复过渡将引发第二次或后续换相失败。储能无功时间出力指令示意图与储能有功时间出力指令示意图分别如图 3、图 4 所示。

在其中一个实施例中，如图 5 所示，步骤 S3 包括：S301：当交流母线电压低于电压阈值时，第一幅值与门 P_{A1} 输出高电平。当实时直流电流超出预设范围内，判定储能电站不稳定，并使第二幅值与门 P_{A2} 输出高电平。S302：当第一幅值与门 P_{A1} 和第二幅值与门 P_{A2} 均输出高电平时，选择第一档位输出的出力幅度指令，输出出力值记为 P_1 。否则，选择第二档位输出的出力幅度指令，输出出力值记为 P_2 。其中， $P_1 > P_2$ ，根据有功出力指令与储能自身容量约束确定无功出力幅值指令。

在其中一个实施例中，步骤 S302 之前，储能电站的暂态有功控制方法还包括：将 $U_{0.1}$ 的采样保持时间默认设置为 1s。为使 P_1 能随直流系统故障恢复程度而动态变化，设置 $U_{0.1}$ 的采样保持时间为 1s，采样保持结束后，根据故障是否切除以及故障程度决定是否采样及采样大小。交流母线电压低于电压阈值时，即判断故障发生。采样时刻均在故障后 0.1s，并采样保持 1s。

在其中一个实施例中，如图 6 所示，步骤 S4 包括：S401：从出力时间

指令中的上升沿时刻或下降沿时刻确定出目标出力时刻；将出力幅度指令对应出力值作为目标出力幅度。S402：在目标出力时刻输出目标出力幅度对应的储能有功指令，储能有功指令的值为所述有功出力时间指令的值与有功出力幅度指令的值的代数乘积；在目标出力时刻输出目标出力幅度对应的储能无功指令，储能无功指令的值为无功出力时间指令的值与无功出力幅度指令的值的代数乘积。

如图 7 所示，检测实时直流电流 I_{dci} 、逆变侧的交流母线电压 U_{aci} 以及熄弧角 γ 之后，可根据 I_{dci} 、 U_{aci} 以及 γ 获取储能有功指令值 P_{ref} 和无功指令值 Q_{ref} 的全过程。具体的，当实时直流电流 I_{dci} 大于第一电流阈值 I_{drefH} 或交流母线电压 U_{aci} 小于电压阈值 $U_{acirefA}$ 时或熄弧角 γ 小于第一熄弧角 γ_1 阈值，控制储能电站进入暂态控制模式；利用实时直流电流 I_{dci} 与第一电流阈值 I_{drefH} 及第二电流阈值 I_{drefL} 之间的大小关系确定出储能有功出力对应的出力时间指令 P_T ，第一电流阈值大于第二电流阈值；利用交流母线电压 U_{aci} 与电压阈值 $U_{acirefA}$ 的大小关系确定有功出力幅度指令 P_A ；根据出力时间指令 P_T 和出力幅度指令 P_A 在目标出力时刻向储能电站发出目标出力幅度的储能有功指令 P_{ref} ；利用实时逆变侧熄弧角 γ 与第一熄弧角阈值 γ_1 及第二熄弧角阈值 γ_h 之间的大小关系确定出储能无功出力对应的出力时间指令 Q_T ，第一熄弧角阈值小于第二熄弧角阈值；利用储能总容量约束确定出储能无功出力对应的出力幅度指令 Q_A ；根据出力时间指令 Q_T 和出力幅度指令 Q_A 在目标出力时刻向储能电站发出目标出力幅度的储能无功指令 Q_{ref} 。在储能有功出力时间控制中，延时 30ms 目的为确保控制器在直流电流在依次小于第一电流阈值及第二电流阈值期间保持原出力方式；在储能无功出力控制中，延时 10ms 目的为确保控制器在熄弧角从小于第一熄弧角阈值跳跃到大于第二熄弧角阈值时保持原出力方式。

为了验证本发明提供控制方法的技术效果，以河南多馈入直流系统作为特高压交直流混联系统案例进行仿真实验。在 PSCAD/EMTDC 中搭建了相应仿真模型，如图 8 所示。河南多馈入直流系统包括青海-河南直流、天中直流两条特高压直流输电线路，其电压等级均为 $\pm 800kV$ ，稳态时传输的直流功率均为 8000MW。图 8 中各参数如表 1 所示。

表 1 河南多馈入直流受端交流系统等值模型阻抗参数

阻抗编号	参数值	阻抗编号	参数值
Z5(Ω)	0.5992+j6.8484	Z45(Ω)	3.3994+j38.8554
Z4(Ω)	0.7977+j9.1169	Z35(Ω)	3.86436+j44.1699
Z3(Ω)	0.5864+j0.02133	Z34(Ω)	1.39404+j15.9340

此外，在 PSCAD/EMTDC 中搭建了锂电池电化学储能电站模型，如图 9 所示。模型主要由三个部分组成：锂电池阵列、Boost 升压电路以及并网逆变器。储能电站采用定功率控制，通过改变有功、无功指令 P_{ref} 与 Q_{ref} 能

够灵活改变储能电站的功率输出。通过仿真算例验证所提储能电站有功控制策略对于河南多馈入直流系统后续换相失败的抑制效果。设置图 8 所示天中直流逆变侧交流母线在 0.5s 时通过一定大小的接地电感发生三相接地故障，持续时间为 0.1s。容量为 1200MVA 的储能电站接至交流母线上，储能电站的有功控制策略采用本发明所提的有功控制方法。

当接地电感 L 分别为 0.002H、0.02H、0.1H 时，仿真结果如图 10 所示。普遍认为关断角小于 7° 即发生换相失败。可以看到，当采用本发明对储能功率出力进行协调控制时，在不同故障程度下，均能对换相失败起到抑制作用。

需要补充的是，如图 8 所示，设置直流逆变侧交流母线通过一定大小的接地电感发生三相接地故障，持续时间为 0.1s，储能容量为 1200MVA。通过改变故障时刻和接地电感大小设置了多组工况进行了遍历仿真，并对比了不同工况下储能的换相失败抑制效果。其中，工况 1：无储能接入；工况 2：储能接入且采取本发明所述暂态有功与暂态无功协调控制策略；工况 3：储能接入并仅采取储能暂态有功控制策略；工况 4：储能接入并仅采取储能暂态无功控制策略，出力幅值为 1200MVar。

遍历仿真结果如表 2 所示，可以看到，在绝大部分工况下，储能接入之后均能有效减少直流故障后换相失败次数，起到良好的控制效果。进一步地，在某些工况下，储能接入且采取暂态有功与暂态无功协调控制方式时，能够将直流换相失败次数抑制到最少，储能能够实现最佳的控制效果。由遍历仿真结果可知所提储能电站暂态有功与暂态无功协调控制策略对系统不同运行工况具有良好的适用性。

综上，储能电站暂态功率协调支撑是抑制特高压直流系统故障后后续换相失败的有效控制手段。

表 2 遍历仿真结果

接地电感/H	(0.50s 发生故障)				(0.52s 发生故障)			
	换相失败次数				换相失败次数			
	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4
0.002	3	2	4	3	5	3	1	4
0.004	3	2	2	5	4	3	3	4
0.008	4	3	4	3	4	1	3	4
0.012	4	3	4	3	4	3	4	2
0.016	4	2	2	5	5	4	1	4
0.020	4	2	4	6	2	2	3	3
0.025	4	3	4	3	3	2	2	3
0.035	3	2	3	1	3	1	2	1

0.070	2	2	2	2	2	2	2	2
0.090	2	1	1	2	2	1	2	1
0.100	2	1	1	1	3	1	1	1

本发明提供了一种适用于特高压直流的储能电站暂态有功与暂态无功协调控制策略，该控制策略从储能出力时间、出力幅值、有功无功配合三个维度进行设计，从而能够兼顾储能有利的出力时机与出力大小，使得储能电站对特高压交直流混联系统换相失败起到较好抑制作用。

本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明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，本发明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。

本发明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。

本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1：检测逆变侧的直流电流、交流母线电压以及熄弧角；当所述直流电流大于第一电流阈值，或所述交流母线电压小于电压阈值，或所述熄弧角小于第一熄弧角阈值时，控制储能电站进入暂态控制模式；

S2：利用所述直流电流与所述第一电流阈值及第二电流阈值之间的大小关系确定储能有功出力时间指令，所述第一电流阈值大于所述第二电流阈值；利用所述熄弧角与所述第一熄弧角阈值及第二熄弧角阈值之间的大小关系确定储能无功出力时间指令，所述第一熄弧角阈值小于所述第二熄弧角阈值；

S3：利用所述交流母线电压与所述电压阈值的大小关系确定储能有功出力幅度指令；利用储能总容量约束确定储能无功出力幅度指令；

S4：在目标出力时刻向所述储能电站发出目标出力幅度的储能有功指令与无功指令；所述出力时间指令携带所述目标出力时刻，所述出力幅度指令携带所述目标出力幅度。

2、如权利要求1所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，所述步骤S2包括：

S201：当检测到所述直流电流大于所述第一电流阈值时，发出有功下降沿指令，有功出力时间指令的值 P_T 为-1，所述有功下降沿指令用于控制储能电站吸收高压直流输电系统逆变侧有功功率；当检测到所述熄弧角小于所述第一熄弧角阈值时，发出无功上升沿指令，无功出力时间指令的值 Q_T 为1，所述无功上升沿指令用于控制储能向高压直流输电系统逆变侧释放无功功率；

S202：当检测到所述直流电流下降并先后低于所述第一电流阈值、第二阈值的过程中，维持 P_T 为-1；当检测到所述熄弧角增大并先后大于所述第一熄弧角阈值、第二熄弧角阈值的过程中，维持 Q_T 为1；

S203：当检测到所述直流电流上升到超过所述第二电流阈值时，改变 P_T 为0；当检测到所述熄弧角减小到小于第二熄弧角阈值并大于第一熄弧角阈值时，改变 Q_T 为0；

S204：当检测到所述直流电流上升到超过所述第一电流阈值时，或所述实时熄弧角减小到小于所述第一熄弧角阈值时，执行步骤S201。

3、如权利要求2所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，所述步骤S203之后，所述步骤S2还包括：

S205：当所述直流电流在每一次逆变侧换相失败后的恢复过程中首次超过所述第二电流阈值时，发出有功上升沿指令并使有功出力时间指令的值 P_T 为0的时长超过有功时间阈值，以避免所述直流电流在所述第二电流

阈值附近发生高频振荡导致短时重复触发；当所述熄弧角在每一次逆变侧换相失败后的恢复过程中首次小于所述第二熄弧角阈值时，发出无功下降指令并使无功出力时间指令的值 Q_T 为 0 的时长超过无功时间阈值，以避免所述熄弧角在所述第二熄弧角阈值附近发生高频振荡导致短时重复触发。

4、如权利要求 3 所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，所述步骤 S205 之前，所述方法还包括：将所述有功时间阈值设置为 8ms，所述无功时间阈值设为 5ms。

5、如权利要求 1 所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，所述步骤 S3 包括：

S301：当所述交流母线电压低于所述电压阈值时，且所述直流电流超出预设范围时，输出有功出力幅值指令值 P_A 记为 P_1 ；否则，输出有功出力幅值指令值 P_A 记为 P_2 ；其中， $P_1 > P_2$ ；

S302：根据所述有功出力幅度指令与储能自身容量约束确定无功出力幅值指令。

6、如权利要求 5 所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，

$$P_1 = 7.5\%P_{dc} + \frac{P_{dc}^2 f U_{f0.1}}{20U_N^2}；其中，P_{dc} 为高压直流输电系统额定直流传输功率，f 交流系统额定频率，U_N 为逆变侧交流母线额定电压有效值，U_{f0.1} 为逆变侧交流母线故障发生后 0.1s 时所述交流母线电压；$$

$$P_2 = 7.5\%P_{dc}。$$

7、如权利要求 6 所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，

$$储能无功幅值出力值 Q_A = \sqrt{S_{BESS}^2 - (P_T P_A)^2}；其中，S_{BESS} 为储能容量。$$

8、如权利要求 7 所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，所述步骤 S302 之前，所述方法还包括：

将 $U_{f0.1}$ 的采样保持时间设置为 1s。

9、如权利要求 1 所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，所述步骤 S4 包括：

S401：从所述出力时间指令中的上升沿时刻或下降沿时刻确定出所述目标出力时刻；将所述出力幅度指令对应出力值作为所述目标出力幅度；

S402：在所述目标出力时刻输出所述目标出力幅度对应的所述储能有功指令，所述储能有功指令的值为所述有功出力时间指令的值与有功出力幅度指令的值的代数乘积；在所述目标出力时刻输出所述目标出力幅度对应的所述储能无功指令，所述储能无功指令的值为所述无功出力时间指令的值与无功出力幅度指令的值的代数乘积。

10、如权利要求 1-9 任一项所述的抑制后续换相失败的储能暂态功率协调控制方法，其特征在于，所述步骤 S2 之前，所述方法还包括：

当所述直流电流小于或等于所述第一电流阈值，或，所述交流母线电压大于或等于所述电压阈值时，控制所述储能电站继续保持所述储能有功指令的值为 0；所述实时熄弧角大于或等于所述第一熄弧角阈值，控制所述储能电站继续保持所述储能无功指令的值为 0。

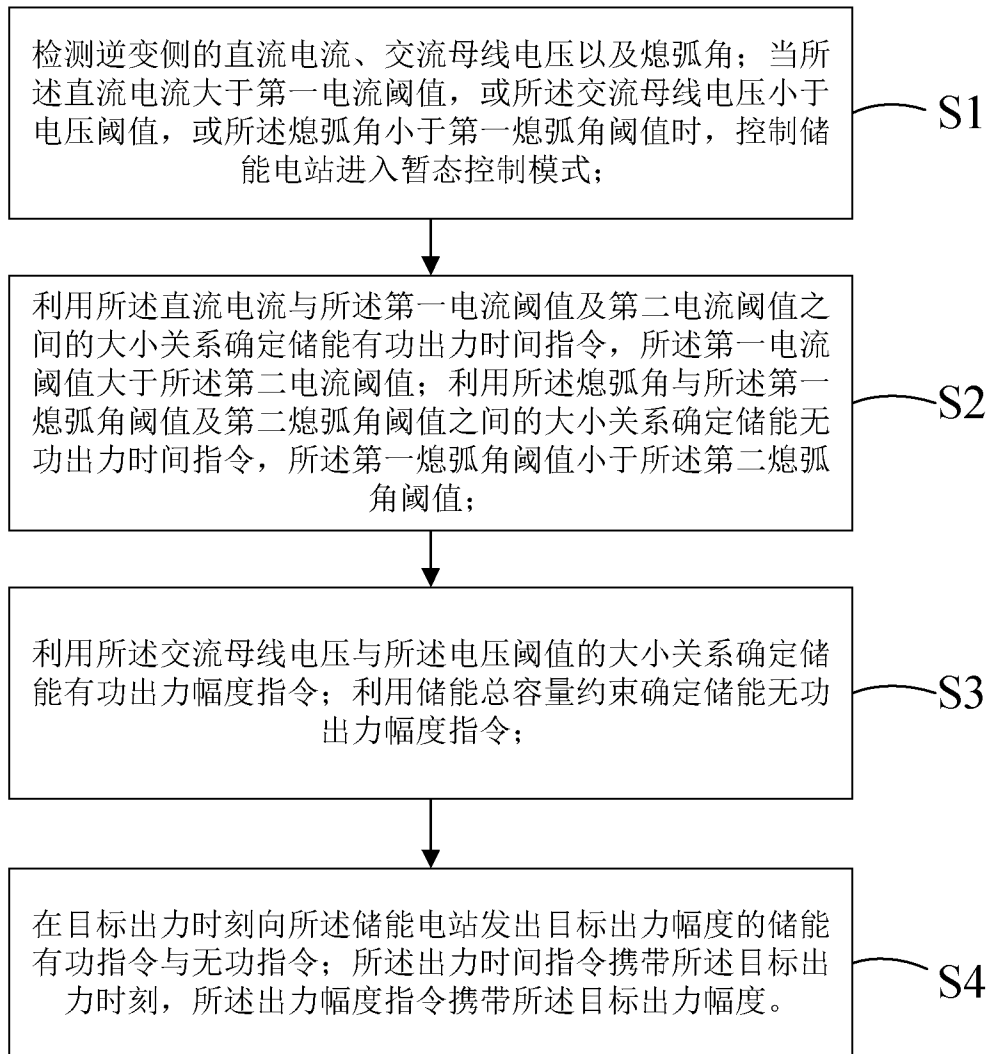


图 1

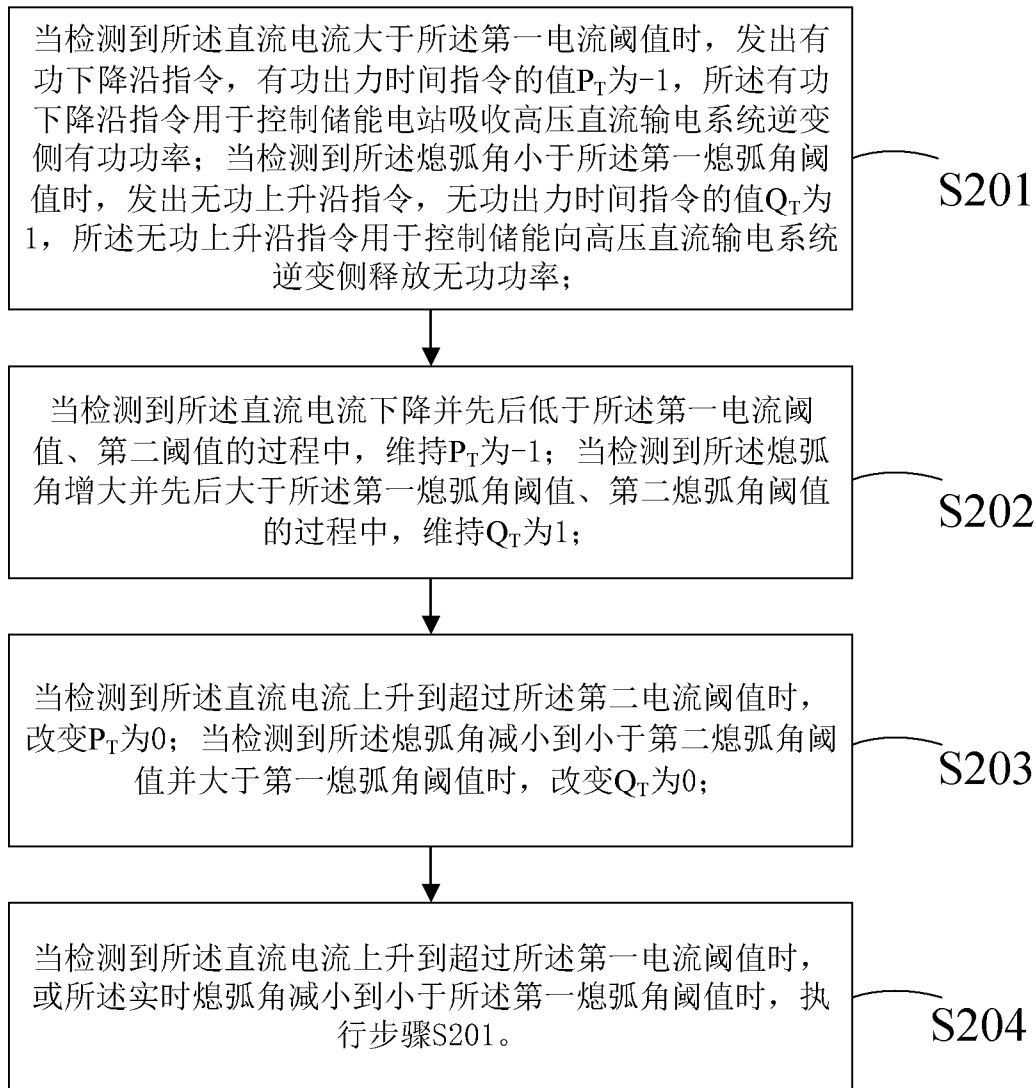


图 2

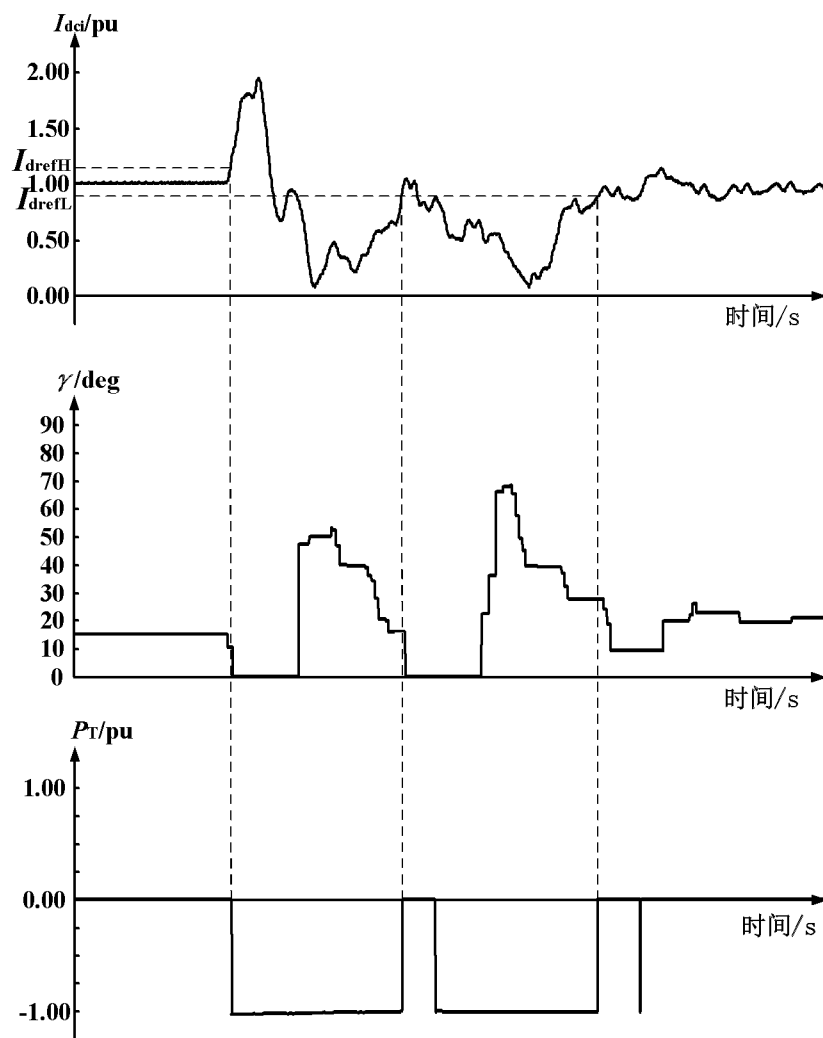


图 3

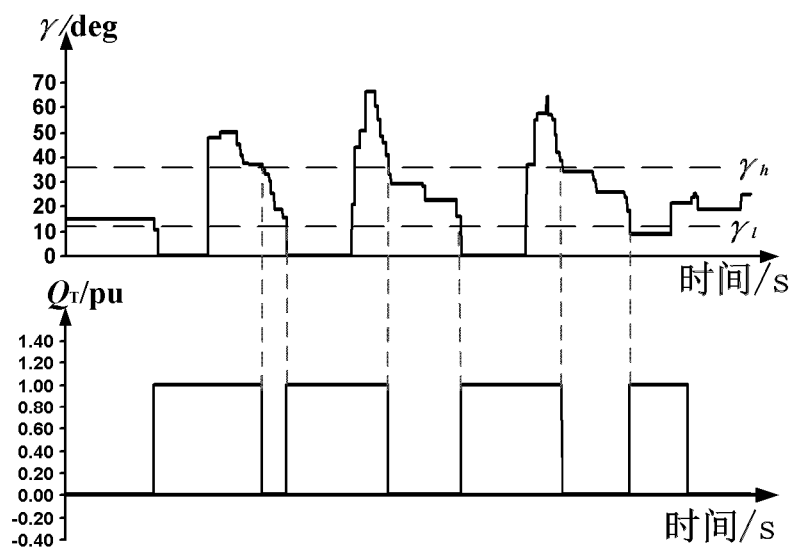


图 4

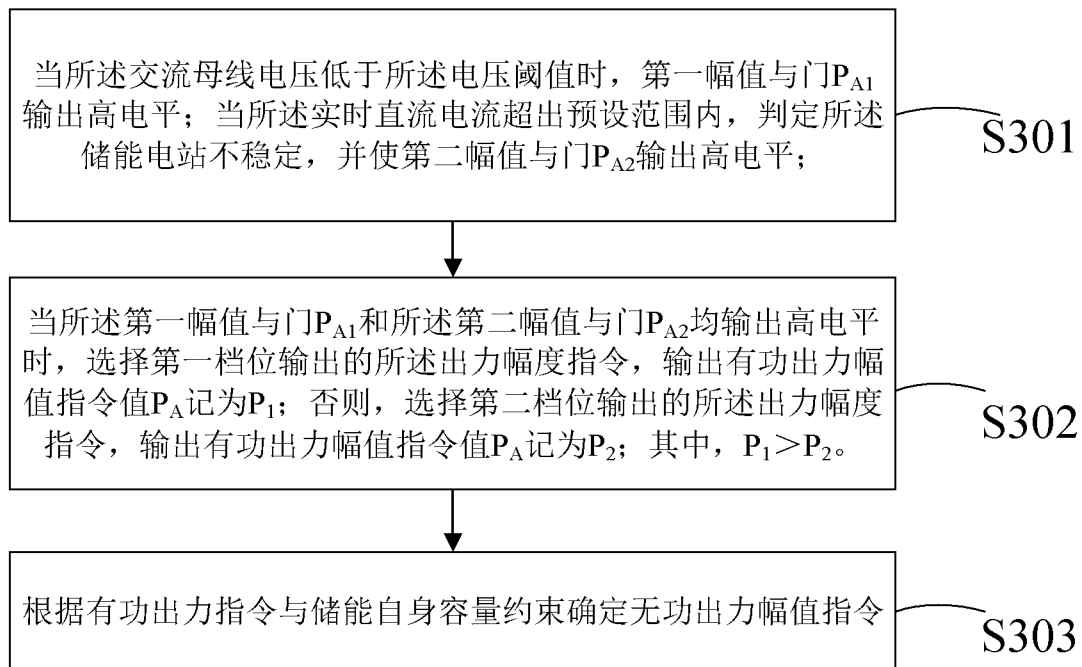


图 5

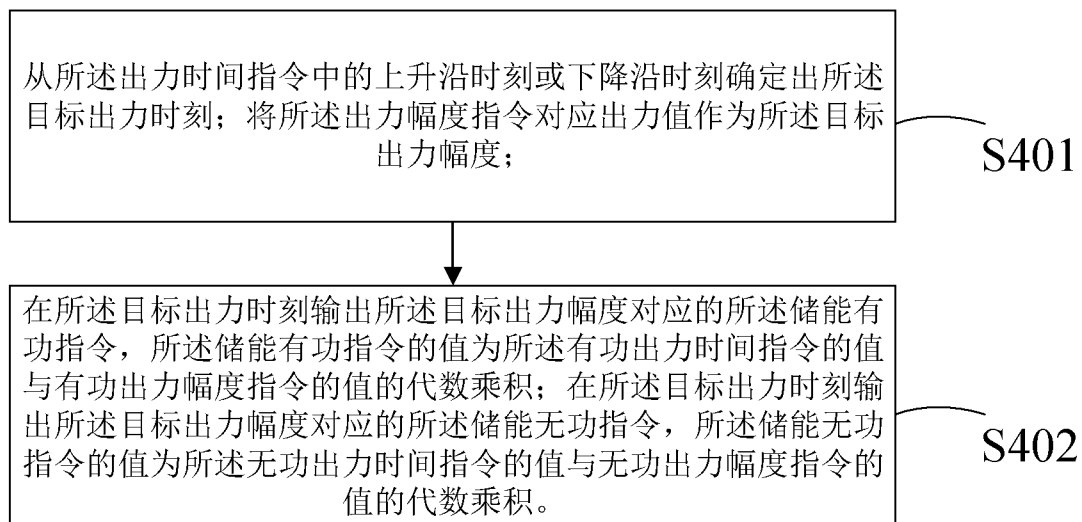


图 6

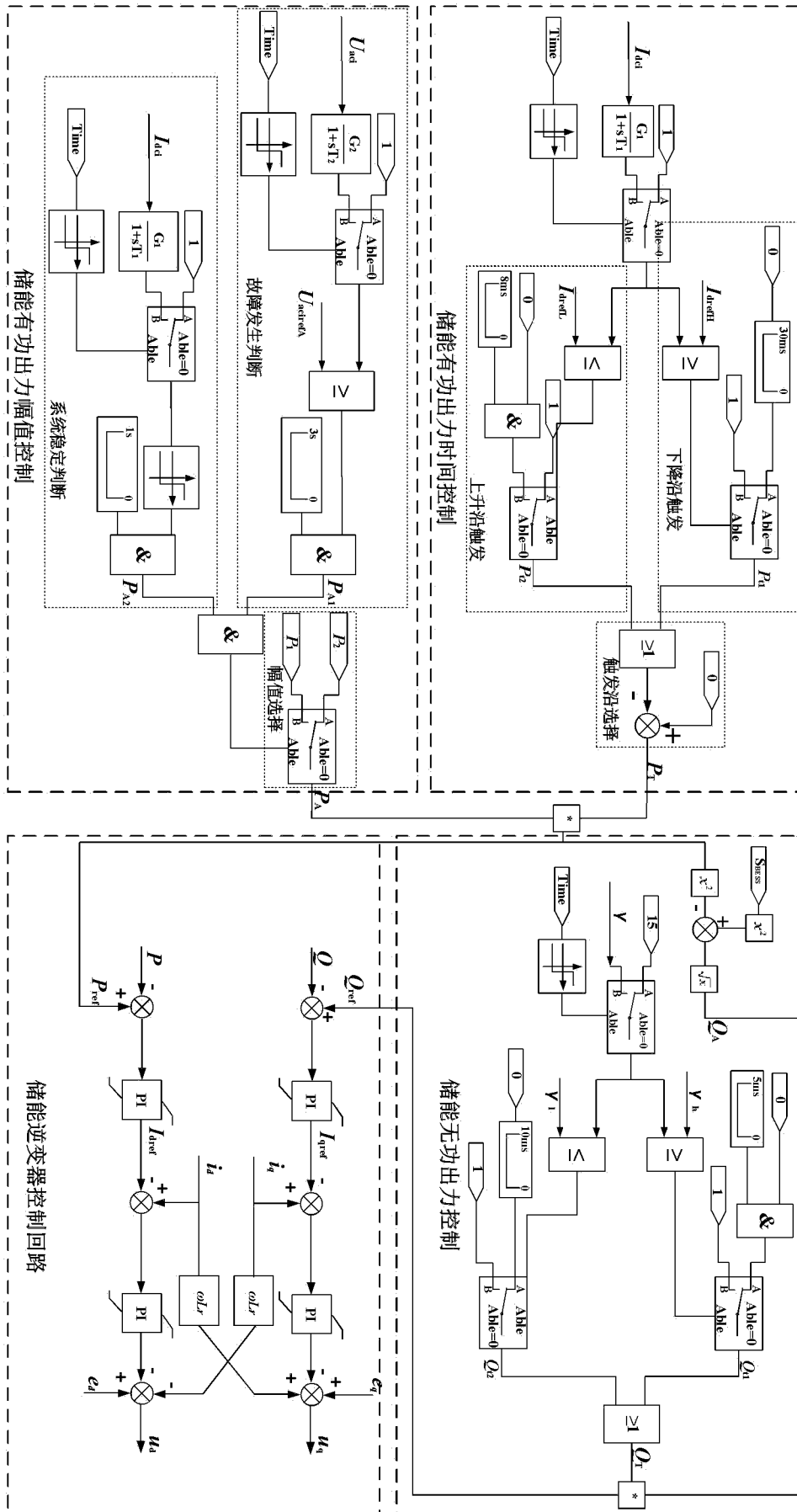


图 7

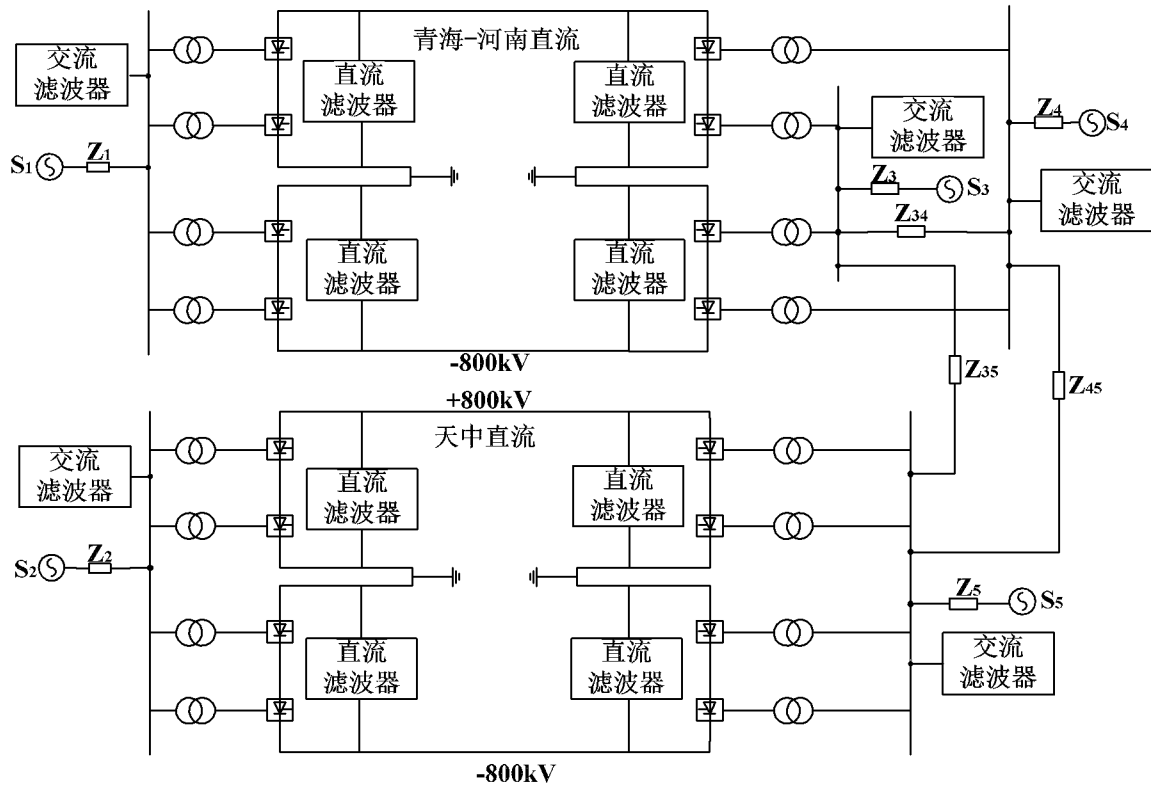


图 8

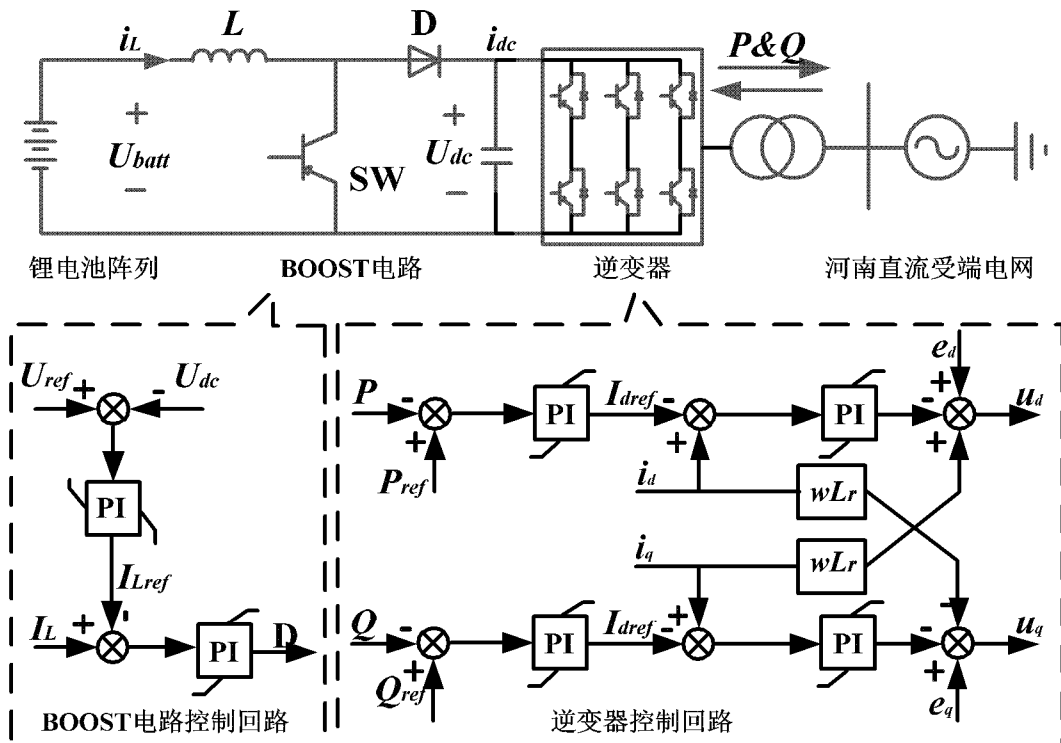


图 9

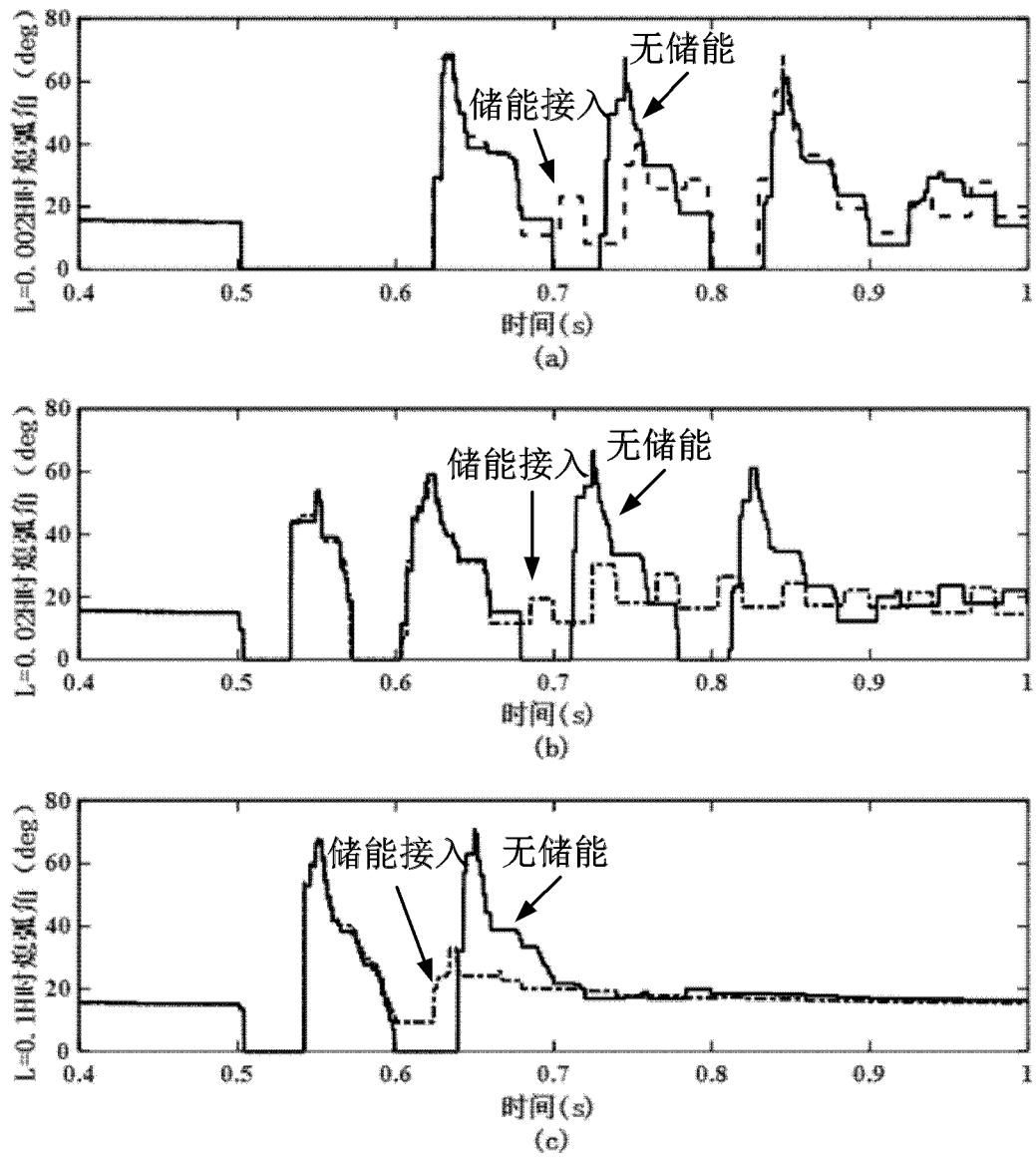


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/109753

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) H02J3/- 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, VEN, CNKI, IEEE: 华中科技大学, 国网河南省电力公司电力科学研究院, 姚伟, 周泓宇, 艾小猛, 文劲宇, 李程昊, 高东学, 张景超, 换相, 失败, 故障, 抑制, 储能, 电化学, 暂态, 功率, 有功, 无功, 出力, 直流电流, 母线电压, 熄弧角, 灭弧角, 消弧角, commutation, failure, power, active, reactive, direct, current, alternate, bus, voltage, extinction, angle, output, suppress																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 112865165 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 28 May 2021 (2021-05-28) claims 1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111864781 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 30 October 2020 (2020-10-30) description, paragraphs 39-67, and figures 1-9</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111900747 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 06 November 2020 (2020-11-06) description, paragraphs 36-63, and figures 1-9</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109861267 A (NANJING NORMAL UNIVERSITY et al.) 07 June 2019 (2019-06-07) entire document</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110212565 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 06 September 2019 (2019-09-06) entire document</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	PX	CN 112865165 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 28 May 2021 (2021-05-28) claims 1-10	1-10	A	CN 111864781 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 30 October 2020 (2020-10-30) description, paragraphs 39-67, and figures 1-9	1-10	A	CN 111900747 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 06 November 2020 (2020-11-06) description, paragraphs 36-63, and figures 1-9	1-10	A	CN 109861267 A (NANJING NORMAL UNIVERSITY et al.) 07 June 2019 (2019-06-07) entire document	1-10	A	CN 110212565 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 06 September 2019 (2019-09-06) entire document	1-10
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
PX	CN 112865165 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 28 May 2021 (2021-05-28) claims 1-10	1-10																		
A	CN 111864781 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 30 October 2020 (2020-10-30) description, paragraphs 39-67, and figures 1-9	1-10																		
A	CN 111900747 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 06 November 2020 (2020-11-06) description, paragraphs 36-63, and figures 1-9	1-10																		
A	CN 109861267 A (NANJING NORMAL UNIVERSITY et al.) 07 June 2019 (2019-06-07) entire document	1-10																		
A	CN 110212565 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 06 September 2019 (2019-09-06) entire document	1-10																		
☒ 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 24 September 2021		Date of mailing of the international search report 28 October 2021																		
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 Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.																		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/109753**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105958504 A (STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY RESEARCH INSTITUTE et al.) 21 September 2016 (2016-09-21) entire document	1-10
A	CN 109347133 A (CENTRAL CHINA BRANCH, STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 15 February 2019 (2019-02-15) entire document	1-10
A	CN 108701998 A (ABB SCHWEIZ AG.) 23 October 2018 (2018-10-23) entire document	1-10
A	KR 20140036797 A (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION) 26 March 2014 (2014-03-26) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/109753

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	112865165	A	28 May 2021	None	
CN	111864781	A	30 October 2020	None	
CN	111900747	A	06 November 2020	None	
CN	109861267	A	07 June 2019	None	
CN	110212565	A	06 September 2019	None	
CN	105958504	A	21 September 2016	CN 105958504 B	19 June 2018
CN	109347133	A	15 February 2019	CN 109347133 B	08 September 2020
CN	108701998	A	23 October 2018	WO 2017210892 A1	14 December 2017
KR	20140036797	A	26 March 2014	KR 101986550 B1	07 June 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/109753

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)

H02J3/-

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, VEN, CNKI, IEEE; 华中科技大学, 国网河南省电力公司电力科学研究院, 姚伟, 周泓宇, 艾小猛, 文劲宇, 李程昊, 高东学, 张景超, 换相, 失败, 故障, 抑制, 储能, 电化学, 暂态, 功率, 有功, 无功, 出力, 直流电流, 母线电压, 熄弧角, 灭弧角, 消弧角, commutation, failure, power, active, reactive, direct, current, alternate, bus, voltage, extinction, angle, output, suppress

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
PX	CN 112865165 A (华中科技大学等) 2021年 5月 28日 (2021 - 05 - 28) 权利要求1-10	1-10
A	CN 111864781 A (华中科技大学等) 2020年 10月 30日 (2020 - 10 - 30) 说明书39-67段, 图1-9	1-10
A	CN 111900747 A (华中科技大学等) 2020年 11月 6日 (2020 - 11 - 06) 说明书36-63段, 图1-9	1-10
A	CN 109861267 A (南京师范大学等) 2019年 6月 7日 (2019 - 06 - 07) 全文	1-10
A	CN 110212565 A (东南大学) 2019年 9月 6日 (2019 - 09 - 06) 全文	1-10
A	CN 105958504 A (国网江苏省电力公司电力科学研究院等) 2016年 9月 21日 (2016 - 09 - 21) 全文	1-10
A	CN 109347133 A (国家电网公司华中分部等) 2019年 2月 15日 (2019 - 02 - 15) 全文	1-10

☒ 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

2021年 9月 24日

国际检索报告邮寄日期

2021年 10月 28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

受权官员

陆菲

电话号码 (86-28)62967695

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 108701998 A (ABB瑞士股份有限公司) 2018年 10月 23日 (2018 - 10 - 23) 全文	1-10
A	KR 20140036797 A (KOREA ELECTRIC POWER CORP) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/109753

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	112865165	A	2021年 5月 28日	无	
CN	111864781	A	2020年 10月 30日	无	
CN	111900747	A	2020年 11月 6日	无	
CN	109861267	A	2019年 6月 7日	无	
CN	110212565	A	2019年 9月 6日	无	
CN	105958504	A	2016年 9月 21日	CN 105958504	B 2018年 6月 19日
CN	109347133	A	2019年 2月 15日	CN 109347133	B 2020年 9月 8日
CN	108701998	A	2018年 10月 23日	W0 2017210892	A1 2017年 12月 14日
KR	20140036797	A	2014年 3月 26日	KR 101986550	B1 2019年 6月 7日