(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
2023 年 4 月 27 日 (27.04.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/065718 A1

(51) 国际专利分类号:
G21D 3/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/102852

(22) 国际申请日: 2022 年 6 月 30 日 (30.06.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111208236.0 2021年10月18日 (18.10.2021) CN

(71) 申请人: 中广核工程有限公司(CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。 中国广核集团有限公司(CHINA GENERAL NUCLEAR POWER CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区深南大道2002号中广核大厦南楼33楼, Guangdong 518026 (CN)。 中国广核电力股份有限公司(CGN POWER CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区深南大道2002号中广核大厦南楼18楼, Guangdong 518026 (CN)。

(72) 发明人: 张立强(ZHANG, Li qiang); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。 朱孟子(ZHU, Meng zi); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。 甘龙(GAN, Long); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。 王辰(WANG, Chen); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。 颜旭(YAN, Xu); 中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。 严天鹏(YAN, Tian

(54) **Title:** ELECTRICAL POWER SUPPLY CHANGEOVER TEST METHOD, APPARATUS AND DEVICE FOR NUCLEAR POWER PLANT

(54) **发明名称:** 核电厂厂用电源切换试验方法、装置及设备

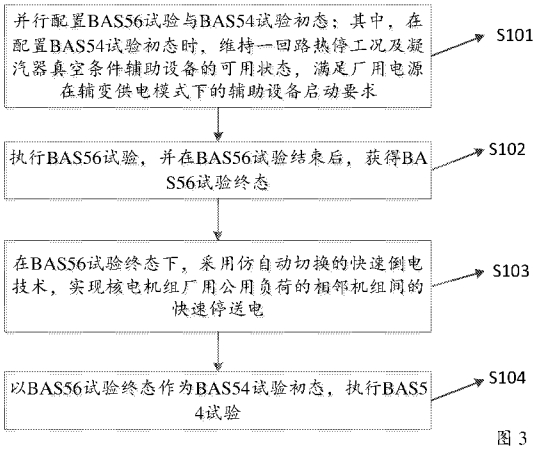

图 3

S101 Configure initial states of a BAS56 test and a BAS54 test in parallel, wherein when the initial state of the BAS54 test is configured, an available state of an auxiliary device for maintaining a hot shutdown working condition of a primary circuit and a vacuum condition of a condenser meets an auxiliary device startup requirement of a power supply for a plant in an auxiliary standby transformer power supply mode

S102 Execute the BAS56 test, and after the BAS56 test ends, obtain a final state of the BAS56 test

S103 In the final state of the BAS56 test, realize fast power cut-off and transmission between adjacent units of a common load for a plant of a nuclear power unit by using fast power supply changeover technology which simulates automatic changeover

S104 Execute the BAS54 test by taking the final state of the BAS56 test as the initial state of the BAS54 test

(57) **Abstract:** An electrical power supply changeover test method, apparatus and device for a nuclear power plant. The method comprises: configuring initial states of a BAS56 test and a BAS54 test in parallel, wherein when the initial state of the BAS54 test is configured, an available state of an auxiliary device for maintaining a hot shutdown working condition of a primary circuit and a vacuum condition of a condenser meets an auxiliary device startup requirement of a power supply for a plant in an auxiliary standby transformer power supply mode (S101); executing the BAS56 test, and after the BAS56 test ends, obtaining a final state of the BAS56 test (S102); in the final state of the BAS56 test, realizing fast power cut-off and transmission between adjacent units of a common load for a plant of a nuclear power unit by using fast power supply changeover technology which simulates automatic changeover (S103); and executing the BAS54 test by taking the final state of the BAS56 test as the initial state of the BAS54 test (S104). By means of the method, the deep decoupling of an electrical power supply changeover test for a plant from a grid-related test can be realized, such that the degree of association between the electrical power supply changeover test for a plant and grid-related work is reduced, thereby realizing the high flexibility of a test window, and further improving the test efficiency, simplifying test operations, and reducing test risks.

WO 2023/065718 A1

[见续页]

peng)；中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。 **姜涛(JIANG, Tao)**；中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。 **赵岩(ZHAO, Yan)**；中国广东省深圳市大鹏新区鹏飞路大亚湾核电基地工程公司办公大楼, Guangdong 518124 (CN)。

(74) 代理人：**广州三环专利商标代理有限公司(SCIHEAD IP LAW FIRM)**；中国广东省广州市越秀区先烈中路80号汇华商贸大厦1508室, Guangdong 510070 (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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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))。

(57) 摘要：一种核电厂厂用电源切换试验方法、装置及设备，该方法包括：并行配置BAS56试验与BAS54试验初态，其中，在配置BAS54试验初态时，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件辅助设备的可用状态，满足厂用电源在辅变供电模式下的辅助设备启动要求(S101)；执行BAS56试验，并在BAS56试验结束后，获得BAS56试验终态(S102)；在BAS56试验终态下，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电(S103)；以BAS56试验终态作为BAS54试验初态，执行BAS54试验(S104)。该方法能够实现厂用电源切换试验与涉网试验的深度解耦，减小厂用电源切换试验对涉网工作的关联度，实现试验窗口的高度灵活性，进一步提高试验效率、简化试验操作、降低试验风险。

核电厂厂用电源切换试验方法、装置及设备

技术领域

本发明涉及核电领域，具体而言，涉及一种核电厂厂用电源切换试验方法、装置及设备。

背景技术

核电厂失去厂外正常电源工况下，为恢复一回路强迫循环和堆芯热量导出能力，需要通过辅变供电启动反应堆冷却剂泵。为此，核电厂设置了反应堆冷却剂泵通过辅助降压变压器启动试验（以下简称 BAS54），以实现对辅助变压器维持一回路热停堆工况及凝汽器真空条件的供电能力的验证。该试验是在反应堆处于热停堆工况下，通过辅变供电启动 RCP001PO、CRF001PO、CEX001PO、SEN、SRI、CVI、CET、GGR、GHE 等辅助设备，维持一回路热停堆工况及凝汽器真空条件。

为避免热态功能试验阶段因厂用电源切换试验周期太长导致长时间失去反应堆冷却剂泵而引起一回路温度过低，现有技术方案中热态功能试验阶段厂用电源切换试验中的 BAS56 与 BAS54 分两次完成试验，即 BAS56 试验完成后，需要重新启动三台主冷却剂泵加热一回路工质，使反应堆重新达到标准热停工况后再执行 BAS54 试验。总的说来，通过分阶段试验的方式缩短单个试验的周期，最终实现对一回路温度的管控。现有的厂用电源切换技术方案如图 1 所示。

现有技术方案 BAS54 试验是在反应堆处于热停堆工况下，通过操作断开 500kV 超高压供电开关触发厂辅变自动切换动作，厂用电源在辅变供电模式下

启动 RCP001PO，CRF001PO、CEX001PO、SEN、SRI、CVI、CET、GGR、GHE 等设备。该试验过程中涉及大量涉网设备操作，因此对试验窗口要求严格，对试验操作的准确性和有效性等均提出相当高的要求。由于试验操作复杂，试验风险加大，试验过程中需要投入大量的人力。核电厂维持一回路热停堆工况及凝汽器真空条件的辅助负荷的供电分布如图 2 所示。

现有的热态功能试验阶段厂用电源切换试验方法存在如下缺陷：

1) 试验作业窗口灵活性及连续性差，试验方法涉及电网设备操作，受电网操作制约，试验执行窗口灵活性较差。同时由于试验方法连续作业条件较差，不利于热态功能试验的主线工期控制；

2) 增加调试期间厂用电消耗、除盐水生产及工艺废水处理费用；

3) 增加柴油发电机燃油消耗：BAS56 与 BAS54 试验耦合前，两次试验均需要启动两台 6000kW 的应急柴油发电机，增加应急柴油发电机燃油的消耗；

4) 增加电气设备、工艺设备的试验冲击次数，增加工业设备的损耗；

5) 增加了主泵、循环水泵等大泵在厂用电源切换瞬态下失去辅助系统的冲击次数；

6) 误操作风险加大。增加的厂外供电电源、厂用配电系统及厂用负荷的恢复操作，机组的再次重新上行，涉及需要恢复的系统量较多，存在人因误操作风险；

7) 人力成本投入增加。机组的再次重新上行，涉及需要恢复的工艺、电气以及仪控的系统多达 50 多个，按照每个系统至少 2 人配置来考虑，试验耦合后可节约人力 200 人工日的人力成本。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的在于提出一种核电厂厂用电源切换试验方法、装置及设备，以改善上述问题。

本发明采用了如下方案：

一种核电厂厂用电源切换试验方法，其包括：

并行配置 BAS56 试验与 BAS54 试验初态；其中，在配置 BAS54 试验初态时，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件辅助设备的可用状态，满足厂用电源在辅变供电模式下的辅助设备启动要求；

执行 BAS56 试验，并在 BAS56 试验结束后，获得 BAS56 试验终态；

在 BAS56 试验终态下，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电；

以 BAS56 试验终态作为 BAS54 试验初态，执行 BAS54 试验。

优选地，执行 BAS56 试验的步骤具体为：

断开厂外正常电源 500kV 超高压开关；

启动 GPA 保护动作，将厂用电源自动切换辅变供电；

恢复厂外正常电源 500kV 超高压开关，恢复主变压器运行，复位 GPA 保护；

完成 BAS56 试验。

优选地，对于机组公用配电盘 7LGI，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电，具体包括：

确认 7LGI 供电的下游中压转动负荷已停运；

使用试验盒验证 7LGIB001JA 试验位分合闸操作；

将 7LGIB001JA 置于工作位置，准备倒电操作；

断开 7LGIA001JA，确认 7LGI 失电，预定时间后就地合闸 7LGIB001JA，7LGI 倒电至相邻机组 LGC 供电运行；其中，当 7LGIB001JA 合闸不成功，7LGI 切至相邻机组 LGC 供电失败，则 7LGIA001JA 开关已断开并将其置于隔离位置，断开 7LGIA001JA 开关直流电源，执行 7LGI 由 7LGIB 供电操作；

恢复 7LGI 供电的下游中压转动负荷。

优选地，执行 BAS54 试验的步骤包括：

操作 LGA/D 切换至辅变供电运行，依次启动一回路设备以及二回路设备；

将厂用电源切回至厂变供电，恢复厂用电设备，并恢复机组至热电停堆状态；

完成 BAS54 试验。

优选地，还包括：

当一回路温度下降至预警值时，通过辅变启动 RCP001PO，维持一回路温度；

若不可行，恢复 GEV 向中压配电系统供电，以便操作人员能通过主电源启动一台或多台主泵来维持一回路的温度与压力。

优选地，还包括：

在试验初始状态下，将 LHP 与 LHQ 应急柴油发电机处于热备用状态，确保当厂用电源向辅变切换失败时，LHP/LHQ 应急自动启动并向主泵轴封及热屏相关设备供电。

优选地，当 LGB 向辅变切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

优选地，当 LGC 向辅变切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

优选地，当 LGB/LGC 向辅变切换均失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

优选地，当 LHA 向 LHP 切换失败时，按如下预案操作管控机组状态：

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

优选地，当 LHB 向 LHQ 切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

优选地，当 LHA/LHB 向 LHP/LHQ 切换均失败时，机组进入 SBO 工况，按如下预案管控机组状态：

试验前将 RRI/SEC 配置为两列运行，列间备用功能投运；

试验前记录 RCV 设备状态；

恢复 LGB/LHA 至辅变供电或恢复 LGC/LHB 至辅变供电；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行，否则手动启动；

检查 RCP 泵的密封注入流量；其中，如果 2 min 内未建立主泵轴封水，则不要再建立轴封水；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

继续恢复其他供电系列由辅变供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

优选地，当 BAS56 与 BAS54 不能在同一任务窗口下执行时，模拟失去厂外主电源；具体包括：

在机组一回路热停堆工况下采用主控室 DCS 操作断开 LGE001JA，LGF001JA；

在 LGE001JA，LGF001JA 断开后，主控室 DCS 同步操作断开 LGA001JA

及 LGD001JA 触发 LGB/C 自动同步切换至辅变供电；

在辅变供电模式继续执行 BAS54 试验，启动 RCP001PO，CRF001PO、CEX001PO、SEN、SRI、CVI、CET、GGR、GHE 辅助设备维持一回路热停工况及凝汽器真空条件。

本发明实施例还提供了一种核电厂厂用电源切换试验装置，其包括：

配置单元，用于并行配置 BAS56 试验与 BAS54 试验初态；其中，在配置 BAS54 试验初态时，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件辅助设备的可用状态，满足厂用电源在辅变供电模式下的辅助设备启动要求；

BAS56 试验单元，用于执行 BAS56 试验，并在 BAS56 试验结束后，获得 BAS56 试验终态；

快速倒电单元，用于在 BAS56 试验终态下，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电；

BAS54 试验单元，用于以 BAS56 试验终态作为 BAS54 试验初态，执行 BAS54 试验。

本发明实施例还提供了一种核电厂厂用电源切换试验设备，其包括存储器以及处理器，所述存储器内存储有计算机程序，所述计算机程序能够被所述处理器执行，以实现如上述的核电厂厂用电源切换试验方法。

本实施例能实现厂用电源切换试验与涉网试验的深度解耦，减小厂用电源切换试验对涉网工作的关联度，实现试验窗口的高度灵活性，进一步提高试验效率、简化试验操作、降低试验风险。在参试人力、厂用电消耗、柴油发电机燃油消耗以及除盐水生产及工艺废水处理等方面均能减少投入，节约核电机组调试启动过程热态功能试验阶段主线工期 2 天以上，降本增效成果显著。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施方式的技术方案，下面将对实施方式中所需要使用的附图作简单地介绍，应当理解，以下附图仅示出了本发明的某些实施例，因此不应被看作是对范围的限定，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

图 1 是现有的厂用电源切换技术方案的流程图；

图 2 是现有的核电厂维持热停堆工况及凝汽器真空条件的辅助负荷供电分布示意图。

图 3 是本发明第一实施例的核电厂厂用电源切换试验方法的一种流程示意图。

图 4 是本发明第一实施例的核电厂厂用电源切换试验方法的另一种流程示意图。

图 5 是 7LGI 仿自动切换的快速倒电方法的流程示意图。

图 6 是一回路温度过低应急预案的流程示意图。

图 7 是厂用电源切换失败时的处理流程示意图。

图 8 模拟失去厂外主电源技术方案的流程示意图。

图 9 是本发明第二实施例的核电厂厂用电源切换试验装置的结构示意图。

具体实施方式

为使本发明实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施方式中的附图，对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述，

显然，所描述的实施方式是本发明一部分实施方式，而不是全部的实施方式。基于本发明中的实施方式，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式，都属于本发明保护的范围。因此，以下对在附图中提供的本发明的实施方式的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施方式。基于本发明中的实施方式，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式，都属于本发明保护的范围。

本发明多个实施例提供了一种核电厂厂用电源切换试验方法、装置及设备，旨在减小厂用电源切换试验对电网操作的关联度，实现BAS54试验与涉网操作解耦，提高作业窗口安排的灵活度，降低试验操作风险，提高作业效率，减少作业成本投入。

具体而言，由于BAS56试验中为验证厂变与辅变相互切换时，LGB/C的剩余电压U下降到0.4UN的时间小于1.5秒，因此试验前应尽可能的投运负荷，以便在极端情况下对该项目加以检验。BAS56试验时机组公用配电盘7LGI需由试验机组供电。但是BAS54试验中，由于辅变的供电模式决定，当需要辅变供电启动主泵时，需将7LGI切至相邻机组供电运行。热试阶段厂用电源切至辅变供电后，由于堆芯没有余热，主泵停运后，堆芯失去热源，加之一回路的自然散热降温，一回路的温度与压力会缓慢下降，严重时一回路的温度与压力存在超出运行参数限制，带来反应堆保护系统非预期触发的严重后果。如果按照常规的运行倒电模式，严格执行运行停送电规程，势必会持续较长时间。为实现BAS56与BAS54耦合，厂用电源切换至辅变后机组状态稳定后需立即执行7LGI切至相邻机组供电操作。

针对BAS56与BAS54在两个任务窗口下执行的特殊情况，为实现BAS54与涉网操作的深度解耦，全面模拟核电机组失去厂外主电源运行工况，以便执行在辅变供电模式继续执行启动RCP001PO,CRF001PO、CEX001PO、SEN、SRI、

CVI、CET、GGR、GHE等辅助设备，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件。

为便于对本发明的理解，下面对本发明做更详尽的描述。以下先对本发明涉及的一些专业术语进行说明。

BAS 电源切换试验 Electrical Power Supply Changeover Test

ASG 辅助给水系统 Auxiliary Feedwater

RCP 反应堆冷却剂系统 Reactor Cooling System

RCV 化学和容积控制系统 Chemical and Volume Control

RRI 设备冷却水系统 Component Cooling

SEC 重要厂用水系统 Essential Service Water

CRF 循环水系统 Circulating Water System

CEX 凝结水抽取系统 Condensate Extraction System

GGR 汽机润滑、顶轴和盘车系统 Turbine Lubrication, Jacking and Turning System

GHE 发电机密封油系统 Generator Seal Oil System

CVI 凝汽器真空系统 Condenser Vacuum System

SEN 辅助冷却水系统 Auxiliary Cooling Water System

SRI 常规岛闭路冷却水系统 Conventional Island Closed Cooling Water System

CET 汽机轴封系统 Turbine Gland System

GEV 输电系统 Power Transmission System

GEW 500kV 超高压配电系统 Extra High Voltage Distribution System

LGA、LGB、LGC、LGD、LGE、LGF 常规岛中压正常配电盘系统 CI Medium-Voltage Normal Distribution System

LGB001JA、LGC001JA 常规岛中压正常配电盘系统厂用正常电源侧联络进线开关 the Auxiliary Normal Transformer Power Side Tie Breaker of CI Medium-Voltage Normal Distribution System

LGB102JA、LGC102JA 常规岛中压正常配电盘系统厂用辅助电源侧进线开关 the Auxiliary Standby Transformer Power Side Incoming Breaker of CI Medium-Voltage Normal Distribution System

7LGJ BOP 中压正常电源配电系统 BOP Medium-Voltage Normal switchboard

LHA、LHB 核岛中压应急配电系统 NI Medium-Voltage Distribution Board Emergency Power Supply System

LHP 中压交流应急配电系统-柴油机系列 A Medium-Voltage AC Emergency Power Supply - Diesel - Train A

LHQ 中压交流应急配电系统-柴油机系列 B Medium-Voltage AC Emergency Power Supply - Diesel - Train B

GPA 发电机变压器组保护系统 Generator and Power Transmission Protection System

TS 厂用降压变压器，简称厂变 Auxiliary Normal Transformer

TA 厂用辅助变压器，简称辅变 Auxiliary Standby Transformer

厂用电源 包括厂用正常电源、厂用辅助电源和厂用应急电源 the Auxiliary Normal Power, the Auxiliary Standby Power and the Auxiliary Emergency Power

DCS 集散型控制系统（或称数字化控制系统）Distributed Control System

请参阅图 3 及图 4 所示，本发明第一实施例提供了一种核电厂厂用电源切换试验方法，其包括：

S101，并行配置 BAS56 试验与 BAS54 试验初态；其中，在配置 BAS54 试验初态时，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件辅助设备的可用状态，满足厂用电源在辅变供电模式下的辅助设备启动要求。

S102，执行 BAS56 试验，并在 BAS56 试验结束后，获得 BAS56 试验终态。

其中，执行 BAS56 试验的步骤具体为：

断开厂外正常电源 500kV 超高压开关；

启动 GPA 保护动作，将厂用电源自动切换辅变供电；

恢复厂外正常电源 500kV 超高压开关，恢复主变压器运行，复位 GPA 保护；

完成 BAS56 试验。

S103，在 BAS56 试验终态下，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电。

其中，如图 5 所示，对于机组公用配电盘 7LGI，采用仿自动切换的快速倒电技术具体包括：

确认 7LGI 供电的下游中压转动负荷已停运；

使用试验盒验证 7LGIB001JA 试验位分合闸操作；

将 7LGIB001JA 置于工作位置，准备倒电操作；

断开 7LGIA001JA，确认 7LGI 失电，预定时间（如 3 秒）后就地合闸

7LGIB001JA，7LGI 倒电至相邻机组 LGC 供电运行。

在本实施例中，当 7LGIB001JA 合闸不成功，说明 7LGI 切至相邻机组 LGC 供电失败，则 7LGIA001JA 开关已断开并将其置于隔离位置，断开 7LGIA001JA 开关直流电源，执行 7LGI 由 7LGIB 供电操作。

恢复 7LGI 供电的下游中压转动负荷。

S104，以 BAS56 试验终态作为 BAS54 试验初态，执行 BAS54 试验。

在本实施例中，BAS54 试验的步骤包括：

操作 LGA/D 切换至辅变供电运行，依次启动一回路设备以及二回路设备。

其中，一回路设备包括 RCP001PO，稳压器电加热器；二回路设备包括：CRF001PO、CEX001PO、SEN、SRI、CVI、CET、GGR、GHE。

将厂用电源切回至厂变供电，恢复厂用电设备，并恢复机组至热电停堆状态；

完成 BAS54 试验。

综上所述，本实施例能实现厂用电源切换试验与涉网试验的深度解耦，减小厂用电源切换试验对涉网工作的关联度，实现试验窗口的高度灵活性，进一步提高试验效率、简化试验操作、降低试验风险。在参试人力、厂用电消耗、柴油发电机燃油消耗以及除盐水生产及工艺废水处理等方面均能减少投入，节约核电机组调试启动过程热态功能试验阶段主线工期 2 天以上，降本增效成果显著。

为便于对本发明的理解，下面对本发明的一些优选实施例做更进一步的描述：

上述实施例中，试验逻辑顺序的较大调整也加大了试验执行过程中风险需

关注。虽然通过简化 7LGI 的倒电操作，但是试验还是可能面临持续时间过长造成一回路温度下降到阈值，需要操作员手动干预。为此，在本优选实施例中，如图 6 所示，一回路温度低应急操作如下：

试验开始前适当提高一回路温度，试验过程中密切监视一回路温度，当一回路温度下降至预警值时，为防止一回路温度继续下降，先通过辅变启动 RCP001PO，维持一回路温度。若不可行，需要尽快恢复 GEV 向中压配电系统供电，以便操作人员能通过主电源手动启动一台或多台主泵来维持一回路的温度与压力。

厂用电源切换过程中可能会出现电源自动切换失败的情况，为保持主泵轴封及热屏不丢失，如图 7 所示，本实施例还包括：

在试验初始状态下，将 LHP 与 LHQ 应急柴油发电机处于热备用状态，确保当厂用电源向辅变切换失败时，LHP/LHQ 应急自动启动并向主泵轴封及热屏相关设备供电。

其中，当 LGB 向辅变切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

其中，当 LGC 向辅变切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

其中，当 LGB/LGC 向辅变切换均失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

其中，当 LHA 向 LHP 切换失败时，按如下预案操作管控机组状态：

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

其中，当 LHB 向 LHQ 切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

其中，当 LHA/LHB 向 LHP/LHQ 切换均失败时，机组进入 SBO 工况，按如下预案管控机组状态：

试验前将 RRI/SEC 配置为两列运行，列间备用功能投运；

试验前记录 RCV 设备状态；

恢复 LGB/LHA 至辅变供电或恢复 LGC/LHB 至辅变供电；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行，否则手动启动；

检查 RCP 泵的密封注入流量；其中，如果 2 min 内未建立主泵轴封水，则不要再建立轴封水；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

继续恢复其他供电系列由辅变供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

针对 BAS56 与 BAS54 在两个不同的任务窗口下执行的特殊情况，可采用失去厂外主电源模拟技术方案，即全面模拟核电机组失去厂外主电源运行工况，减少 BAS54 试验的涉网工作的关联度，实现 BAS54 试验与涉网操作完全解耦。如图 8 所示，本优选实施例提供的失去厂外主电源模拟技术具体包括：

在机组一回路热停堆工况下采用主控室 DCS 操作断开 LGE001JA，LGF001JA；

在 LGE001JA，LGF001JA 断开后，主控室 DCS 同步操作断开 LGA001JA 及 LGD001JA 触发 LGB/C 自动同步切换至辅变供电；

在辅变供电模式继续执行 BAS54 试验，启动 RCP001PO,CRF001PO、CEX001PO、SEN、SRI、CVI、CET、GGR、GHE 辅助设备维持一回路热停工况及凝汽器真空条件。

请参阅图 9，本发明第二实施例还提供了一种核电厂厂用电源切换试验装置，其包括：

配置单元210，用于并行配置BAS56试验与BAS54试验初态；其中，在配置BAS54试验初态时，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件辅助设备的可用状态，满足厂用电源在辅变供电模式下的辅助设备启动要求；

BAS56试验单元220，用于执行BAS56试验，并在BAS56试验结束后，获得BAS56试验终态；

快速倒电单元230，用于在BAS56试验终态下，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电；

BAS54试验单元240，用于以BAS56试验终态作为BAS54试验初态，执行BAS54试验。

本发明第三实施例还提供了一种核电厂厂用电源切换试验设备，其包括存储器以及处理器，所述存储器内存储有计算机程序，所述计算机程序能够被所述处理器执行，以实现如上述的核电厂厂用电源切换试验方法。

在本发明所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的装置和方法，也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置和方法实施例仅仅是示意性的，例如，附图中的流程图和框图显示了根据本发明的多个实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分，所述模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现方式中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个连续的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。也要注意的是，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

另外，在本发明各个实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分，也可以是各个模块单独存在，也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

所述功能如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，电子设备，或者网络设备等）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。需要说明的是，在本文中，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1．一种核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，包括：

并行配置 BAS56 试验与 BAS54 试验初态；其中，在配置 BAS54 试验初态时，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件辅助设备的可用状态，满足厂用电源在辅变供电模式下的辅助设备启动要求；

执行 BAS56 试验，并在 BAS56 试验结束后，获得 BAS56 试验终态；

在 BAS56 试验终态下，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电；

以 BAS56 试验终态作为 BAS54 试验初态，执行 BAS54 试验。

2、根据权利要求 1 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，执行 BAS56 试验的步骤具体为：

断开厂外正常电源 500kV 超高压开关；

启动 GPA 保护动作，将厂用电源自动切换辅变供电；

恢复厂外正常电源 500kV 超高压开关，恢复主变压器运行，复位 GPA 保护；

完成 BAS56 试验。

3、根据权利要求 1 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，对于机组公用配电盘 7LGI，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电，具体包括：

确认 7LGI 供电的下游中压转动负荷已停运；

使用试验盒验证 7LGIB001JA 试验位分合闸操作；

将 7LGIB001JA 置于工作位置，准备倒电操作；

断开 7LGIA001JA，确认 7LGI 失电，预定时间后就地合闸 7LGIB001JA，7LGI 倒电至相邻机组 LGC 供电运行；其中，当 7LGIB001JA 合闸不成功，7LGI 切至相邻机组 LGC 供电失败，则 7LGIA001JA 开关已断开并将其置于隔离位置，断开 7LGIA001JA 开关直流电源，执行 7LGI 由 7LGIB 供电操作；

恢复 7LGI 供电的下游中压转动负荷。

4、根据权利要求 1 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，执行 BAS54 试验的步骤包括：

操作 LGA/D 切换至辅变供电运行，依次启动一回路设备以及二回路设备；

将厂用电源切回至厂变供电，恢复厂用电设备，并恢复机组至热电停堆状态；

完成 BAS54 试验。

5、根据权利要求 1 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，还包括：

当一回路温度下降至预警值时，通过辅变启动 RCP001PO，维持一回路温度；

若不可行，恢复 GEV 向中压配电系统供电，以便操作人员能通过主电源启动一台或多台主泵来维持一回路的温度与压力。

6、根据权利要求 1 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，还包括：

在试验初始状态下，将 LHP 与 LHQ 应急柴油发电机处于热备用状态，确保当厂用电源向辅变切换失败时，LHP/LHQ 应急自动启动并向主泵轴封及热屏相关设备供电。

7、根据权利要求 6 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，

当 LGB 向辅变切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

8、根据权利要求 6 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，

当 LGC 向辅变切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

9、根据权利要求 6 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，

当 LGB/LGC 向辅变切换均失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

10、根据权利要求 6 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，

当 LHA 向 LHP 切换失败时，按如下预案操作管控机组状态：

检查确认 LHB 由应急柴油发电机 LHQ 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGB 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件重新执行试验。

11、根据权利要求 6 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，

当 LHB 向 LHQ 切换失败时，按如下预案管控机组状态：

检查确认 LHA 由应急柴油发电机 LHP 供电运行；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

恢复 LGC 由辅变供电；

恢复 GEW/GEV 供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

12、根据权利要求 6 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，

当 LHA/LHB 向 LHP/LHQ 切换均失败时，机组进入 SBO 工况，按如下预案管控机组状态：

试验前将 RRI/SEC 配置为两列运行，列间备用功能投运；

试验前记录 RCV 设备状态；

恢复 LGB/LHA 至辅变供电或恢复 LGC/LHB 至辅变供电；

检查确认 RCV/RRI/SEC 继续运行，否则手动启动；

检查 RCP 泵的密封注入流量；其中，如果 2 min 内未建立主泵轴封水，则不要再建立轴封水；

执行 RCV 及 ASG 调节操作，稳定一回路温度压力；

继续恢复其他供电系列由辅变供电；

恢复厂用电源由正常电源供电运行；

按初态重新配置试验条件并重新执行试验。

13、根据权利要求 4 所述的核电厂厂用电源切换试验方法，其特征在于，还包括：

当 BAS56 与 BAS54 不能在同一任务窗口下执行时，模拟失去厂外主电源；

所述模拟失去厂外主电源，具体包括：

在机组一回路热停堆工况下采用主控室 DCS 操作断开 LGE001JA，LGF001JA；

在 LGE001JA，LGF001JA 断开后，主控室 DCS 同步操作断开 LGA001JA 及 LGD001JA 触发 LGB/C 自动同步切换至辅变供电；

在辅变供电模式继续执行 BAS54 试验，启动 RCP001PO，CRF001PO、CEX001PO、SEN、SRI、CVI、CET、GGR、GHE 辅助设备维持一回路热停工况及凝汽器真空条件。

14、一种核电厂厂用电源切换试验装置，其特征在于，包括：

配置单元，用于并行配置 BAS56 试验与 BAS54 试验初态；其中，在配置 BAS54 试验初态时，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件辅助设备的可用状

态，满足厂用电源在辅变供电模式下的辅助设备启动要求；

BAS56 试验单元，用于执行 BAS56 试验，并在 BAS56 试验结束后，获得 BAS56 试验终态；

快速倒电单元，用于在 BAS56 试验终态下，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电；

BAS54 试验单元，用于以 BAS56 试验终态作为 BAS54 试验初态，执行 BAS54 试验。

15、一种核电厂厂用电源切换试验设备，其特征在于，包括存储器以及处理器，所述存储器内存储有计算机程序，所述计算机程序能够被所述处理器执行，以实现如权利要求 1 至 13 任意一项所述的核电厂厂用电源切换试验方法。

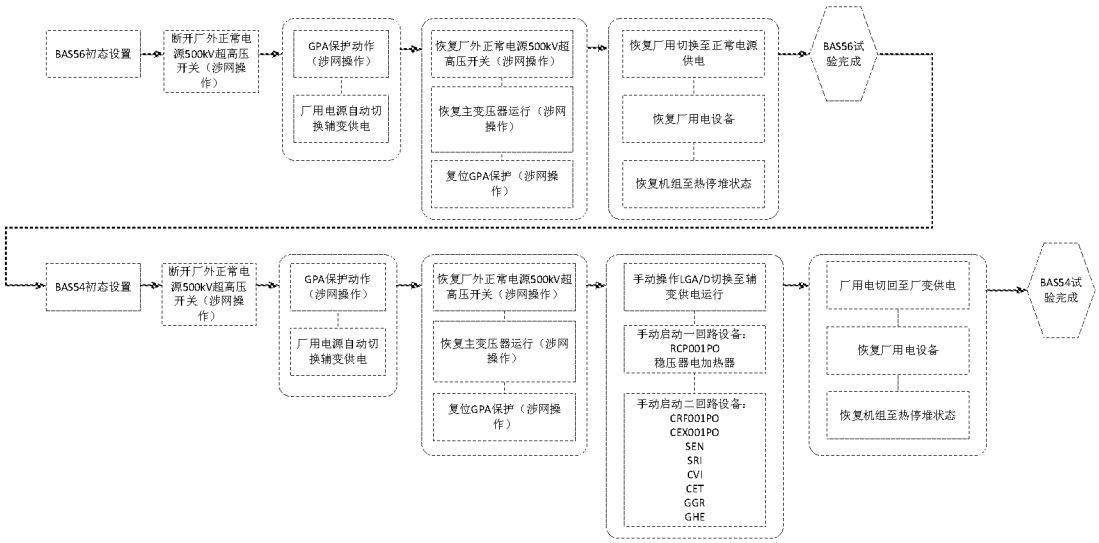
BAS56初态设置
断开厂外正常电源500kV超高压开关（涉网操作）
GPA保护动作（涉网操作）
厂用电源自动切换辅变供电
恢复厂外正常电源500kV超高压开关（涉网操作）
恢复主变压器运行（涉网操作）
复位GPA保护（涉网操作）
恢复厂用切换至正常电源供电
恢复厂用电设备
恢复机组至热停堆状态
BAS56试验完成
BAS54初态设置
断开厂外正常电源500kV超高压开关（涉网操作）
GPA保护动作（涉网操作）
厂用电源自动切换辅变供电
恢复厂外正常电源500kV超高压开关（涉网操作）
恢复主变压器运行（涉网操作）
复位GPA保护（涉网操作）
手动操作LGA/D切换至辅变供电运行
手动启动一回路设备：
RCP001PO
稳压器电加热器
手动启动二回路设备：
CRF001PO
CEX001PO
SEN
SRI
CVI
CET
GGR
GHE
厂用电切回至厂变供电
恢复厂用电设备
恢复机组至热停堆状态
BAS54试验完成

图 1

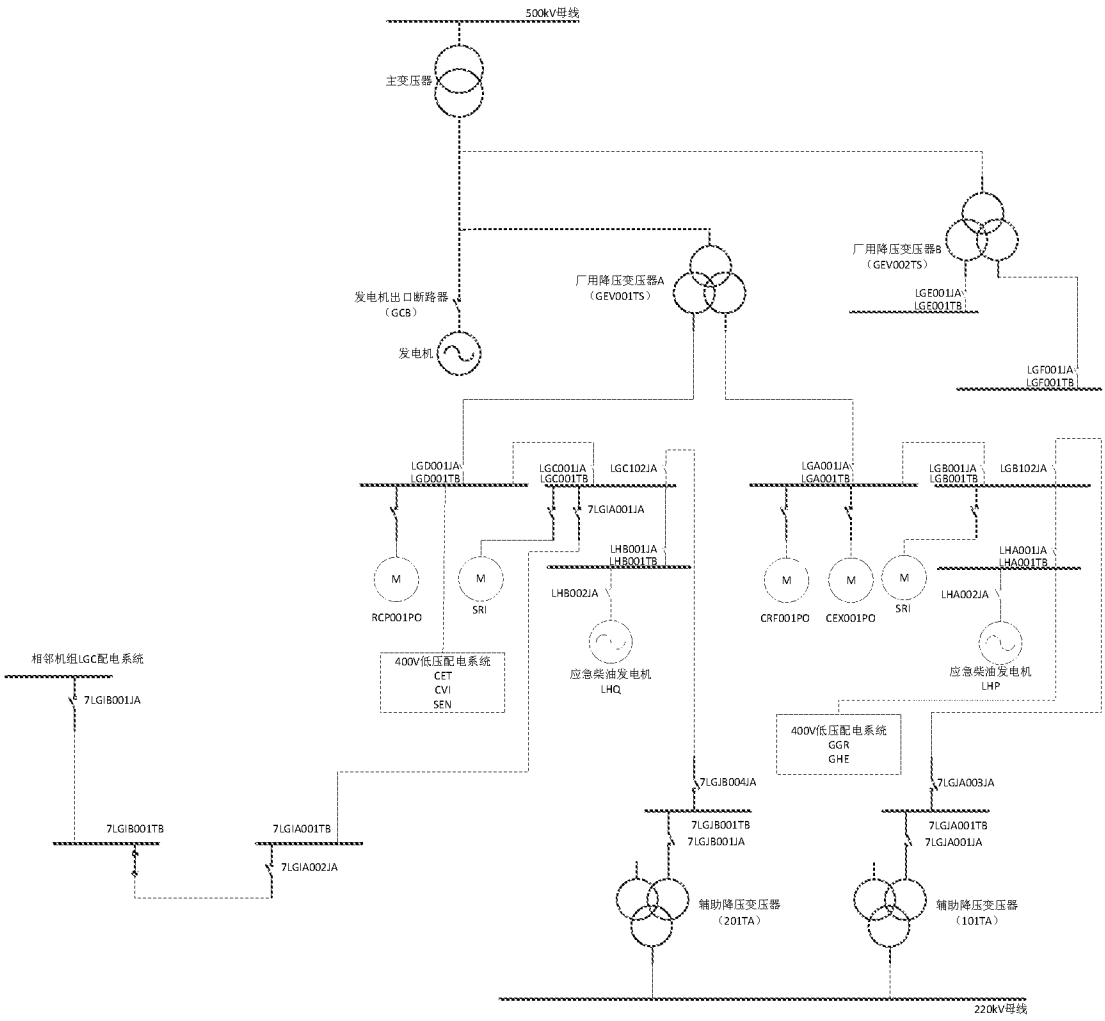
500kV母线
主变压器
发电机出口断路器（GCB）
发电机
厂用降压变压器A（GEV001TS）
厂用降压变压器B（GEV002TS）
LGE001JA
LGE001TB
LGF001JA
LGF001TB
LGD001JA
LGD001TB
LGC001JA
LGC001TB
LGC102JA
7LGIA001JA
LHB001JA
LHB001TB
LHB002JA
RCP001PO
SRI
400V低压配电系统
CET
CVI
SEN
应急柴油发电机
LHQ
LGA001JA
LGA001TB
LGB001JA
LGB001TB
LGB102JA
LHA001JA
LHA001TB
LHA002JA
CRF001PO
CEX001PO
SRI
应急柴油发电机
LHP
400V低压配电系统
GGR
GHE
相邻机组LGC配电系统
7LGIB001JA
7LGIB001TB
7LGIA001TB
7LGIA002JA
7LGJB004JA
7LGJB001TB
7LGJB001JA
7LGJA003JA
7LGJA001TB
7LGJA001JA
辅助降压变压器（201TA）
辅助降压变压器（101TA）
220kV母线

图 2

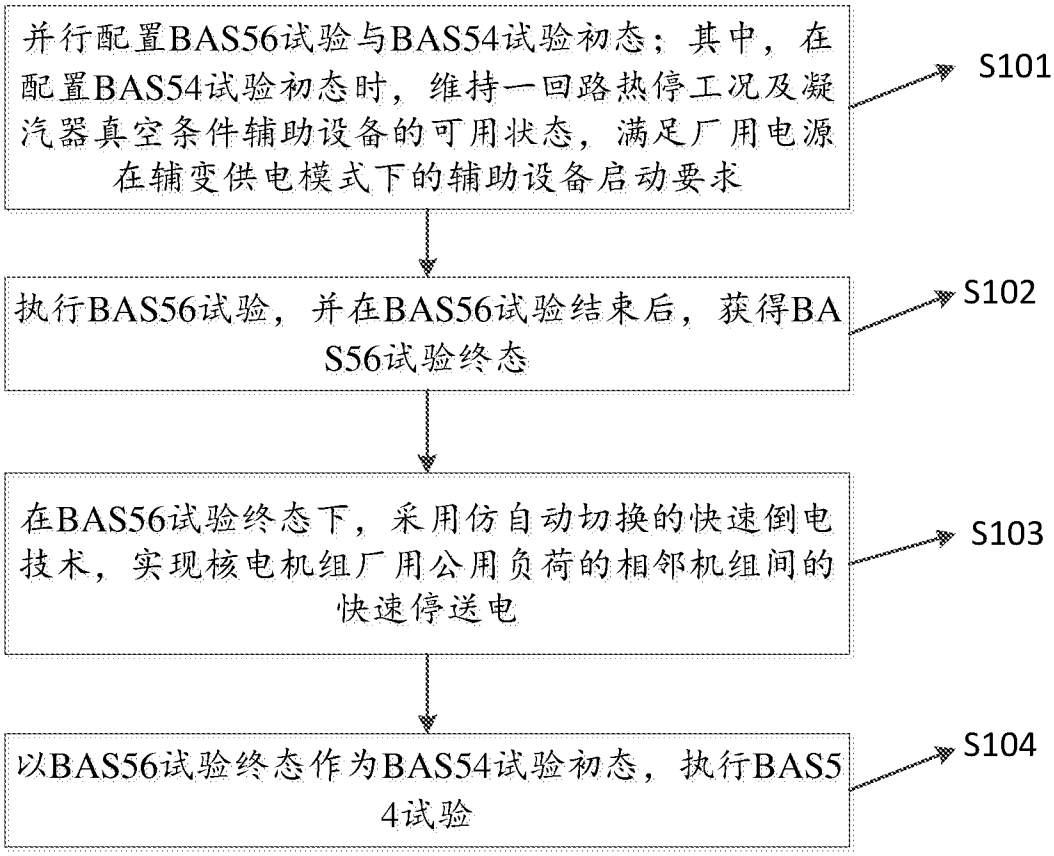
并行配置BAS56试验与BAS54试验初态；其中，在配置BAS54试验初态时，维持一回路热停工况及凝汽器真空条件辅助设备的可用状态，满足厂用电源在辅变供电模式下的辅助设备启动要求
S101
执行BAS56试验，并在BAS56试验结束后，获得BAS56试验终态
S102
在BAS56试验终态下，采用仿自动切换的快速倒电技术，实现核电机组厂用公用负荷的相邻机组间的快速停送电
S103
以BAS56试验终态作为BAS54试验初态，执行BAS54试验
S104

图 3

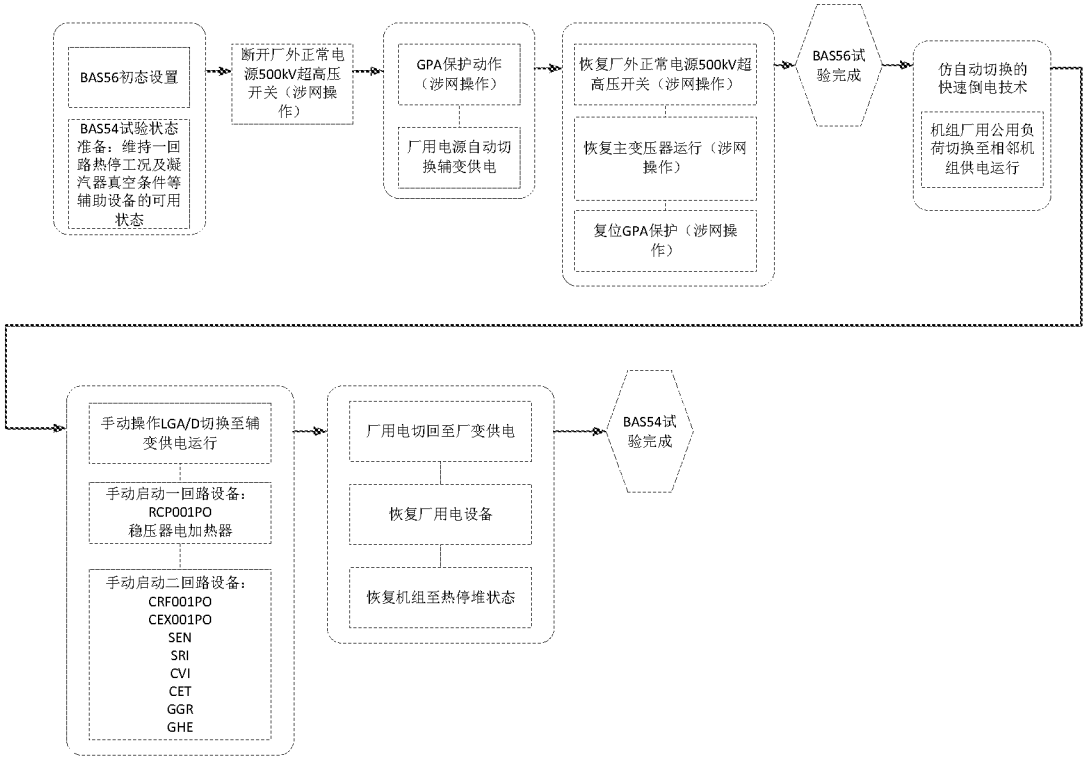
BAS56初态设置
BAS54试验状态准备：维持一回路热停工况及凝汽器真空条件等辅助设备的可用状态
断开厂外正常电源500kV超高压开关（涉网操作）
GPA保护动作（涉网操作）
厂用电源自动切换辅变供电
恢复厂外正常电源500kV超高压开关（涉网操作）
恢复主变压器运行（涉网操作）
复位GPA保护（涉网操作）
BAS56试验完成
仿自动切换的快速倒电技术
机组厂用公用负荷切换至相邻机组供电运行
手动操作LGA/D切换至辅变供电运行
手动启动一回路设备：
RCP001PO
稳压器电加热器
手动启动二回路设备：
CRF001PO
CEX001PO
SEN
SRI
CVI
CET
GGR
GHE
厂用电切回至厂变供电
恢复厂用电设备
恢复机组至热停堆状态
BAS54试验完成

图 4

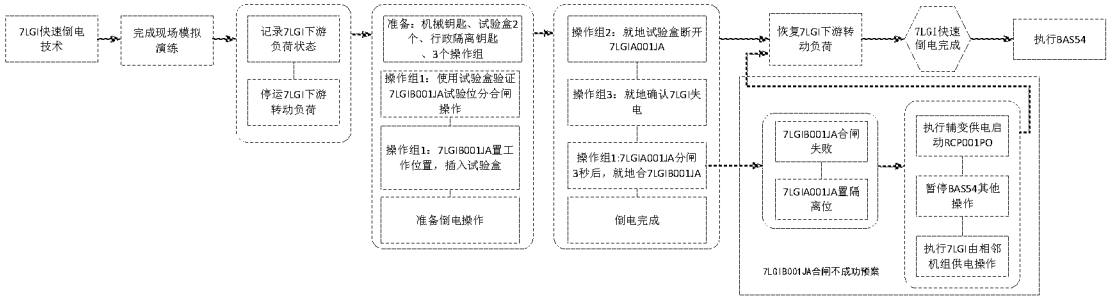
7LGI快速倒电技术
完成现场模拟演练
记录7LGI下游负荷状态
停运7LGI下游转动负荷
准备：机械钥匙、试验盒2个、行政隔离钥匙、3个操作组
操作组1：使用试验盒验证7LGIB001JA试验位分合闸操作
操作组1：7LGIB001JA置工作位置，插入试验盒
准备倒电操作
操作组2：就地试验盒断开7LGIA001JA
操作组3：就地确认7LGI失电
操作组1:7LGIA001JA分闸3秒后，就地合7LGIB001JA
倒电完成
恢复7LGI下游转动负荷
7LGI快速倒电完成
执行BAS54
7LGIB001JA合闸失败
7LGIA001JA置隔离位
7LGIB001JA合闸不成功预案
执行辅变供电启动RCP001PO
暂停BAS54其他操作
执行7LGI由相邻机组供电操作

图 5

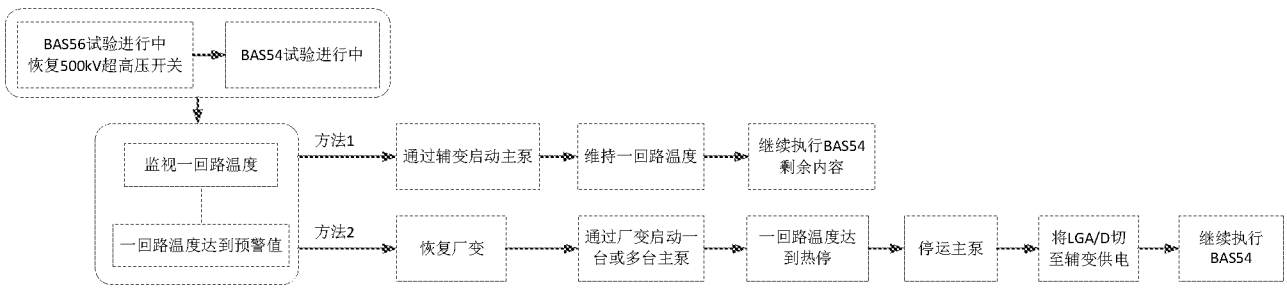
BAS56试验进行中
恢复500kV超高压开关
BAS54试验进行中
监视一回路温度
一回路温度达到预警值
方法1
通过辅变启动主泵
维持一回路温度
继续执行BAS54剩余内容
方法2
恢复厂变
通过厂变启动一台或多台主泵
一回路温度达到热停
停运主泵
将LGA/D切至辅变供电
继续执行BAS54

图 6

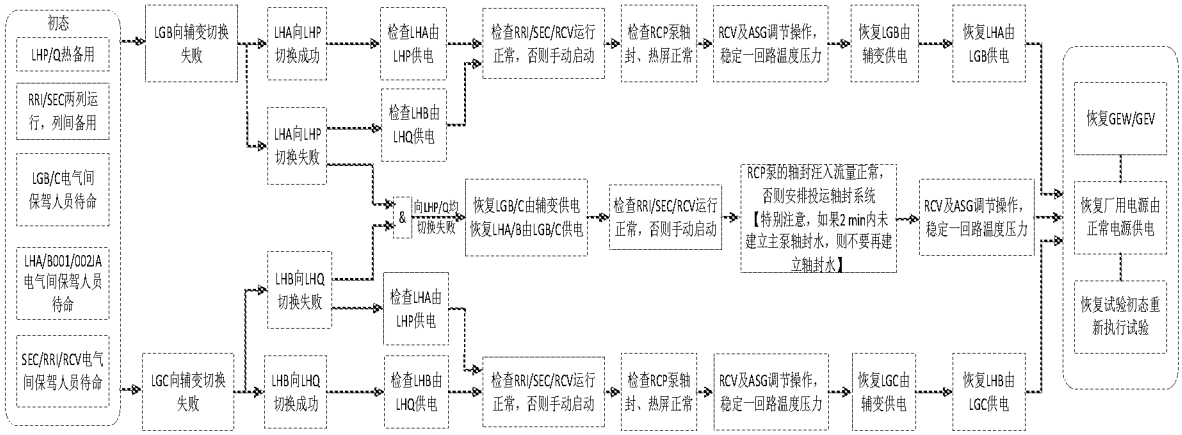
初态
LHP/Q热备用
RRI/SEC两列运行，列间备用
LGB/C电气间保驾人员待命
LHA/B001/002/A电气间保驾人员待命
SEC/RRI/RCV电气间保驾人员待命
LGB向辅变切换失败
LHA向LHP切换成功
检查LHA由LHP供电
检查RRI/SEC/RCV运行正常，否则手动启动
检查RCP泵轴封、热屏正常
RCV及ASG调节操作，稳定一回路温度压力
恢复LGB由辅变供电
恢复LHA由LGB供电
LHA向LHP切换失败
检查LHB由LHQ供电
&
向LHP/Q的切换失败
恢复LGB/C由辅变供电
恢复LHA/B由LGB/C供电
检查RRI/SEC/RCV运行正常，否则手动启动
RCP泵的轴封注入流量正常，否则安排投运轴封系统【特别注意，如果2 min内未建立主泵轴封水，则不要再建立轴封水】
RCV及ASG调节操作，稳定一回路温度压力
恢复GEW/GEV
恢复厂用电源由正常电源供电
恢复试验初态重新执行试验
LGC向辅变切换失败
LHB向LHQ切换失败
检查LHA由LHP供电
LHB向LHQ切换成功
检查LHB由LHQ供电
检查RRI/SEC/RCV运行正常，否则手动启动
检查RCP泵轴封、热屏正常
RCV及ASG调节操作，稳定一回路温度压力
恢复LGC由辅变供电
恢复LHB由LGC供电

图 7

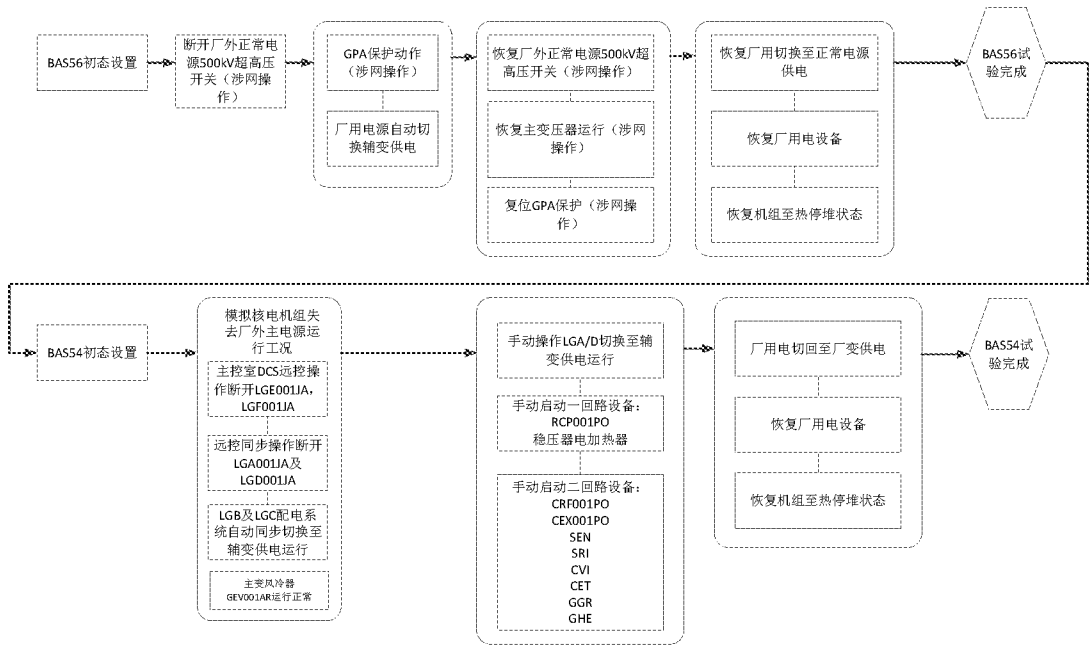
BAS56初态设置
断开厂外正常电源500kV超高压开关（涉网操作）
GPA保护动作（涉网操作）
厂用电源自动切换辅变供电
恢复厂外正常电源500kV超高压开关（涉网操作）
恢复主变压器运行（涉网操作）
复位GPA保护（涉网操作）
恢复厂用切换至正常电源供电
恢复厂用电设备
恢复机组至热停堆状态
BAS56试验完成
BAS54初态设置
模拟核电机组失去厂外主电源运行工况
主控室DCS远控操作断开LGE001JA，LGF001JA
远控同步操作断开LGA001JA及LGD001JA
LGB及LGC配电系统自动同步切换至辅变供电运行
主要风冷器GEV001AR运行正常
手动操作LGA/D切换至辅变供电运行
手动启动一回路设备：RCP001PO 稳压器电加热器
手动启动二回路设备：CRF001PO CEX001PO SEN SRI CVI CET GGR GHE
厂用电切回至厂变供电
恢复厂用电设备
恢复机组至热停堆状态
BAS54试验完成

图 8

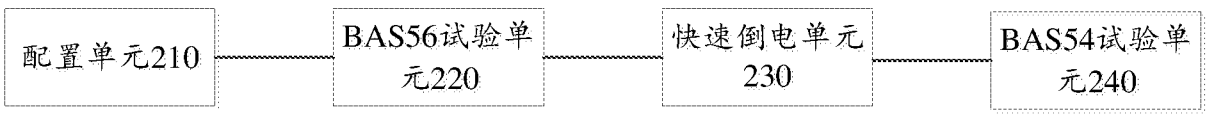
配置单元210
BAS56试验单元220
快速倒电单元230
BAS54试验单元240

图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/102852

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21D 3/00(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)

G21D

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 中广核工程, 中国广核集团, 中国广核电力, 张立强, 朱孟子, 甘龙, 王辰, 核电, 核能, 厂外, 厂用, 电源, 电源切换, 热停, 热停堆, 热态性停堆, 辅助, 辅变, 供电, 主变, 主泵, 仿, 准, 伪, 自动切换, 变换, 转换, 跳变, 倒电, 相邻, 机组, 停, 送电, 凝汽器, 并行, 并列, 同时, 配置, 配备, 设置, BAS, GPA, nuclear, power, plant, factory, reactor, power supply, switch+, changeover, generator and power transmission protect+, automatic, reverse

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114121317 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 01 March 2022 (2022-03-01) claims 1-15	1-15
A	CN 109254250 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 22 January 2019 (2019-01-22) description, paragraphs [0010]-[0040], and figures 1-2	1-15
A	CN 112185602 A (LINGDONG NUCLEAR POWER CO., LTD. et al.) 05 January 2021 (2021-01-05) entire document	1-15
A	CN 105427911 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 23 March 2016 (2016-03-23) entire document	1-15
A	CN 104637558 A (FUJIAN ELECTRIC POWER SURVEY & DESIGN INSTITUTE) 20 May 2015 (2015-05-20) entire document	1-15

☑ 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
14 September 2022	**27 September 2022**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104299661 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 21 January 2015 (2015-01-21) entire document	1-15
A	CN 103514969 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD.) 15 January 2014 (2014-01-15) entire document	1-15
A	CN 102638095 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 15 August 2012 (2012-08-15) entire document	1-15
A	US 2020082950 A1 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 12 March 2020 (2020-03-12) entire document	1-15
A	JP 2016065834 A (HITACHI LTD.) 28 April 2016 (2016-04-28) entire document	1-15
A	胡彦令等 (HU, Yanling et al.). "核电厂动力电源切换试验实施顺序探讨 (Study of Power Supply Transforming Tests Sequences for Nuclear Power Plant)" *工业技术创新 (Industrial Technology Innovation),* Vol. 03, No. 02, 30 April 2016 (2016-04-30), ISSN: 2095-8412, pp. 252-254	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2022/102852

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 114121317 A	01 March 2022	None	
CN 109254250 A	22 January 2019	None	
CN 112185602 A	05 January 2021	None	
CN 105427911 A	23 March 2016	None	
CN 104637558 A	20 May 2015	None	
CN 104299661 A	21 January 2015	None	
CN 103514969 A	15 January 2014	None	
CN 102638095 A	15 August 2012	None	
US 2020082950 A1	12 March 2020	JP 2020041865 A	19 March 2020
JP 2016065834 A	28 April 2016	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/102852

A. 主题的分类

G21D 3/00(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)

G21D

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））

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC：中广核工程，中国广核集团，中国广核电力，张立强，朱孟子，甘龙，王辰，核电，核能，厂外，厂用，电源，电源切换，热停，热停堆，热态性停堆，辅助，辅变，供电，主变，主泵，仿，准，伪，自动切换，变换，转换，跳变，倒电，相邻，机组，停，送电，凝汽器，并行，并列，同时，配置，配备，设置，BAS, GPA, nuclear, power, plant, factory, reactor, power supply, switch+, changeover, generator and power transmission protect+, automatic, reverse

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 114121317 A (中广核工程有限公司 等) 2022年3月1日 (2022-03-01) 权利要求1-15	1-15
A	CN 109254250 A (中广核工程有限公司 等) 2019年1月22日 (2019-01-22) 说明书第[0010]-[0040]段，附图1-2	1-15
A	CN 112185602 A (岭东核电有限公司 等) 2021年1月5日 (2021-01-05) 全文	1-15
A	CN 105427911 A (中广核工程有限公司 等) 2016年3月23日 (2016-03-23) 全文	1-15
A	CN 104637558 A (福建省电力勘测设计院) 2015年5月20日 (2015-05-20) 全文	1-15
A	CN 104299661 A (中广核工程有限公司 等) 2015年1月21日 (2015-01-21) 全文	1-15
A	CN 103514969 A (中国核电工程有限公司) 2014年1月15日 (2014-01-15) 全文	1-15

☑ 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
2022年9月14日	2022年9月27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 李小矛 电话号码 (86-10)53962478

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 102638095 A (中广核工程有限公司 等) 2012年8月15日 (2012 - 08 - 15) 全文	1-15
A	US 2020082950 A1 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 2020年3月12日 (2020 - 03 - 12) 全文	1-15
A	JP 2016065834 A (HITACHI LTD.) 2016年4月28日 (2016 - 04 - 28) 全文	1-15
A	胡彦令等. "核电厂动力电源切换试验实施顺序探讨" 工业技术创新, 第03卷，第02期，2016年4月30日 (2016 - 04 - 30)， ISSN：2095-8412, 第252-254页	1-15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/102852

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	114121317	A	2022年3月1日	无			
CN	109254250	A	2019年1月22日	无			
CN	112185602	A	2021年1月5日	无			
CN	105427911	A	2016年3月23日	无			
CN	104637558	A	2015年5月20日	无			
CN	104299661	A	2015年1月21日	无			
CN	103514969	A	2014年1月15日	无			
CN	102638095	A	2012年8月15日	无			
US	2020082950	A1	2020年3月12日	JP	2020041865	A	2020年3月19日
JP	2016065834	A	2016年4月28日	无			