

[直流输电]

特高压换流站交流场一键顺控技术方案设计与应用

文/许继电气直流输电分公司 贾帅锋 李凤龙 赵东杰 张自朋 申艳红

针对特高压换流站交流场倒闸操作，提出了一种一键顺控技术的方案，运行人员控制系统和五防主机之间不进行操作票传送，且运行人员控制系统以虚拟遥信的方式接收五防主机的防误校验结果，能有效兼容直流换流站内的直流顺控技术，便于直流换流站运维人员运行维护。

随着电网建设的加快，目前我国已有数十条直流输电工程投运，直流换流站日益增多，运维工作日益繁重。现有的换流站交流场倒闸操作较多，传统的人工操作方式已不能满足智能运维的要求，交流变电站一键顺控技术能有效提高操作智能化水平，减轻运维人员的工作强度，提高倒闸操作的准确性，降低倒闸操作误操作的概率，保证电网安全。因此亟须在特高压换流站交流场中设计、开发和应用适用于直流换流站交流场应用场景的一键顺控技术。

一键顺控技术简介

特高压换流站交流场一键顺控技术是指换流站的高级应用功能中，利用换流站交流场的一键顺控功能，根据一定的五防逻辑将换流站交流场的常见操作在特高压换流站的监控后台上制成操作按钮，操作人员在操作时不需要编制操作票，只需要根据操作任务名称调用对应的操作按钮进行操作即可完成目的操作的技术。

针对目前国内特高压换流站现状，结合国网运检部《变电站一键顺控改造技术规范（试行）》，提出特高压换流站交流场一键顺控的技术设计方案，来满足一键顺控技术在特高压换流站交流场中的应用。

总体方案设计

在换流站中，部署有运行人员控制系统、五防主机、通信网关机和交流站控主机。其中，运行人员控制系统、网关机部分和交流站控部分全部采用冗余配置。系统架构图如图1所示，其中，运行人员控制系统通过网关机和五防主机通信，其中网关机作为客户端，五防主机作为服务端进行数据交互；网关机作为服务端要向五防主机提供交流场信号状态和变位信息。

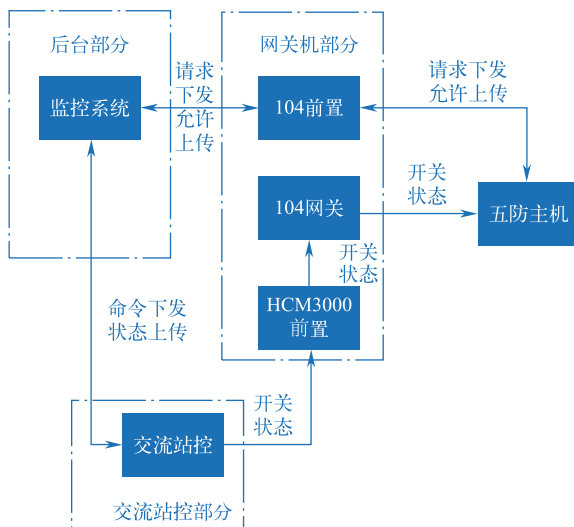


图1 交流场一键顺控系统框图

1. 一键顺控原理

换流站一键顺控指令由运行人员控制系统下发，经网关机到五防主机进行防误校核，通过校核后，运行人员控制系统会向交流站控下发对应的倒闸指令，并进行具体的顺控操作。五防主机的防误校验包括两种：一是操作票的整体预演校验；二是操作票每一步操作的分步校验。

在本方案中，操作票需要根据换流站运维人员的操作说明，由监控厂家和五防厂家技术人员分别提前制作，每一张操作票固定一张操作票号，运行人员控制系统和五防主机下装相应的操作票列表，运行人员控制系统和五防主机的操作票与操作票号一一对应，每张操作票都需在现场试验中进行验证，确认一键顺控的可靠性。运行人员控制系统下发的顺控操作不进行操作票文件传输，而是通过通信规约的遥调指令下发操作票号给五防主机，五防主机根据收到的操作票号进行相应的操作票整体预演，并通过该遥调指令的肯定或者否定响应来传输预演结果。

运行人员控制系统采用增加虚拟遥信点的方法存储和接收五防主机操作演练或者防误校核的结果，一键顺控功能根据遥信的状态执行相应的顺控操作。

网关机部分和五防主机的信息交互，采用IEC 60870-5-104/101 规约对国标中定义的104/101 报文类型进行数据交互。交流场一键顺控功能集成于现有的SCADA系统，充分利用现有SCADA 的原理和架构实现系统的稳定运行。

2. 网关机上送开关、刀开关状态至五防主机的交互流程

104网关程序采集开交流场关、刀开关的本体位置信息，通过104规约实时传送至五防系统，具体传输格式如下：送至五防的遥信信息采用双点信息，规约ASDU类型为3，数据上传给五防系统两种形式：一是周期上送；二是变位上送。具体交互流程如图2所示。

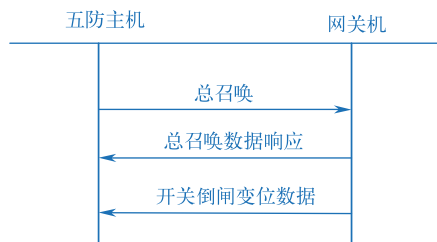


图2 网关机上送交流场状态交互流程

3. 操作票预演的交互流程

五防主机接收网关机104前置程序转发的运行人员控制系统送来的操作票预演请求命令，经过逻辑判断，将对应操作票预演操作结果传送给运行人员控制系统，具体的规约格式如下：104网关机操作票预演命令采用104规约ASDU类型为50的设定值命令类型，原因码为0x06，请求五防机对相应操作票进行预演；五防主机通过设定值命令的原因码返回操作票预演结果，原因码为0x07，操作票预演成功，允许执行操作票；原因码为0x47，操作票预演失败，拒绝执行操作票。具体的交互流程如图3所示，其中网关机把五防主机操作票预演结果转换为虚拟遥信上送给运行人员控制系统。

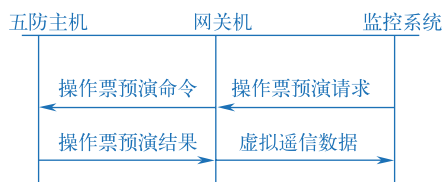


图3 运行人员控制系统与五防主机操作票预演交互流程

4. 单步防误校验交互流程

五防主机接收网关机104前置程序转发的运行人员控制系统的开关、刀开关的防误校验请求，经过联锁逻辑判断后，将开关、刀开关的操作校验防误信息传送到运行人员控制系统，具体规约格式如下：104网关机采用规约ASDU类型为45的单命令类型，五防主机返回的操作允许信息通过ASDU类型为45的命令类型进行返送，是否允许通过命令的原因码进行判断。其中防误校验请求原因码为0x06；防误校验成功原因码为0x07；防误校验失败原因码为0x47。具体的交互流程如图4所示。

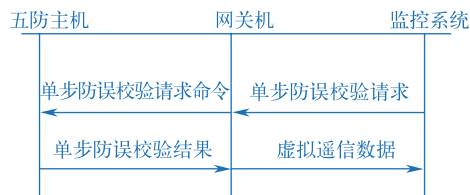


图4 运行人员控制系统与五防主机单步操作交互流程

5. 一键顺控功能整体交互流程及执行步骤

运行人员控制系统作为一键顺控技术的核心，负责一键顺控的执行逻辑；五防主机主要负责一键顺控的防误校验功能，并返回请求校验结果；交流

站控具体执行运行人员控制系统下倒闸操作命令，并在执行前进行二次防误校验，具体的示意图如图5所示。

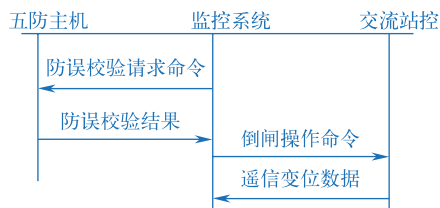


图5 交流场一键顺控执行过程的交互流程

运行人员控制系统执行一键顺控功能的步骤：单击监控界面的顺控操作按钮，启动一键顺控操作，下发对应操作的操作票号给五防主机，五防主机根据操作票号进行防误演练；防误演练成功，运行人员控制系统初始化操作票变量步骤，当前执行操作票的第0步，操作票总计 n 步倒闸操作；监控下发第0步倒闸操作防误校验指令到五防主机，防误校验成功后，运行人员控制系统向交流站控系统下发倒闸操作命令，交流站控进行防误校验，执行倒闸操作；运行人员控制系统收到倒闸操作有效位后，操作步数加1，判断操作票是否完成，若完成则一键顺控操作执行完毕，若不完成重复上述步骤。详细的流程图如图6所示。

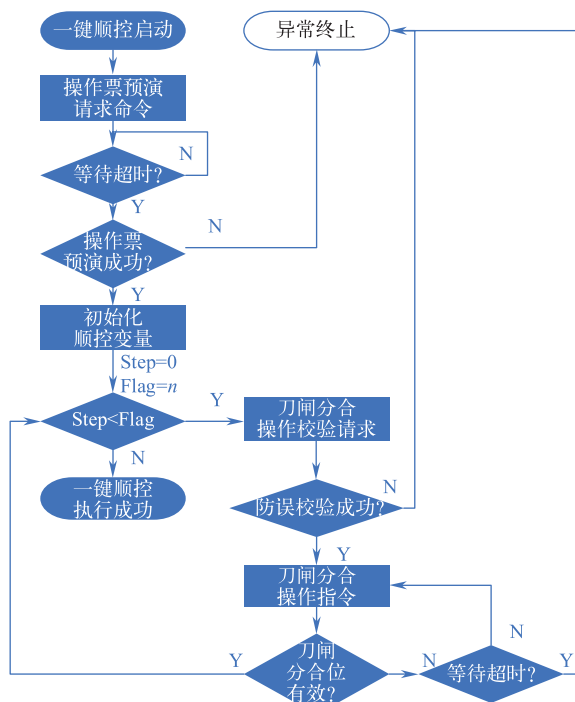


图6 运行人员控制系统一键顺控执行步骤

交流站控接收到运行人员控制系统下发的开关操作指令后，立即进行单步防误校验，单步防误校验通过，交流站控进行开关操作；单步防误校验失败，则直接返回，退出开关操作。交流站控的开关执行流程图如图7所示。

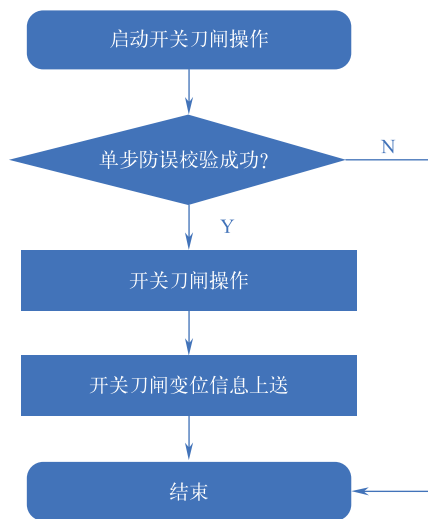


图7 交流站控开关刀闸操作执行步骤

一键顺控试验

为了验证该交流场一键顺控技术的设计方案，本文以特高压800 kV陕武直流工程平台为例，进行一键顺控试验，验证整体系统的功能。在共进行如下试验：7511开关带神木I线运行转热备、7511开关带神木I线热备转冷备、7511开关带神木I线冷备转热备、7511开关带神木I线热备转运行、7511开关带神木I线运行转冷备和7511开关带神木I线冷备转运行等6项。

1. 试验

试验结果如下。图8中包含三幅小图，其中图8.1为热备转运行的初始状态，其中断路器Q1为断开状态，隔离开关Q11和Q12闭合状态，图8.2为热备转运行执行完毕的状态，Q1已经闭合，图8.3为热备转运行执行过程中的顺序事件列表，该事件列表记录了热转冷执行过程中的命令下发和开关状态变化。图9为7511开关带神木I线运行转热备的试验结果，在试验中，Q11、Q12、Q1由图9.1所示的闭合状态执行到图9.2所示的Q11、Q12闭合，Q1断开状态，图9.3为运转热执行过程中的事件顺序记录。



图8 7511开关带神木I线热备转运行试验记录图



图9 7511开关带神木I线运行转热备试验记录图

结束语

本文针对特高压换流站交流场倒闸操作,提出了一种一键顺控技术的方案,该方案与交流变电站的一键顺控技术相比,运行人员控制系统和五防主机之间不进行操作票传送,且运行人员控制系统以虚拟遥信的方式接收五防主机的防误校验结果,能

有效兼容直流换流站内的直流顺控技术,便于直流换流站运维人员运行维护。另外,该方案设计简单,为换流站一键顺控技术的应用作出了探索,对已建成换流站一键顺控技术的改造有一定的参考价值。EA

(收稿日期: 2021.06.23)