

基于设备位置“三确认”跨站一键顺控技术研究与应用

吴兆彬¹ 王程² 付智鑫³ 裴倩雯⁴ 陈凯⁵

(国网白银供电公司 甘肃省白银市 730900)

摘要:针对微动开关双确认的站端顺控模式存在改造实施周期长、单站顺控操作少、站端顺控操作和人工操作效率提升不明显等问题,提出一种基于设备位置“三确认”一键顺控技术。文章分析了变电站一键顺控架构,构建“监控系统获取变位信息”、“智能巡检系统图像识别位置状态”和“人工主动确认”的“三确认”校验体系。通过设备位置视频联动“三确认”方式的现场应用,实现了倒闸操作向程序化、智能化、简单化的顺控操作转型,有效降低了倒闸操作人身风险与操作强度,提高了变电倒闸操作效率。

关键词:三确认;变电站;一键顺控

0 引言

在电力生产体系中,变电运维的倒闸操作占据着核心地位,是电力系统安全风险管理的关键环节。传统变电站的倒闸操作因其流程繁复且每一步都需精确无误,使得随着操作频次的增加,操作风险与人力资源的紧张性之间的矛盾日益加剧。为了缓解这一困境,变电站逐步引入顺序化控制策略,旨在降低人为操作风险,同时提升整体控制操作的效率和安全性。这一变革不仅优化了操作流程,更为电力系统的稳定、高效运行提供了坚实的保障。

目前,在国内电力系统中,一键顺控技术多采用站端部署方式,实现了站内设备的自动巡视和站端一键顺控操作功能。然而,由于站端部署的特点,这些系统面临着服务器数字维护繁琐、系统运行相对独立、集控站端主辅设备联动不便等挑战。以2021年国网兰州供电公司等13家地市公司为例,他们采用了微动开关双确认模式,成功完成了32座110千伏变电站的“站端一键顺控”试点建设。然而,由于双确认改造实施周期较长、单站顺控操作频次较低、站端顺控操作与人工操作在效率提升上并不显著等因素,微动开关双确认的站端顺控模式并未得到广泛推广和应用。

为了解决上述问题,本文提出了基于设备位置“三确认”的一键顺控技术。这一技术旨在通过更加精准和可靠的位置确认机制,进一步提升一键顺控技术的操作效率和安全性,从而有效应对电力生产中的倒闸操作挑战。

1 一键顺控系统的构成

一键式顺序控制的智能变电站根据电力系统的一二次设备特点进行分区。Ⅰ区为实时控制区域,分别是由顺控主机、监控主机和程序化操作单元构成的;Ⅱ区为非控制生产区,主要由故障录波和计量设备构成;Ⅲ区为生产管理区,主要由站端一二次设备和站内避雷设备的巡检检测设备构成;Ⅳ区为信息管理区,主要由视频确认单元和其他辅助设备构成。

整个一键顺控系统的架构主要由主站端和变电站各

安全分区构成,位于主站端的调度控制中心(EMS主站)即是电力系统对多个变电站多条线路进行综合调度的控制中心,是信息处理、监视和控制的中心机构。在变电站安全Ⅰ区,监控主机一旦接收到顺控指令,便会与一键顺控模块协同工作,高效完成包括测控、保护以及防误在内的各项任务。这一协同流程不仅确保了操作的精准性,还极大地提升了整个系统的运行效率和安全性,为变电站的稳定运行提供了坚实的保障。安全Ⅱ区的电能量计量系统和故障录波信息管理系统主要对遥测、遥信得到电能量进行测量记录以及在电网发生故障时正确地分析事故,评价保护,发现保护和断路器存在的问题,最大限度地减少原因不明事故。

2 一键顺控设备位置识别

2.1 隔离开关位置识别

在变电站的设备构成中,隔离开关占据着至关重要的地位,因此,其操作状态直接影响着变电站乃至整个电网系统的安全稳定运行。为了确保系统的可靠性,对隔离开关的开关状态进行精确识别显得尤为重要。通常,隔离开关的状态可以划分为“分闸”、“合闸”以及“不定态”三种。为了识别这些状态,我们采用了一种基于算法的直线分析方法。

首先,我们利用图像处理技术来定位原始图像中隔离开关的确切位置,并将其裁剪为一个矩形区域。接着,通过将该矩形区域转换为H矩阵,我们能够准确地确定隔离开关在图像中的具体位置。借助先进的Hough变换直线检测算法,实现对隔离开关状态的精确识别。



图1 算法流程图

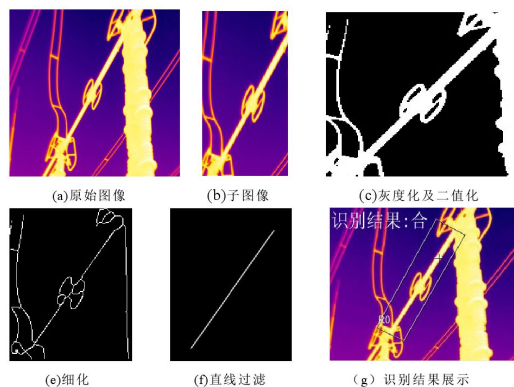


图 2 刀闸识别过程

图 1 详细描绘了算法的运行流程。首先，我们利用原始图像（如图 2a 所示）来精确定位隔离开关的具体位置（如图 2b 所示）。随后，为了提取关键信息，我们对图像进行了灰度化、二值化和细化等一系列处理步骤，处理后的图像如图 2c 和图 2e 所示。

接下来，在隔离开关所在的矩形区域内，我们采用了 Hough 算法来检测直线，并进行必要的过滤操作，以获取清晰的直线特征，结果如图 2f 所示。

最后，基于预设的隔离开关状态判别条件，我们对隔离开关的状态进行了识别。这些判别条件包括：（1）如果矩形区域内未检测到任何直线，则我们判定隔离开关处于“分闸”状态；（2）若在矩形区域内检测到了直线，我们进一步计算该直线与预设矩形框垂直边的夹角。若此夹角小于某一设定的阈值，我们则判定隔离开关为“合闸”状态；否则，我们将其判定为“不定态”。通过这一流程，我们能够准确识别隔离开关的状态，为后续的运维操作提供可靠依据。

2.2 断路器位置识别

在断路器位置识别中，图像识别技术发挥了关键作用，其过程主要分为两个核心步骤。首先，进行断路器区域的探测：我们依据建设阶段所采集的原始图像，结合已知的断路器所在位置的矩形区域信息以及 H 矩阵数据，精确提取出断路器设备在图像中的具体位置。接着，进入断路器分合位置的识别阶段：一旦确定了断路器区域的位置，我们利用支持向量机（SVM）算法对分闸与合闸的位置指示进行准确的识别。完成以上步骤后，不仅能够有效地识别倒闸操作后所涉及的档位（如图 3 所示），还能准确地确定断路器以及隔离开关的位置（如图 4 所示），从而确保整个识别过程的精确性和可靠性。

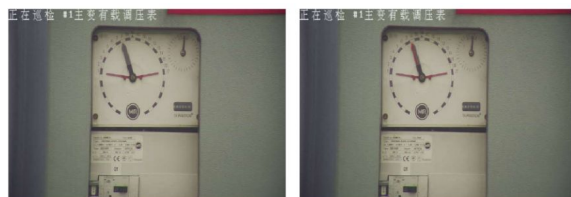


图 3 有载调压表识别：(a) 巡视拍摄图；(b) 识别结果



图 4 闸刀识别：(a) 巡视拍摄图；(b) 识别结果

3 一键顺控方案

3.1 基本流程

变电站倒闸操作一键顺控技术，将繁琐、复杂、易误操作的传统人工倒闸操作模式转变为操作项目软件预制、操作任务模块式搭建、设备状态自动判别、防误联锁智能校核、操作步骤一键启动、操作过程自动顺序执行的一键顺控模式，一键顺控视频确认系统通过在设备周围安装摄像头，直接观察刀闸动作情况，经算法分析后判断出刀闸分合状态，将判断结果反馈给电脑前的工作人员。

3.2 顺控操作及防误校核

在集控站监控系统中部署顺控操作票管理模块，采用基于状态转换集中式顺序控制方案，预先定义设备运行、热备用、冷备用状态，存储在监控系统中。集控站监控系统通过数据网关调取操作票，经审核后执行启动命令，完成顺控操作，示意图如图 5 所示。

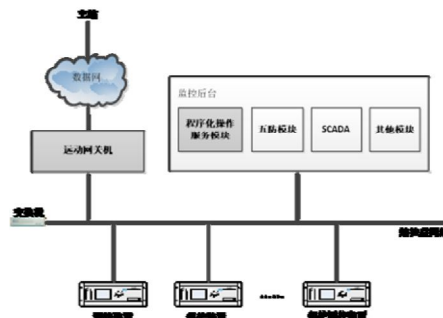


图 5 顺控方案示意图

集中式一键顺控系统具备面向所辖全部变电站设备的操作闭锁功能，应为一键顺控操作提供模拟预演、防误校核功能。新系统获取全站设备状态，当模拟预演时，根据预演指令执行操作票全过程防误校核，并将校核结果返回；一键顺控操作执行时，系统对每步控制指令进行单步防误校核，并将校验结果返回，和集控站监控系统的防误校验结果形成不同原理的校验，满足顺控操作防误的高可靠性要求。

通过集控站监控系统获取断路器、隔离开关等设备状态信息，结合主站式防误系统通过站端操作上送的接地集控站监线状态，顺控操作前，控系统启动内置防误校验并向主站式防误系统发送顺控校核请求主站式防误系统进行顺控操作防误模拟预演，其结果反馈集控站监控系统。

3.3 “三确认” 一键顺控技术

利用先进的自动控制、智能传感、物联网、自动识别和智能判断等先进技术，将传统人工填写操作票为主

的倒闸操作模式转变为一键顺控操作模式。为实现双确认判断设备实际工作位置,在原有辅助开关接点位置遥信作为主要判据基础上,引入微动开关,判断隔离开关分合闸位置状态,输出判别结论,辅助完成一键顺控操作。隔离开关双确认,采用微动开关,微动开关传感器安装在隔离开关机构箱内传动机构的运动部分和固定部位之间或安装于靠近隔离开关本体位置一侧,当传动机构运动部到位后,作用于动作簧片上,快速接通动、静触点并上传位置信号。微动开关位置信号通过硬节点输出,直接接入测控装置或智能终端,上传至站控层网络。

在智能防误领域,我们采用了一种创新的配置方式,即结合监控主机与独立的防误主机。为确保操作的绝对安全,我们实施了同级双套防误校核机制。这一机制首先通过监控系统的一体化五防功能进行初次防误闭锁,并同步向智能防误系统发送防误校核的请求。随后,智能防误系统实时执行防误逻辑校验,并即时返回校验结果。只有当双套防误校核结果均符合预设条件时,顺控操作才会被执行。指令的传递则通过间隔层设备精确下发至现场设备,确保各项操作任务得以精准执行,最终实现变电站端的一键顺控操作。这一流程不仅提升了操作的效率,更极大地增强了操作的安全性和可靠性。同时,变电站端一键顺控配置集控站(运维班)端和调度端接口。

一键顺控功能需调用站端一键顺控服务,在站端实现一键顺控操作。采用视频作为第二判据时,一键顺控主机经由正向隔离装置发送顺控指令至边缘巡视主机,边缘巡视主机暂停优先级较低任务,调用巡视设备,巡视设备调用结束后将数据和视频立即上送至区域巡视主机,区域巡视主机调用智能分析主机进行智能分析并进行结果确认和存储,将结果送至边缘巡视主机,一键顺控主机经反向隔离装置取到视频双确认结果判据。流程如下图6。

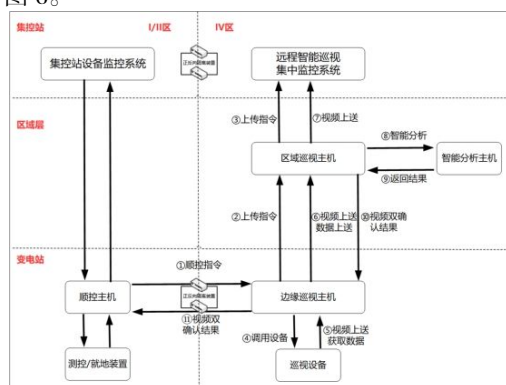


图6 视频第二判据运行机制图

采用视频作为第三判据时,一键顺控主机经由正向隔离装置发送顺控指令至边缘巡视主机,边缘巡视主机暂停优先级较低任务,调用巡视设备,巡视设备调用结束后将视频立即上送至区域巡视主机,实现视频弹窗功能。

当弹窗出现时,监控人员根据实际情况,完成人工确认,构建“监控系统获取变位信息”、“智能巡检系统图像识别位置状态”和“人工主动确认”的“三确认”校验体系。

4 结论

一键顺控操作替代常规倒闸操作(两个替代)应用,实现多个顺控操作任务间相互逻辑闭锁功能,以及站间、线路间相关设备操作的防误闭锁功能;优化一键顺控设备位置校验逻辑,构建“监控系统获取变位信息”、“智能巡检系统图像识别位置状态”和“人工主动确认”的“三确认”校验体系。

通过设备位置视频联动“三确认”方式,实现倒闸操作向程序化、智能化、简单化的顺控操作转型,有效降低倒闸操作人身风险与操作强度,支撑变电倒闸操作业务高效运转。

参考文献:

- [1]宿波.变电站顺序控制及防误技术优化应用的研究[D].华北电力大学;华北电力大学(北京),2017.
- [2]滕井玉,解凯,王言国,等.智能变电站二次设备顺控操作票的处理方法,装置及系统:CN202111067635.X[P].CN202111067635.X[2024-02-03].
- [3]王翰森.图像识别在智能变电站一键顺控操作中的应用研究[D].安徽理工大学[2024-04-18].
- [4]李宝伟,倪传坤,李宝潭,等.新一代智能变电站继电保护故障可视化分析方案[C]//中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会三届三次会议暨2013年学术交流会.0[2024-04-18].
- [5]翟瑞聪,高雅.电力设备远程监测诊断中心系统遥视信息联动应用研究[J].电力系统保护与控制,2015,43(8):5.
- [6]朱芳芳,顾宏斌,孙瑾.一种改进的Hough变换直线检测算法[J].计算机技术与发展,2009,19(5):4.
- [7]翟永杰,韩璞,王东风,等.基于损失函数的SVM算法及其在轻微故障诊断中的应用[J].中国电机工程学报,2003,23(9):6.
- [8]李卓,张巍,万凯.基于SOA的主子站程序化控制方案[J].电子设计工程,2020,28(11):6.
- [9]田宇,李宇,谢佳.基于视频确认的变电站顺控操作系统[J].计算机与现代化,2019(5):7.
- [10]武红玉,孙刚,陈静.智慧变电站关键技术研究及智慧应用[J].许昌学院学报,2022(002):041.
- [11]张庆霞,杨超,王同强.油田电网典型变电所智能化改造技术研究[J].油气田地面工程,2022,41(10):63-68.
- [12]张庆霞,杨超,王同强.油田电网典型变电所智能化改造技术研究[J].油气田地面工程,2022,41(10):63-68.
- [13]王晓祥.智能变电站顺控操作模式的构建与实施[D].山东大学,2020.