

DOI: 10.7667/PSPC161403

基于视频集成及智能分析的一键式程序化控制技术研究

滕井玉¹, 蒋正威², 杜奇伟², 刘永新³, 江波⁴, 金红华³

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 210002; 2. 国网浙江省电力公司, 浙江 杭州 310007;
3. 国网绍兴供电公司, 浙江 绍兴 312000; 4. 国网嘉兴供电公司, 浙江 嘉兴 314000)

摘要: 现有的视频监控存在多方面的不足, 未能和 SCADA 系统融合, 不同类型的视频设备集成到变电站监控系统存在困难。提出了分层分布式的系统架构设计, 视频监控和 SCADA 系统深度集成, 为变电站高级应用构建了统一应用支撑平台, 实现了基于视频集成及智能分析的一键式程序化控制。采用多种算法对电气设备的运行状态进行分析, 将分析结果作为程序化操作的判据之一, 实现了程序化控制的多源确认。重点阐述了视频集成、程序化操作多源确认、视频智能分析、视频联动和智能巡检等功能。研制的系统已经在多个智能变电站得到成功应用。
关键词: 视频集成; 智能分析; 程序化操作; 一键式程序化控制; 多源确认; 视频联动; 智能巡检

Research on sequential control technique based on video integration and intelligent analysis

TENG Jingyu¹, JIANG Zhengwei², DU Qiwei², LIU Yongxin³, JIANG Bo⁴, JIN Honghua³

(1. NR Electric Co., Ltd., Nanjing 210002, China; 2. State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310007, China; 3. State Grid Shaoxing Power Supply Company, Shaoxing 312000, China;
4. State Grid Jiaxing Power Supply Company, Jiaxing 314000, China)

Abstract: There are many inadequacies in current video surveillance system, it's not integrated with the SCADA system, and there are difficulties in the integration of different types of video devices into the substation monitoring system. The system adopts level distribution design, integrates video surveillance system and the SCADA system, builds unified application support platform for substation advanced application, implements sequential control technique based on video integration and intelligent analysis. The running state of primary equipment is analyzed by using a variety of video intelligent analysis algorithms, the system uses the analysis result as one of the criteria for the sequential control operation and realizes the multi-source confirmation of the sequential control result. The functions such as video integration, sequential control multi-source confirmation, video intelligent analysis, video joint and intelligent detection are expounded. The system developed has been successfully applied in the multiple smart substation.

Key words: video integration; intelligent analysis; sequential operation; one key sequence control; multi-source confirmation; video joint; intelligent detection

0 引言

变电站中现有的视频监控系统更多定位在安防和运维管理上, 视频监控和 SCADA 系统未形成统一, 未能实现遥视信息、环境信息与生产、运行、在线监测信息的深度融合^[1]。若变电站运行人员要查看开关刀闸的位置, 需要在视频监控系统上进行查看, 选择需查看的一次设备对应的摄像头, 并调

整摄像头到理想位置, 整个过程耗时、繁琐。在程序化操作过程中, 运行人员没有时间采用这种方式来辅助判断程序化操作结果, 必须安排巡检人员在现场检查设备是否操作到位, 影响了一键式程序化控制的工作效率^[2]。

随着图像监控技术的发展, 已具备将视频监控应用于日常生产运行的条件^[3-7]。本系统在借鉴已有视频监控系统研制经验的基础上, 提出了一种新的分层分布式视频集成架构, 能够充分利用变电站现有的视频监控系统的后端设备, 快捷地实现视频系统和监控系统的深度集成, 在监控系统上可以对电

基金项目: 国网浙江省电力公司科技项目(5211SX1500CY)
“大运行模式下调控远方操作技术研究与工程应用”

气设备的外观、运行状态和操作状态进行实时在线监测。此系统应用于程序化控制, 通过视频集成和视频智能分析技术辅助判断程序化操作的执行结果, 实现了一键式程序化控制的多源确认^[8]。系统还实现了视频和监控系统控制、告警的联动, 支持对电力设备进行智能巡检, 有助于变电站运行人员在第一时间发现和排除安全隐患, 保障设备的安全运行。

1 视频集成

1.1 规约通信方式的独立集成

在现有的变电站监控系统建设中, 变电站视频监控系统和后台 SCADA 监控系统一般是作为独立的系统分别进行建设的。在独立集成方式中, 电力自动化应用把遥信变位信号通过电力调度规约, 如 CDT 规约, 转发给视频监控系统。视频监控系统根据获取的遥信信号, 结合自身的组态配置, 控制视频图像的显示、摄像头预置位切换操作。

该集成方式要求视频监控系统有自己的监控主机以及监视屏幕, 并且能够接入遥信转发规约, 且需要根据遥信信号进行组态配置。该方式对电力应用端功能要求不高, 应用端只需提供转发遥信功能, 未能实现遥控时同屏监视视频图像。

1.2 直接采集视频流方式的视频集成

在传统的视频流集成方式中, 电力自动化应用通过规约从视频监控系统获取摄像头组织结构, 并建立与电力一次设备之间的关联关系, 通过视频监控系统直接获取摄像头的视频流信息。设备操作时, 可在电力自动化应用中直接监视一次设备的视频信息。

采用这种方式, 视频监控系统与电力应用端集成程度很高, 可以实现同屏视频图像监视。但是由于视频设备种类较多, 厂家繁杂, 不同视频监控厂家提供的规约不同, 电力自动化应用直接和不同视频监控厂家的设备进行通信, 导致监控系统需要进行编解码插件的定制开发, 开发工作量很大, 系统的可扩展性差。

1.3 客户端服务器架构的视频集成

随着技术的发展, 视频监视系统对传统的视频流集成方式进行了改进, 在总体架构上采用客户端和服务器的结构。变电站的视频数据由变电站的前端设备(如模拟摄像机、视频服务器)采集、编码, 编码后的数据通过网络传输到视频数据服务器。对视频数据服务器接收的编码后的视频数据进行监控、存储和管理, 然后根据各客户端的任务请求, 分发给各类客户端(如后台监控系统或独立视频监

视器), 其系统结构图如图 1 所示。

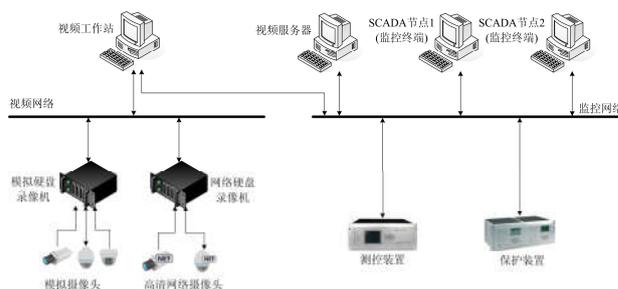


图 1 采用客户端和服务器的架构的视频集成

Fig. 1 Video integration using client and server architecture

这种模式的特点是采用了视频服务器。视频服务器的作用主要包括三个方面:

1) 屏蔽不同视频厂家导致的控制命令和编解码接口差异, 避免客户端直接和不同视频厂家进行通信, 降低了监控系统和视频系统通信接口的复杂性。

2) 接收来自各个节点上不同客户端的视频图像请求和控制命令请求, 并转发给视频工作站。接收来自视频工作站的视频流信息, 并把解码后的图像转发给各个视频监控客户端。这样在视频服务器和监控系统的各个视频监控终端之间不再存在由于和不同厂家设备进行集成导致的编解码差异和控制命令差异。

3) 考虑到监控系统的跨平台需求, 而各个厂家的编解码一般都是在 Windows 操作系统完成的, 针对无法提供多平台编解码库的视频厂家, 可以把视频工作站部署在 Windows 节点上, 这样不会影响监控系统的跨平台性能, 也降低了系统的复杂程度。

在上述视频集成方式中, 视频服务器需要由监控厂家开发, 监控厂家仍然需要考虑视频图像的编解码格式、视频流数据传输协议等问题。

1.4 分层分布式架构的视频集成

本系统在借鉴已有视频监控系统研制经验的基础上, 提出了采用分布式、分层设计的变电站监控系统视频集成架构。系统分为应用层、接入层和设备层。考虑到不同时期、不同地区建设的变电站视频监控系统存在模拟信号、网络信号等多种信号模式, 多个厂家多种型号的视频设备共存, 在接入层部署视频管理平台, 视频管理平台可直接接入网络摄像头、模拟硬盘录像机、网络硬盘录像机等前端视频设备, 对于无法直接接入视频管理平台的视频设备, 通过视频管理平台提供的设备代理接入服务接入。设备代理服务集成了第三方 SDK 以及 GB28181、ONVIF 等行业标准协议, 实现与各厂家视频设备的通信。通过这种方式可以快速、稳定地

接入各种视频设备,解决了设备层的互联互通问题。 系统结构如图 2 所示。

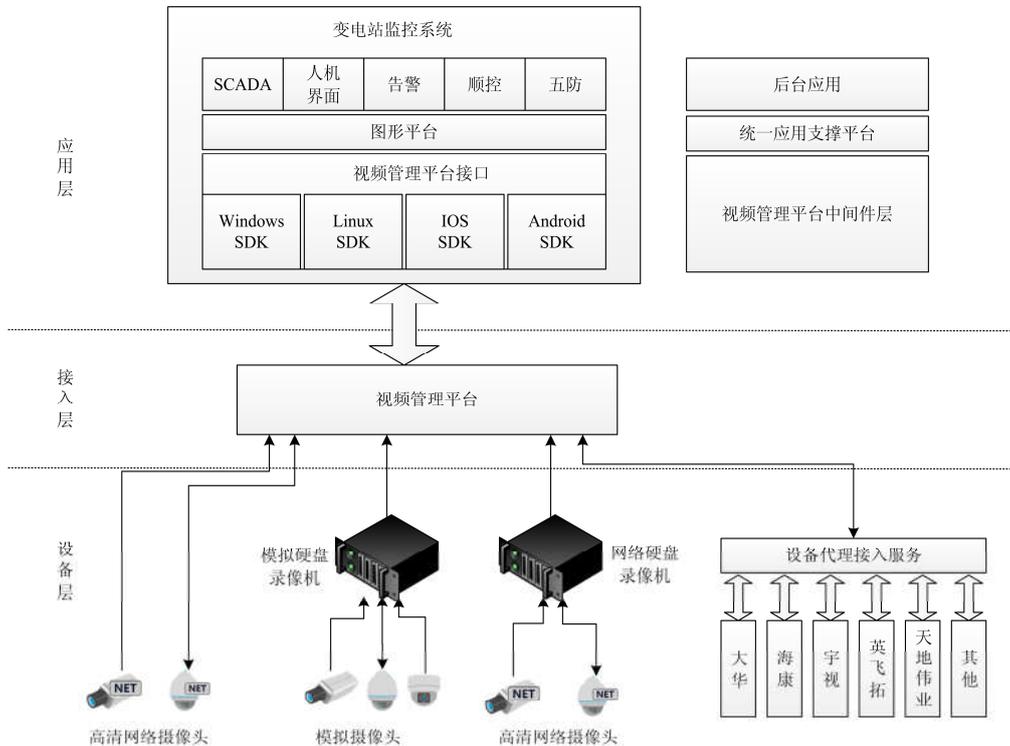


图 2 分层分布式变电站监控系统视频集成架构

Fig. 2 Architecture of layered and distributed video integration

视频管理平台对下为不同类型的视频设备建立了统一的接入框架,对上为应用层提供了接口中间件,使得监控系统能够运行在多种操作系统和硬件平台上,具有很好的可移植性。统一应用支撑平台构筑在通用中间件层之上,为各类电力系统应用软件的开发和运行提供统一的支撑平台。图形平台是统一应用支撑平台的重要组成部分,对视频管理平台进行封装,提供接口给各类需要视频服务的应用。电力系统应用软件构筑在统一应用支撑平台基础上,应用软件人机界面通过图形平台提供的接口,可以简单高效地获取到视频信息流,展示在指定区域。视频管理平台还具有强大的流媒体能力,可处理监控系统中多路数高清视频图像的请求。

通过这种分层分布式结构,变电站监控系统应用软件不用关心视频监控的协议、码流等细节,方便快捷地实现了视频的深度集成和统一接入。

2 基于视频集成的程序化控制

浙江宁波 500 kV 姚江变电站进行智能化改造在部署程序化控制应用时,采用分层分布式的视频集成架构,实现了基于视频集成的程序化控制。

系统改造之前,操作人员进行程序化操作时通

过遥信遥测判断顺控任务是否可执行以及是否执行成功,为了了解顺控任务的实际执行情况,通常需要监护人员在现场配合进行相应的检查。这种人工干预操作增加了变电站的安全风险,也给运行人员带来了很大压力。

系统复用站内设备层视频设备,没有增加视频设备的投资,视频管理平台接入站内已有的视频设备。改造之后,系统在执行程序化操作任务时,操作人员在监控画面上可直观地查看顺控任务的执行过程和一、二次设备的运行情况,采用视频集成的程序化操作界面如图 3 所示。



图 3 采用视频集成的程序化操作界面

Fig. 3 Sequential control interface using video integration

顺控任务执行之前, 视频窗口根据当前顺控任务操作的一二次设备对象自动切换到对应的摄像头和预置位, 无需人工干预, 同时综合视频智能分析结果判断顺控任务的执行前条件是否满足。若满足, 则执行此步顺控任务, 运行人员在间隔图上及时核对顺控任务执行过程, 在间隔图上展示了此间隔中开关和刀闸等一次设备的状态、二次设备采集的开关量和模拟量、现场实时视频、设备态当前状态等信息, 运行人员所需查看的信息全部集成在一个界面上, 避免了到多个系统上查看有关信息和就地检查设备的繁琐工作。顺控任务执行完成后, 系统再次综合视频智能分析结果判断顺控任务的确认条件是否满足, 若满足, 则此步顺控任务执行成功, 继续执行下一步。如果在这个过程中出现条件不满足, 则立即停止操作票的执行, 并给出告警提醒相关人员及时处理。

通过顺控任务执行过程信息的全面综合展示和视频智能分析, 减少了人工操作和人为误操作。以 220 kV 母线倒闸操作为例, 操作时间从人工操作的 30 min 减少至 5 min, 大大提高了现场操作运行的效率。

3 程序化控制多源确认

在执行程序化操作的过程中, 通过运行人员观测每一路视频从而发现异常事件存在困难, 解决这个问题有效方法就是对视频进行自动智能分析, 对视频中出现的运行人员感兴趣事件进行实时提取和记录, 从而实现及时告警和事后高效分析。

变电站监控系统通过视频管理平台对视频数据进行充分和有效地利用, 实现了智能分析功能。可通过多种算法来实现电力设备状态的识别^[9-11], 在实际工程中, 视频管理平台采用分析视频流中刀闸区域内直线的算法。根据源图像中刀闸所在位置的矩形区域和 H 矩阵得到刀闸设备在待匹配图像中的位置, 然后利用 Hough 变换检测直线的算法识别刀闸的状态。首先, 待检测图像和当前检测点的模板图像进行图像配准, 得到待检测图像的对应刀闸子区域, 然后对刀闸图像进行预处理, 进而利用 Hough 变换求直线, 通过直线过滤后, 如果子区域图中含有直线, 即为合状态, 否则为分状态。

变电站监控系统根据刀闸位置遥信信息和视频监控系统生成的刀闸状态信息判断遥控是否成功。执行刀闸遥控操作时有闸刀位置遥信信息和刀闸位置视频分析结果两个不同原理的指示同时发生变化, 才能确认该设备已操作到位。通过对视频数据的智能分析, 实现了一次设备状态的多源确认^[12],

为一键式程序化控制提供了安全保障。

4 视频监控系统应用

4.1 视频联动

变电站在进行遥控操作或有告警发生时通过视频联动进行视频验证, 摄像头自动转到预置位, 准确快速地对准与操作和告警相关联的设备。系统支持下面两种联动方式。

1) 遥控视频联动。监控系统在进行远方操作控制时, 首先弹出视频窗口, 然后通过视频管理平台控制摄像头切换到指定位置, 采集视频数据并输出到监控主机的视频监控窗口, 从而实现了设备的远程可视化操作与控制。

2) 告警视频联动。当监控系统产生告警时, 视频管理平台控制摄像头切换到指定位置, 在值班机上弹出告警现场的视频画面, 运行人员可以快速对设备故障情况及时进行外观检查、判断, 为事故处理争取时间。

4.2 智能巡检

该系统实现了电力设备的智能巡检^[13]。系统根据预先设置好的路线进行设备巡检, 在巡检过程中实时显示当前巡检设备的铭牌信息、在线避雷器数据、设备厂家信息和检修记录等, 在视频巡检过程中, 视频管理平台启动视频智能分析, 如发现设备异常, 监控系统立刻发出报警, 在巡检结束后, 系统自动将巡检记录供监控人员查看。

系统还可以进行环境巡检, 巡检对象主要为设备温度和室温湿度等。在对设备温度进行巡检时采用红外摄像头对设备进行监测, 当设备重点部位超过设置的温度值时, 发出报警并录像。对设备室温湿度进行巡检时, 在系统获得的信息超过预定的报警值时打开对应设备室的图像并录像存档、发出报警。监控人员可通过环境巡检日志查看关联的巡检录像, 在巡检结束后自动生成巡检报告。

5 结语

本文针对现有视频监控系统的不足, 研制了采用分层分布式视频集成架构的新一代视频监控系统。系统对站内程序化操作进行视频验证, 采用视频监控画面和视频智能分析来查看和判断设备状态, 结合 SCADA 系统采集到的一次设备相关电气量, 综合判断一次设备的运行状态, 实现了一键式程序化控制的多源确认, 大大提高了程序化控制的执行效率。采用基于视频集成及智能分析的一键式程序化控制技术, 监控系统在进行程序化操作的同时能够在同机查看变电站设备的图像信息, 辅助判

断现场的一次设备位置状态，避免运行人员在程序化操作过程中再到其他图像监控系统查看设备的图像信息，极大减少了运行人员的工作复杂性和繁琐性，对提高电网安全稳定运行水平和运行人员的工作效率取得了良好的效果。视频监控系统和变电站监控系统的高级应用互相结合，还可用于视频联动、智能巡检和可视化五防等，具有广阔的应用前景。

参考文献

[1] 侯思祖, 田新成, 陆旭, 等. 变电站视频监控系统设计研究[J]. 继电器, 2007, 35(9): 60-64.
HOU Sizu, TIAN Xincheng, LU Xu, et al. Design and research of video supervisory control system of the substation[J]. Relay, 2007, 35(9): 60-64.

[2] 高建勋, 周丹. 变电站视频及环境监控系统在 SCADA 系统中的应用[J]. 电力系统通信, 2011, 32(10): 39-44.
GAO Jianxun, ZHOU Dan. Application of substations video and environmental monitoring system in SCADA system[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2011, 32(10): 39-44.

[3] 张嵩, 宋爽. 智能变电站一体化平台关键子系统接入方案研究[J]. 吉林电力, 2014, 42(1): 7-9.
ZHANG Song, SONG Shuang. Research on the plan of key subsystem connecting into smart substation integration platform[J]. Jilin Electric Power, 2014, 42(1): 7-9.

[4] 蔡伟, 乐健, 靳超, 等. 基于视频识别技术的变电站防误操作系统的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(12): 112-116.
CAI Wei, LE Jian, JIN Chao, et al. Research of a substation anti-mal-operation system based on video identification technology[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(12): 112-116.

[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): 150-154.
ZHAI Ruicong, GAO Ya. Research on application of remote video information linkage of the power equipment monitoring and diagnosis center system[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(8): 150-154.

[6] 陈天恒, 杨晓静, 王伟力, 等. 基于蚁群算法的变电站视频监控联动方案优化设计[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(2): 134-139.
CHEN Tianheng, YANG Xiaojing, WANG Weili, et al. Optimization design of substation video monitoring system based on ant colony algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(2): 134-139.

[7] BO Z Q, LIN X N, WANG Q P, et al. Developments of power system protection and control[J]. Protection & Control of Modern Power Systems, 2016, 1: 8pp.
DOI 10.1186/s41601-016-0012-2

[8] 朱炳铨, 王松, 黄晓明, 等. 支持一键式顺控的智能操作票生成和管理系统[J]. 华东电力, 2011, 39(5): 837-841.
ZHU Bingquan, WANG Song, HUANG Xiaoming, et al. On the supporting and managing system of the intelligent operation order of one key sequence control[J]. East China Electric Power, 2011, 39(5): 837-841.

[9] 段汝娇, 赵伟, 黄松岭, 等. 一种基于改进 Hough 变换的直线快速检测算法[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(12): 2774-2780.
DUAN Rujiao, ZHAO Wei, HUANG Songling, et al. Fast line detection algorithm based on improved Hough transformation[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(12): 2774-2780.

[10] 邵剑雄, 闫云凤, 齐冬莲, 等. 基于霍夫森林的变电站开关设备检测及状态识别[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(11): 115-120.
SHAO Jianxiong, YAN Yunfeng, QI Donglian, et al. Substation switch detection and state recognition based on hough forests[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(11): 115-120.

[11] 张浩, 王玮, 徐丽杰, 等. 图像识别技术在电力设备监测中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(6): 88-91.
ZHANG Hao, WANG Wei, XU Lijie, et al. Application of image recognition technology in electrical equipment on-line monitoring[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(6): 88-91.

[12] 刘必晶, 徐海利, 林静怀, 等. 远动遥控的双校验方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(8): 134-138.
LIU Bijing, XU Haili, LIN Jinghuai, et al. Research on double check method of remote security check[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(8): 134-138.

[13] 练笔战, 杨扬. 电力图像监控系统集成平台的研究与设计[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(6): 124-130.
LIAN Bizhan, YANG Yang. Research and design of electric power video surveillance integration platform[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(6): 124-130.

收稿日期: 2016-08-29; 修回日期: 2016-11-01

作者简介:

滕井玉(1980—), 男, 通信作者, 硕士, 高级工程师, 长期从事电力系统自动化工作; E-mail:tengjy@nrec.com
蒋正威(1978—), 男, 高级工程师, 长期从事电力系统自动化工作;
杜奇伟(1965—), 男, 高级工程师, 长期从事电力系统自动化工作。

(编辑 葛艳娜)