

DOI: 10.7667/PSPC161296

智能站二次检修安措可视化及一键式操作系统设计与实现

许家焰¹, 宋福海², 陆榛²

(1. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京 100085; 2. 国网福建省电力有限公司, 福建 福州 350003)

摘要: 智能变电站二次检修安措工作存在传统人工拟票难度大、易出错、效率低以及安措票缺乏有效管理等一系列问题。针对这些问题, 提出了智能站二次检修安措可视化及一键式操作系统的解决方案。系统基于一体化监控系统, 实现了二次检修安措可视化展示, 二次检修安措票和二次设备遥控操作票的智能拟票、防误校验、模拟预演, 针对操作票的遥控操作, 安措票和操作票管理, 日志管理等功能。通过系统的实现和应用表明, 提高了二次运维检修人员的工作效率, 保证了二次检修安全措施工作的有效性和正确性。该系统为智能变电站运维、检修、改扩建工作提供了安全可靠的二次检修安措实施技术保障和应用系统支撑体系。

关键词: 智能变电站; 一体化监控系统; 二次检修安措票; 二次设备遥控操作票; 智能拟票; 顺序控制

Design and realization of the secondary maintenance safety measures visualization and one-touch operation system in smart substation

XU Jiayan¹, SONG Fuhai², LU Zhen²

(1. Beijing Sifang Automation Co., Ltd., Beijing 100085, China;

2. State Grid Fujian Province Electric Power Co., Ltd., Fuzhou 350003, China)

Abstract: The secondary maintenance safety measures work exists a series of problems such as traditional manual create order is difficult, error-prone and inefficient, and safety measures order lacks of effective management in smart substation, etc. For these problems, a solution of the secondary maintenance safety measures visualization and one-touch operation system in smart substation is put forward. Based on integrated supervision and control system, the system realizes the functions of the secondary maintenance safety measures visual display, the smart create order, error proofing verification and simulation preview of the secondary maintenance safety measures order and the secondary equipment remote control operation order, the remote control operation of the operation order, the management of the safety measures order and the operation order, and log management. The realization and application of the system show that it improves the efficiency of the secondary operation and maintenance personnel, and ensures the effectiveness and correctness of the secondary maintenance safety measures work. For smart substation operation and maintenance, maintenance, and renovation work, it provides a safe and reliable technical support and application support system for the secondary maintenance safety measures implementation.

Key words: smart substation; integrated supervision and control system; secondary maintenance safety measures order; secondary equipment remote control operation order; smart create order; sequence control

0 引言

随着智能变电站的大范围推广, 智能变电站前期设计、设备及应用的问题也逐渐暴露。二次系统增加了合并单元、智能终端及大量交换机, 使得二次系统结构更加复杂; 用光缆替代电缆联接, 整个

二次系统基于SCD文件, 二次回路(虚端子、虚回路)变成了“黑匣子”; 现阶段二次系统产品没有有效解决智能变电站二次系统的可维护性问题, 管理极其复杂, 安全风险大。

国家电网公司为了规范智能变电站继电保护和自动装置现场作业, 提高智能变电站继电保护和自动装置现场校验、缺陷处理、改扩建作业中安全措施的标准化和规范化水平, 确保人员安全、

电网安全和设备安全, 不仅针对各类保护设备制订了标准化设计规范, 还制订了二次检修安措规范^[1]。2015年9月17日国调中心还下发通知《智能变电站继电保护和自动装置现场检修安全措施指导意见(试行)》。国网企标文献[1]中所述二次工作安全措施票, 简称为二次检修安措票或安措票。

针对智能变电站存在的问题, 近几年对二次回路可视化监视^[2-3]、二次设备在线监视^[4-6]、二次设备运维^[7]以及二次检修安措^[8-15]等方面开展了大量的研究工作, 取得了一定成效。但目前二次检修安措工作仍缺乏许多技术和系统支撑, 尤其二次检修安措开票工作还停留在依靠经验和查找相关资料的前提下进行人工模板开票, 不仅工作效率低, 而且容易错误导致误操作, 造成安全隐患和事故。

因此, 智能站二次检修安措可视化及一键式操作系统主要解决二次检修安措票智能拟票问题, 摆脱传统人工模板开票模式, 快速拟定出正确和有效的安措票。同时, 提出了二次设备遥控操作票概念, 将二次遥控操作从一次操作票中独立出来, 其操作项目是对保护软压板进行投退操作, 与安措票关于软压板的安措内容保持一致。系统智能拟定二次设备遥控操作票, 并针对操作票进行遥控, 能显著提高二次检修安措工作的效率, 避免误操作。

1 系统方案

1.1 系统架构

系统架构如图1所示。

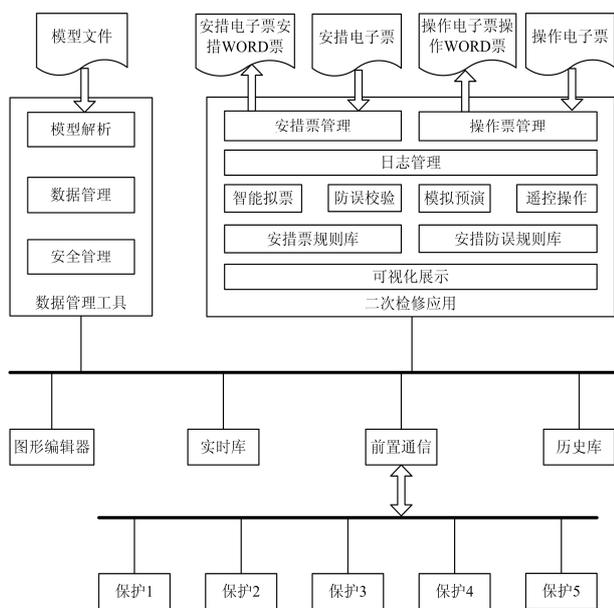


图1 系统架构

Fig. 1 Architecture of system

系统包括数据管理工具、图形编辑器、实时库、历史库、前置通信和二次检修应用等功能模块。其中数据管理工具由模型解析、数据管理和安全管理等单元组成; 二次检修应用由可视化展示、安措票规则库、安措防误规则库、智能拟票、防误校验、模拟预演、遥控操作、安措票管理、操作票管理和日志管理等单元组成。

系统基于一体化监控系统设计, 可以复用一体化监控系统已有的数据管理工具、图形编辑器、实时库、历史库和前置通信等支撑功能模块, 除了需要对有些已有模块做少量适应性扩展开发, 二次检修应用是系统需要开发的关键应用功能模块。

1.2 模型扩展

根据国网企标文献[1]对安措票安措内容及其格式的要求, 安措内容描述尽可能详细且反映现场实际情况, 描述包含信息涉及屏柜信息, 屏柜内的装置信息、硬压板信息、光纤信息、回路端子信息以及空开信息等。但这些信息在现有的SCD模型中并不存在, 需要对模型进行私有扩展, 对屏柜信息进行建模, 以满足安措内容描述的需要。

屏柜信息模型结构如图2所示。

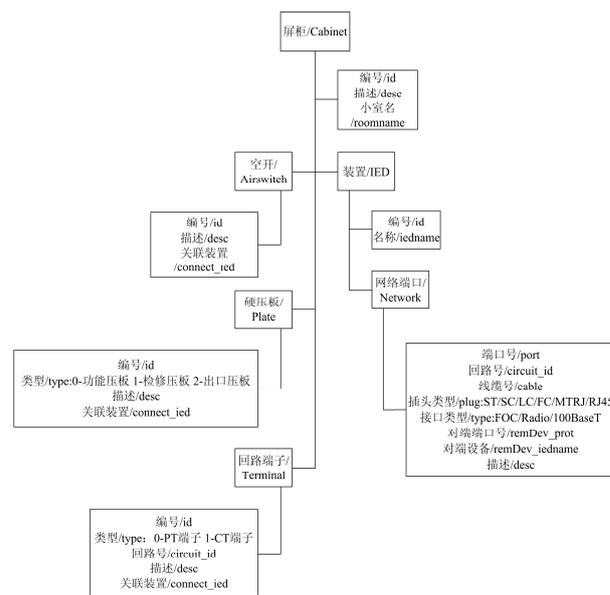


图2 屏柜信息模型结构

Fig. 2 Architecture of cabinet information model

1.3 系统支撑功能设计

1.3.1 数据管理工具

模型解析用于导入并解析智能变电站模型获取变电站数据。除了一体化监控所需常规数据外, 还需获取屏柜模型各类数据和已订阅的GOOSE和SV的虚端子及二次虚回路数据。其中GOOSE二次

回路包括 GOOSE 开出装置、GOOSE 开出虚端子、GOOSE 开出软压板、GOOSE 开入装置、GOOSE 开入虚端子、GOOSE 开入软压板等数据；SV 二次回路包括 SV 开出装置、SV 开出虚端子、SV 开入装置、SV 开入虚端子、SV 接收软压板等数据。

数据管理用于对变电站数据进行修改、删除、增加、复制等常规管理操作。

安全管理用于对系统用户及其各种操作权限进行增加、删除和修改等管理，保证系统的安全性。

1.3.2 图形编辑器

图形编辑器是系统实现可视化展示的工具，提供图形编辑功能，用于绘制系统可视化展示所需图形。图形编辑器具备丰富的可定义图元库，图形编辑方便灵活且适应个性化要求。系统可视化展示所需图形包括一次主接线图、二次设备状态图、网络端口连接拓扑图以及间隔和装置二次回路图等。图形编辑器除了可以个性化绘制所需图形外，还有自动绘图功能。

1.3.3 实时库

实时库是系统运行的数据基础，在系统初始化时将变电站数据加载到实时的数据库供系统实时运行使用，能提高系统快速读写变电站数据的效率。

1.3.4 历史库

历史库用于系统通过设计的接口对历史日志信息进行查询和存储。系统跨平台设计支持对多种主流数据库的操作。

1.3.5 前置通信

前置通信是系统在线运行的基础模块。前置通信与保护等二次设备通信，实时采集二次设备信息，并刷新变电站实时数据。同时，与二次检修应用模块交互遥控命令，与二次设备进行遥控通信，实现对二次设备的遥控操作。

1.4 系统应用功能设计

1.4.1 可视化展示

系统通过可视化展示图形编辑器绘制的一次主接线图、二次设备状态图、网络端口连接拓扑图以及间隔和装置二次回路图等形象直观地展现变电站数据，有助于二次运维检修人员快速了解掌握变电站情况。

间隔或装置二次回路图以虚端子和虚回路为主题，还展现 GOOSE 软压板、SV 接收软压板、检修压板、出口压板、PT/CT 端子连片和光纤等涉及二次检修安措的所有元素。系统在线运行时，二次回路图中的软压板及检修压板等能实时采集的状态量反映当前实时状态，无法通信采集的出口压板等其他信息可通过人工置数系统为其分配的虚遥信反映

其当前状态。

列举 220 kV 线路第一套二次回路示意图如图 3 所示。

1.4.2 安措票规则库

安措票规则库制定了自动拟票所需的规则策略。策略按策略类型可程序设计，赋予唯一策略值代表对应策略。按检修间隔类型和检修装置类型，分别设计间隔策略库和装置策略库，策略库默认配置一套策略，可根据实际需要扩展和配置。

策略类型定义：0 为无；1 为功能软压板；2 为边断路器强制分位软压板；3 为中断路器强制分位软压板；4 为隔离刀闸强制合软压板；5 为隔离刀闸强制分软压板；6 为 SV 接收软压板；7 为 GOOSE 开入软压板；8 为启动失灵软压板；9 为失灵跳闸软压板；10 为失灵联跳变压器软压板；11 为跳本侧断路器软压板；12 为跳他侧断路器软压板；13 为闭锁保护软压板；14 为其他 GOOSE 开出软压板；50 为检修硬压板；51 为功能硬压板；52 为出口硬压板；53 为网络线；54 为 CT 连接片；55 为 PT 连接片。

策略定义如表 1 所示。

表 1 策略定义

Table 1 Tactic definition

策略值	策略名称	策略类型
0	无策略	0
1	退检修设备出口硬压板	52
2	退运行保护功能软压板	1
100	投运行保护中断路器强制分位软压板	3
101	投运行保护边断路器强制分位软压板	2
102	投运行母线保护隔刀强制分软压板	5
103	投运行母线保护隔刀强制合软压板	4
200	退运行保护 GOOSE 开入软压板	7
300	退检修断路器保护失灵跳闸软压板	9
301	退检修母线保护失灵联跳变压器软压板	10
302	退检修保护跳本侧断路器软压板	11
303	退检修保护跳他侧断路器软压板	12
400	退检修保护启动失灵软压板	8
401	退检修保护闭锁运行保护软压板	13
500	退运行保护 SV 接收软压板	6
600	拔检修设备光纤	53
601	投检修设备检修硬压板	50
602	划开检修设备 CT 二次回路连接片	54
603	划开检修设备 PT 二次回路连接片	55

间隔策略库按线路、断路器、主变、母线、母联及分段、所用变、电抗器、电容器、其他等间隔类型，从表 1 中分别按顺序逐一选择间隔检修所需的所有策略。

装置策略库按线路保护、断路器保护、主变保护、母线保护、母联及分段保护、所用变保护、电抗器保护、电容器保护、各自投、智能终端、合并单元、智能合并一体化和其他等装置类型，从表 1 中分别按顺序逐一选择装置检修所需的所有策略。

智能拟定操作票包括拟定安措票时自动拟定操作票、一键式自动拟定操作票、半自动拟定操作票及模板拟定操作票等方式。拟定安措票时自动拟定操作票是提取拟定的安措票中有关软压板的安措内容,按设定的格式自动拟定操作票。一键式自动拟定操作票是一键式操作检修对象,根据其对应类型的安措票规则策略库,逐项验证有关软压板的策略有效性,按设定的格式自动拟定操作票。半自动拟定操作票是拟定操作票时,通过手动关联选择具体操作对象,按设定的格式拟定操作票。模板拟定操作票是手动修改典型操作票范本模板或已执行过的操作票,拟定新的操作票。

安措票的安措项目除了安措内容外,还包含执行和恢复的记录。操作票关于执行过程和恢复过程是分开两张票,恢复票的操作项目与执行票的操作项目顺序完全相反。系统自动拟定操作票时会生成两张票,也可根据一张票转换成另一张票。

1.4.5 防误校验

依据安措防误规则库,防误校验可对安措票的安措内容和操作票的操作项目逐项进行防误验证,验证安全隔离措施的有效性和正确性。防误校验采用未知模式进行智能验证,即事先不知安措内容或操作项目,从第一项安措内容或操作项目开始逐一验证,验证过的正确安措内容或操作项目作为已知条件参与下一项验证。

防误校验具体安措或操作项时,先检索变电站数据验证其有效性,再根据所选防误方案预置的典型安措顺序智能识别该项目是否符合当前典型安措顺序。防误校验完安措票所有安措内容或操作票所有操作项目,还需根据典型安措顺序库的防误校验策略和 GOOSE 软压板判据,检索检修对象的二次回路等数据进行智能查漏,查找是否存在遗漏的必须项。防误校验结束报告防误验证结果,报告结果为正确票或问题票。报告问题票时,列出防误校验现有项的问题项和智能查漏的遗漏项。

防误校验机制不同于智能拟票机制,通过验证系统自动拟定的票不仅验证了安措的正确性,还进一步检测了安措票策略库制定的合理性,更能避免系统人工拟定错误的安措票或操作票。

1.4.6 模拟预演

模拟预演是自动预演展示安措票的安措过程或操作票的操作过程,利于二次运维检修人员通过形象动态的过程展示熟悉其工作内容。在安措或操作项目列表显示上,通过颜色同步展示预演过程;在检修对象二次回路图上,通过自动置数动态地展示过程和结果,比如预演的软压板由投入变成退出、

状态量变位闪烁、鼠标自动过程跟踪等。由于文献[1]要求安措票遵循先执行后恢复原则,即恢复过程是执行过程完全相反的过程,安措票模拟预演分为模拟预演执行过程和模拟预演恢复过程。

模拟预演过程中,为了适应人眼的视觉感官,预演项目之间预设一定的时间间隔,且该参数可实时配置,实现良好的预演效果。

1.4.7 遥控操作

针对操作票的遥控操作包括一键式顺序控制操作、单步控制操作、混合控制操作等方式。一键式顺序控制操作是自动按操作票的操作项目顺序,逐项执行对二次设备的遥控。单步控制操作是按操作票的操作项目顺序人工执行对二次设备的遥控。混合控制操作是一键式顺序控制操作和单步控制操作无缝切换的模式,顺序控制操作过程中可暂停顺控过程,通过人工单步控制操作后续操作项目,单步控制操作过程中可顺序控制后续操作项目。

遥控操作时,根据配置决定是否需要操作人身份验证和监护人身份验证及确认。需要身份验证时,一键式顺序控制操作只需开始时进行一次验证,单步控制操作则每个操作项的人工遥控都需进行身份验证。当前操作项目遥控成功,才能继续执行,且顺控操作之间预设可实时配置的时间间隔。

1.4.8 安措票和操作票管理

系统采用变电站对象管理模式,实现对安措票和操作票的保存、备份、查询、修改、删除、预览及打印、导入、导出等管理。

安措票和操作票分别采用自定义的 XML 格式保存其内容的票文件,分安措票和操作票保存在变电站目录下,便于分变电站管理。备份票副本提高存储管理的安全性。设置条件查询符合要求的票,查询条件是时间范围和变电站等。刚智能拟定还未保存的票和已保存但未执行的票可以修改,已执行的票禁止原票修改,但可作为范本模板修改为新票。只能删除未执行的票,禁止删除已执行的票。预览及打印要求按安措票和操作票设计格式执行。

导入是将安措电子票导入为系统安措票,将操作电子票导入为系统操作票。导出是从系统中将安措票导出为安措电子票和设计格式的安措 WORD 票,将操作票导出为操作电子票和设计格式的操作 WORD 票。安措电子票和操作电子票分别采用自定义的 XML 格式保存其内容的票文件。电子票用于跨系统使用,其内容仅包含系统票中的公共数据,系统票还包含当前系统的一些私有信息。

1.4.9 日志管理

日志管理通过历史库的查询和存储接口,对系

统的历史日志信息进行读写操作。历史日志信息用于记录二次检修安措功能的各种操作, 包括新建、删除、修改、备份、导入、导出、预演、校验、遥控和打印等。

2 系统实现

系统基于四方公司的一体化监控系统平台开发实现, 是四方公司与国网福建省电力有限公司电力调度控制中心合作研究的科技项目《智能站二次检修安措可视化及一键式操作研究》的成果之一。

二次检修应用模块采用 QT 编程设计, UI 设计美观简洁, 人机界面操作简单。主界面设计如图 4 所示。列举安措票界面如图 5 所示, 操作票界面如图 6 所示。



图 4 主界面

Fig. 4 Main interface of UI



图 5 安措票界面

Fig. 5 Safety measures order of UI

3 系统应用

科技项目选取福建厦门 500 kV 东岗变作为试点工程, 系统离线部署在福建省检修公司用于区域

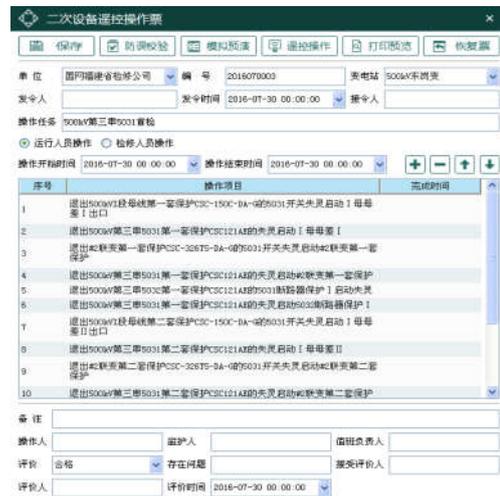


图 6 操作票界面

Fig. 6 Operation order of UI

变电站集中管理, 在线部署在东岗变用于在线运行。系统满足了项目要求的所有功能, 实现了长期稳定运行, 能快速有效辅助二次检修安措工作, 避免误操作, 取得了良好的效果。

系统应用过程具体步骤: 1) 制定规则库; 2) 导入模型文件进行数据管理; 3) 绘制图形; 4) 数据实时化和图形可视化; 5) 智能拟票; 6) 防误校验; 7) 模拟预演; 8) 遥控操作; 9) 安措票和操作票管理; 10) 日志管理。

东岗变 500 kV 第三串一次接线图如图 7 所示。断路器间隔定制策略如表 2 所示。根据定制的策略表 2, 对东岗变 500 kV 第三串 5031 断路器间隔停电首次检修, 自动拟票后导出的安措 WORD 票如表 3 所示, 操作 WORD 票如表 4 所示。

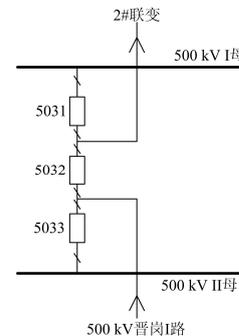


图 7 一次接线图

Fig. 7 Primary winding diagram

表 2 断路器策略

Table 2 Tactic of breaker

类型	策 1	策 2	策 3	策 4	策 5	策 6	策 7	策 8
断路器	100	101	200	300	500	601	602	603

表 3 安措票

Table 3 Safety measures order

二次工作安全措施票

单位: 国网福建省检修公司 编号: 2016070002 对应工作票编号: _____

被试设备及保护名称		500 kV 第三串 5031		
工作负责人	工作时间	签发人		
工作内容: 500 kV 第三串 5031 首检				
安全措施: 包括应退出和投入出口和开入软压板、出口和开入硬压板、检修硬压板, 解开及恢复直流线、交流线、信号线、联锁线和联锁开关, 断开或合上交流直空开, 拔出和插入光纤等, 按工作顺序填写安全措施, 并填写执行安全措施后导致的异常告警信息。已执行, 在执行栏上打“√”, 已恢复, 恢复栏上打“√”				
序号	执行	安全措施内容		恢复
1		500 kV 保护小室一:在(031)500 kV I 母母差保护屏 500 kVI 段母线第一套保护 CSC-150C-DA-G,退出软压板,编号为 LP22/5031 开关失灵启动 I 母母差 I 出口		
2		500 kV 保护小室一:在(007)500 kV#2 联变 500 kV 侧 5031 开关保护屏 500 kV 第三串 5031 第一套保护 CSC121AE,退出软压板,编号为 3LP6/失灵启动 I 母母差 I		
3		联变及 220 kV 保护小室:在(028)#2 联变第一套 CSC326 保护屏#2 联变第一套保护 CSC-326T5-DA-G,退出软压板,编号为 1LP20/5031 开关失灵启动#2 联变第一套保护		
4		500 kV 保护小室一:在(007)500 kV#2 联变 500 kV 侧 5031 开关保护屏 500 kV 第三串 5031 第一套保护 CSC121AE,退出软压板,编号为 3LP7/失灵启动#2 联变第一套保护		
5		500 kV 保护小室一:在(006)500 kV 晋岗 I 路/#2 联变 5032 开关保护屏 500 kV 第三串 5032 第一套保护 CSC121AE,退出软压板,编号为 3LP10/5031 断路器保护 I 启动失灵		
6		500 kV 保护小室一:在(007)500 kV#2 联变 500 kV 侧 5031 开关保护屏 500 kV 第三串 5031 第一套保护 CSC121AE,退出软压板,编号为 3LP5/失灵启动 5032 断路器保护 I		
7		500 kV 保护小室一:在(031)500 kV I 母母差保护屏 500 kVI 段母线第二套保护 CSC-150C-DA-G,退出软压板,编号为 LP22/5031 开关失灵启动 I 母母差 II 出口		
8		500 kV 保护小室一:在(007)500 kV#2 联变 500 kV 侧 5031 开关保护屏 500 kV 第三串 5031 第二套保护 CSC121AE,退出软压板,编号为 3LP6/失灵启动 I 母母差 II		
9		联变及 220 kV 保护小室:在(029)#2 联变第二套 CSC326 保护屏#2 联变第二套保护 CSC-326T5-DA-G,退出软压板,编号为 1LP20/5031 开关失灵启动#2 联变第二套保护		
10		500 kV 保护小室一:在(007)500 kV#2 联变 500 kV 侧 5031 开关保护屏 500 kV 第三串 5031 第二套保护 CSC121AE,退出软压板,编号为 3LP7/失灵启动#2 联变第二套保护		
11		500 kV 保护小室一:在(006)500 kV 晋岗 I 路/#2 联变 5032 开关保护屏 500 kV 第三串 5032 第二套保护 CSC121AE,退出软压板,编号为 3LP10/5031 断路器保护 II 启动失灵		
12		500 kV 保护小室一:在(007)500 kV#2 联变 500 kV 侧 5031 开关保护屏 500 kV 第三串 5031 第二套保护 CSC121AE,退出软压板,编号为 3LP5/失灵启动 5032 断路器保护 II		
13		联变及 220 kV 保护小室:在(028)#2 联变第一套 CSC326 保护屏#2 联变第一套保护 CSC-326T5-DA-G,退出软压板,编号为 5LP6/投 5031 开关电流采样		
14		500 kV 保护小室一:在(031)500 kV I 母母差保护屏 500 kVI 段母线第一套保护 CSC-150C-DA-G,退出软压板,编号为 5LP8/投 5031 开关电流采样		
15		联变及 220 kV 保护小室:在(029)#2 联变第二套 CSC326 保护屏#2 联变第二套保护 CSC-326T5-DA-G,退出软压板,编号为 5LP6/投 5031 开关电流采样		
16		500 kV 保护小室一:在(031)500 kV I 母母差保护屏 500 kVI 段母线第二套保护 CSC-150C-DA-G,退出软压板,编号为 5LP8/投 5031 开关电流采样		
17		500 kV 保护小室一:在(007)500 kV#2 联变 500 kV 侧 5031 开关保护屏,投入检修压板,编号为 1-3KLP/投 5031 开关保护 1 检修状态		
18		500 kV 保护小室一:在(007)500 kV#2 联变 500 kV 侧 5031 开关保护屏,投入检修压板,编号为 2-3KLP/投 5031 开关保护 2 检修状态		
19		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜,投入检修压板,编号为 1-4RLP1/投 5031 智能终端 1 检修状态		
20		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜,投入检修压板,编号为 2-4RLP1/投 5031 智能终端 2 检修状态		
21		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜 500 kV 第三串 5031 第一套合并单元 PSMU602GC,投入检修压板,编号为 1-13RLP1/投 5031 合并单元 1 检修状态		
22		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜,投入检修压板,编号为 2-13RLP1/投 5031 合并单元 2 检修状态		
23		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜划开至 2 号主变保护 1 用 CT 端子 1-13ID:1、1-13ID:2、1-13ID:3、1-13ID:7,回路号为 A4111、B4111、C4111、N4111 的中间切片,外部回路用红色绝缘胶布包好		
24		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜划开至 500 I 段母线保护 1 用 CT 端子 1-13ID:9、1-13ID:10、1-13ID:11、1-13ID:15,回路号为 A4181、B4181、C4181、N4181 的中间切片,外部回路用红色绝缘胶布包好		
25		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜划开至 5031 断路器保护 1 用 CT 端子 1-13ID:25、1-13ID:26、1-13ID:27、1-13ID:31,回路号为 A4131、B4131、C4131、N4131 的中间切片,外部回路用红色绝缘胶布包好		
26		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜划开至 2 号主变保护 2 用 CT 端子 2-13ID:1、2-13ID:2、2-13ID:3、2-13ID:7,回路号为 A4121、B4121、C4121、N4121 的中间切片,外部回路用红色绝缘胶布包好		
27		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜划开至 500 I 段母线保护 2 用 CT 端子 2-13ID:9、2-13ID:10、2-13ID:11、2-13ID:15,回路号为 A4171、B4171、C4171、N4171 的中间切片,外部回路用红色绝缘胶布包好		
28		500 kV 设备区:在#2 联变 500 kV 侧、5031 开关单元智能控制柜划开至 5031 断路器保护 2 用 CT 端子 2-13ID:25、2-13ID:26、2-13ID:27、2-13ID:31,回路号为 A4161、B4161、C4161、N4161 的中间切片,外部回路用红色绝缘胶布包好		
		执行工作	恢复工作	
执行人	监护人	恢复人	监护人	
执行时间		恢复时间		

表 4 操作票

Table 4 Operation order

智能变电站二次设备遥控操作票

编号: 2016070003

1. 发令人: _____, 接令人: _____
发令时间: _____
2. 操作变电站: 500 kV 东岗变
3. 操作任务: 500 kV 第三串 5031 首检
4. (√) 运行人员操作, () 检修人员操作
5. 操作开始时间: _____, 操作结束时间: _____

6. 操作步骤

序号	操作项目	完成时间
1	退出 500 kVI 段母线第一套保护 CSC-150C-DA-G 的 5031 开关失灵启动 I 母母差 I 出口	
2	退出 500 kV 第三串 5031 第一套保护 CSC121AE 的失灵启动 I 母母差 I	
3	退出#2 联变第一套保护 CSC-326T5-DA-G 的 5031 开关失灵启动#2 联变第一套保护	
4	退出 500 kV 第三串 5031 第一套保护 CSC121AE 的失灵启动#2 联变第一套保护	
5	退出 500 kV 第三串 5032 第一套保护 CSC121AE 的 5031 断路器保护 I 启动失灵	
6	退出 500 kV 第三串 5031 第一套保护 CSC121AE 的失灵启动 5032 断路器保护 I	
7	退出 500 kVI 段母线第二套保护 CSC-150C-DA-G 的 5031 开关失灵启动 I 母母差 II 出口	
8	退出 500 kV 第三串 5031 第二套保护 CSC121AE 的失灵启动 I 母母差 II	
9	退出#2 联变第二套保护 CSC-326T5-DA-G 的 5031 开关失灵启动#2 联变第二套保护	
10	退出 500 kV 第三串 5031 第二套保护 CSC121AE 的失灵启动#2 联变第二套保护	
11	退出 500 kV 第三串 5032 第二套保护 CSC121AE 的 5031 断路器保护 II 启动失灵	
12	退出 500 kV 第三串 5031 第二套保护 CSC121AE 的失灵启动 5032 断路器保护 II	
13	退出#2 联变第一套保护 CSC-326T5-DA-G 的投 5031 开关电流采样	
14	退出 500 kVI 段母线第一套保护 CSC-150C-DA-G 的投 5031 开关电流采样	
15	退出#2 联变第二套保护 CSC-326T5-DA-G 的投 5031 开关电流采样	
16	退出 500 kVI 段母线第二套保护 CSC-150C-DA-G 的投 5031 开关电流采样	
备注:		

7. 操作人: _____, 监护人: _____, 值班负责人: _____
8. 评价情况: 经检查本票为合格票。
评价人: _____, 评价时间: _____

4 总结

系统基于智能变电站一体化监控系统设计与实现, 不仅缩减了开发周期和成本, 还扩展了一体化监控系统功能。通过系统实现和应用表明, 系统实现的二次检修安措可视化展示, 二次检修安措票和二次设备遥控操作票的智能拟票、防误校验、模拟预演, 针对操作票的遥控操作, 安措票和操作票管理, 日志管理等功能, 解决了传统人工拟票难度大、易出错、效率低以及安措票缺乏有效管理等一系列问题, 提高了二次运维检修人员的工作效率, 保证了二次检修安全措施工作的有效性和正确性, 为智能变电站运维、检修和改扩建工作提供了安全可靠的二次检修安措实施技术保障和应用系统支撑体系, 具有推广使用价值。

参考文献

- [1] 智能变电站继电保护和电网安全自动装置现场工作保安规定: Q/GDW 11357—2014[S].
Security regulations on relaying protection and stability control equipment for smart substations: Q/GDW 11357—2014[S].
- [2] 高翔, 杨漪俊, 姜健宁, 等. 基于 SCD 的二次回路监测主要技术方案介绍与分析[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(15): 149-154.
GAO Xiang, YANG Yijun, JIANG Jianning, et al. Analysis of secondary circuit monitoring methods based on SCD[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(15): 149-154.
- [3] 张巧霞, 贾华伟, 叶海明, 等. 智能变电站虚拟二次回路监视方案设计及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 123-128.
ZHANG Qiaoxia, JIA Huawei, YE Haiming, et al. Design and application of virtual secondary circuit monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 123-128.
- [4] 袁浩, 屈刚, 庄卫金, 等. 电网二次设备状态监测内容探讨[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(12): 100-106.
YUAN Hao, QU Gang, ZHUANG Weijin, et al. Discussion on condition monitoring contests of secondary equipment in power grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(12): 100-106.
- [5] 徐长宝, 庄晨, 蒋宏图. 智能变电站二次设备状态监测技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(7): 127-131.
XU Changbao, ZHUANG Chen, JIANG Hongtu. Technical research of secondary equipments' state monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control,

2015, 43(7): 127-131.

[6] 蔡骥然, 郑永康, 周振宇, 等. 智能变电站二次设备状态监测研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(6): 148-154.
CAI Jiran, ZHENG Yongkang, ZHOU Zhenyu, et al. A survey of research on secondary device condition monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(6): 148-154.

[7] 秦红霞, 武芳琪, 彭世宽, 等. 智能电网二次设备运维新技术研讨[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 35-40.
QIN Hongxia, WU Fangying, PENG Shikuan, et al. New technology research on secondary equipment operation maintenance for smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 35-40.

[8] 陈亦平, 费云中, 祝建华. 基于 IEC61850-9-2 数字化变电站的二次检修[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(2): 142-144.
CHEN Yiping, FEI Yunzhong, ZHU Jianhua. Secondary testing of digital substations based on IEC61850-9-2[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(2): 142-144.

[9] 李秀丽, 李旭, 葛艳娜, 等. 智能变电站基于信息交互模式的全景检修的研究和应用[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(15): 127-131.
LI Xiuli, LI Xu, GE Yanna, et al. Research and application of panoramic maintenance scheme based on information interaction[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(15): 127-131.

[10] 杨晨, 王强, 沈通, 等. 智能变电站二次系统检修安全策略研究[J]. 电气工程, 2013(1): 31-36.
YANG Chen, WANG Qiang, SHEN Tong, et al. Research on the security strategies of the protection system maintenance in smart substation[J]. Journal of Electrical Engineering, 2013(1): 31-36.

[11] 蓝海涛. 智能变电站继电保护二次安全措施规范化的建议[J]. 智能电网, 2014, 2(1): 62-66.
LAN Haitao. Recommendations for the standardization of relay protection secondary safety measures of smart substation[J]. Smart Grid, 2014, 2(1): 62-66.

[12] 侯伟宏, 裘愉涛, 吴振杰, 等. 智能变电站继电保护 GOOSE 回路安全措施研究[J]. 中国电力, 2014, 47(9): 143-148.
HOU Weihong, QIU Yutao, WU Zhenjie, et al. Study on GOOSE isolation measures in smart substation relay protection[J]. Electric Power, 2014, 47(9): 143-148.

[13] 彭少博, 郑永康, 周波, 等. 220 kV 智能变电站检修二次安措优化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(23): 143-148.
PENG Shaobo, ZHENG Yongkang, ZHOU Bo, et al. Study of optimization of secondary safety measures of 220 kV smart substation maintenance[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(23): 143-148.

[14] 张曼. 智能变电站设备检修的二次安全控制措施[J]. 湖北电力, 2015, 39(2): 32-34, 51.
ZHANG Man. Secondary safety control measures for smart substation equipment maintenance[J]. Hubei Electric Power, 2015, 39(2): 32-34, 51.

[15] 高磊, 卜强生, 袁宇波, 等. 基于二次回路比对的智能变电站调试及安全措施[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(20): 130-134.
GAO Lei, BU Qiangsheng, YUAN Yubo, et al. Smart substation commissioning and safety measures based on secondary circuit comparison[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(20): 130-134.

收稿日期: 2016-08-13; 修回日期: 2016-09-10

作者简介:

许家焰(1976—), 男, 研究生, 高工, 研究方向为变电站自动化、保信及二次运维; E-mail: xujiayan@sf-auto.com

宋福海(1975—), 男, 研究生, 高工, 研究方向为继电保护;

陆榛(1974—), 男, 研究生, 高工, 研究方向为继电保护。

(编辑 周金梅)