

9-14-2020

Research and realization of security measures online rehearsal and antierror warning of intelligent substation secondary equipment

Yuhao ZHAO

Electric Power Research Institute, State Grid Hebei Electric Power Co , Ltd , Shijiazhuang 050021 , China

Xiaoguang HAO

Electric Power Research Institute, State Grid Hebei Electric Power Co , Ltd , Shijiazhuang 050021 , China

Shaobo GENG

State Grid Hebei Electric Power Co , Ltd , Shijiazhuang 050021 , China

Peng LUO

Electric Power Research Institute, State Grid Hebei Electric Power Co , Ltd , Shijiazhuang 050021 , China

Zhongnan XU

Wuhan Kemov Electric Co , Ltd , Wuhan 430223 , China

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://jepst.researchcommons.org/journal>

Recommended Citation

ZHAO, Yuhao; HAO, Xiaoguang; GENG, Shaobo; LUO, Peng; XU, Zhongnan; and MAO, Yurong (2020) "Research and realization of security measures online rehearsal and antierror warning of intelligent substation secondary equipment," *Journal of Electric Power Science and Technology*. Vol. 35: Iss. 3, Article 24.

DOI: 10.19781/j.issn.16739140.2020.03.024

Available at: <https://jepst.researchcommons.org/journal/vol35/iss3/24>

This Article is brought to you for free and open access by Journal of Electric Power Science and Technology. It has been accepted for inclusion in Journal of Electric Power Science and Technology by an authorized editor of Journal of Electric Power Science and Technology.

Research and realization of security measures online rehearsal and antierror warning of intelligent substation secondary equipment

Authors

Yuhao ZHAO, Xiaoguang HAO, Shaobo GENG, Peng LUO, Zhongnan XU, and Yurong MAO

智能变电站二次设备安全措施在线预演及防误预警的研究与实现

赵宇皓¹, 郝晓光¹, 耿少博², 罗 蓬¹, 徐中南³, 毛玉荣³

(1. 国网河北省电力有限公司电力科学研究院, 河北 石家庄 050021; 2. 国网河北省电力有限公司, 河北 石家庄 050021; 3. 武汉凯默电气有限公司, 湖北 武汉 430023)

摘 要:针对智能变电站在扩建、改建以及检修时,如何高效可靠地隔离相关二次设备的问题,提出一种智能变电站二次设备安全措施在线预演及防误预警方法。通过 SCD 模型文件,建立可视化展示的图形文件,将数据采集单元采集的信息与变电站图形文件进行关联,获取变电站安全措施预演初始状态,并在图形文件上实现二次设备安全措施预演,动态展示安全措施预演过程。经实例验证,该方法自动对安全隔离不完全进行预警,为智能变电站运维检修人员提供了有效的安全隔离技术手段。

关 键 词:智能变电站;二次设备;变电站图形文件;安全措施预演

DOI:10.19781/j.issn.1673-9140.2020.03.024 中图分类号:TM77 文章编号:1673-9140(2020)03-0173-06

Research and realization of security measures online rehearsal and anti-error warning of intelligent substation secondary equipment

ZHAO Yuhao¹, HAO Xiaoguang¹, GENG Shaobo², LUO Peng¹, XU Zhongnan³, MAO Yurong³

(1. Electric Power Research Institute, State Grid Hebei Electric Power Co., Ltd., Shijiazhuang 050021, China; 2. State Grid Hebei Electric Power Co., Ltd., Shijiazhuang 050021, China; 3. Wuhan Kemov Electric Co., Ltd., Wuhan 430223, China)

Abstract: Aiming at the problem of how to effectively and reliably isolate the relevant secondary equipment during the expansion, rebuilding and overhaul of the smart substation, this paper presents a method of security measures online rehearsal and anti-error warning of intelligent substation secondary equipment. This method establishes substation graphics files through the SCD model file, and correlates the information collected by the data acquisition unit and the substation graphics file, to get the initial state of substation safety measures while conducting rehearsal of secondary equipment safety measures and dynamically previewing the safety process rehearsal process. The example validation shows that the method can automatically warn against the incomplete safety isolation and provide an effective technical means for the maintenance personnel in the intelligent substation.

Key words: intelligent substation; secondary equipment; substation graphics files; security measures rehearsal

收稿日期:2018-08-10;修回日期:2019-09-02

基金项目:国网河北省电力有限公司重点科技项目(kj2017-016)

通信作者:毛玉荣(1989-),女,硕士,工程师,主要从事智能变电站测试技术研究;E-mail: maoyurong@kemov.com

在智能变电站中,通过对二次设备进行软压板、设备检修压板和跳闸压板的投退操作来开展运维、检修工作,但是曾经多次因误投、漏投压板和压板操作顺序不当造成跳闸事故^[1]。近年来,国家电网公司相继发布了《国调中心关于印发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)的通知(调继[2015]92号)》^[2],除此之外,科研单位也展开了相关研究,文献[3-4]研究了虚回路可视化技术,直观地展示了安全隔离的范围,为检修过程中安全措施的制定提供了依据;文献[5-6]研究了全模型 SCD 的智能变电站二次系统可视化管理及智能诊断技术,对二次设备的监测及运维技术操作等关键技术进行了介绍和探讨;文献[7-10]研究了智能变电站安全措施可视化技术,对安全措施的技术手段进行了分析,提供了典型的安全隔离方法。这些研究工作,实现了智能站的二次系统安全措施操作的可视化,但在安全措施操作的防误预警方面缺少相关研究。

针对智能变电站检修运维研究现状,该文提出了一种安全措施在线预演及防误预警的方法,基于 SCD 模型文件及变电站运行状态采集,实现二次设备安全措施在线预演及防误预警,并基于此开发了智能变电站二次设备安全措施在线预演及防误预警系统。

1 智能变电站安全措施在线预演及防误预警方法

智能变电站二次设备安全措施在线预演及防误预警实现方法流程如图 1 所示。

1) 建立 SCD 全模型文件。依据 IEC 61850 面向对象建模思想,建立 SCD 全模型文件,为安全措施的在线预演及预警提供基础。

2) 建立安全措施预演关联模型。将 IEDs 抽象成一个保护 IED(中心 IED)与另外一个 IED 的关联模型;

3) 安全措施配置。依据每个地区的典型操作票,建立安全措施模型文件,实现智能变电站安全措施操作票的配置。

4) 逻辑规则库设计。为保护动作指示灯、告警指示灯和闭锁指示灯建立对应的逻辑规则库,若满足逻辑规则库的条件,则相应的指示灯将被点亮;

5) 智能变电站二次安全措施在线预演及防误预

警。在线获取初态,在步骤 1) 建立的图形文件上依据步骤 2) 预演模型及步骤 3) 制定的安全措施,实现二次设备安全措施预演,动态展示安全措施预演过程,安全措施操作结束后根据虚回路图自动对隔离不完全进行预警。

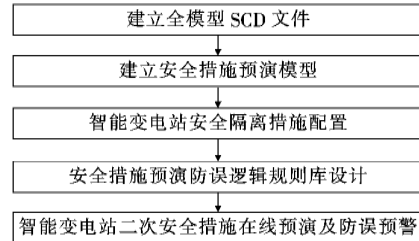


图 1 实现流程

Figure 1 Implementation process

1.1 安全措施预演模型建模

与传统站相比,智能变电站的二次回路变得模糊,尤其对于组网的设备,更加难以清楚地了解信号的传输和设备之间的关联性。通过建立安全措施预演模型,可直观地展示继电保护设备之间的关联关系,为检修过程中安全措施的制定提供依据。

将 IEDs 抽象成一个保护 IED(中心 IED)与另外一个 IED 的关联模型,建立二次安全措施预演模型,如图 2 所示。模型包含:光纤连接与逻辑链路、IED 插件、光口号的关联关系;交换机与光纤连接、逻辑链路、光口号的关联关系;功能压板、SV 输入

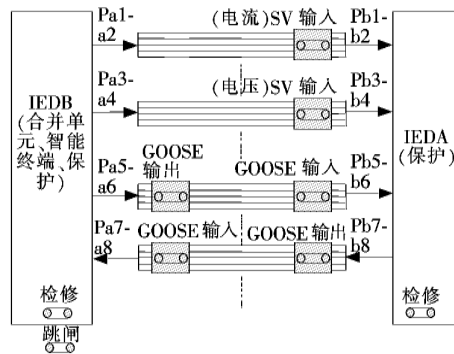


图 2 安全措施预演模型

Figure 2 Security measures rehearsal model

压板、GOOSE 输入/输出压板、检修压板、跳合闸出口硬压板与数据集的关联关系。

按照二次措施预演模型,将建立的全模型 SCD 文件中的 IEDs 实例化成一个保护 IED(中心 IED)与其他 IED 的关联模型,生成二次安全措施预演图,如图 3 所示。

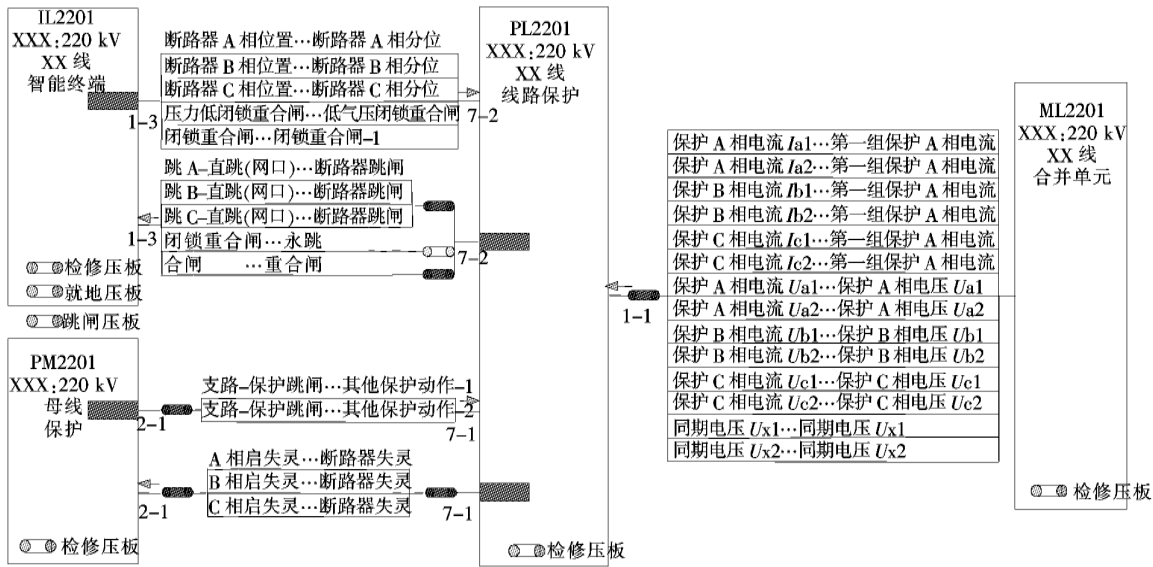


图 3 二次安全措施预演

Figure 3 Security measures rehearsal map

1.2 智能变电站安全隔离措施配置

解析 SCD 文件数据信息,实例化二次安全措施预演模型,构建一、二次设备关联及二次设备之间虚实回路关联。依据电压等级、间隔类型建立安全措施目录集合,针对不同的安全措施设置规程与习惯,配置安全隔离措施信息,安全隔离措施配置流程如图 4 所示。



图 4 安措生成流程

Figure 4 Security measures generation process

1)新建安全措施目录集。解析 SCD 模型文件,基于变电站一次主接线拓扑树形结构获取变电站间隔类型信息。变电站的间隔类型包括:主变间隔、线路间隔、母线间隔、母联/母分间隔、母设间隔。按照不同的电压等级、间隔类型建立安全措施目录集。安全措施目录集信息如表 1 所示。

2)解析 SCD 模型文件,获取间隔类型的安措隔离要素信息。

- ①间隔的保护:SV 输入压板、GOOSE 输入/输出压板、功能压板、检修压板;
- ②间隔的合并单元:检修压板;
- ③间隔的智能终端:检修压板、断路器就地操作、跳合闸出口硬压板;
- ④间隔的光纤链路:间隔设备之间的光纤连接;
- ⑤间隔的一次设备:开关、隔刀、地刀。

3)设置操作方式。针对压板、开关和刀闸、硬压板、光纤分别设置投入/退出、分开/合上、取下/放上、拔出/插入操作方式。

4)配置安全隔离措施条目。选择间隔,建立安全措施操作集,选择操作方式,建立安全隔离操作条目,并与间隔类型的安全措施隔离要素信息关联映射。

5)生成 XML 格式的安全措施操作集。安全操作措施集元素信息如表 2 所示。

表 1 安全措施目录信息

Table 1 Security measures catalog information

元素	属性	说明
SINSTASAF_Bay	iID	间隔类型序号
	strName	间隔类型条目
	strBayId	间隔名称
	ubayType	间隔类型
	uVolt	电压等级

表 2 XML 格式的安全措施操作表

Table 2 Security actions in XML format

元素	属性	说明
SINSTASAF-HeadREnWu	iID	操作任务集序号
	straName	操作任务集名称
SINSTASAF-RenWu	iID	操作任务序号
	straName	操作任务名称
	uErrCheck	程序辨别信息
	iID	安措条目序号
SINSTASAF_Item	iType	条目类型
	straName	安措条目名称
	straBay	间隔 ID
	straIed	IED 信息
	strID	具体条目 ID 标识
	straEnaPath	压板路径
	iCheckVal	待校核值
	StrcheckDesc	待校核值描述
bDLD	待联动信息	

1.3 安全措施防误逻辑规则库设计

依据线路保护、母线保护、主变保护、母联保护、断路器保护等继电保护动作原理,结合国调中心相关的指导意见,为保护动作指示灯、告警指示灯及闭锁指示灯建立对应的逻辑规则库,若满足逻辑规则库的条件,则相应的指示灯将被点亮。以保护动作为例,其逻辑规则:

保护动作(差动) = “IEDA 支路电流 SV 输入压板退出”∩“IEDA 差动保护功能压板投入”∩“支路一次设备处于运行状态逻辑”∩“投入运行一次支路数判断逻辑”∩“无 IEDAMU、智能终端检修不一致闭锁逻辑”∩“无 IEDAMU、智能终端光纤断链闭锁逻辑”∩“IEDA 支路跳闸 GOOSE 软压板投入”∩“支路智能终端出口硬压板投入”。

2 系统设计

智能变电站二次设备安全措施在线预演及防误预警系统的整体架构如图 5 所示,主要包括安全措施预演单元和采集单元。

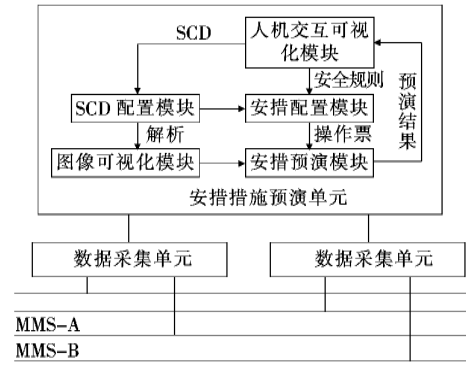


图 5 系统架构

Figure 5 System architecture

2.1 数据采集单元

数据采集单元接入 MMS 网基于 IEC61850-8 规约实时获取保护装置软硬压板信息、光纤断链信息;接入过程层网络解析 GOOSE 报文获取开关、隔刀、地刀状态信息,以及 MU、智能终端的运行/检修硬压板信息、光纤断链信息。

2.2 安全措施预演单元

安全措施预演单元主要包括 SCD 配置模块、安措配置模块、人机交互模块、安全措施预演模块及可视化图形展示模块。

1)SCD 配置模块。

SCD 配置模块依据 IEC61850 面向对象的建模思想,建立全模型 SCD 文件,主要包括开关、刀闸等一次设备建模,开关、刀闸等一次设备与相应逻辑节点关联建模,压板与数据集建模,光纤与逻辑链路、端口建模。

2)安全措施配置模块。

安全措施配置模块依据 IED 类型、接线方式和保护原理,制定线路保护、变压器保护、母线保护、电抗器保护及其辅助装置(合并单元、智能终端)检修及改扩建操作的安全措施目录集,根据不同的安全措施设置规程与习惯,生成安全措施操作票。

3)人机交互模块。

人机交互模块主要是选取安全措施配置模块输出的安全措施操作票或手动逐项添加安全措施操作,自动或手动控制检修硬压板、保护功能压板、SV 输入 GOOSE 输入/输出软压板的投退、光纤的通断、开关分合进行安全措施预演,同时也可以记录二次设备安措预演的结果。

4)安全措施预演模块。

安全措施预演模块通过数据采集单元获取变电

站初始数据,设置开关、刀闸一次设备和压板、光纤等二次设备的初始状态,在人机交互模块的控制下进行安全措施预演,通过建立的安全措施防误逻辑规则库分析输入的安全措施操作票的隔离效果,将预演的结果分为告警、闭锁和动作 3 种不同等级。

5) 可视化图形展示模块。

可视化图形展示模块能够对安全措施预演模块的输出结果可视化展示,同时也能够解析全模型 SCD 文件,生成智能变电站的图形文件,包括二次设备虚实回路图和一次主接线图。预演时能够将抽象复杂的二次设备通过画面的方式进行模拟演示,有效地监视预演过程中安全隔离措施是否会导致保护设备告警、闭锁、动作,自动对隔离不完全进行防误预警。

3 应用结果及分析

基于 QT 平台开发了智能变电站二次设备安全措施在线预演及防误预警系统,并已成功应用于河北南部电网 220 kV 恒庄变,该变电站高压侧采用双母线接线,中压侧采用单母线分段接线、低压侧采用单母线分段接线的方式。在母线间隔下,开展一次设备不停电,设备复役时的安全措施预演工作,安全措施预演流程如图 6 所示。

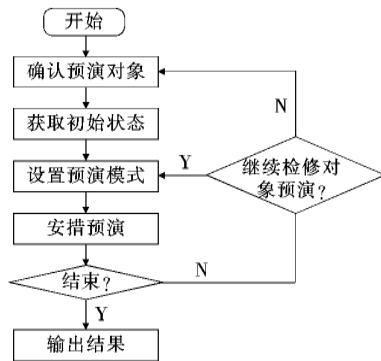


图 6 安措预演流程

Figure 6 Security measures rehearsal

在母线间隔下建立操作任务集,添加“一次设备不停电,设备复役”的操作任务,按照表 3 选择操作方式,建立安全隔离操作条目,并与间隔类型的安措隔离要素信息关联映射,生成实例化的安全操作任务集。

进入母线间隔,按照操作流程对照安全措施任务条目进行预演,预演结果正常。将表 3 的安全措

施任务条目的顺序修改成先退出 PM2201A 220 kV 母线保护装置的设备检修压板,紧接着投入各个支路的保护跳闸软压板和 SV 接收软压板。再按照操作流程对修改后的安全措施重新进行预演,母差保护动作。

表 3 安措任务条目

Table 3 Security measures catalog information

序号	安措内容
1	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 5_SV 接收软压板
2	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 14_SV 接收软压板
3	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 6_SV 接收软压板
4	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 7_SV 接收软压板
5	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 11_SV 接收软压板
6	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_母联_SV 接收软压板
7	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_母联_保护跳闸软压板
8	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 5_保护跳闸软压板
9	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 6_保护跳闸软压板
10	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 7_保护跳闸软压板
11	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 11_保护跳闸软压板
12	投入_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_支路 14_保护跳闸软压板
13	退出_PM2201A-220 kV 母线保护装置 A 套_设备检修

因安全措施操作提前是将 PM2201A 220 kV 母线保护装置的设备检修压板退出,并投入保护跳闸软压板,使母差保护具备了跳闸出口的条件,在批量投入各个支路的 SV 接收软压板的过程中,PM2201A 220 kV 母线保护装置产生差流并达到动作门槛,母差保护动作。经改正,重新进行安全措施预演,其操作正常。

4 结语

该文提出一种智能变电站二次设备安全措施在线预演及防误预警的方法,通过建立全模型 SCD 文

件,构建安全措施预演模型,依据不同地区的规程和制度,建立安全措施模型文件,将典型的操作内容转化为系统识别的语言,获取变电站初始数据,进行安全措施预演。基于此开发安全措施在线预演及防误预警系统,经实际的工程应用证明,该系统能够将抽象复杂的二次设备通过画面的方式进行模拟演示,有效地监视预演过程中安全隔离措施是否会导致保护设备告警、闭锁、动作,自动对隔离不完全进行防误预警,为智能变电站运维检修人员提供有效的安全隔离技术手段。

参考文献:

- [1] 宋会平,杨东熏,王友怀,等. 智能变电站二次设备检修及故障隔离措施研究[J]. 湖北电力,2016,40(2):48-52.
SONG Huiping, YANG Dongxun, WANG Youhuai, et al. Study on secondary device maintenance and failure isolation measures in smart substation[J]. HUBEI Electric Power, 2016, 40(2): 48-52.
- [2] 国家电力调度中心. 关于印发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)的通知(调继[2015]92号)[Z]. 北京:国家电力调度中心,2015.
- [3] 刘蔚,杜丽艳,杨庆伟. 智能变电站虚回路可视化方案研究与应用[J]. 电网与清洁能源,2014,30(10):32-37.
LIU Wei, DU Liyan, YANG Qingwei. Research and application of smart substation virtual circuit visualization[J]. Power System and Clean Energy, 2014, 30(10): 32-37.
- [4] 胡道徐,沃建栋. 基于 IEC61850 的智能变电站虚回路体系[J]. 电力系统自动化,2010,34(17):78-82.
HU Daoxu, WO Jiandong. Virtual circuit system of smart substations based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(17): 78-82.
- [5] 杨毅,高翔,朱海兵,等. 智能变电站 SCD 应用模型实例化研究[J]. 电力系统保护与控制,2015,43(22):107-113.
YANG Yi, GAO Xiang, ZHU Haibing, et al. Case study on SCD application based on demo smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 107-113.
- [6] 笃峻,叶翔,葛立青,等. 智能变电站继电保护在线运维系统关键技术的研究及实现[J]. 电力自动化设备,2016,36(7):163-168+175.
DU Jun, YE Xiang, GE Liqing, et al. Key technologies of online maintenance system for relay protections in smart substation and its implementation [J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 36(7): 163-168+175.
- [7] 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[J]. 电力系统自动化,2014,38(5):73-77.
LI Baowei, NI Chuankun, LI Baotan, et al. Analysis scheme for relay protection fault visualization in new generation smart substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(5): 73-77.
- [8] 郑宁敏,黄肇敏,高翔,等. 智能变电站二次系统可视化运维技术研究[J]. 供用电,2017,34(1):55-60.
ZHENG Ningmin, HUANG Zhaomin, GAO Xiang, et al. Research on visualized operation and maintenance technology for secondary system of intelligent substation[J]. Distribution & Utilization, 2017, 34(1): 55-60.
- [9] 鲍伟,王可,高翔,等. 基于可视化仿真的智能变电站二次安措校核方法[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(24):150-157.
BAO Wei, WANG Ke, GAO Xiang, et al. Verification of security measures for smart substations based on visualized simulation[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(24): 150-157.
- [10] 车兵,许家焰,徐晓春,等. 智能变电站二次检修安措防误技术研究[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(2):150-156.
CHE Bing, XU Jiayan, XU Xiaochun, et al. Research of secondary maintenance safety measures error proofing technology in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(2): 150-156.