

智能变电站二次安全措施危险点分析

黄忠胜¹, 廖小君¹, 刘娟², 王婷婷¹, 冯先正¹, 张里¹

(1. 国网四川省电力公司技能培训中心, 四川 成都 610072;

2. 国网四川省电力公司成都供电公司, 四川 成都 610081)

摘要:为保证智能变电站继电保护和安全自动装置现场安全作业,主要采用投入检修态硬压板,退出保护装置软压板、智能终端出口硬压板以及断开物理光纤等安全隔离措施。以线路停电检修为例,从设备之间的电流电压采样、跳合闸(包括远跳)、启动失灵等信息联系出发,重点分析影响运行设备的危险点及可能导致的结果。根据各种危险点分析总结出适用的二次安全措施,完成检修装置与运行装置的可靠隔离,对运行维护人员提炼总结二次安全措施具有参考意义。

关键词:智能变电站;安全隔离;危险点;二次安全措施

中图分类号:TM764 **文献标志码:**B **文章编号:**1003-6954(2021)02-0066-04

DOI:10.16527/j.issn.1003-6954.20210214

Analysis on Dangerous Points of Secondary Safety Measures in Smart Substation

Huang Zhongsheng¹, Liao Xiaojun¹, Liu Juan², Wang Tingting¹, Feng Xianzheng¹, Zhang Li¹

(1. State Grid Sichuan Technical Training Center, Chengdu 610072, Sichuan, China;

2. State Grid Chengdu Electric Power Supply Company, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: In order to ensure the safety operation of relay protection and automatic safety device in smart substation, safety isolation measures are mainly adopted, such as putting into maintenance pressing plate, exiting device soft pressing plate, outlet hard pressing plate and disconnecting optical fiber between devices. Taking line outage maintenance for example, starting from the information connection between equipment such as voltage and current sampling, tripping (including remote tripping), starting failure etc., it focuses on the analysis of the dangerous points affecting the operation equipment and the possible results. The applicable secondary safety measures are summarized according to various dangerous points, and the reliable isolation between the maintenance devices and the operation devices are completed, which provides valuable references for the operation and maintenance personnel.

Key words: smart substation; safety isolation; dangerous points; secondary safety measures

0 引言

智能变电站继电保护交流回路采样被光纤网络取代,其二次安全措施的重点主要包括SV采样输入回路及跳合闸、启动失灵等开出回路等。常规变电站开出回路安全措施的实施,一直要求有危险点的回路都应设置明显的断开点,即在跳合闸、断路器启动失灵等开出回路都接入了可投退的硬压板。而智能变电站的继电保护二次回路安全措施主要是依靠数字软压板和检修状态硬压板的投退^[1],使得停

电设备和运行设备隔离过程中的危险点较为隐蔽。探讨停电检修时影响运行设备的危险点及可能导致的结果,有助于运行维护人员适应智能变电站二次安全措施新模式的变化。

1 智能变电站二次回路特点

智能变电站由于采用电子式互感器、智能终端以及信号传输方式的变化,较常规变电站而言其二次回路具有如下特点:

1) 智能变电站采用电子式互感器。电子式互

传感器从一次采集单元到二次侧的合并单元全部采用光纤,彻底解决了常规 CT 开路和 PT 短路给二次设备带来的诸多问题。由于电子式互感器稳定性的原因,经历前期运维实践后,后期新建的智能变电站普遍采样常规互感器+模拟式合并单元的结构。

2)智能变电站普遍采用智能终端。智能终端就地安装在一次断路器附件的户外柜中,与断路器、隔离开关之间的连接电缆很短,极大地降低了直流控制回路发生接地故障的可能性。而且智能终端是智能电力监测装置,能够对出口跳闸、断路器及隔离开关位置等回路状态进行监视,进一步提高二次短电缆连接的可靠性。

3)智能变电站二次装置的连接方式,由光纤回路替代了常规变电站的电缆二次回路,模拟信号传输方式转变为 GOOSE、SV、MMS 数字报文传输,要实现有效的隔离措施,不能仅是直接在物理传输回路设置断开点,还得对装置进行软压板和检修状态的设置,才能避免误跳运行设备情况的发生。

2 二次安全措施的隔离技术

针对智能变电站继电保护二次安全措施的规范并结合生产现场实际工作,提出了保证二次回路安全工作主要采用以下隔离技术。

2.1 软压板的投退

智能变电站保护装置增加了很多软压板,替代常规保护部分硬压板功能,如“GOOSE 发送软压板”“间隔投退软压板”“失灵启动 GOOSE 发送软压板”“GOOSE 接收软压板”,软压板的投退为二次安全措施提供了逻辑断开点。新的标准化设计规范对智能变电站继电保护设备的软压板名称和功能进行了统一定义^[2-3],从而保证不同厂家之间产品的通用性,降低了检修人员在设备调试及检验前安全措施的难度,这对保证智能变电站二次设备运行维护有重要意义。

2.2 “投检修态”硬压板的投退

“投检修态”压板的投入将使装置当中的报文“test”位置为“1”,目的为告知其他设备本装置正处于检修状态,收到这个信息的其他装置如果“投检修态”压板也是投入的状态,即两者检修状态一致,信号进行处理或动作;如果两者检修状态不一致时,则报文视为无效,不参与逻辑运算。

智能变电站保护装置、智能终端及合并单元的

的检修机制如表 1 所示。

表 1 智能变电站各装置检修机制

状态	智能终端 不检修	智能终端 检修	合并单元 不检修	合并单元 检修
保护装置 检修	检修异常, 不执行	正常执行	检修异常, 闭锁保护	正常执行
保护装置 不检修	正常执行	检修异常, 不执行	正常执行	检修异常, 闭锁保护

从表 1 可以看出智能变电站与常规变电站的“检修”硬压板功能差异较大,“投检修态”是智能变电站二次安全措施当中的关键步骤。在实施过程中,“投检修态”在整个二次安全措施中与软压板的配合和所处步骤顺序很重要。未考虑“投检修态”硬压板执行的先后顺序,可能造成误闭锁运行的保护装置如母线保护,一般在退出相应软压板后,再考虑投入检修硬压板。

2.3 拔除光纤形成硬隔离措施

反复拔除装置间光纤,容易导致光纤接口使用寿命缩减、试验功能不完整等问题^[4]。利用发送侧和接收侧两侧装置的软压板,可以形成数字逻辑断开点,隔离虚回路,所以检修作业不宜采用拔除光纤的措施^[5]。但在不影响运行设备的前提下,下列情况可以考虑拔除光纤:1)必须断开的链路,装置之间没有设置发送/接收软压板;2)新投运装置的软压板和检修硬压板还没有现场验证。

3 二次安全措施实例分析

3.1 线路间隔停电检修二次安全措施思路

目前,按照国家电网有限公司关于智能变电站的相关技术规范^[6],继电保护功能的实现基本都是要求直接采样和直接跳闸,即保护装置的采样和跳闸都经光纤直连传输,不经过交换机转发,其余测控等功能的 SV 和 GOOSE 报文交互都是经过程层网络传输,因此如图 1 所示,智能变电站线路保护间隔的光纤通信采用的是点对点 and 组网相结合的方式。

以常见的采用传统互感器+合并单元的模式为例,线路间隔停电检修,线路保护二次安全措施涉及到母线保护和该间隔保护两部分。其中母线保护需要对 SV 接收软压板(或该间隔投入软压板)、GOOSE 启动失灵接收软压板等采取对应的安全措施;该间隔保护需要对启动失灵 GOOSE 发送软压板、检修硬压板等采取对应的安全措施。此外,有电流差动

或纵联保护的线路,还要将通往对侧的光纤取下。

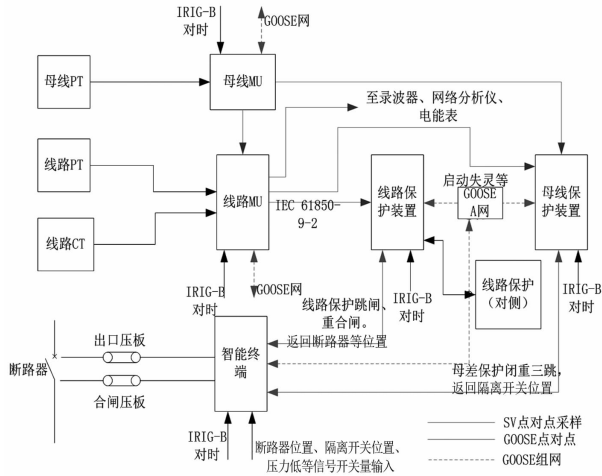


图 1 线路间隔

3.2 线路保护停电检修危险点分析

在 220 kV 线路一次设备停电的情况下,校验线路保护间隔,影响运行设备的危险点如图 2 所示。

危险点①:做线路合并单元试验时,线路二次试验电压反送一次侧,导致线路 PT 二次反送电。危险点②:线路二次电流送至线路电能表、网分录波装置等,导致网分录波装置启动录波功能。危险点③:线路保护通过到对侧线路保护的光纤通道,导致发送启动远跳、本侧线路电流、断路器位置等信号送到对侧线路保护。危险点④:线路合并单元的校验试验电流 SV 报文送至母线保护,导致母线保护有差电流。危险点⑤:校验过程中线路保护动作,启动失灵 GOOSE 报文(数值置为 1)传输至母线保护,母线保护接收启动失灵误开入导致正常运行的母线保护告警。危险点⑥:线路间隔母线侧隔离开关位置 GOOSE 报文(数值置为 1)传输至母线保护,导致母线保护误判为母

线互联状态。

3.3 应对的二次安全措施

针对危险点①,在该线路合并单元端子排处,将电压回路打开连片,电流回路先短接再打开连片。针对危险点②、③,则取下光纤,并做好防尘保护措施。针对危险点④,采用退出母线保护该线路间隔 SV 接收软压板,该间隔的电流清零,并屏蔽相关链路报警,之后即使拔掉合并单元到母线保护的 SV 光纤,母线保护也不会报链路中断告警。反之,如果在退出 SV 接收软压板前,拔掉至运行母线保护的 SV 采样光纤,或者线路合并单元投入“投检修态”硬压板,都可能导致母线保护闭锁运行或告警。针对危险点⑤,母线保护采用退出该线路间隔 GOOSE 启动失灵接收软压板,退出后母线保护将屏蔽该线路相关链路的报警,并处理该线路的失灵开入信号。最后,采取投检修压板的方式隔离。

3.4 220 kV 线路保护检修二次安全措施优化

通过上述停电检修危险点分析,具体二次安全措施建议如下:

- 1)在母线保护处退出该线路间隔的 SV 接收软压板、启动失灵 GOOSE 接收软压板,强制将线路间隔的母线隔离开关软压板置为分位。
- 2)在线路保护处退出启动失灵 GOOSE 发送软压板。
- 3)投入该间隔合并单元、线路保护及智能终端检修硬压板。
- 4)在该合并单元端子排处将电流回路短接并断开,断开线路 PT 电压回路。
- 5)取下到对侧线路保护的尾纤,做好防尘保护措施,并完成其他补充安全措施。

该线路间隔第一套保护和第二套保护都按上述步骤实施。必须要考虑二次安全措施执行的先后顺序,避免造成运行保护设备闭锁或告警。首先,在关联运行设备母线保护处形成 SV、GOOSE 链路断开点,退出 SV、GOOSE 软压板;然后,在检修设备线路保护处设置 GOOSE 链路断开点,以及线路间隔投入检修硬压板,先处理软压再板处理硬压板,并保证了二次安全措施的双重化。

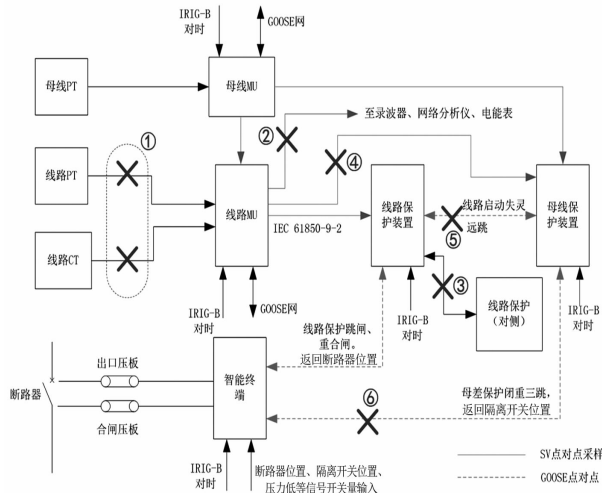


图 2 为线路间隔停电检修危险点

4 结 语

与常规变电站对比,智能变电站检修的二次安

全措施发生了较大的变化,合理有序地利用数字软压板形成通信链路上的“断开点”,利用“投检修态”硬压板形成检修机制上的“断开点”,以上措施皆不是常规变电站安全措施概念上的“明显断开点”,不直观,易遗漏。前面从危险点分析的角度,重点分析停电检修装置对运行装置的影响,以线路保护停电检修为例,结合二次系统的结构特点,明确每一步安全隔离措施针对的危险点,有助于运行维护人员对智能变电站二次安全措施的理解,对智能变电站二次安全措施的实施具有一定参考价值。

参考文献

- [1] 曹萌,周海娟,孙嘉翼,等.智能变电站继电保护二次安全措施的规范化管理[J].科技与企业,2015(3):185.
- [2] 线路保护及辅助装置标准化设计规范:Q/GDW 1161—2014[S],2014.

- [3] 变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范:Q/GDW 1175—2013[S],2013.
- [4] 贺春,李鑫.智能变电站继电保护安全措施研究[J].电工技术,2019(5):99-100.
- [5] 丁宣文,王平.500 kV 智能变电站二次设备改造方案研究[J].四川电力技术,2016,39(6):59-64.
- [6] 国家电网公司.智能变电站继电保护技术规范 Q/GDW 441—2010 [S].北京:国家电网公司企业标准,2010.

作者简介:

黄忠胜(1982),男,硕士,高级工程师,研究方向为继电保护和智能变电站技术;

廖小君(1974),男,硕士,副教授,研究方向为电力系统继电保护及信息系统;

刘娟(1984),女,高级经济师,研究方向为智能供电技术。

(收稿日期:2020-08-14)

(上接第57页)

5 结语

基于二阶带通滤波器的锁相环结构简单,且能够快速实现输入波形跟踪和锁相,在输入电压信号幅值、相位和频率发生突变时,所提方法同样能够达到快速锁相的效果。针对传统锁相环在长时间运行中由于谐波造成的相位偏移,通过合理设计二阶带通滤波器的中心频率、品质因数等参数,结合二阶广义积分器和环路滤波器的低通滤波特性,可有效抑制输入信号的直流分量和高频谐波,消除锁相环输出信号中的相位偏移问题。并通过仿真验证了所提基于二阶带通滤波器的锁相环优良的滤波特性和锁相功能。

参考文献

- [1] 王成山,李鹏.分布式发电、微网与智能配电网的发展与挑战[J].电力系统自动化,2010,34(2):10-16.
- [2] 吴军,程尹曼,程启明,等.基于 SOGI 和级联 DSC 的正负序分量分离及其在不平衡 PWM 整流器中的应用[J].上海电力学院学报,2018,34(4):356-360.
- [3] 瞿殿桂,曹以龙.基于双 d-q 旋转轴的三相电压锁相环分析及仿真[J].上海电力学院学报,2017,33(1):49-54.
- [4] 陈艳艳,沈旦立,皇森森,等.基于二阶广义积分器的

单相并网锁相环的研究[J].电力电子技术,2013,47(5):46-47.

- [5] 唐建宇,徐万良,刘永丽,等.基于同步旋转变换的改进型单相锁相环研究[J].控制与信息技术,2019(2):26-31.
- [6] 文武松,张颖超,王璐,等.解耦双同步坐标系下单相锁相技术[J].电力系统自动化,2016,40(20):114-120.
- [7] 陈四雄,易龙强,黄文俊,等.基于构造非正交向量的单相锁相技术研究[J].电工技术学报,2019,34(2):398-408.
- [8] 张苏捷,杨旭红,张云飞,等.基于二次微分的电力单相锁相环技术研究[J].上海电力大学学报,2020,36(3):271-274.
- [9] 关清心,张宇,李民英,等.基于微分环节的单相锁相环方法[J].中国电机工程学报,2016,36(19):5318-5325.
- [10] 袁庆庆,戴鹏,符晓,等.单相电力锁相环技术综述[J].变频器世界,2010(7):43-46.
- [11] 龚锦霞,解大,张延迟.三相数字锁相环的原理及性能[J].电工技术学报,2009,24(10):94-99.

作者简介:

荆世博(1989),男,硕士研究生,工程师,主要研究方向为可再生能源并网技术;

辛超山(1989),男,硕士研究生,工程师,主要研究方向为电网规划技术和新能源并网;

薛静杰(1989),男,硕士研究生,工程师,主要研究方向为电网规划技术和新能源并网;

张增强(1979),男,高级工程师,从事电力系统规划和并网研究。

(收稿日期:2020-12-17)