

[智能变电站]

智能变电站全站失电事故 分析及其安全管控措施研究

文/国网甘肃省电力公司电力科学研究院 刘 巍 郝如海 崔力心 郭文科 倪赛赛 王永年

目前，智能变电站技术的实践主要集中在技术层面上，注重新设备和新标准的应用，而对变电站二次运维研究不深入。针对近两年两起智能变电站运行人员由于不清楚保护装置的投退逻辑，错误的倒闸操作致使相关主变和部分线路跳闸、母线失压的典型事故，通过对事故主因的分析，分析了智能变电站检修二次安全管控管理办法，提出了几点运行维护注意事项，对今后规范智能变电站继电保护二次检修提供借鉴。

现阶段智能变电站二次设备保护测控屏没有了传统保护功能的硬压板、跳闸出口硬压板、启动母差失灵硬压板，取而代之的是保护功能软压板、跳闸发送软压板、启动失灵母差软压板；由于尚未使用智能断路器，在断路器智能终端上还配置了出口硬压板，用来控制断路器分、合闸回路；智能变电站在保护测控装置、智能终端、MU合并单元上均设置了检修压板。二次回路接线转变为光纤连接大量应用，单纯基于首检中待验的软压板或检修压板实施二次安措，将无法避免压板功能不可靠所产生的安全风险；未考虑安措执行的先后顺序，还可能造成智能保护误闭锁，给继电保护检修作业带来新的安全风险问题。

事故回放和分析

本文通过两起330 kV智能变电站全站失压事故的分析，对相关问题进行详细的分析，并提出了一些相关问题的解决方法和建议，希望对规范智能变电站运维管理具有一定的参考价值。

1. 两起事故情况简述

事件一：如下图所示。2014某地区330 kV·A变电站一条线路发生异物短路，该线路330 kV变电站侧保护应相应断路器合并单元“装置检修”压板投入，未将该线路两套保护装置中“开关SV接收”软压板退出，造成线路两套保护闭锁，该变电站1号、3号主变高压侧后备保护动作，跳开三侧开关，引起故障扩大，造成A变电站全停事故。



图 变电站某间隔检修状态示意图

事件二：2015年某地区在进行220 kV开关合并单元更换，恢复220 kV母差保护的过程中，在退出I—II段母线A套差动保护“投检修”压板后，操

作批量投入各间隔的“GOOSE发送软压板”和“间隔投入软压板”，随即I—II段母线母差保护动作，跳开I—II母母联开关、2#主变开关等。

2. 事件原因及暴露问题

事件一：直接原因：330 kV该线路A相异物短路接地。事件扩大原因：A变电站故障间隔合并单元“装置检修”压板投入，未将该线路两套保护中“开关SV接收”软压板退出，造成线路两套保护闭锁，造成故障扩大。

事件二：在恢复220kV I—II段母线A套差动保护过程中，运行人员错误地将母差保护“投检修”压板提前退出，并投入了I、II母各间隔“GOOSE发送软压板”，使母差保护具备了跳闸出口条件，在批量投入“间隔投入软压板”过程中，母差保护出现差流并达到动作门槛，母差保护动作。

两起事故充分反映出变电站现场运行人员对智能变电站二次系统技术掌握不足，操作前运行人员未能提前辨识操作中的风险，现场运行规程编制不完善，保护逻辑不清楚，没能做出正确的分析和判断。

智能变电站设备检修二次安全管控办法

1. 检修压板的使用

智能变电站在保护测控装置、智能终端、MU合并单元上都设置了检修压板，检修压板在使用中应注意3个方面：①保护测控装置、智能终端、MU合并单元的检修压板单独投入时，都会屏蔽本装置发送和接收GOOSE报文，也会让远方无法操作软压板、切换定值、分合开关刀闸等需要GOOSE网络实现的功能。②在保护进行调试时，需将保护装置和智能终端的检修压板同时投入，此时保护装置和智能终端同时检测到本端和对端为检修态而进入“试验状态”，此状态下，保护装置和智能终端之间能正常通信GOOSE报文，保护能传动或整组试验至智能终端跳闸，保护起动母差、失灵的GOOSE报文通信仍将被屏蔽。③智能变电站在合并单元、保护装置、智能终端等每个装置设置一个检修压板，其他压板（保护装置的“出口压板”“功能压板”）采用软压板的形式，并在智能终端保留出口压板。报文接收装置将接收到GOOSE报文（或者SV报文）的test位与装置自身压板状态进行比较，只有在两者装置检修位标志完全一致时，方能出口或者参与保护逻辑计算。当检修装置不一致时，将“状态不一致”的电流、电压、开入量排除在外，不参与保护逻辑运算，切闭锁保护相关功能。涉及多个电流采样的保护，如变压器或母线差动保护，若有任何一

组电流置检修位，将闭锁差动保护。智能终端收到“状态不一致”的跳合闸指令或控制信号，将不动作断路器和刀开关。

表1 智能设备的检修机制配合表

合并单元	保护装置	智能终端	动作行为
投检修	投检修	投检修	保护动作，出口跳闸
投检修	投检修	不投检修	保护动作，不出口跳闸
投检修	不投检修	投检修	保护闭锁，不出口跳闸
投检修	不投检修	不投检修	保护闭锁，不出口跳闸
不投检修	投检修	投检修	保护闭锁，不出口跳闸
不投检修	不投检修	投检修	保护动作，不出口跳闸
不投检修	投检修	不投检修	保护闭锁，不出口跳闸
不投检修	不投检修	不投检修	保护动作，出口跳闸

1. 单一间隔检修工作中本间隔保护软压板的投退原则

由于智能变电站广泛采用软压板，在保护装置内部通过软件实现压板的投入和退出，单一间隔检修要防止影响运行设备，可以退出运行装置内检修间隔的GOOSE接收软压板和SV接收软压板，这样可以有效避免在检修设备间隔的试验用电压参与运行设备逻辑判断。

(1) 功能压板、GOOSE发送软压板的投退

对于变电站单一间隔检修的工作，检修间隔保护装置的功能压板和GOOSE发送压板，可按照常规变电站的投退原则，退出时先退出GOOSE发送压板，后退出功能压板，投入时先投入功能压板，后投入GOOSE发送软压板。

(2) GOOSE接受软压板、SV接受软压板的投退

由于GOOSE接受和SV接受软压板所采集的开关量和模拟量是为保护装置提供，所以它的投退状态也与保护装置息息相关。保护动作与否取决于装置采集到的开关量和模拟量是否满足动作逻辑。退出时若先退出GOOSE接收和SV接收软压板，后退出GOOSE发送软压板和功能压板，则保护装置会误动。所以退出的顺序应为GOOSE发送压板→功能压板→GOOSE接收和SV接收软压板。投入时，若先投入GOOSE发送软压板和功能压板，后投入GOOSE接收和SV接收软压板，会导致保护误动。所以投入的顺序与退出的正好相反，应为GOOSE接收和SV接收软压板→功能压板→GOOSE发送压板。

智能设备运行维护注意事项

1. 二次设备检修时，需要梳理清楚各个装置间的检修配合情况

这其中包括合并单元、智能终端、保护装

置、测控装置。对于一个完整构成的间隔，当其由单一的一个智能设备投入“检修状态”压板时（即两个智能设备“检修状态”不一致时），无论作为数字信号发出或接受者时其发出或接收的数字信号由于品质因数受到干预，所以不能参与其他相关联或本身智能设备的逻辑判别；只有在当本间隔所有智能单元都处在相同的检修状态下时（即两个智能设备“检修状态”一致时），不论作为数字信号的发出者还是接收者，都能参与其本身的逻辑判断并作出相应的逻辑出口。如果在运行中误投“装置检修”压板会出现如下现象：

合并单元置检修时：

a) 保护、测控装置接收到合并单元发送来的品质“置位”的SV报文后，进行检修状态不一致性处理，即SV报文数据不参与相关保护功能的逻辑运算。这样会出现保护测控装置采样数据幅值显示正常，但保护装置有被闭锁的现象；对于母差保护，将会引起差流显示，造成母差保护被闭锁的情况。

b) 合并单元的母线电压切换功能退出。即使有隔离开关的实际变位，合并单元也作无效处理，仍保持原有状态。

保护测控装置置检修时：

a) 保护、测控装置接收的SV报文是从合并单元发送来正常的SV报文，但两侧装置检修状态不一致，则SV报文数据仍然不参与相关保护功能的逻辑运算。这样就会出现保护、测控装置采样数据幅值显示正常，而保护装置被闭锁的现象。

b) 保护、测控装置接收的GOOSE报文是从智能终端发送来正常的GOOSE报文，但两侧装置检修状态不一致，则此报文作无效处理，此时即使有开关刀闸实际变位，保护、测控装置仍保持原有状态。实际运行中，会出现开关偷跳，重合闸失败现象。

智能终端置检修时：

a) 智能终端接收的是从各保护、测控装置发送来的正常GOOSE报文，但两侧装置检修状态不一致，则此报文作无效处理，即使有保护动作或遥分遥合命令，智能终端也将拒动。

b) 智能终端发送的是有“检修置位”的GOOSE报文，同样合并单元、线路保护测控、母线保护等装置对检修状态不一致的GOOSE报文作

无效处理，此时即使有开关刀闸实际变位，保护等装置仍保持原有状态。也会出现开关偷跳，重合闸失败现象。

(2) 在一次设备转检修之后，二次安措执行的顺序

步骤1：停用检修设备智能终端的出口跳闸压板。

步骤2：停用运行保护装置中××设间隔投入软压板及启动失灵软压板，保证母差保护不处理检修间隔合并单元的采样。

步骤3：投入本间隔检修设备“检修状态”硬压板，投入本间隔智能操作箱“检修状态”压板，保证本间隔的GOOSE报文不对运行的母线保护造成影响。

(3) 一次设备送电时，智能变电站继电保护系统投入运行宜按以下顺序进行操作：

步骤1：退出合并单元、保护装置、智能终端检修硬压板。

步骤2：投入与待运行合并单元相关的所有保护装置SV软压板。

步骤3：投入相关保护装置失灵、远跳等GOOSE接收软压板。

步骤4：投入保护装置功能软压板。

步骤5：投入相关保护装置跳闸、启动失灵、重合闸等GOOSE发送软压板。

步骤6：投入智能终端跳合闸出口硬压板。

(4) 母线保护装置或公用保护装置在投入状态时，操作其装置内部的间隔投入压板（或间隔检修压板）时，应在对应间隔停电的情况下进行。

(5) 进行各装置检修机制时，不应忽视检查各装置投入检修压板的“指标告警灯”设置情况以及监控系统检修报文窗口的显示情况。

结束语

智能变电站继电保护二次安全措施的实施是智能变电站运行维护的一个非常重要的课题。本文针对两起智能变电站二次检修典型事故案例的分析，提出了智能变电站设备检修二次安全管控办法，提出了智能设备运行维护注意事项，这对今后电网的可靠运行和现场检修工作顺利开展都具有重要的指导意义和参考价值。EA

（收稿日期：2015.02.27）

（编辑：白文亭）