

# Research on the Security Strategies of the Protection System Maintenance in Smart Substation

Chen Yang, Qiang Wang, Tong Shen, Xi Yan, Qing Liu, Yan'an Wang

State Grid Jinan Power Supply Company, Jinan  
Email: y2007c@hotmail.com

Received: Aug. 1<sup>st</sup>, 2013; revised: Aug. 8<sup>th</sup>, 2013; accepted: Aug. 15<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Chen Yang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** By comparing the differences of the architecture of traditional substation and smart substation, the article studies the security strategies on the protection system maintenance in smart substation. The general safety measures of the smart substation are presented and analyzed. Some safe measures should be in accordance with the appropriate and sufficient principles, and safe measures should be doubled as well. Based on the analytical results, the author designs the typical safe measures of the smart substation which can be used in the working field of 220kV smart substation, in order to provide effective protection and working security in 220kV smart substation.

**Keywords:** Intelligent Substation; Protection System; Security Strategies; Maintenance

## 智能变电站二次系统检修安全策略研究

杨 晨, 王 强, 沈 通, 严 玺, 刘 清, 王延安

济南供电公司, 济南  
Email: y2007c@hotmail.com

收稿日期: 2013年8月1日; 修回日期: 2013年8月8日; 录用日期: 2013年8月15日

**摘 要:** 通过对传统变电站和智能变电站体系结构的对比, 研究了智能变电站二次系统检修安全策略, 提出了智能变电站通用二次安全措施, 并进行了分析。文章提出二次安全措施应按照适当、足够的原则, 并需采用双重安全措施。在本文中作者设计了智能变电站的典型二次安全措施票, 该措施票可应用于 220 kV 智能变电站的现场检修工作, 可对二次系统检修工作的安全进行有效的保障。

**关键词:** 智能变电站; 二次系统; 安全策略; 检修

### 1. 引言

随着经济高速发展, 在工程应用领域, 科技和信息化水平也在不断提高, 电网发展不断的面临新课题和新挑战。依靠现代信息、通信和控制技术, 积极发展智能电网已成为国际电力工业界积极应对未来挑战的共同选择。智能变电站是智能电网重要环节, 因为智能变电站的检修与传统变电站的检修内容差异

显著, 如何保证智能变电站的检修安全进行是目前变电站工程检修人员迫切需要解决的问题<sup>[1-3]</sup>。

本文从工程实际出发, 对智能变电站二次系统检修安全策略进行了研究, 提出了双重安全保障的原则, 并通过二次安全措施票将该原则应用到智能变电站二次系统检修的实际工作中, 得到了很好的效果。

## 2. 传统变电站与智能变电站的区别

### 2.1. 传统变电站的体系结构

传统综合自动化变电站在结构上分为站控层、间隔层和过程层，站控层设备包括当地监控机、工作站等；间隔层设备包括各电压等级对应的测控、保护装置、小电流接地选线装置等；过程层设备主要是指高压一次设备如变压器、断路器、隔离开关及其辅助触点、互感器等<sup>[4-6]</sup>，其网络结构如下图1所示。

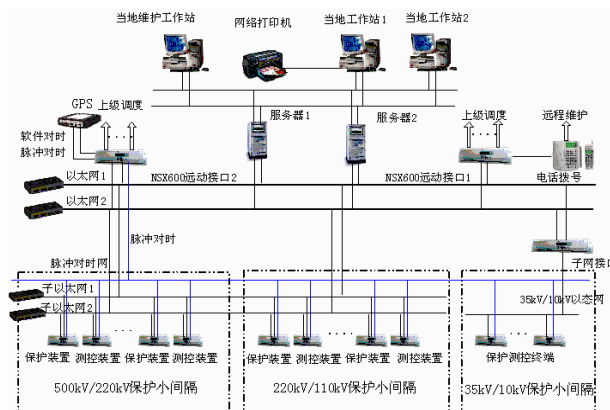


Figure 1. Traditional substation layer  
图 1. 传统变电站体系结构

### 2.2. 智能变电站的体系结构

智能变电站在结构上也可分为站控层、间隔层和过程层。但与常规变电站相比，智能变电站增加了过程层网络，该网络用于实现间隔层设备与智能化一次设备之间的信息共享。从对应的角度看，智能变电站过程层网络相当于常规变电站的二次电缆回路、以及间隔层设备的开入开出回路和采样回路。各智能设备之间的信息通过报文来交换，信息回路主要包括采样值回路、GOOSE 开关量输入输出回路等<sup>[7-10]</sup>。智能变电站二次设备网络结构如图2所示。

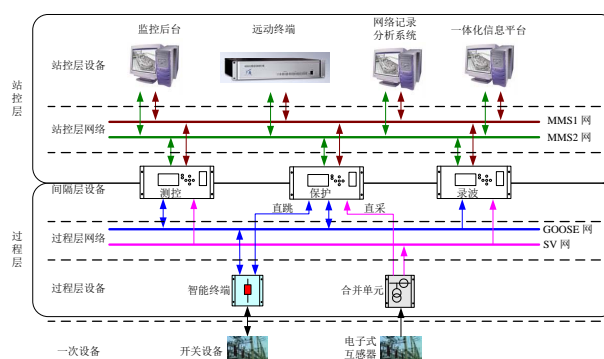


Figure 2. Smart substation layer  
图 2. 智能变电站分层

## 3. 智能变电站二次系统检修安全策略

以 220 kV 智能变电站的 220 kV 线路、母线保护装置为例，论述智能变电站二次系统安全策略。

### 3.1. 防止线路保护装置到母线保护装置“启失灵信号”的安全措施

1) 在智能变电站进行线路保护试验时，为了防止失灵信号误启动母线保护，造成保护误动，可以采取如下措施：

(a) 对于“三跳启动失灵”，可以“断开线路智能终端到母线保护的光纤 + 退出母线保护装置的相应线路间隔的元件投入软压板 + 退出母线保护装置的相应线路间隔的失灵开入软压板”，以上每一项都能使线路保护到母线保护装置的“三跳启动失灵”失效或阻断；因此，可以任做一项措施，也可以组合为多重安全措施。

以许继、南瑞公司为例，注意：

- 对于许继公司生产的保护装置，可以退出“智能柜内 1CLP5 三跳 TJR 硬压板、2CLP5 三跳 TJR 硬压板”，因为“三跳启动失灵”从线路智能终

- 端到母线保护装置之间联系的是三跳 TJR 硬压板。
- 对于南瑞公司生产的保护，可以“退智能柜内 1CLP1 A 相分闸、1CLP2 B 相分闸、1CLP3 B 相分闸”，因为“三跳启动失灵”，从线路智能终端到母线保护装置之间联系的是分相跳闸硬压板。
- 建议不要同时采用以上两种安全措施。

(b) 对于“跳 A 出口启失灵、跳 B 出口启失灵、跳 C 出口启失灵”可以“断开保护装置组网光纤 + 退出保护装置启失灵出口软压板 + 退出母线保护装置的相应线路间隔的元件投入软压板 + 退出母线保护装置的相应线路间隔的失灵开入软压板”，以上每一项都能使线路保护到母线保护装置的“启失灵信号”失效或阻断；因此，可以任做一项措施，也可以组合为多重安全措施。

2) 每项安全措施的作用是：

(a) 断开保护装置组网光纤：保护装置组网光纤是保护装置到过程层交换机、进而到中心交换机的

光纤。这样，可以切断线路保护装置启动失灵到母线保护的通路(跳 A 出口启失灵、跳 B 出口启失灵、跳 C 出口启失灵)；但是向线路测控发跳闸动作信号的光纤链路同时也被切断了(跳 A 动作、跳 B 动作、跳 C 动作、重合动作、永跳动作、远传开出、纵联通道异常等)；且报文分析和故障录波器也无法对保护装置(所有输出信号)进行记录与分析。另外母线保护向线路保护的“远跳开入”发送“跳开关的 GOOSE 信号”也通过组网光纤通道传输。

(b) 退出保护装置启失灵出口软压板：只屏蔽线路保护装置启动失灵(跳 A 出口启失灵、跳 B 出口启失灵、跳 C 出口启失灵)到母线保护的信号。

(c) 退出母线保护装置的相应线路间隔的元件投入软压板：在母线保护装置中使该线路间隔所有遥测、遥信等信息失效。因此，它不但可以屏蔽线路保护装置启动失灵(跳 A 出口启失灵、跳 B 出口启失灵、跳 C 出口启失灵)到母线保护的信号，还可以屏蔽线路智能终端到母线保护的三跳启动失灵信号。注意：在线路间隔未停电时，禁止退出母线保护装置的相应线路间隔的元件投入软压板，因为线路没有停电，退出线路间隔压板后会产生差流。

(d) 退出母线保护装置的相应线路间隔的失灵开入软压板：不再对该间隔的失灵开入(包括线路保护装置来的跳 A 出口启失灵、跳 B 出口启失灵、跳 C 出口启失灵信号，和线路智能终端来的三跳启动失灵信号)处理，异常报文不再发送；但是开入变位信息可以浏览。注意：许继 WXH-800B 母差保护(第一套)为相应支路失灵开入软压板；南瑞 PCS-915 母差保护(第二套)为相应支路 GOOSE 接收软压板。

3) 建议措施：退出母线保护装置的相应线路间隔的元件投入软压板。

### 3.2. 防止线路保护跳闸的安全措施

1) “断开 GOOSE 光纤 + 退出保护装置跳闸出口软压板 + 退出智能终端跳闸出口硬压板(运行人员做)”以上每一项都能防止线路保护跳断路器；因此，可以任做一项措施，也可以组合为多重安全措施。

2) 每项安全措施的作用是：

(a) 断开 GOOSE 光纤：保护装置的 GOOSE 光纤是保护装置和智能终端的直连光纤，用于传递跳闸出

口(跳 A 出口、跳 B 出口、跳 C 出口、永跳出口)、合闸出口、断路器位置信号(A 相断路器位置、B 相断路器位置、C 相断路器位置)、母线隔离刀闸位置信号(I 母隔刀位置、II 母隔刀位置)、闭锁重合闸信号(三跳闭锁重合闸、手跳闭锁重合闸、低气压闭锁重合闸)。做保护采样精度、变比和逻辑测试时，可以断开 GOOSE 光纤。做整组传动试验是再回复 GOOSE 光纤。

(b) 退出保护装置跳闸出口软压板：防止保护装置跳闸出口。

(c) 退出智能终端跳闸出口硬压板：防止跳断路器。

### 3.3. 切断电流、电压采样的安全措施

1) 切断电流、电压采样的安全措施是“断开 SV 光纤”。

2) 安全措施的作用是：

断开 SV 光纤：保护装置 SV 光纤是保护装置和合并单元的直连光纤，用于采集电流量(A 相电流 1、B 相电流 1、C 相电流 1、A 相电流 2、B 相电流 2、C 相电流 2)和电压量(切换后 A 相电压 1、切换后 B 相电压 1、切换后 C 相电压 1、切换后 A 相电压 2、切换后 B 相电压 2、切换后 C 相电压 2、线路电压 1、线路电压 2)。

- 一般做保护试验时，断开 SV 光纤，连接智能试验仪和保护装置的尾纤，用试验仪模拟电流、电压量。
- 注意：针对母线保护分电流 SV 光纤和电压 SV 光纤。电压 SV 光纤是母线保护装置到 PT 合并单元的 SV 光纤。

### 3.4. 防止测试合并单元时，误给母线保护加量

1) “断开合并单元至母线 SV 光纤 + 退出母线保护装置的相应线路间隔的元件投入软压板”以上每一项都能防止测试合并单元时，误给母线保护加量；因此，可以任做一项措施，也可以组合为双重安全措施。

2) 安全措施的作用是：

(a) 断开合并单元至母线 SV 光纤：屏蔽母线保护对本线路的电流采样(相当于封星)，适用于对合并单元加电流看保护装置的电流采样精度(对合并单元进

行测试)等。

(b) 退出母线保护装置的相应线路间隔的元件投入软压板。

### 3.5. 断开 2M 光纤(特指纵联保护)的安全措施

1) 做本侧变电站保护试验时断开, 跟对侧变电站联调时恢复。

2) 安全措施的作用是:

(a) 防止远跳对侧变电站的本线路断路器。

(b) 方便本侧变电站保护试验(要自环)。

### 3.6. 检修压板说明

合并单元、保护装置、智能单元检修状态不一致时, 无法相互配合, 保护功能无法实现。

## 4. 智能变电站二次安全措施票

在变电站检修现场保障安全的具体措施是二次安全措施票。根据以上分析智能变电站二次安全措施票的格式及要求设计如表 1 所示。

## 5. 举例

以某条 220kV 线路定检工作为例, 其二次安全措施票如表 2 所示。

安全措施应按照适当、足够原则, 采用双重安全措施。例如, (1) 线路保护装置到母线装置的跳 A 出口启失灵、跳 B 出口启失灵、跳 C 出口启失灵: 由“退失灵出口软压板+退元件投入软压板(在母差保护屏)”形成双重安全措施。(2) 线路间隔到母线装置的三跳启动失灵: 由“退元件投入软压板(在母差保护屏) + 断开智能单元至母线 GOOSE 光纤(在智能控制柜)”形成双重安全措施。(3) 母线保护装置的电流屏蔽: 由“退元件投入软压板(在母差保护屏) + 断开合并单元至母线 SV 光纤(在智能控制柜)”形成双重安全措施。特别注意: 线路不停电时, 禁止进行“退元件投入软压板(在母差保护屏)”操作。

该措施票已经应用于 220 kV 智能变电站, 有效的保障了 220 kV 智能变电站 220 kV 线路定期检修的安全。

## 6. 结束语

本文通过对传统变电站和智能变电站体系结构

Table .1 Protection safety measures ticket format of the smart substation

表 1 智能变电站二次安全措施票格式

二次工作安全措施票			
单位			工作票号
被试设备名称			
工作负责人	工作时间	签发人	
工作内容			
安全措施			
序号	执行	安全措施内容	恢复
		断开光纤:	
1		本侧装置名称/本侧装置光口编号/对侧装置名称/对侧装置光口编号功能或描述	
2		.....	
		退出口软压板:	
3		装置名称/压板名称/压板状态功能或描述	
4		.....	
		投检修硬压板:	
5		装置名称/压板名称/压板状态功能或描述	
6		.....	
		电流回路:	
7		A411/ID1/A101 交流回路	
8		B411/ID2/B101	
9		C411/ID3/C101	
10		.....	
		退元件投入软压板(在母差保护屏):	
11		装置名称/压板名称/压板状态功能或描述	
12		.....	
13		装置名称/压板名称/压板状态功能或描述	
14		.....	
		其他:	
15		1 号措施有误, 改为: xxxxxx	
16		.....	
		更正部分:	
17		.....	
执行人	监护人	恢复人	监护人
许可人			
		说明	
序号	内容		

智能变电站二次系统检修安全策略研究

Table 2. Tickets for the protection security measures in smart substation  
表 2. 智能变电站二次安全措施票

二次工作安全措施票			
单位			票号
被试设备名称			
工作负责人	工作时间	签发人	
工作内容			
安全措施	包括应打开及恢复的软压板、硬压板、断开(拔出)的光纤(GOOSE、SV、组网)等, 按工作顺序填写安全措施		
序号	执行	安全措施内容	恢复
断开 GOOSE 光纤:			
1		803/3#-ETH2/智能单元 A/C0M-1 xx 线 211 保护 A 803 至 xx 线 211 智能单元 A 的 GOOSE 光纤。	
2		802/3#-ETH2/智能单元 B/C0M-1 xx 线 211 保护 B 802 至 xx 线 211 智能单元 B 的 GOOSE 光纤。	
断开 SV 光纤:			
3		803/3#-ETH4/合并单元 A/P2-1 xx 线 211 保护 A 803 至 xx 线 211 合并单元 A 的 SV 光纤。	
4		802/3#-ETH4/合并单元 B/P2-1 xx 线 211 保护 B 802 至 xx 线 211 合并单元 B 的 SV 光纤。	
断开 2M 光纤(特指纵联保护):			
5		803/2M 光纤 xx 线 211 保护 A 803 至对侧的纵联保护光纤通道	
6		802/2M 光纤 xx 线 211 保护 B 802 至对侧的纵联保护光纤通道	
退失灵出口软压板:			
7		803/启失灵出口压板/退 xx 线 211 保护 A 803 启失灵出口压板	
8		802/2M 光纤 xx 线 211 保护 B 802 至对侧的纵联保护光纤通道	
退失灵出口软压板:			
9		803/启失灵出口压板/退 xx 线 211 保护 A 803 启失灵出口压板	
10		802/启失灵出口压板/退 xx 线 211 保护 B 802 启失灵出口压板	
退元件投入软压板(在母差保护屏):			
11		800/0211 元件投入软压板/退母线保护 A WXH-800BG1 的 xx 线 211 间隔元件投入软压板退出。	
12		915/211 间隔投入软压板/退母线保护 B PCS-915 的 xx 线 211 间隔投入软压板退出。	
断开智能单元至母线 GOOSE 光纤(在智能控制柜):			
13		智能单元 A/COM-2/母线保护 A/主 2#-ETH3 xx 线 211 智能单元 A 至母线保护 A 的 GOOSE 光纤。	
14		智能单元 B/COM-2/母线保护 B/B05-8 xx 线 211 智能单元 B 至母线保护 B 的 GOOSE 光纤。	
断开合并单元至母线 SV 光纤(在智能控制柜):			
15		合并单元 A/P2-2/母线保护 A/主 2#-ETH12 xx 线 211 合并单元 A 至母线保护 A 的 SV 光纤。	
16		合并单元 B/P2-2/母线保护 B/B05-7 xx 线 211 合并单元 B 至母线保护 B 的 SV 光纤。	
更正部分:			
执行人:	监护人:	恢复人:	监护人:
许可人:			
说明			

续表

序号	内容
1	断开 GOOSE 光纤: 只做保护采样精度、变比和逻辑测试时, 可以断开 GOOSE 光纤, 同时也方便使用智能保护测试仪加开入量, 监视开出量。做整组传动试验时再回复 GOOSE 光纤。
2	断开 SV 光纤: 一般做保护试验时, 断开 SV 光纤, 连接智能测试仪和保护装置的尾纤, 用测试仪模拟电流、电压量。
3	断开 2M 光纤(特指纵联保护): 做本侧变电站保护试验时断开, 跟对侧变电站联调时恢复。
4	退失灵出口软压板: 只屏蔽线路保护装置启动失灵到母线保护的信号。
5	退元件投入软压板(在母差保护屏): 在母线保护装置中使该线路间隔所有信息失效。因此, 它不但可以屏蔽线路保护装置启动失灵到母线保护的信号, 还可以屏蔽线路智能终端到母线保护的三跳启动失灵信号。注意: 线路不停电时, 禁止进行“退元件投入软压板(在母差保护屏)”操作。
6	断开智能单元至母线 GOOSE 光纤(在智能控制柜): 屏蔽本线路间隔到母线保护的三跳启动失灵信号。
7	断开合并单元至母线 SV 光纤(在智能控制柜): 屏蔽母线保护对本线路的电流采样(相当于封星), 适用于对合并单元加电流看保护装置的电流采样精度(对合并单元进行测试)等。

的对比分析, 从工程实际出发, 对智能变电站二次系统检修安全策略进行了研究, 提出了智能变电站通用二次安全措施并进行了深入分析。基于分析结果, 设计了智能变电站的二次安全措施。将所设计的二次安全措施应用于 220 kV 智能变电站的现场检修工作, 可有效的保障智能变电站 220 kV 二次系统检修的安全。

## 参考文献 (References)

[1] 张沛超, 高翔 (2008) 全数字化保护系统的可靠性及元件重要度分析. *中国电机工程学报*, **1**, 77-82.

- [2] 张沛超, 高翔, 顾黄晶等 (2007) 全数字化保护系统的主要问题及解决方案. *电力自动化设备*, **6**, 104-107.
- [3] 张文亮, 刘壮志, 王明俊等 (2009) 智能电网的研究进展及发展趋势. *电网技术*, **13**, 1-11.
- [4] 高翔 (2008) 数字化变电站应用技术. 中国电力出版社, 北京.
- [5] 王梅义 (1999) 电网继电保护应用. 中国电力出版社, 北京.
- [6] 高翔 (2008) 继电保护状态检修应用技术. 中国电力出版社, 北京.
- [7] 宁夏电力公司教育培训中心 (2012) 智能变电站运行与维护. 中国电力出版社, 北京.
- [8] 刘振亚 (2010) 智能电网技术. 中国电力出版社, 北京.
- [9] 孙军平, 盛万兴, 王孙安 (2003) 新一代变电站自动化网络通信系统研究. *中国电机工程学报*, **3**, 16-19.
- [10] 徐宁, 朱永利等 (2006) 基于 IEC61850 的变电站自动化对象建模. *电力自动化设备*, **3**, 85-89.