

典型数字化变电站网络结构下电压切换方式的研究

徐科¹, 张会建¹, 邢立功²

(1. 天津市电力公司技术中心, 天津 300022; 2. 天津市电力公司调度通信中心, 天津 300010)

摘要: 数字化变电站由于采用了电子互感器和智能开关, 因此有必要研究新的电压切换方式。首先分析了传统变电站电压切换的原理, 然后以现阶段的数字化变电站典型网络结构作为基础, 根据电子互感器的不同配置, 提出仅在保护装置内实现电压切换, 在保护、测控和计量装置内实现电压切换, 以及仅在合并器单元实现电压切换三种方式。给出了三种方式的电压切换原理, 详细分析了三种方式的优缺点, 指出三种方式的不同使用场合, 最后指出第三种方式在现阶段最为可行。

关键词: 数字化变电站; 电子互感器; 智能开关; 电压切换; 合并单元

Research of voltage switching in typical network structure of digital substation

XU Ke¹, ZHANG Hui-jian¹, XING Li-gong²

(1. Tianjin Electric Power Corporation Technology Center, Tianjin 300022, China;

2. Tianjin Electric Power Corporation Dispatching Communication Center, Tianjin 300010, China)

Abstract: Because of adopting electronics transformers and intelligence switches in digital substation, it is necessary to study a new method of voltage switching. This paper firstly analyses the voltage switching principle of traditional substation. And then three voltage switching methods are proposed based on typical network structure of digital substation in present stage. According to the different configure of electronics transformers, and the first method is realized in the protection devices only, the second method is realized in the protection devices, measure-control devices and measurement device, and the third method is realized in merge unit only. The principle of the three methods is proposed and then advantage and the disadvantage are analyzed, the different usage situations of them are pointed out, and finally the third method is suitable in the present stage.

Key words: digital substation; electronics transformer; intelligence switches; voltage switching; merge unit

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)21-0099-04

0 引言

随着电子互感器技术、智能开关技术、网络通信技术的发展以及 IEC61850 标准的颁布, 以一次设备智能化、二次设备网络化、数据平台标准化为主要特征的数字化变电站成为目前的研究热点, 并代表了今后变电站发展的方向^[1-2]。

数字化变电站并不涉及一次主接线的变化, 因此电压切换对于双母线接线方式仍然是必不可少的。数字化变电站由于采用了电子互感器和智能开关技术, 取消了常规的采样和开入开出硬接线, 其电压切换方式必然与常规变电站有很大不同。本文将对其进行深入研究, 提出可行方案。

1 常规变电站电压切换方式分析

对于常规变电站, 电压切换一般是将需要切换的两路电压及刀闸的辅助触点接入电压切换装置实现(如图1)^[3]。

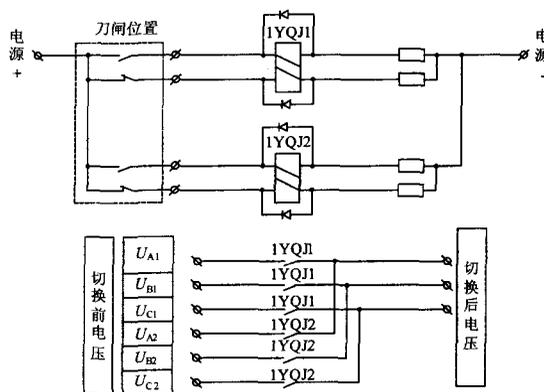


图1 常规变电站电压切换方式

Fig.1 Voltage switching method in traditional substation

通过辅助触点来反映刀闸的位置, 并由此导通相应的继电器线圈进行电压选择切换。由于两组电压互感器的二次回路存在电气联系, 会造成电压互感器二次反充电, 因此该方法安全性和可靠性不高。数字化

变电站由于取消了传统的二次回路,因此将不存在电压互感器二次反充电的问题^[4,5]。

2 数字化变电站的网络结构

数字化变电站的电压切换方式跟其网络结构有关,图2显示了现阶段的典型数字化变电站网络结构^[6-8]。该结构中将全站网络分成三大部分:

站控层网络:间隔层设备和站控层设备之间的网络,采用双星型网络。

采样值网络:MU(Merging Unit,合并单元)与间隔层设备之间的网络,采用点对点的 IEC61850 9-1

报文传输采样值数据。

GOOSE 网络:智能开关与间隔层设备之间的网络,采用双星型网络,按照 IEC61850 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Events,面向通用对象的变电站事件)报文传送开入开出数据。在现阶段,智能开关采用传统开关通过硬接线连接就地安装的 ICU(Intelligent Control Unit,智能控制单元)实现。

本文将针对图2所示结构提出合适的电压切换方式。由于图2是一种基本结构,因此本文所提出的电压切换方式对于其他网络结构也是基本适用的。

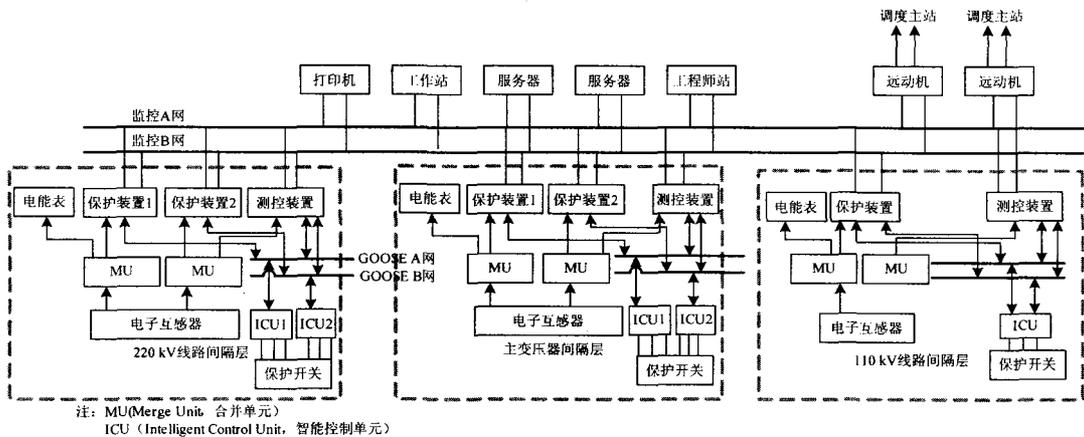


图2 现阶段典型的数字化变电站网络结构

Fig.2 Network structure of current digital substation

3 数字化变电站的电压切换方式

电子互感器有电子式电流互感器 ECT(electronic current transformer), 电子式电压互感器 EVT(electronic voltage transformer), 电子式电流电压互感器 ECVT(electronic current voltage transformer)几种类型, 根据各间隔电子互感器的不同配置方案, 相应的电压切换也有如下几种方式:

3.1 方案一: 仅在保护装置内实现电压切换

这种方案在各间隔配置三相 ECVT, 在母线上配置三相 EVT, 各间隔保护、测控和计量装置通过线路间隔 MU 接收各间隔 ECVT 采集的电流电压信号, 母线的 EVT 通过母线电压间隔 MU 提供母线电压给母差保护和录波器使用, 如图3所示。

该方案对于测控、计量装置电压不需要切换; 对于保护装置, 母线电压的切换仅是在重合闸时使用。线路间隔 ICU 将采集到的刀闸位置信息发送到 GOOSE 网上, 保护通过 GOOSE 网交换机接收刀闸的位置并进行电压切换^[9,10]。由于母线电压间隔 MU 同时采集了两路母线的电压, 因此电压并列功能在母

线电压间隔 MU 内实现。

该方案对于电压切换的要求较低, 对于隔离刀闸辅助触点可靠性要求不高。对于终端站, 其重合闸时不需检同期和无压, 因此重合闸时不存在电压切换。因此对于终端站该方案彻底避免了电压切换问题, 不需要电压切换装置。

该方案的优点在于:

- 1) 电压切换要求较低, 电压切换失败仅影响重合闸功能; 而且对于终端站, 没有电压切换问题。
- 2) 各个间隔具有各自独立的 ECVT, 电压互感器故障仅影响本间隔二次装置, 不会影响其他间隔二次装置。
- 3) 全站的网络结构较为简单, 不需要改动图2结构。

该方案的缺点在于:

- 1) 造价较高, 经济性较差。ECVT 的价格高于 ECT, 造成全站投资增加。目前 ECVT 的价格接近 ECT 的两倍, 变电站的规模越大, ECVT 的经济性就越差。
- 2) ECVT 主要用在需要重合闸抽取电压的那一

相, 目前投运的数字化变电站很多是终端站, 无需检同期和检无压, 因此其应用没有 ECT 广泛; 而且其采集器需要同时采集电压电流信号, 可靠性没有 ECT 高。

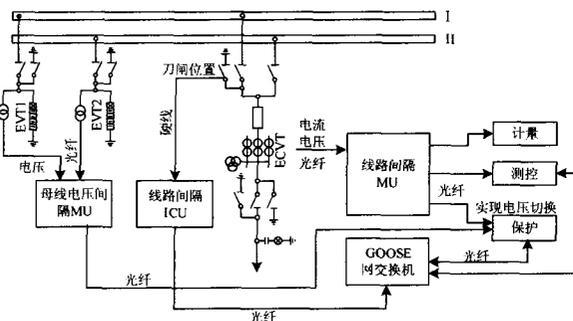


图3 方案一的基本原理

Fig.3 Basal principle of the first method

3.2 方案二：在保护、测控及计量装置内实现电压切换

该方案互感器的配置原则与传统变电站相同, 在各间隔配置单独的 ECT (在其中一相上配置 EVT, 重合闸时用), 在母线上配置三相 EVT, 如图 4 所示。

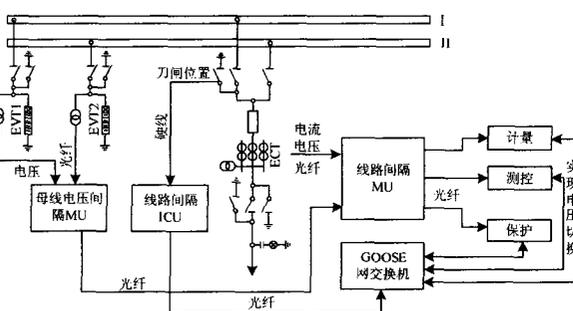


图4 方案二的基本原理

Fig.4 Basal principle of the second method

由于线路上没有电压互感器, 因此该方案的二次设备需要实时进行电压切换来获取母线电压。母线电压间隔 MU 将母线电压输入给线路间隔 MU; 线路间隔 MU 同时还采集本间隔的三相电流和单相电压并传送给保护等二次设备。保护等二次设备通过 GOOSE 网交换机接收线路间隔 ICU 发来的刀闸位置信息, 并分别进行电压切换。电压并列实现方式同方案一。

该方案的优点在于:

1) 互感器配置与传统变电站相同, 比方案一投资降低。

2) 电压切换在不同的装置内实现, 可靠性较高。该方案的缺点在于:

1) 网络结构较为复杂, 在图 2 结构的基础上需要增加计量装置的 GOOSE 网口连接。

2) 二次设备较为复杂, 均需要增加电压切换的算法。

3.3 方案三：仅在 MU 内实现电压切换

该方案的互感器配置与方案二相同, 不同在于电压切换改为仅在 MU 内实现, 如图 5 所示。

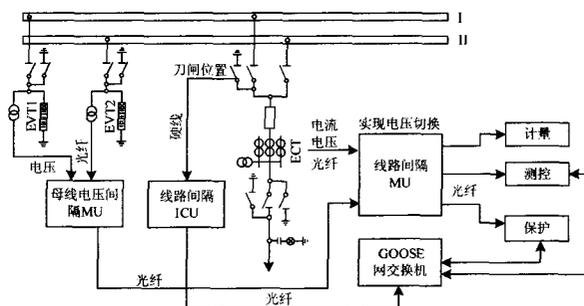


图5 方案三的基本原理

Fig.5 Basal principle of the third method

线路间隔 MU 采集本间隔的三相电流和单相电压, 同时还接收电压间隔 MU 发送来的母线电压值, 通过连接到 GOOSE 网交换机接收线路间隔 ICU 发送来的刀闸位置信息, 实现电压切换。电压并列实现方式同方案一。该方案的优点在于:

1) 与方案二类似, 投资比方案一降低。

2) 与传统电压切换思路相同, 二次间隔层设备接收的是切换后的电压信号, 降低了二次设备的算法复杂性, 计量装置不需要增加 GOOSE 网口。

该方案的缺点在于:

1) 电压切换仅在 MU 内实现, 其可靠性和安全性较低。

2) 增加了 MU 的复杂性, 在图 2 的基础上要增加 MU 的 GOOSE 网口连接。

4 结论和展望

本文在现阶段典型数字化变电站网络结构的基础上提出了三种电压切换方案。

三种方案各有优缺点, 但无论哪种方案相比传统电压切换方式, 其并列功能在电压 MU 内实现, 均避免了电压互感器二次反充电这一问题。方案一对电压切换的要求最低, 可靠性最高, 但经济性较差。方案二经济性较好, 可靠性较高, 但增加了二次设备的复杂性, 尤其现阶段的计量设备均不能连接 GOOSE 网。方案三降低了二次设备的复杂性, 在 MU 内实现电压切换; 二次设备接收到是切换后的电压信号, 符合传统电压切换的思路, 便于运行维护, 同时也具有较好

的经济性。

综上所述, 方案一在现阶段成本较高, 在将来 ECVT 成本下降和技术成熟的前提下最具优势; 方案二对二次设备的改动最大, 在现阶段不太可行; 方案三相比方案二更便于实现, 在现阶段最为可行。

对于将来大规模应用的 IEC61850-9-2 通信协议, 由于实现了采样值组网, 每个间隔层设备均可以接收到所有间隔的电流电压信息, 因此在采用线路 ECT 和母线 EVT 的前期下, 方案二是较适合的基本结构(将电压 MU 直接连接到采样值网络上, 无需级联到线路 MU)。

参考文献

[1] 高翔, 张沛超. 数字化变电站的主要特征和关键技术[J]. 电网技术, 2006, 30(23): 67-71
GAO Xiang, ZHANG Pei-Chao. Main Features and Key Technologies of Digital Substation[J]. Power System Technology, 2006, 30(23): 67-71.

[2] Andersson L, Brunner C, Engler F. Substation Automation based on IEC 61850 with New Process-close Technologies[A]. in: IEEE Powertech 2003[C]. Bologna(Italy):2003.23-26.

[3] 刘伟平. 电压切换回路异常情况的分析[J]. 继电器, 2007, 35(6):71-73.
LIU Wei-ping. Analysis of Unusual Situation of the Voltage Switching Circuit[J]. Relay, 2007, 35(6):71-73.

[4] 郭占伟, 魏晓强, 肖志刚. 电压切换回路故障分析[J]. 继电器, 2006, 34(22):81-82.
GUO Zhan-wei, WEI Xiao-gang, XIAO Zhi-qiang. Analysis of Busbar Secondary Voltage Selection Route Faults[J]. Relay, 2006, 34(22):81-82.

[5] 黄延蔓. 双开关及电压切换回路的探讨[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(7):64-66.
HUANG Yan-man. Study on Double Switch and Voltage Switch Circuit[J]. Electric Power Automatic Equipment, 2003, 23(7):64-66.

[6] 窦晓波, 胡敏强, 吴在军. 数字化变电站通信网络的组建与冗余方案[J]. 电力自动化设备, 2008,28(1): 38-43.
DOU Xiao-bo, HU Min-qiang, WU Zai-jun. Realization and Redundancy of Communication Networks in Digital Substations[J]. Electric Power Automatic Equipment, 2008,28(1):38-43.

[7] 胡道徐, 李广华. IEC 61850 通信冗余实施方案[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(8): 100-103.
HU Dao-xu, LI Guang-hua. Application of Redundant Communication Using IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(8): 100-103.

[8] 孙一民, 李延新, 黎强. 分阶段实现数字化变电站系统的工程方案[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (5) : 90-93.
SUN Yi-min, LI Yan-xin, LI Qiang. A Grading Solution for Building Digital Station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31:(5) :90-93.

[9] 张延. 电压互感器切换回路改进[J]. 继电器, 2003, 31(2):61-63.
ZHANG Yan. Improvement on Switch Circuit of the Potential Transformer[J]. Relay, 2003, 31(2):61-63.

[10] 吴杰余, 陈德树, 尹项根. 电压切换的新方法研究[J]. 继电器, 2002, 30(9):39-42.
WU Jie-yu, CHEN De-shu, YIN Xiang-gen. A New Method of Voltage Switching[J]. Relay, 2002, 30(9):39-42.

收稿日期: 2008-11-17; 修回日期: 2009-04-01

作者简介:

徐科(1979-), 男, 博士, 工程师, 主要从事变电站保护自动化系统和电力电子技术的研究; E-mail: xudanke@yeah.net

张会建(1968-), 男, 高工, 主要从事计算机应用技术和变电站保护自动化系统研究;

邢立功(1967-), 男, 高工, 主要从事继电保护的研究。

(上接第 58 页 continued from page 58)

[6] 孙素琴, 藤贤亮, 戴飞, 等. 河南电网 AGC 水火电联调试验研究[J]. 电力系统自动化, 2008,32(6):99-103.
SUN Su-qin, TENG Xian-liang, DAI Fei, et al. Experimental Investigation on Coordinate Control Between Hydro Units and Thermal Units in Henan Power Grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008,32(6):99-103.

[7] 吴政球, 潘立强, 陈辉华, 等. 基于灵敏度分析的机组电价决策及其算法[J]. 中国电机工程学报, 2004,24(1): 60-64.
WU Zheng-qiu, PAN Li-qiang, CHEN Hui-hua, et al. Sensitivity Based Analysis Method and Algorithm for Generation Bidding[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(1):60-64.

[8] 赵渊, 周念成, 谢开贵, 等. 大电力系统可靠性评估的灵敏

度分析[J]. 电网技术. 2005, 29(24):25-28.

ZHAO Yuan, ZHOU Nian-cheng, XIE Kai-gui, et al. Sensitivity Analysis on Reliability Assessment of Bulk Power System[J]. Power System Technology, 2005, 29(24):25-28.

[9] 王锡凡, 方万良, 杜正春. 现代电力系统分析[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

收稿日期: 2008-11-19; 修回日期: 2009-01-18

作者简介:

李佳宇(1980-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为电网运行与控制, 电力市场; E-mail: lijiaayu2222@163.com

李大鹏(1973-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电网运行与控制, 电网调度自动化。