

DOI: 10.7667/PSPC152052

# 基于无缝接入模式的母线保护智能化改造方法

杨勇<sup>1,2</sup>, 盛海华<sup>1</sup>, 张广嘉<sup>3</sup>, 王坚俊<sup>2</sup>

(1. 国网浙江省电力公司, 浙江 杭州 310000; 2. 国网浙江省电力公司杭州供电公司, 浙江 杭州 310009;  
3. 长园深瑞继保自动化有限公司, 广东 深圳 518057)

**摘要:** 母差保护装置接入支路多、运行方式多样、改造复杂, 因此, 母差保护装置在改造过程中面临长期停电及运行方式不灵活等诸多问题。针对这一情况, 结合现场多次改造经验, 在分析现场具体二次回路配置的基础上, 分别提出基于传统母线保护改造智能接口及 GOOSE 出口转接的改造方案。基于现场多种模式情况下都可以在不改动现场二次回路接线的情况下, 实现智能站母线保护的不停电改造工作。通过该方案的应用, 解决了传统站智能化改造的关键问题, 对于推进智能电网的建设具有重要意义。

**关键词:** 母线保护; 无缝接入; 智能接口设备; 不停电改造

## Intelligent reconstruction scheme for bus protection based on the seamless access mode

YANG Yong<sup>1,2</sup>, SHENG Haihua<sup>1</sup>, ZHANG Guangjia<sup>3</sup>, WANG Jianjun<sup>2</sup>

(1. State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310000, China; 2. Hangzhou Power Supply Company of State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310009, China; 3. CYG SUNRUI Co., Ltd., Shenzhen 518057, China)

**Abstract:** Considering the multi-access branches, the diversity of operation modes, and the complex reconstruction, there exist many problems such as long-term power failure, inflexible operation mode during the reconstruction for the bus differential protection device. In view of this situation, combined with the abundant reconstruction experience, based on the analysis of the specific secondary circuit configuration, the modification scheme of intelligent interface based on the traditional bus protection device and the GOOSE export transfer is proposed. In this way, it can be possible to realize the reconstruction with uninterrupted power for bus protection in intelligent substation under the situation of multiple modes without any changing of the secondary circuit wiring. Through the application of the scheme, the key issues of intelligent reconstruction for the traditional substation can be solved. Besides, it is significant to promoting the intelligent substation construction.

**Key words:** bus protection; seamless access; intelligent interface equipment; reconstruction with uninterrupted power

## 0 引言

随着智能站的发展, 传统变电站改造成智能站成为一种必然的趋势, 常规变电站的智能化改造工程正在逐步增多。如何使当前正在运行的传统变电站平滑地过渡到智能化变电站, 是一个关系到智能化变电站能否得到快速推广的现实问题。变电站改造过程中, 运行的设备只能按间隔停运, 对于跨间隔设备不能长时间退出运行, SCD 配置文件不能频繁修改, 又由于母线保护装置存在接入支路多、运行方式多样、改造复杂等情况, 因此在智能化改造过程中面临诸多问题, 这使得母线保护的智能化改造方法的研究显得尤为重要。

从变电站运行可靠性及工程改造操作性考虑, 需要找到可行的改造方案, 以解决母线保护装置从传统到数字化过渡过程中出现的问题, 确保改造期间母线保护一直运行。如何解决母线保护装置在改造过程中同时接入常规设备和数字化设备, 并且实现常规设备改造完毕后能够无缝切换到数字化母线保护等问题, 是常规变电站改造成智能站的关键<sup>[1-4]</sup>。

## 1 当前主要方案及问题分析

目前, 对于母线保护的智能化改造主要包括如下几种方案。

1) 按照母线来划分传统及智能站模式

若主接线为双母线接线, 可通过让 I、II 段母线

分列运行,改造前所有间隔挂接 I 母,接入传统母线保护装置;改造过程中,将除母联外所有间隔依次停电进行智能化改造,将改造后的间隔挂接 II 母,并接入数字化母线保护装置;当所有间隔改造完毕后再将改造完的母联间隔接入数字化母线保护,整个改造方案完成。

优点:改造过程简单,接线工作量较少。

缺点:改造过程中要求母线长期处于分列运行状态,同时改造前期全站负荷均集中于一条母线,运行方式单一,若该母线出现故障将导致停电面积扩大,系统的可靠性较低。另外,该改造方案具有局限性,对电网的一次接线方式要求较高,不适用于所有主接线方式<sup>[5]</sup>。

2) 单间隔数字化改造后统一接入数字化母线保护方案

该改造方案主要分为以下两个阶段。

第一阶段,将原有传统间隔按顺序进行智能化改造,改造过程中常规母线保护一直投入运行。

第二阶段,将所有已经完成智能化改造的间隔接入数字化母线保护,经测试正确后投入运行,将原有常规母线保护退出,并取消所有模拟量接线,整个改造过程完成。

优点:不需要增加母线保护子机。

缺点:单间隔保护必须具备既能接受数字量又能接受模拟量的功能,改造过程中第一阶段与第二阶段均需要对改造间隔交流采样并对开入开出模拟量接线进行更改,其中第一阶段需保留母线相关回路的接线,第二阶段需将相关端子接线拆除。施工过程较复杂,工作量大,改造过程中安全风险及停电次数都较高,同时工作效率也较低<sup>[6]</sup>。

3) 母线分段智能化改造方案

此方案需要按照“主机+子机”的模式进行。改造分为以下两个阶段。

第一阶段,将一次母线停电后打断母线连接,把需要改造的间隔所连接的母线完全隔离,然后进行这部分间隔的智能化改造。

第二阶段,改造后的间隔投运前,再停电进行母线连接,同理,分阶段完成其余的间隔。

优点:二次接线简单,改造后的间隔可直接接入母线智能化设备。

缺点:停电次数多,相应的倒闸操作频繁,电网运行的可靠性较低;运行方式复杂,负荷转移困难;施工难度大,施工周期较长,危险因素多,工作效率较低。

从变电站运行可靠性及工程改造的操作性考虑,上述方案均存在一些问题。其中分母线改造要

求母线长期处于分列运行状态,同时改造前期全站负荷均集中于一条母线,运行方式单一,运行母线故障将导致停电面积扩大,系统可靠性较低。另外,该方案对电网的一次接线方式要求较高,不适用于所有主接线方式;单间隔改造时保留母差接线方案,要求单间隔保护必须具备既能接收数字量又能接收模拟量的功能,改造过程中需要对改造间隔的交流采样以及开入开出模拟量的接线进行更改,施工过程较复杂,工作量大,增加改造过程中安全风险及停电次数,同时降低了工作效率。

针对以上问题,本文提出了以智能接口设备为基础的无缝接入智能化改造方案。

## 2 无缝接入方式的改造方案

### 2.1 硬件改造方案

基于改造过程中传统二次电缆接线改造的复杂性,考虑利用原有母线保护的二次电缆接线,对原有传统母线保护进行改造,成为智能接口装置(下文以全间隔子机替代),这样就解决了二次电缆变化带来的问题。现场基于传统 BP-2B 母线保护进行改造,是将现场原有的 BP-2B 改造为全间隔子机,使之充当临时数字化母线保护数据采集及控制的角色。具体来讲,通过更改 CPU 板、增加光口板等模式将其改造成为全间隔子机,该子机能够将原有的传统开入开出量以及交流采样转换为数字量后再通过光纤接入数字化母线保护主机。改造过程中,已完成智能化改造间隔的合并单元与智能终端通过光纤接入母差保护主机,未改造的传统间隔通过全间隔子机接入母线保护主机。全部间隔智能化改造完成后,母线保护主机接入所有间隔的合并单元与智能终端,全间隔子机可完全撤除。

### 2.2 母线保护子机无缝切换过程

要实现全间隔保护子机的无缝切换,需要满足如下条件。

按照全站改造的最终模式配置 SCD 文件,其中 MU、智能终端、所有保护 ICD 及关联信息不再发生变化。

全间隔子机可以实现多个 SV 和 GOOSE 发送,按间隔发送,且发送内容与单间隔合并单元及智能终端发送内容一致。

全间隔子机的交流采样和开入开出回路均为原有的接线,无需更改。SCD 文件配置好后,使用 SCD 工具对其进行私有化配置后下装到全间隔子机,将数字化母差需要的所有未改造完成间隔的配置信息均修改为由全间隔子机发送,同时将数字化母差 GOOSE 跳闸信息中需要常规跳闸的虚端子关

联到全间隔子机进行开出。如此，改造期间每完成一个间隔，仅需将该间隔光纤连线由全间隔子机改为该间隔智能终端、MU 即可。

(1) 针对 SV 配置，通过新建 ICD 文件实现，步骤如下所述。

按照最终版 SCD 文件中 MU 的 ICD 及其发送特性新建全间隔子机的 ICD 文件，将配置好的 ICD 文件导入配置好的 SCD，然后将全间隔子机配置为单 IED 下多 SV 包发送并修改每个 SV 发送的 SMV 控制块与现场实际 MU 的 SMV 实际控制块一致，再将全间隔子机生成的“MU.CFG”文件导入全间隔子机装置，接下来测试验证全间隔子机与数字化母线保护通信及间隔关联的正确性。

SV 发送配置流程如图 1 所示。

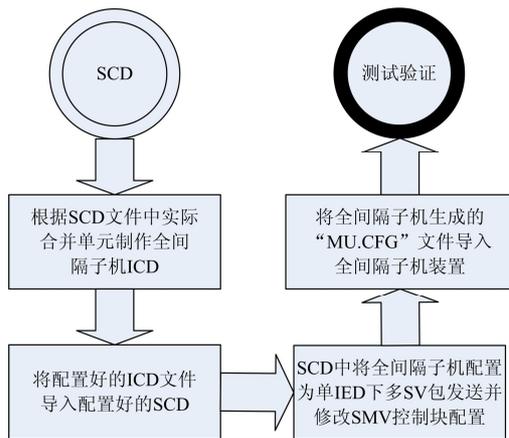


图 1 全间隔子机 SV 配置流程图

Fig. 1 SV configuration flow chart for the full interval slave machine

(2) 针对 GOOSE 发送配置，全间隔子机的 GOOSE 发送通过修改最终版本 SCD 文件中的智能终端以及各间隔保护装置 GOOSE 发送通道的虚端子短地址实现。具体步骤如下：

修改最终版 SCD 中智能终端、间隔保护装置的 GOOSE 发送通道虚端子短地址为全间隔子机的短地址，生成各智能终端与间隔保护装置等 IED 对应的 GOOSE 配置文件，然后修改各个 GOOSE 配置文件名称并按顺序排列，再将排列好的各间隔 GOOSE 配置文件下装到全间隔子机中，最后测试验证全间隔子机与数字化母线保护通信及间隔关联的正确性。

GOOSE 发送配置流程如图 2 所示。

(3) 针对全间隔子机的 GOOSE 接收，通过新增全间隔子机 ICD 文件实现，具体实现步骤如下所述。新增全间隔子机 GOOSE 接收用的 ICD 文件，

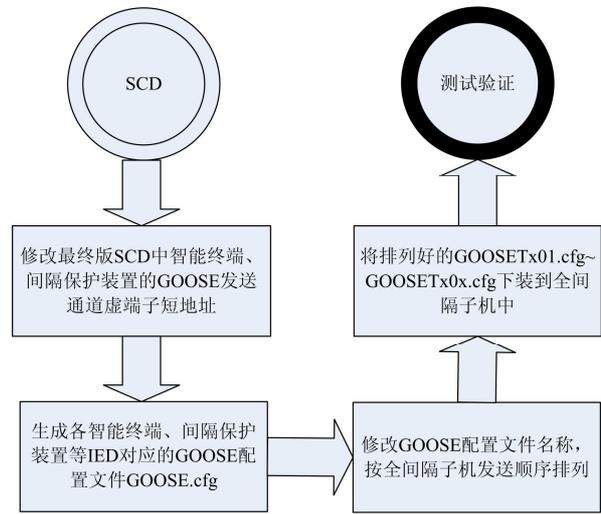


图 2 全间隔子机 GOOSE 发送配置流程图

Fig. 2 GOOSE send configuration flow chart for the full interval slave machine

然后将新增的 ICD 文件导入 SCD 中，再在 SCD 中将数字化母差的各支路跳闸及联跳出口关联到全间隔子机对应的开入虚端子，接下来将全间隔子机生成的“GOOSE.CFG”文件名称修改为“GOOSERx.CFG”后导入全间隔子机装置。最后测试验证数字化母线保护 GOOSE 出口与全间隔子机跳闸出口关联的正确性。

GOOSE 接收配置具体流程如图 3 所示。

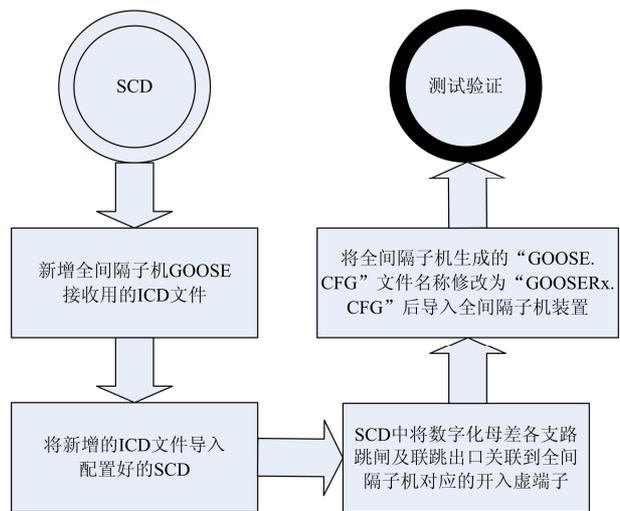


图 3 全间隔子机 GOOSE 接收配置流程图

Fig. 3 GOOSE receive configuration flow chart for the full interval slave machine

### 3 智能化改造实例

以双母线母线接线方式为实例，对改造过程进

行进一步详细说明:

如图4所示的双母线接线,有L1/L2/L3/L4/L5/L6六个间隔,其中L1为母联,挂在母线的所有间隔均须逐个进行数字化改造。

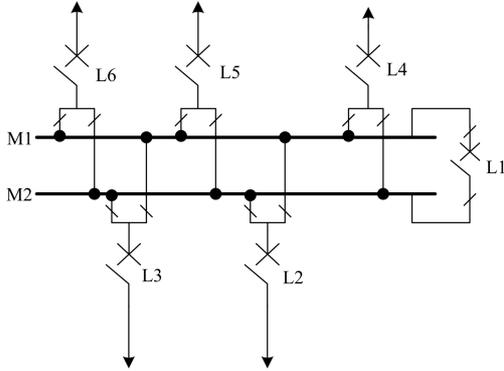


图4 一次系统接线图

Fig. 4 Wiring diagram of the primary system

全间隔子机无缝切换为过程层设备接入母线保护过程详述如下。

### 3.1 母线保护改造为全间隔子机

改造的第一步是将原常规母线保护改造为全间隔子机的微机母线保护装置,即保持原所有开入开出回路不变的情况下,将原CPU板改为带光口的智能CPU板,将母线保护装置改造为全间隔子机,装置改造前后示例图如图5所示。

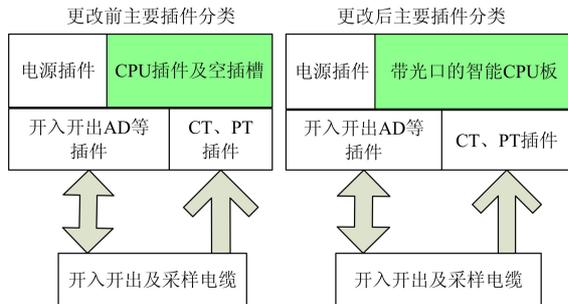


图5 母线保护改造为全间隔子机示例图

Fig. 5 Schematic diagram of the transformation from the bus protection device to the full interval slave machine

### 3.2 形成全间隔子机MU配置

SCD中数字化母差所接收的7个实际MU配置情况如下。

母线MU:采集M1和M2母线三相电压,SMV控制块为MM5001AMU1/LLN0\$SV\$S\$smvcb1,通道数为23;

L1母联MU:采集L1母联三相电流,SMV控制块为MF5001AMU1/LLN0\$SV\$S\$smvcb1,通道数为18;

L2支路MU:采集L2支路三相电流,SMV控制块为ME5002AMU1/LLN0\$SV\$S\$smvcb1,通道数为18。

L3~L6支路MU配置类似,此处省略。

将上述7个MU的SV发送数据集导出,合并形成一个大的ICD文件,修改ICD文件中M1和M2母线三相电压采集短地址改为全间隔子机电压采集的短地址,L1~L6支路三相电流采集的短地址改为全间隔子机对应各支路电流采集的短地址,其他数字化母差未使用的短地址修改为全间隔子机备用通道短地址。

将该ICD文件通过SCD工具生成MU.CFG配置文件,配置文件中包含7个独立MU发送包和7个独立发送口,第一个SV发送口发送的SMV控制块为MM5001AMU1/LLN0\$SV\$S\$smvcb1,通道数为23,与母线MU发送的控制块和通道数完全一致,其中电压采样值为全间隔子机电压采样值;第二个SV发送口发送的SMV控制块为MF5001AMU1/LLN0\$SV\$S\$smvcb1,通道数为18,与L1母联MU发送的控制块和通道数完全一致,其中母联采样值为全间隔子机母联采样值。

第三至第七发送口发送的MU配置参照执行。

### 3.3 形成全间隔子机GOOSE发送配置

SCD中数字化母差接收的6个实际智能终端和间隔保护配置情况如下。

L1智能终端:采集A、B、C三相断路器位置;

L2~L6智能终端:采集L2~L6支路1G和2G刀闸位置;

L1间隔保护:L1保护失灵启动开入;

L2~L6间隔保护:L2~L6三相启动失灵开入。

将SCD文件中上述智能终端和间隔保护通道的短地址全部改为全间隔子机的对应开入通道的短地址,其他数字化母差未使用通道全部改为全间隔子机备用开入短地址。然后分别生成L1~L6智能终端的GOOSE配置文件和L1~L6间隔保护的GOOSE配置文件,并与全间隔子机约定好名称后下装到全间隔子机。

### 3.4 全间隔子机接收数字化母差GOOSE接收配置

SCD中数字化母差需要发送的出口如下:01~06支路跳闸出口;02和03支路失灵联跳出口;M1

和 M2 母线保护动作出口。

将全间隔子机 ICD 文件导入 SCD 中，将数字化母差上述跳闸出口分别关联至全间隔子机的开入(对应各支路跳闸出口和失灵联跳出口)，生成全间隔子机 GOOSE 配置文件，与全间隔子机约定好名称后下载到全间隔子机。

### 3.5 数字化母线保护联跳并投运

对数字化母差、MU、智能终端、保护装置和全间隔子机设备进行联调后，即可将数字化母差和全间隔子机运至改造现场<sup>[7-8]</sup>，待数字化母差安装调试完毕，将原常规母差停运，修改为全间隔子机，数字化母差和全间隔子机顺利投入运行。

### 3.6 逐个间隔改造过程

假设从 L2 支路开始改造，将 L2 支路一次开关断开，其他支路正常运行，将 L2 支路改造为 MU、智能终端，直接将原接入全间隔子机的 L2 支路对应光纤改接入 MU、智能终端，同时将全间隔子机 L2 支路失灵发送 GOOSE 包屏蔽<sup>[9-10]</sup>。不需修改数字化母差和全间隔子机配置，即可恢复数字化母差正常通信和保护投入，实现无缝切换。改造期间，整站改造过程中网络示意图如图 6 所示。

### 3.7 改造完毕，全间隔子机退出

所有间隔改造完毕后，全间隔子机可退出运行，整站改造完毕后网络示意图如图 7 所示。

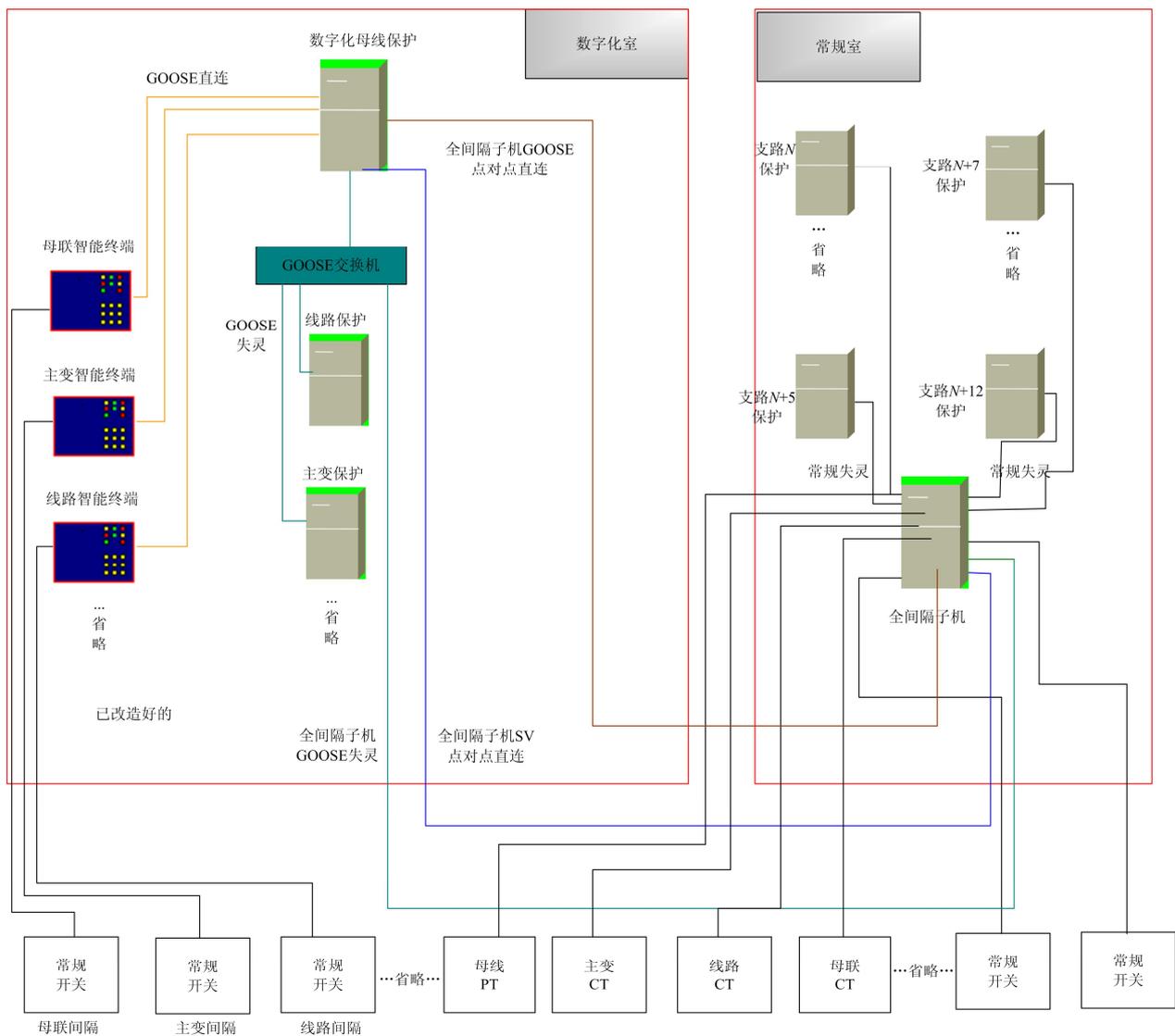


图 6 整站改造过程网络示意图

Fig. 6 Network schematic diagram of the substation reconstruction



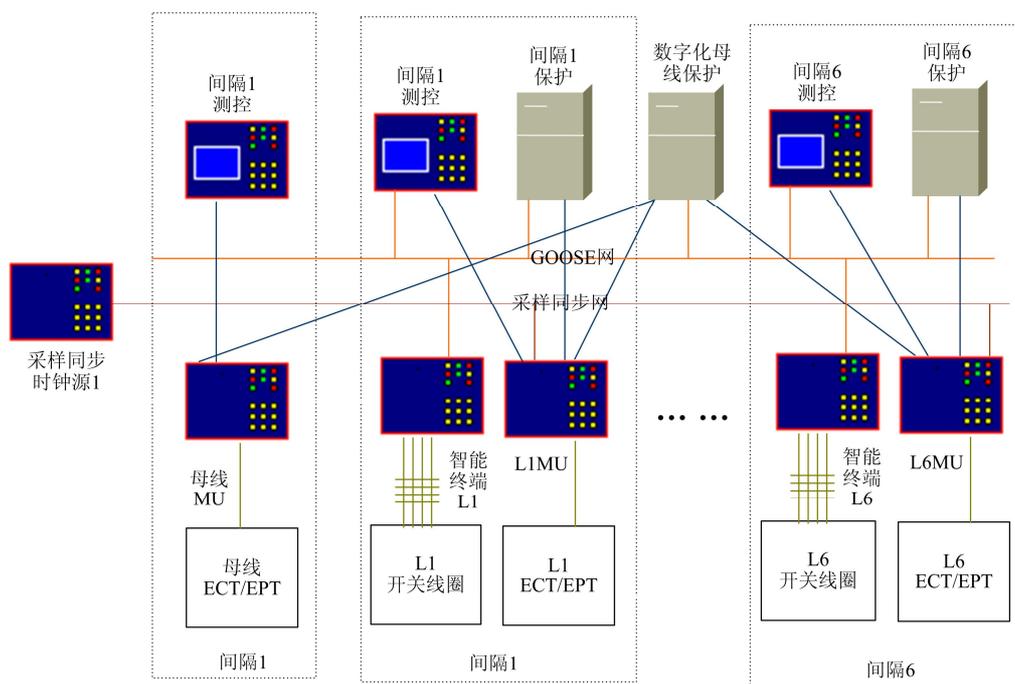


图7 整站改造完毕网络示意图

Fig. 7 Network schematic diagram of the completed substation reconstruction

## 4 结论

基于对可靠性及运行方式的要求,传统站改造为智能站是一项时间紧、难度大的工作,对于关系全站接入的母线保护改造,更是要具备行之有效的解决方案。本文依据工程现场改造实践,充分考虑现场改造工作的效率及安全性,提出一种全间隔子机无缝切换为过程层设备接入母线保护的方法,有效地实现了传统变电站平滑地过渡到智能化变电站,大幅降低了改造成本,缩短了改造周期,提高了现场改造回路安全性,解决了传统站智能化改造的难题,为推进智能电网的建设步伐起到重要的作用。

### 参考文献

- [1] 裘愉涛, 杜浩良. 传统 500 kV 继电保护智能化改造方案[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(11): 143-148.  
QIU Yutao, DU Haoliang. Retrofitting scheme for protection device intelligencization of 500 kV traditional substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(11): 143-148.
- [2] 陈安伟, 乐全明, 张宗益, 等. 500 kV 变电站智能化改造的关键技术[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(18): 47-50, 61.  
CHEN Anwei, LE Quanming, ZHANG Zongyi, et al. Key technology for smart modernization of 500 kV

substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(18): 47-50, 61.

- [3] 马力, 林瑞, 王建勋. 常规变电站数字化改造的关键技术分析[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(9): 104-107.  
MA Li, LIN Rui, WANG Jianxun. Key technologies for digital retrofitting of conventional substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(9): 104-107.
- [4] 刘琳, 王向平, 沈斌. 常规变电站智能化改造的技术探讨[J]. 华东电力, 2011, 39(8): 1288-1290.  
LIU Lin, WANG Xiangping, SHEN Bin. Technical discussion on intelligent transformation of conventional substation[J]. East China Electric Power, 2011, 39(8): 1288-1290.
- [5] 王同文, 谢民, 孙月琴, 等. 智能变电站继电保护系统可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 58-66.  
WANG Tongwen, XIE Min, SUN Yueqin, et al. Analysis of reliability for relay protection systems in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 58-66.
- [6] 吴刚, 程中普, 郝申军. 智能变电站过程层网络中开关量多设备共享应用方案研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 144-148.  
WU Gang, CHENG Zhongpu, HAO Shenjun. Application

- scheme of intelligent substation switch value multi-device sharing[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 144-148.
- [7] 张兆云, 陈卫, 张哲, 等. 一种广域差动保护实现方法[J]. 电工技术学报, 2014, 29(2): 297-303.  
ZHANG Zhaoyun, CHEN Wei, ZHANG Zhe, et al. A method of wide-area differential protection[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(2): 297-303.
- [8] 刘育权, 华煌圣, 李力, 等. 多层次的广域保护控制体系架构研究与实践[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(5): 112-122.  
LIU Yuquan, HUA Huangsheng, LI Li, et al. Research and application of multi-level wide-area protection system[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(5): 112-122.
- [9] 嵇建飞, 袁宇波, 王立辉, 等. 某110 kV智能变电站合并单元异常情况分析及对策[J]. 电工技术学报, 2015, 30(16): 255-260.  
JI Jianfei, YUAN Yubo, WANG Lihui, et al. Analysis and countermeasure on abnormal operation of one 110 kV intelligent substation merging unit[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(16): 255-260.
- [10] 闫志辉, 周水斌, 郑拓夫. 新一代智能站合并单元智能终端集成装置研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(14): 117-121.  
YAN Zhihui, ZHOU Yongbin, ZHENG Tuofu. Study of device with merging unit and intelligent terminal for new intelligent substation[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(14): 117-121.

收稿日期: 2015-11-25; 修回日期: 2016-01-11

作者简介:

杨勇(1968-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统及其自动化;

盛海华(1966-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统及其自动化;

张广嘉(1977-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统继电保护及控制。E-mail: zhanggj@sznari.com

(编辑 魏小丽)