

# 智能变电站冗余数据处理方案的研究与应用

杨凯<sup>1</sup>, 余高旺<sup>1</sup>, 宋勇辉<sup>2</sup>, 张艳超<sup>1</sup>, 马小燕<sup>1</sup>

(1. 许继电气技术中心, 河南 许昌 461000; 2. 新疆大学电气工程自动化系, 新疆 乌鲁木齐 830046)

**摘要:** 针对智能变电站过程层及间隔层数据采集设备双套配置产生的两类冗余数据如何处理的技术问题, 提出由数据接收方通过数据辨识进行筛选的方案。对站控层遥测数据及过程层SV数据采用按点实时筛选的方式, 对站控层遥信数据及过程层GOOSE数据采用动态筛选和静态筛选相结合的方式。理论分析和此方案在多个实际工程的应用情况表明, 该方案不增加、不修改硬件设备, 处理逻辑清晰, 对提高智能变电站数据可靠性、方便运行检修等方面具有积极意义。

**关键词:** 智能变电站; 冗余; 站控层; 过程层; SV; GOOSE

## Research and application of redundant data processing scheme for smart substation

YANG Kai<sup>1</sup>, YU Gaowang<sup>1</sup>, SONG Yonghui<sup>2</sup>, ZHANG Yanchao<sup>1</sup>, MA Xiaoyan<sup>1</sup>

(1. XJ Electric Technology Center, Xuchang 461000, China; 2. School of Electrical Engineering and Automation, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Scheme of the data receiver screening through the data identification is brought forward, aiming at the technical problem that how to deal with two kinds of redundancy data producing by double sets of data acquisition equipment configuration of process level and bay level in smart substation. Method of point based real-time screening is used for telemetry data of station control layer and SV data of process level, and method of dynamic and static screening combination is used for remote data of station control layer and GOOSE data of process level. The theoretical analysis and application of this scheme in many practical projects show that this program will not increase or modify hardware equipment with clear processing logic, it increases reliability of data in smart substation and is easy to overhaul & running.

**Key words:** smart substation; redundancy; station control layer; process level; SV; GOOSE

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)12-0150-05

## 0 引言

近年来, 智能变电站<sup>[1]</sup>的推广越来越广泛, 在智能变电站的推广过程中出台了一系列规范。按这些规范要求, 220 kV 及以上电压等级的保护均采用双重化配置, 两套保护的输入、输出回路要严格独立, 因此合并单元和智能终端也需要对应双套配置。测控装置按单套配置, 保护、测控装置公用智能终端和合并单元, 一般要求测控装置跨接过程层双网同时接入双套合并单元和智能终端的信息, 过程层数据通信接入示意如图 1 所示。

从图 1 可以看出, 每个间隔的测控装置采集了双套合并单元和智能终端的信息, 从过程层采集的信息是冗余<sup>[2-4]</sup>的。测控装置采集到过程层数据后经

过一系列处理再上送监控系统, 监控系统用以处理的数据要求是非冗余数据。这样从应用的角度来说就需要对过程层的冗余数据进行二选一筛选<sup>[5]</sup>处理。

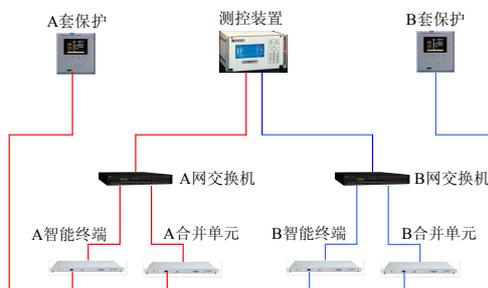


图 1 测控跨接过程层双网示意

Fig. 1 Dual-network bridging process level of measurement and control

在一些 220 kV 智能变电站中, 220 kV 线路及母联等间隔还采用保护测控一体化的配置模式, 保护仍然采用双套配置, 每个保护测控一体化装置均配置有测控功能。这种配置情况如图 2 所示。

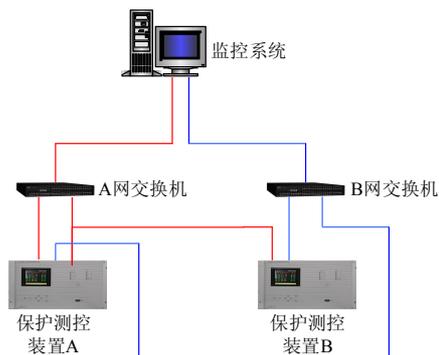


图 2 保护测控装置双套配置示意图

Fig. 2 Double sets of configuration of protection and control device

从图 2 可以看出, 双套保护测控一体化装置均给监控系统上送数据, 监控系统上每个间隔从间隔层采集了两套数据, 采集的间隔层数据是冗余的。同样, 监控系统进行画面显示等应用处理需要非冗余的数据, 也需要对间隔层的冗余数据进行二选一筛选处理。

针对上述情况, 本文分析了智能变电站冗余数据特征, 提出一种智能变电站冗余数据处理方案, 并在实际工程中进行了应用。

## 1 冗余数据处理原则

在智能变电站建设推进过程中, 形成了《智能变电站技术导则》、《智能变电站设计规范》等一系列规范, 为智能变电站相关设备的开发、设计提供了依据。但就智能变电站冗余数据如何处理, 目前没有相关规范作具体规定, 导致目前各设备生产厂家对冗余数据的处理方式不统一, 对智能电网运行的可靠性<sup>[6-7]</sup>造成不利影响。

笔者经过调查发现: 对智能变电站的冗余数据处理方式, 电力系统二次设备的几个主要供货厂家都不尽相同, 主要有下面几种方式:

方式一: 只接收处理冗余数据中的一套数据, 另一套弃之不用;

方式二: 将冗余数据当成非冗余数据处理, 传输给上一级数据接收设备, 由上级数据接收设备进行处理;

方式三: 将接收冗余数据以来源设备为单位筛选, 即一套设备中的任一数据异常就取另外一套的数据;

方式四: 将接收冗余数据按点为单位进行筛选。这里所说的点, 不是 SV 输入的采样值瞬时点, 而是一个 GOOSE 或 SV 输入通道。

对智能变电站的冗余数据处理方式, 应该有一个统一的原则, 本文提出智能变电站的冗余数据处理原则如下: 由冗余数据的第一级接收设备对冗余数据进行筛选处理, 并按点为单位进行筛选。

具体来说, 对测控装置跨接双网采集双套智能终端和合并单元产生的冗余数据, 应由测控装置按点为单位进行筛选, 即按 SV 输入或 GOOSE 输入的通道为单位进行切换; 对保护测控一体化装置双套配置产生的冗余数据, 应由监控系统和运动转发装置按点进行筛选。

## 2 双智能终端冗余数据处理方案设计

对智能终端双套配置、单套测控装置跨接过程层双网的情况, 按原则应由测控装置对智能终端冗余数据进行处理。

### 1) 冗余数据特征

冗余数据因智能终端双套配置产生, 但并非智能终端的所有信息都是冗余的。智能终端各自的自检信息、检修压板、设备失电告警信息、通道监视信息等均不是冗余信息, 是不需要上一级接收设备进行筛选处理的。智能终端采集的一次设备位置信息、一次机构告警信息是冗余的, 是需要上一级接收设备进行筛选处理的。总体来说, 智能终端的二次设备相关状态信息不是冗余数据, 采集的一次信息则为冗余数据, 在进行冗余数据处理时需要区别对待。

按 DL/T-860 规范的要求, 智能终端以 GOOSE 的格式<sup>[8]</sup>和测控装置交互状态量数据, 数据属性包含品质(Quality), 品质的具体内容如表 1 所示。

表 1 数据品质

Table 1 Data quality

属性名	值/值域	属性描述
validity	00~11	有效性, 表示好、可疑、无效等
detailQual	0000000~11111111	细化品质, 对有效性具体说明
overflow	0~1	溢出
out of Range	0~1	超值域
Bad Reference	0~1	坏基准值
oscillatory	0~1	抖动
failure	0~1	故障
old Data	0~1	旧数据
inconsistent	0~1	不一致
inaccurate	0~1	不精确
source	0~1	来源
test	0~1	测试
operatorBlocked	0~1	操作闭锁

GOOSE 信息中的品质是按信息点分别描述的, 即每个信息点均有独立的品质。通过解析品质信息, 可以知道每个 GOOSE 信息点的状态。

### 2) 冗余数据处理方案

基于智能终端发送给测控装置的 GOOSE 信息的特征, 以 GOOSE 信息的品质作为判别依据对冗余信息进行筛选, 采用动态筛选和静态筛选相结合的筛选方式。

测控装置接收到智能终端 GOOSE 信息以后, 以遥信方式上送监控系统并在装置上予以显示。测控遥信采用变化上送的形式, 即在遥信状态变化时(对应接收的 GOOSE 信息状态变化)才上送报文, 遥信状态不变化则不上送。针对测控装置遥信处理的这个特征, 对智能终端冗余信息提出动态筛选和静态筛选相结合的处理方案, 动态筛选针对有状态变化的情况, 静态筛选针对没有状态变化的情况。动态筛选方式下, GOOSE 冗余输入数据的一个数据首先发生变位, 测控装置即识别处理; 随后对应的另一个数据也发生变位, 则比较两个点的当前状态, 如果状态一致, 则后一个变位不进行处理, 装置识别的是前一个变位状态。如果状态不一致, 则识别处理后一个变位, 最终装置识别的是后一个变位状态。这个方式可以概括为“先到先得、后到为准”。静态筛选方式下, 测控装置根据 GOOSE 冗余输入数据的品质和检修情况, 筛选出一个相对可信的数据发送给站控层。

对双套智能终端上送的冗余数据, 正常情况下, 双套智能终端上送的信息是一致的, 也存在不一致的异常情况。要保证状态变化时能迅速上送遥信变位报文、且状态一致时不能重复发送报文, 采用先到先得、后到为准的筛选方式能够达到这个要求。

### 3) 冗余数据处理方案实现

首先, 需要采取措施明确冗余数据的范围并建立冗余对应关系, 通俗地说就是明确哪些数据是冗余数据需要筛选、要筛选的数据中谁和谁对应。实现方法为在测控装置 IEC61850 模型虚端子里通过描述体现上述信息, 具体如图 3 所示。

模型中通过 LN 反映冗余信息的范围, 图 3 中 GOINGGIO1 和 GOINGGIO2 的信息是非冗余信息, 不需进行筛选处理, GOINGGIO3~GOINGGIO6 的信息是冗余信息, 需要进行筛选处理。模型通过 LN+DO 体现冗余数据对应关系, 图 3 中 GOINGGIO3.SPCSO<sub>n</sub> 和 GOINGGIO4.SPCSO<sub>n</sub> 对应、GOINGGIO5.DPCSO<sub>n</sub> 和 GOINGGIO6.DPCSO<sub>n</sub> 对应。

明确了冗余数据的范围和对应关系, 为测控应用处理冗余数据提供了基础。测控装置遥信处理模

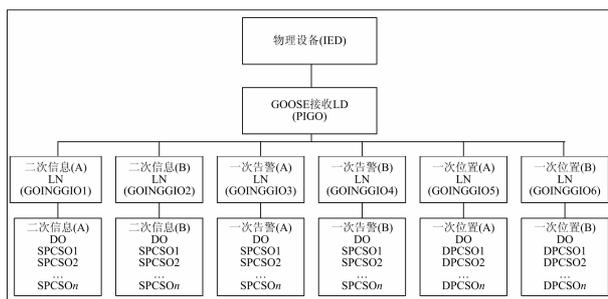


图 3 测控装置 GOOSE 接收模型图

Fig. 3 Model diagram of GOOSE receive about measurement and control

块中通过定义三个同样大小的遥信处理信息区间: A 区间、B 区间、C 区间。A 区间用以存放智能终端 A 的 GOOSE 信息, B 区间用以存放智能终端 B 的 GOOSE 信息, A、B 区间存放的信息均是实时刷新的, 为最终状态。信息中包含状态信息、品质信息及最后变位的时标, A、B 智能终端信息发生变化后实时刷新到对应的 A、B 区间中。C 区间存放筛选后的实时信息并用以显示和上送。A、B、C 区间信息的初始化状态均为 0。

测控装置运行时, 循环扫描 A、B 区间的实时数据, 发现某个信息点状态变化、且对应总品质为有效时, 就将其状态、品质、时标等信息刷新到 C 区间对应位置。装置在同时循环扫描 C 区间的所有信息, 发现某个信息点状态变化时启动遥信变位处理逻辑, 即弹出就地变位报告、上送变位报文, 发现品质变化且状态未变化时则仅上送报文。该处理机制针对有状态变化的情况, 为动态筛选, 体现了先到先得、后到为准的筛选原则, 如图 4 所示。



图 4 测控 GOOSE 冗余信息处理示意图

Fig. 4 Schematic of GOOSE redundant information processing of measurement and control

为适应智能终端不停电交替检修、单台智能终端故障退出转单套运行等运行情况, 测控装置对 A、B 区间的循环扫描分别设置投退控制, 只有控制投入时才启动扫描功能。

针对运行中 GOOSE 接收数据状态未变化但品质变化的情况, 按国网相关规范要求, 上送站控层对应的 MMS 报文要体现出接收 GOOSE 数据的品质变化。因此, 冗余数据处理中还需要在状态未变

化、品质变化的情况下采取措施予以处理。在没有状态变化的情况下,测控装置对 A、B 区间的数据进行循环扫描,发现一个区间某个信息点品质无效或测试位置 1 时,检查对应另一区间对应信息点品质无效或测试位,综合 A、B 区间的品质情况和实时状态分别处理,具体有下面几种情况。

- 1) A、B 区间的品质均无效,则将对应 C 区间品质置无效;
- 2) A、B 区间的品质均置测试位,则将对应 C 区间品质置测试位;
- 3) A、B 区间的品质只有一个无效,则将品质有效的数据刷新到 C 区间;
- 4) A、B 区间的品质只有一个置测试位,则将未置测试位的数据刷新到 C 区间。

### 3 双合并单元冗余数据处理方案设计

对合并单元双套配置、单套测控装置跨接过程层双网的情况,按原则应由测控装置对合并单元冗余数据进行处理。

#### 1) 冗余数据特征

合并单元冗余数据特征和智能终端数据类似,每个信息点均带有品质信息描述其有效性、测试状态等。

#### 2) 冗余数据处理方案

由于测控装置对遥测信息需要实时计算上送,对合并单元冗余数据提出根据数据品质按点实时筛选的处理方案。

#### 3) 冗余数据处理方案实现

和智能终端冗余处理方法类似,首先也需要从 61850 模型上建立冗余数据对应关系,如图 5 所示。

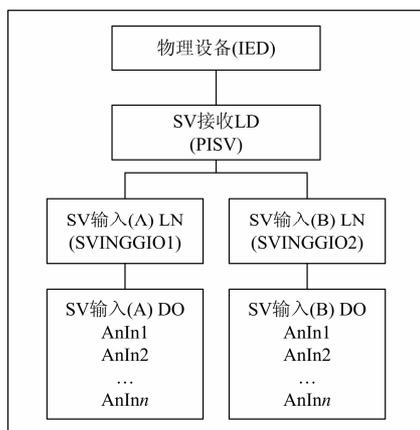


图 5 测控装置 SV 接收模型图

Fig. 5 Model diagram of SV receiving of measurement and control device

图 5 中 SVINGGIO1.AnIn $n$  和 SVINGGIO2.AnIn $n$  对应。

测控装置在 SV 接收处理模块中通过定义三个同样大小的 SV 接收区间: A 区间、B 区间、C 区间, A 区间用以实时存放合并单元 A 的 SV 输入数据, B 区间用以实时存放合并单元 B 的 SV 输入数据。A、B 区间的 SV 数据均为装置 SV 接收模块进行同步对齐处理后的数据,后续处理不需要再考虑同步的问题。测控遥测处理模块实时按信息点判别 A、B 区间的 SV 数据,根据数据品质有效性和测试位的情况,综合判断出两个数据是否正常,选择正常数据关联到 C 区间中对应数据通道,两个数据均正常时则维持当前关联模式不切换。数据正常的判别逻辑如图 6 所示。

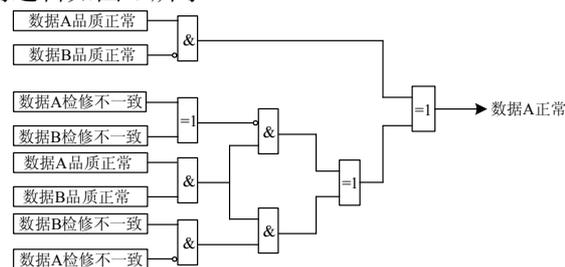


图 6 SV 数据正常判别逻辑

Fig. 6 SV data normal decision logic

测控装置实时使用 C 区间的输入数据进行遥测处理。

### 4 双测控装置冗余数据处理方案设计

对保护测控一体化装置双套配置一并接入监控系统的情况,按原则应由监控系统对测控装置冗余数据进行处理。

冗余数据处理方案和测控装置处理智能终端冗余数据、合并单元冗余数据的方案完全相同,不再累述。

### 5 试验验证

为验证本文提出的冗余数据处理方案的可行性,按照本文设计的系统结构搭建实验环境,模拟双套冗余配置设备中的一套故障或退出,测试数据采集是否受影响。

实验系统结构如图 7 所示。

系统共接入 2 台保护测控一体化装置、1 台测控装置、2 台智能终端、2 台合并单元。通信连接正常后进行下面的测试项目,具体如表 2 所示。

通过测试,数据接收设备均能按预期效果处理冗余数据。应用该方案的测控装置及监控系统在陕

西 330 kV 户县变、江苏 500 kV 溧阳变等多个变电站工程中使用,测试、运行均达到用户要求。

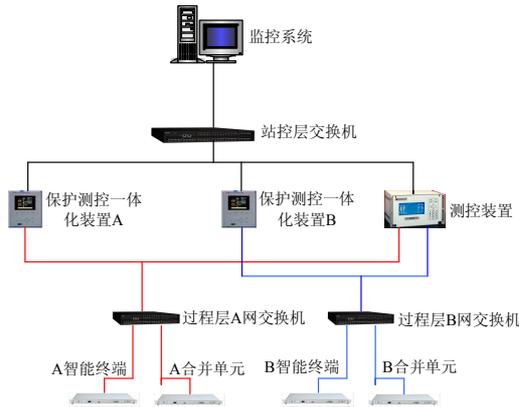


图 7 实验系统结构图

Fig. 7 Structure diagram of experimental system

表 2 冗余数据处理测试记录

Table 2 Test records of redundant data processing

测试序号	测试内容	测试结果
1	双智能终端正常工作,交替发送相同的变位 GOOSE	测控装置产生一次变位
2	双合并单元正常工作,均发送正常 SV 数据	测控装置固定取用一台合并器 SV 数据
3	双套保护测控一体化装置正常工作,交替发送相同的变位 MMS 报文	监控系统产生一次变位
4	双套保护测控一体化装置正常工作,均发送正常遥测数据	监控系统固定取用一台装置数据
5	双套设备正常运行,模拟一台装置数据异常(数据品质异常、测试位置 1 或装置故障等)	接收方取用正常数据

## 6 结论

智能变电站因配置需要会产生冗余数据,目前尚无对这些冗余数据如何处理的相关规范,导致实际工程中对冗余数据处理方式混乱,对智能变电站的规范化设计、运行管理的便利性等方面造成不利影响。本文分析了智能变电站冗余数据的特征,提出了一种智能变电站冗余数据处理方案,解决了智能变电站冗余数据处理不当造成的一系列问题,对智能变电站的推广具有积极意义。

## 参考文献

[1] 李孟超,王允平,李献伟,等.智能变电站及技术特点分析[J].电力系统保护与控制,2010,38(18):59-62.  
LI Mengchao, WANG Yunping, LI Xianwei, et al. Smart substation and technical characteristics analysis[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(18): 59-62.

[2] 韩佳兵,和敬涵,薄志谦,等.集成保护中冗余数据处理的软件设计[J].南方电网技术,2009,3(4):7-9.  
HAN Jiabing, HE Jinghan, BO Zhiqian, et al. The

software design of data redundancy processing for integrated protection[J]. Southern Power System Technology, 2009, 3(4): 7-9.

[3] 莫峻,谭建成.基于并行冗余协议的高可靠性过程总线通信研究[J].电工技术学报,2012,27(4):263-268.  
MO Jun, TAN Jiancheng. Highly reliable process bus communication parallel based on redundancy protocol[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(4): 263-268.

[4] 马丽叶,贾彬,卢志刚.基于静态安全性合实时供电能力的输电网安全等级研究[J].电工技术学报,2014,29(6):229-237.  
MA Liye, JIA Bin, LU Zhigang. Research on security classification of transmission network considering static security and real-time power supply capability[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(6): 229-237.

[5] 朱景伟,刁亮,任宝珠,等.具有冗余特性的永磁容错电机短路故障分析与控制[J].电工技术学报,2013,28(3):80-86.  
ZHU Jingwei, DIAO Liang, REN Baozhu, et al. Analysis and control of short-circuit fault in a fault-tolerant permanent magnet motor drive with redundancy[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(3): 80-86.

[6] 余琼,余胜,李晓晖.含分布式电源的配网自适应保护方案[J].电力系统保护与控制,2012,40(5):110-115.  
YU Qiong, YU Sheng, LI Xiaohui. An adaptive protection scheme for meshed distribution system with DG[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(5): 110-115.

[7] 曹楠,李刚,王冬青.智能变电站关键技术及其构建方式的探讨[J].电力系统保护与控制,2011,39(5):63-68.  
CAO Nan, LI Gang, WANG Dongqing. Key technologies and instruction methods of smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(5): 63-68.

[8] 魏勇,罗思需,施迪,等.基于IEC61850-9-2及GOOSE共网传输的数字化变电站技术应用与分析[J].电力系统保护与控制,2010,38(24):146-152.  
WEI Yong, LUO Sixu, SHI Di, et al. Research and application on digital substation based on IEC61850-9-2 and GOOSE communication in one network[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(24): 146-152.

收稿日期:2014-08-21; 修回日期:2014-09-24

作者简介:

杨凯(1978-),男,本科,工程师,从事测控装置、低压保护测控一体化装置研发工作;E-mail:cxys111@126.com

余高旺(1976-),男,硕士,高级工程师,从事电力系统保护与控制研发工作;

宋勇辉(1993-),男,本科,从事电力系统自动化产品研发工作。

(编辑 魏小丽)