

基于 IEC61850 标准的变电站防误闭锁系统的实现

笃峻, 祁忠

(南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211100)

摘要: IEC61850 标准为传统的变电站防误闭锁系统的实现带来了新的思路和方法。论述了 IEC61850 标准在变电站防误闭锁中的应用和实现, 并针对传统变电站防误闭锁系统存在的弊端, 提出了基于 IEC 61850 标准的防误闭锁解决方案。该方案无需在变电站内安装大量的锁具, 避免了不同厂家产品之间繁琐的规约通讯, 实现更加简单, 运行更加可靠。尤其是该方案采用 GOOSE 作为闭锁通讯的主要手段, 有效保证了防误闭锁系统的实时性。

关键词: IEC61850 标准; 变电站自动化; 防误闭锁; GOOSE

Application of substation anti-misoperation locking system based on IEC61850

DU Jun, QI Zhong

(NARI-Relays Electric Co., Ltd, Nanjing 211100, China)

Abstract: IEC61850 standard has brought new idea and method to traditional substation anti-misoperation locking system. This paper discusses the application of IEC61850 standard in substation anti-misoperation locking system. The new advantage of IEC61850 will be applied to solve the problem existing in traditional anti-misoperation locking system. Uniform data model guarantees consistency of understanding of data model between IEDs from different vendors. The data exchange of IEC61850--GOOSE technology will be used to exchange interlock information between IEDs. Rapid data exchange guarantees real-time performance of calculation of interlock condition of IEDs. So, the application of IEC61850 technology will eliminate procurement ambiguity, lower installation cost, and improve operational reliability of anti-misoperation system.

Key words: IEC61850; substation automation; anti-misoperation locking system; GOOSE

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)24-0118-05

0 引言

IEC61850 标准正在逐渐成为变电站通信网络和自动化系统一个重要标准, 它的出现不仅为变电站内各厂家不同型号装置之间的互连互通提供了一套全新的解决方案, 更重要的是为整个变电站自动化系统提供了一整套完善的建模规范, 这也为传统的电力应用带来了一些新的实现思路和方法。传统的变电站内的通信规约普遍存在的一个问题是往往只定义了字节如何在通讯介质上传输, 却没有规定如何从上层应用的角度去组织这些数据, 用户必须通过进行复杂的手工配置来建立上层应用数据对象到底层通讯数据变量之间的映射关系, 大大增加了工程实施的工作量、工程维护的复杂度和系统集成的成本。IEC61850 标准不仅具备传统通讯规约的功能(定义数据如何在通讯介质上传输), 更为重要的是它通过提供一整套完善的建模规范, 使得各品牌各型号装置能够以一种统一的方式来组织和交换数

据。上层应用不需要太多的手工配置, 就能识别底层通讯上送的数据, 不仅大大降低了变电站自动化系统的建设成本, 也为传统的电力应用如防误闭锁系统提供了新的实现思路。

1 IEC61850建模概述

变电站内运行的各类智能设备如保护装置、测控装置、录波装置等, 我们统一称为物理设备 (IED-Intelligent Electric Device)。物理设备具有网络地址并连接在网络上。每个物理设备包含一个或多个逻辑设备 (LD-Logic Device)。可以根据功能来划分逻辑设备, 如可以包含保护 LD、测量 LD、控制 LD 等, 当然也可以将所有功能都集中在一个 LD 中。每个逻辑设备包含一个或多个逻辑节点 (LN-Logic Node)。逻辑节点包含了全部用于通信的、与功能相关的一组数据和服务, 用于实现变电站自动化系统中的一些相关功能。每个逻辑节点包含一个或多个数据对象 (DO-Data Object)。数据对

象中的每一个属性 (DA-Data Attribute) 都具有一个标准规定的唯一名称, 用来标识功能相关的一个特定含义。实际上, 标准对数据对象中的每一个属性的名称、类型等都提供了统一的定义, 我们称为 CDC 类 (Common Data Class)。CDC 类规范了逻辑节点内各数据对象的结构、命名以及属性等信息, 为不同应用甚至不同装置之间的信息交换与共享奠定了基础。我们将在下面章节介绍如何基于该建模思想对变电站防误闭锁系统进行建模。

2 变电站防误闭锁概述

由于电力系统运行方式的变化, 设备的维护检修等原因需要对系统的运行设备进行大量的操作, 为了避免因为误操作给生命财产带来巨大损失, 必须通过制定防误闭锁操作规程来杜绝可能发生的误操作。传统的变电站防误闭锁系统通过微机软件、电子钥匙、机械电气锁具、验电器等软硬件产品的相互配合, 强制用户的操作满足上述操作规程的要求, 有效地降低了发生误操作的概率。但传统的变电站防误闭锁系统也存在很多弊端。

1) 传统的变电站防误闭锁系统需要安装大量的锁具。对于大型变电站, 现场需要安装大量的锁具, 安装工艺复杂, 工程量大, 施工成本高。而且, 大量安装在户外的锁具, 长时间受外界环境的影响 (如低温、雨雪、锈蚀等), 其使用的可靠性也会不断下降, 严重影响了运行人员的正常操作。

2) 传统的变电站防误闭锁系统没有统一的建模和通讯规范, 各个厂家都有自己的通讯规约。当不同厂家的后台监控系统和防误闭锁系统配合使用时, 一般都需要协商模型和规约, 通过手工配置建立两边数据的映射关系。配置过程繁琐复杂, 工作量大, 易出错, 后期的程序升级或系统扩容也可能存在隐患。

3) 传统的变电站防误闭锁系统一般需要与后台监控系统配合完成防误闭锁, 如防误闭锁系统根据后台监控系统送过来的开关刀闸位置实时计算自己的防误闭锁逻辑, 同时后台监控系统也会显示由防误闭锁系统通过电脑钥匙采集到的接地线、接地刀位置。两套系统之间通过串口或者网络进行数据同步, 由于传输介质的不同、传输规约的不同、软件程序处理方法的不同都会影响数据同步的实时性, 而这将直接关系到防误闭锁的成功率。传统的变电站防误闭锁系统由于采用各厂家自定义的通讯规约, 对这种实时性的衡量缺乏统一的判断标准。

随着 IEC61850 技术的日益成熟, 我们考虑能否通过引入 IEC61850 相关技术来解决上述问题。

3 基于 IEC61850 技术的解决方案

3.1 统一建模

变电站防误闭锁系统功能涉及到的一次设备主要是断路器、隔离刀闸等, 再结合一些控制、联锁等辅助功能, 按照 IEC61850 标准的要求进行建模。

断路器——XCBR, 该逻辑节点用于为具有切断短路电流能力的开关建模。采用 XML 语言描述模型如下。

```
<LNNodeType id="myXCBR" lnClass="XCBR">
  <DO name="Mod" type="myINC">
  <DO name="Beh" type="myINS">
  <DO name="Health" type="myINS">
  <DO name="NamPlt" type="myLPL">
  <DO name="Loc" type="mySPS">
  <DO name="OpCnt" type="myINS">
  <DO name="Pos" type="myDPC">
  <DO name="BlkOpn" type="mySPC">
  <DO name="BlkCls" type="mySPC">
  <DO name="CBOpCap" type="myINS">
</LNNodeType>
```

逻辑节点 myXCBR 中的数据对象 Mod(模式)、Beh(性能)、Health(健康状况)、NamPlt(铭牌)称为公用逻辑节点信息。Loc 表示断路器是否处于就地操作状态。OpCnt 表示对断路器的操作计数。Pos 表示断路器的开关位置。BlkOpn 表示跳闸闭锁条件。BlkCls 表示合闸闭锁条件。CBOpCap 表示断路器操作能力。数据对象 Pos 类型为 myDPC, 其派生于 CDC 类 DPC(可控双点类)。派生类可以根据需要对 CDC 类中包含的属性进行适当地裁剪。针对断路器最重要的属性 Pos, 建模如下。

```
<DOType id="myDPC" cdc="DPC">
  <DA name="stVal" bType="Enum" ...>
  <DA name="q" bType="Quality" ...>
  <DA name="t" bType="Timestamp" ...>
  <DA name="ctlModel" bType="Enum" ...>
  <DA name="dU" bType="Unicode255" ...>
  <DA name="subEna" bType="BOOLEAN" ...>
  <DA name="subVal" bType="Enum" ...>
  <DA name="subQ" bType="Quality" ...>
  <DA name="subID" bType="VisString64" ...>
</DoType>
```

数据对象 myDPC 中最常用的几个数据属性: stVal 表示断路器的实际开关位置, 用枚举类型 (Enum) 表示, 如 0 表示暂态值, 1 表示分, 2 表

示合, 3 表示坏数据。q 表示数据品质。t 表示数据变化时间。ctlModel 表示控制方式。dU 表示数据描述名称。(注: 数据属性描述中的虚线表示还有其他属性, 如触发条件、功能约束等, 此处因篇幅限制省略, 下同。)

隔离刀闸——XSWI, 该逻辑节点用于为不具备切断短路电流能力的开关建模, 如隔离刀闸、空气刀闸、接地刀闸等。建模如下。

```
<LNNodeType id="myXSWI" lnClass="XSWI">
  <公用逻辑节点信息>
  <DO name="Loc" type="mySPS">
  <DO name="OpCnt" type="myINS">
  <DO name="Pos" type="myDPC">
  <DO name="BlkOpn" type="mySPC">
  <DO name="BlkCls" type="mySPC">
  <DO name="SwTyp" type="myINS">
  <DO name="SwOpCap" type="myINS">
</LNNodeType>
```

逻辑节点 myXSWI 中的公用逻辑节点信息和大部分数据对象如前述的 myXCBR。新增的两个数据对象 SwTyp 表示刀闸类型, SwOpCap 表示刀闸操作能力。

控制——CSWI, 使用该逻辑节点控制过程层之上所有分合条件。建模如下。

```
<LNNodeType id="myCSWI" lnClass="CSWI">
  <公用逻辑节点信息>
  <DO name="Pos" type="myDPC1">
</LNNodeType>
```

逻辑节点 myCSWI 中的公用逻辑节点信息如前述的 myXCBR。但有一点不同的是, 数据对象 Pos 的类型是 myDPC1, 而不是 myDPC。下面我们来看看 myDPC1 与前述的 myDPC 有什么不同。建模如下。

```
<DOType id="myDPC1" cdc="DPC">
  <DA name="stVal" bType="Enum" ...>
  <DA name="q" bType="Quality" ...>
  <DA name="t" bType="Timestamp" ...>
  <DA name="ctlModel" bType="Enum" ...>
  <DA name="dU" bType="Unicode255" ...>
  <DA name="subEna" bType="BOOLEAN" ...>
  <DA name="subVal" bType="Enum" ...>
  <DA name="subQ" bType="Quality" ...>
  <DA name="subID" bType="VisString64" ...>
  <DA name="SBOw" bType="Struct" ...>
```

```
<DA name="Oper" bType="Struct" ...>
<DA name="Cancel" bType="Struct" ...>
</DoType>
```

数据对象 myDPC1 与 myDPC 均派生于 CDC 类 DPC, 所不同的是 myDPC1 比 myDPC 多了三个数据属性 SBOw、Oper 及 Cancel, 用结构类型 (Struct) 表示, 分别用来描述控制模型中的选择操作、执行操作及取消操作。这与 CSWI 服务于控制模型的目标是一致的。

联锁——CILO, 如果联锁条件满足, 此逻辑节点用于许可分合操作。建模如下。

```
<LNNodeType id="myCILO" lnClass="CSWI">
  <公用逻辑节点信息>
  <DO name="EnaOpn" type="mySPS">
  <DO name="EnaCls" type="mySPS">
</LNNodeType>
```

逻辑节点 myCILO 中的公用逻辑节点信息如前述的 myXCBR。新增的两个数据对象 EnaOpn 表示允许断开条件, EnaCls 表示允许合上条件。

采用上述模型对一条馈线进行建模, 如下图所示。图 1 中, Q0 表示断路器, Q51、Q52 表示断路器两侧的接地刀闸, Q9、Q1 表示断路器两侧的隔离刀闸, Q8 表示出线侧的接地刀闸。每个一次设备的功能分别采用三个 LN 描述: CILO、CSWI、XSWI\XCBR。CILO、CSWI、XSWI\XCBR 的模型如上所述。这样, 变电站中一次设备的功能被分解为若干逻辑节点, 逻辑节点之间具有通信和逻辑上的关系。很好地实现了互操作性和功能的分布性。

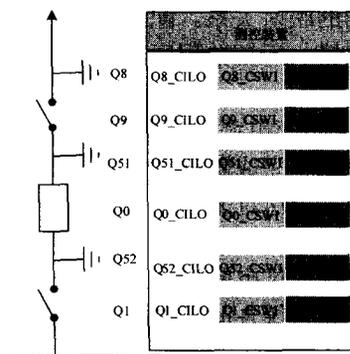


图 1 一次设备功能与逻辑节点对应关系图

Fig.1 Diagram of primary equipments mapping to LNs

图 1 中, 一次设备中逻辑节点之间的通信和逻辑上的关系可以用图 2 描述。

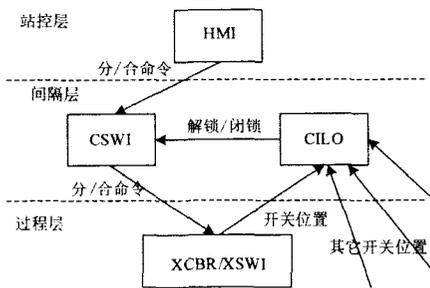


图 2 逻辑节点通信逻辑关系图

Fig.2 Diagram of LNs communication relationship

图 2 中, 各逻辑节点之间相互通信, 相互配合, 清晰完整地描述了变电站内联锁控制开关刀闸的功能。

采用上述建模方法, 对变电站防误闭锁系统实现统一建模, 就能够使不同厂家的系统对数据模型的理解达成一致, 就能够很容易地实现系统之间的数据交换和应用, 从而避免了繁琐复杂的配置工作。

3.2 间隔层联锁

防误闭锁系统一般具备设备就地闭锁、间隔层联锁以及后台软件闭锁三层结构, 三层结构层层把关, 相互配合, 有效地防止了误操作的发生。本文重点论述基于 IEC61850 技术如何实现间隔层联锁及后台软件闭锁。

间隔层联锁通过间隔层测控装置之间相互通信, 获得相关装置信号, 实时计算本装置定义的联锁条件, 当联锁条件完全满足时允许本装置遥控出口动作。间隔层测控装置之间相互通信, 传统的实现方案其通讯介质可以采用现场总线、以太网等, 其通讯规约可以由各厂家自己定义, 缺乏统一的规范, 造成不同厂家的装置之间不能实现联锁。IEC61850 技术使解决该问题成为可能。首先, IEC61850 通过统一的建模规范来实现统一描述不同品牌、不同型号装置的数据模型, 不同装置之间只有对数据模型的理解达成一致, 才能实现相互之间数据的交换和应用, 如 3.1 节所述。其次, IEC61850 通过 GOOSE 技术来实现不同品牌、不同型号装置之间的数据交换。GOOSE(Generic Object Orient Substation Event, 面向通用对象的变电站事件)基于多路广播技术实现数据交换, 确保在断路器或隔离刀闸发生变位时, 负责收集该变位信息的测控装置, 直接将变位信息传送到所有需要该变化量的测控装置。同时, GOOSE 的优先级控制功能将需要传送的变位信息根据优先级设置直接进入相应的优先级队列中, 而不进入通常的报文缓冲区中, 通过支持优先级控制的以太网交换机, 抢先到达目

的地址, 从而有效提高了数据传输的效率。GOOSE 技术实现数据交换如图 3 所示。

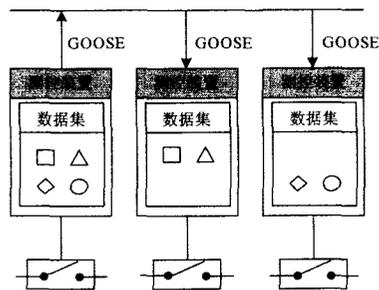


图 3 GOOSE 信息交换机制图

Fig.3 Diagram of GOOSE information exchange

图 3 中, 信息交换基于发布 / 订阅机制实现。当数据集中的一个或多个数据值发生变化, 由当地服务刷新发布方传送缓冲区, 用 GOOSE 报文传送这些值。通讯网络的特定服务映射刷新订阅户方缓冲区的内容, 并将订阅户缓冲区接收的新值通知应用, 计算相关的联锁条件, 实现实时在线闭锁。GOOSE 技术相比传统的通讯规约提供了一种统一高效的数据交换方案, 有效提高了防误闭锁的实时性, 大大降低了发生误操作的概率。

3.3 后台软件闭锁

传统的后台软件闭锁通过在计算机上开具操作票, 详细定义操作步骤, 将操作票下载到电脑钥匙中, 操作人员手持电脑钥匙到现场操作, 按照操作票规定的操作顺序逐一进行操作, 可以在现场打开各种锁具对设备进行手动操作, 也可以根据需要在主控室对设备进行遥控操作。各项操作严格按照操作票定义的顺序执行, 不能跳步执行, 有效地防止了误走间隔。但是这种操作方式的缺陷也是明显的。现场需要安装大量的锁具, 工程量大, 施工成本高。大量安装在户外的锁具, 长时间受外界环境的影响(如低温、雨雪、锈蚀等), 锁具使用的可靠性也会不断下降, 严重影响了运行人员的正常操作。随着变电站自动化水平的不断提高, 大部分设备的操作都可以通过遥控来完成, 能否不用安装锁具就能实现传统的防误闭锁功能呢? 遥控操作通过 3.2 节所述的间隔层联锁可以有效地实现防误闭锁, 但没有电脑钥匙和锁具如何防止误走间隔呢? 让我们看看如何利用 IEC61850 技术来解决这些问题。首先, 仍然需要一张操作票来详细定义操作步骤。操作票开始执行前, 后台软件先向所有测控装置发送一个全闭锁命令, 测控装置收到该命令后闭锁内部的所有遥控操作等待下一步命令。然后, 开始执行操作票, 依次执行每一步操作。根据操作票当前操

作步骤操作的设备对象，后台软件仅向该操作对象相关的某一测控装置发送解锁命令，表示操作使能。经过间隔层联锁条件校验成功后，才能执行相关操作。操作结束后，后台软件再次向该测控装置发送闭锁命令，再次闭锁该测控装置的所有遥控操作后，操作票继续执行下一步操作。重复此过程，直到操作票执行结束。

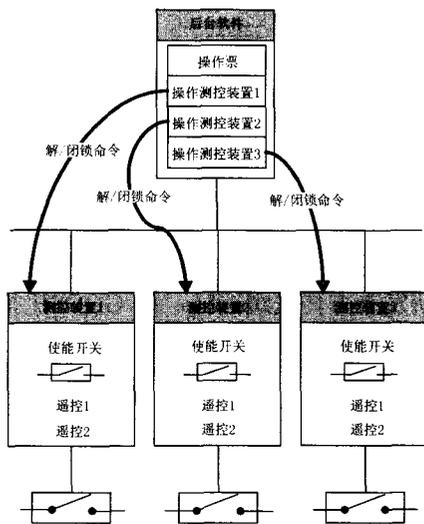


图 4 后台软件解闭锁测控装置示意图

Fig.4 Diagram of software interlock BCU

图 4 中，测控装置中设置一个使能开关，就如同一把软件锁，与其他联锁条件构成“逻辑与”的关系，只有当该使能开关为 true 时，才允许操作使能。但操作使能并不意味着可以执行遥控操作，测控装置还必须校验相关的联锁条件是否满足，才能决定遥控操作是否能够出口动作。该使能开关可以由后台软件来设置，如图中的闭/解锁命令。为了保证命令传输的实时性，仍然可以考虑采用 GOOSE 技术来实现。通过 GOOSE 实现的数据快速交换机制，后台软件可以按照操作票定义的顺序迅速地闭/解锁某台测控装置，从而使得操作可以严格按照操作票定义的顺序执行，有效地防止了误走间隔情况的发生。

4 结论

综上所述，IEC61850 技术可以很好地解决传统防误闭锁系统中所存在的问题。首先，IEC61850 通过统一的建模规范来实现统一描述不同品牌、不同型号装置的数据模型，使不同装置之间对数据模型的理解达成一致，实现系统之间数据的交换和应用，避免传统防误闭锁系统复杂繁琐的配置工作。其次，IEC61850 通过 GOOSE 技术来实现不同品牌、不同

型号装置之间的快速数据交换，GOOSE 技术提供了一种统一高效的数据交换方案。快速数据交换保证了间隔层联锁的实时性，降低了发生误操作的概率，提高了防误闭锁系统的可靠性。另外，后台软件通过 GOOSE 技术来闭/解锁测控装置，达到严格按照操作票定义的顺序来执行操作的目的，这样在不安装锁具的条件下也能有效防止误走间隔情况的发生。利用 IEC61850 技术很好地解决了前述的传统防误闭锁系统的种种弊端，为变电站防误闭锁系统的发展提供了新的思路。

参考文献

- [1] Communication Networks and Systems in Substations Part 6: Configuration Description Language for Communication in Electrical Substations Related to IEDs[Z]. 2003.
- [2] Communication Networks and Systems in Substations Part 7-2: Basic Communication Structure for Substations and Feeder Equipment-Abstract Communication Service Interface(ACSI)[Z]. 2003.
- [3] Communication Networks and Systems in Substations Part 7-3: Basic Communication Structure for Substations and Feeder Equipment-Common Data Classes[Z]. 2003.
- [4] Communication Networks and Systems in Substations Part 7-4: Basic Communication Structure for Substations and Feeder Equipment-Compatible Logic Node Classes and Dataclasses[Z]. 2003.
- [5] Mackiewicz R E.Overview of IEC61850 and Benefits[J].
- [6] 樊陈,陈小川,马彦宇,等.基于 IEC61850 的变电站配置研究[J]. 继电器,2007,35(8): 41-44.
FAN Chen, CHEN Xiao-chuan, MA Yan-yu, et al. Research of Configuration About Substation Based on IEC61850[J]. Relay, 2007,35(8): 41-44.
- [7] 易永辉,曹一家,郭创新,等.基于 XML Schema 技术的 IEC61850 通用网关设计[J]. 电力系统自动化, 2007,31(2): 60-63.
YI Yong-hui, CAO Yi-jia, GUO Chuang-xin, et al. Design of IEC61850 General Gateway Based on XML Schema[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007,31(2):60-63.
- [8] 卞鹏,潘贞存,高湛军,等.使用 XML 实现变电站中 IED 的自动识别和远程配置 [J]. 电力系统自动化,2004,28(10):69-72.
BIAN Peng, PAN Zhen-cun, GAO Zhan-jun, et al. Implementation of Automatic Recognition and Remote Configuration of IEDS in Substation with XML[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(10):69-72.

收稿日期：2008-12-17

作者简介：

笃 峻 (1975-), 男, 硕士, 主要从事变电站自动化系统研究及相关产品开发; E-mail: dujun@nari-relays.com

祁 忠 (1977-), 男, 本科, 主要从事变电站自动化系统研究及相关产品开发。