

馈线自动化终端设备智能接入的研究

王川化

(江苏兴力工程建设监理咨询有限公司,江苏 南京 210024)

摘要:在 IEC 61850 通信体系应用到馈线自动化的基础上,利用互换性原理实现终端设备的智能接入研究。基于资源定义机制和需求激励的资源匹配机制,利用地理信息系统(GIS)提供生产资源对象的 IP 地址实现了资源对象的自动匹配。提出通过主动获取 GIS 的实时拓扑关系,建立系统的工程实例化拓扑模型,实现了设备在系统中的对象化。将变电站配置描述语言(SCL)模型转换成公共信息模型(CIM),解决了馈线终端模型和配电主站模型不一致带来的差异性。通过对资源确定、关联、拓扑模型的更新、资源对象的连接以及模型的转换,最终实现馈线终端的智能接入。

关键词:IEC 61850;地理信息系统;拓扑模型;变电站配置描述语言;公共信息模型

中图分类号:TM76

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2014)05-0039-04

馈线自动化系统包含大量的现场终端设备,接入主要是依靠配电主站和终端之间人工配置信息点表传送三遥信息的方式实现^[1]。传统的馈线自动化系统由于通信体系的不完善,只解决了终端与主站之间数据传输问题,没有统一的数据模型,终端之间缺乏必要的说明和关联。现场大量的馈线终端接入将导致调试时间长、出错几率大。国际电工委员会制定的 IEC 61850 规范了智能终端的信息模型和信息交换模型,为实现智能电子设备(IED)的互操作和互换性奠定了基础^[2]。以 IEC 61850 标准建立的馈线终端模型实现智能接入还存在两方面的问题^[3,4],一是馈线结构发生变化时拓扑模型的更新以及设备在系统中的对象化问题。二是在接入过程中和原配网主站的数据模型存在差异^[5,6],需要实现馈线终端模型向配电主站模型的转换和融合。

目前,关于 IEC 61850 的馈线终端接入的研究还比较少。文献[7]研究了通过配电主站读取终端配置(ICD)文件从中解析出三遥信息表,但配电馈线自动化系统的拓扑结构经常发生变化,系统集成商需要重新对系统进行集成配置,并且该方法无法实时获取数据模型。文献[8]提出了 Discover/Register 配电终端自动发现模型。文献[9,10]研究了地理信息系统(GIS)可以建立馈线设备实时的通用信息拓扑模型。文献[11]利用建立中间模型实现变电站配置描述语言(SCL)模型和公共信息模型(CIM)的转换,通过文档转换实现数据的交换。但未实现涉及终端具体功能的量测模型、保护模型等的转换。文献[12]提出了考虑变电站设备拓扑关系的 IED 智能接入机制。基于终端接入存在的问题和研究现状,文中在配电网中实现 IEC 61850 通信体系的基础上,力图研究馈线结构发生变化时,不需要人工干预的情况下终端能智能接

入的功能。

1 馈线终端智能接入的原理

1.1 资源对象的定义

为了实现终端的智能接入过程,只能采用服务器配置方式,利用 IEC 61850 特有的抽象服务接口功能,读取馈线终端的数据模型。为了清楚数据模型的供需关系,借助文献[10]中的资源定义机制和需求激励匹配机制,把所有的数据模型划分为需求资源对象和生产资源对象。生产资源对象是终端设备能向系统提供资源的对象,需求资源对象是需从终端设备获取资源的对象。

1.2 馈线拓扑模型的自动生成

目前,配电生产过程控制与调度自动化系统和 GIS 实现了一体化功能,将 GIS 的全网设备数据模型和图形转换成配电数据采集与监视控制系统(SCADA)数据模型和图形,一体化模型如图 1 所示。

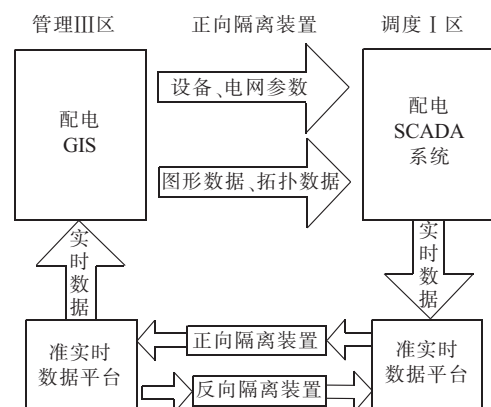


图 1 配电 SCADA 和 GIS 一体化

文中利用 GIS 系统给配电主站提供的设备属性参数中馈线终端单元(FTU)的 IP 地址,关联需求资源对象和生产资源对象。GIS 系统中设备(馈线线路中主要指开关设备)的属性定义如下:

设备属性

```

{ ID;
设备类
设备类别;
设备名称
FTU 的 IP 地址;
其他; }

```

CIM 拓扑模型主要由端点(Terminal)和连接点(CN)组成,设备通过端点和连接点的关系连接在一起,图 2 是一个简单的馈线接线和它的 CIM 拓扑模型^[13],其中 CB 为开关设备,开关设备有 2 个端点,母线设备形成 1 个端点,线路有 2 个端点。每 2 个端点之间形成 1 个 CN,通过连接点来实现设备之间的连接关系。在已经形成了拓扑图的 GIS 系统中馈线结构变化时,只需要在相应的位置画上一个点,GIS 系统就会根据拓扑图中点的属性,自动产生该点的属性字段,用户只要根据该点的属性填上相应的属性即可。若馈线拓扑结构未发生变化,但设备属性发生了变化,此时也需通知 GIS 系统更改相应设备的设备属性。

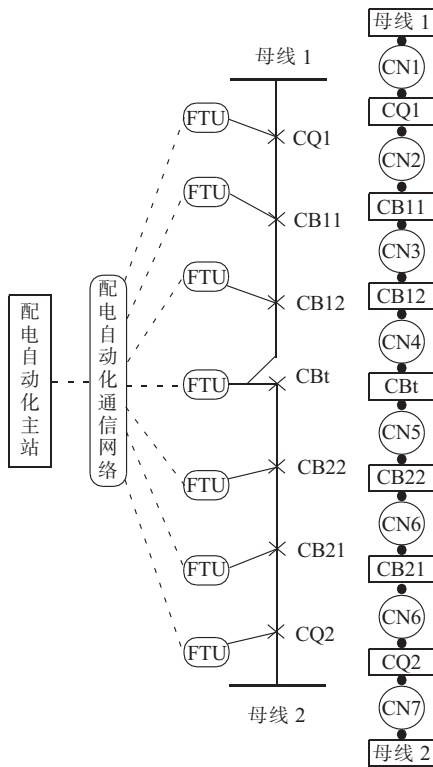


图 2 馈线接线图和 CIM 拓扑模型

假设图 2 中的 CB11 和 CB12 之间增加一条线路,线路上增加开关设备 CB31,如图 3 所示。此时, CB31 个端点 T5、T6 将通过连接点 CN9、CN10 与相邻设备 CB11、CB12 连接在一起。新设备通过拓扑模型更新使其在系统中实现对象化过程。

1.3 SCL 模型和 CIM 模型的融合

馈线终端 SCL 模型和配电主站 CIM 模型之间无论在建模方式还是模型的内容上都存在很大的不同,

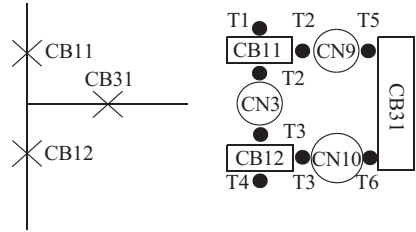


图 3 实时的拓扑模型

要想实现馈线终端的智能接入,就必须把馈线终端提供的数据模型转换到配电主站的模型中。

2 馈线终端智能接入的实现过程

2.1 资源对象的确定

馈线终端设备接入上电时,激励互换性功能组件程序运行,查询系统中的所有资源对象,确定需求资源对象和生产资源对象。

2.2 资源对象的关联

(1) 当馈线拓扑结构未发生变化时。首先配电主站需要调用 GIS 系统中新接入上电的 FTU 所对应设备的设备属性。需求资源对象通过设备属性中 FTU 的 IP 地址与生产资源对象一一关联。

(2) 当馈线拓扑结构发生变化时。馈线拓扑结构发生变化后,新接入的生产资源对象可能在配电主站中没有原数据模型,这样就导致需求资源对象数目和需要关联的生产资源对象数目不一致。因此,同样先调用 GIS 系统的新接入上电 FTU 所对应设备的设备属性,互换性组件程序激励需求资源对象通过 IP 地址与生产资源对象关联。剩余的生产资源对象则由互换性组件通过其 IP 地址关联读取数据模型,从而在主站建立的新数据模型。

2.3 馈线拓扑模型的更新

GIS 系统对馈线拓扑结构自动分析和生成,当馈线结构变化后,GIS 系统将通过发送增量模型更新主站中的拓扑关系。

2.4 资源对象的连接

通过抽象通信服务接口(ACSI)实现资源对象间数据模型的交换。

2.5 数据模型的转换

转换的方法是通过建立中间模型来实现,中间模型是以 CIM 模型为基础,把馈线终端模型的相关节点数据映射到中间模型的相应节点中。

3 数据模型的融合

3.1 量测数据

基于 IEC 61850 标准的馈线自动化终端模型,是用 SCL 来描述的 SCL 模型,利用可扩展标记语言架构(XML Schema)解析的 XML 文档。馈线终端的 SCL

模型中有 3 个主要的类：逻辑节点类 (tLN)、数据 (tDOI)、数据属性类 (tDAI)。馈线终端模型包括电流互感器 (TCTR)、电压互感器 (TVTR)、合并单元 (MMXU)、计量 (MMTR)、开关设备 (XCBR)、开关控制器 (CSWI) 和瞬时过电流保护 (PIOC) 等逻辑节点功能。配电主站中的量测数据是由量测包建模, 1 个量测数据可以通过 2 种方式与相关的设备相连。一是通过与电力资源 (Power System Resource) 关联, 包含于 1 个 Power System Resource。二是通过导电设备 (Conducting Equipment) 的一个端点 Terminal 关联。2 种模型的共同量测数据节点如表 1 所示。Name 是 IEC 61970 赋予的名字, aliasName 是 IEC 61850 系列中类型赋予的名字。

表 1 量测节点

属性名	单位	描述
Current	Amps	非三相电路的电流
Frequency	Hz	频率
ThreePhasePowerFactor	TotPF	三相电路的平均功率因数
ThreePhaseApparentPower	TotVA	三相电路的总视在功率
ThreePhaseReactivePower	TotVAr	三相电路的总无功功率
ThreePhaseActivePower	TotW	三相电路的总有功功率
ApparentPower	VoltAmp	非三相电路的视在功率
ActivePower	Watts	非三相电路的有功功率
ReactivePower	VoltAmpR	非三相电路的无功功率
Voltage	Volts	电压
ApparentEnergy	TotVAh	视在能量
ReactiveEnergy	TotVArh	无功能量
ActiveEnergy	TotWh	有功能量
LocalOperation	Loc	当地运行
AutomaticControl	LTCBlk	LTC 闭锁的自动控制
SwitchPosition	Pos	开关位置
Operation Count	OperCnt	运行计数

3.2 保护数据

配电主站中的保护数据是由保护包作为核心包和电线包的扩展用来建立保护设备, 如继电器的信息模型。保护包中的数据模型如图 4 所示, 图中展示的是 1 个电流继电器 (CurrentRelay) 的数据模型, 模型包含 4 个数据属性: 名称 (Naming.name)、描述 (Naming.description)、电流限制点 (CurrentLimit) 和动作断路器 (Operates_Breakers), Operates_Breakers 包含其他的一些资源 (Resource)。

3.3 数据模型的转换

通过对 2 种模型差异性的分析, 用节点映射的方式实现文档的转换。由于篇幅的原因, 量测数据只分析 XCBR 逻辑节点的转换, 其他节点类似。需要注意的是每个量测类的属性 (ConductingEquipment.Resource) 需要从主站实时的馈线拓扑模型中断路器的 ID 或对

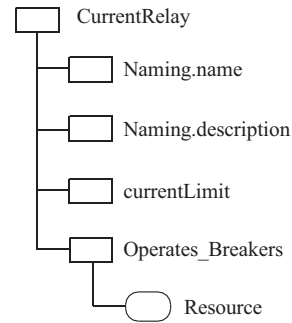


图 4 保护包数据模型

应端点名称中映射。如图 5 所示, SCL 模型中的数据 Amp 相应的值 Amp.Val 映射到 CIM 模型中的属性 normalValue 中, 这样就顺利地把 TCTR 逻辑节点的电流采样值转换到了量测包中。同理 TVTR 的电压采样值也是通过同样的方式映射到量测包模型中。由于这些量测值与连接性相关, 因此, 把馈线拓扑模型中相应电流互感器和电压互感器的 Terminal 的属性 name 映射到 CIM 模型中每个量测的 Terminal 的属性 Terminal.Resource 中。

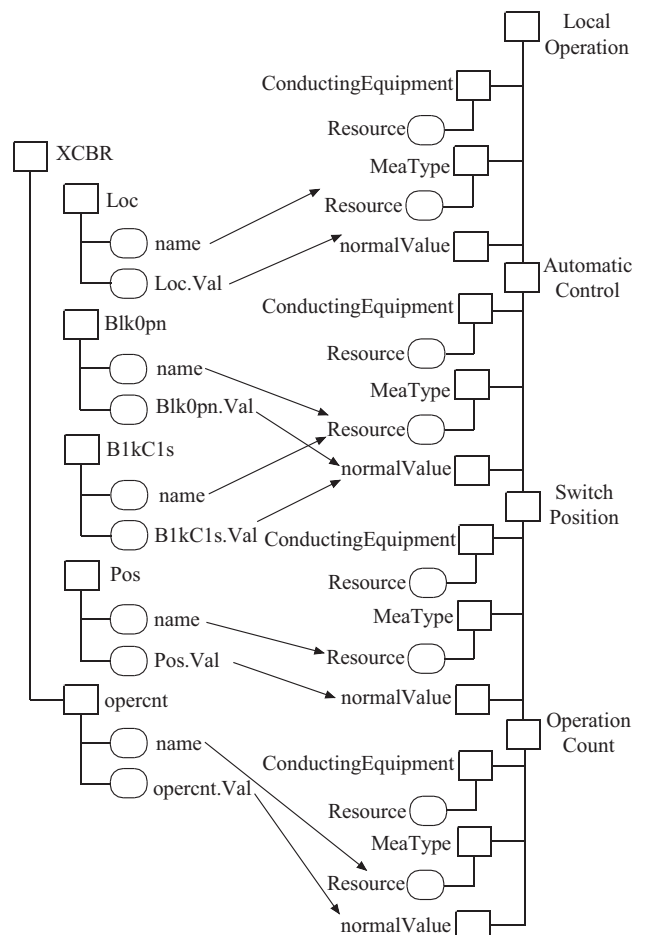


图 5 XCBR 逻辑节点数据映射关系

保护数据节点的转换如图 6 所示。保护包中的断路器属性 (Operates_Breakers.Resource) 是从馈线拓扑模型断路器的属性 name 中映射而来。

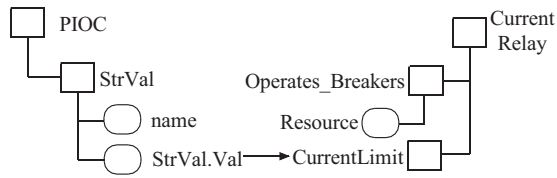


图 6 PIOC 逻辑节点数据映射关系

4 仿真与验证

在实验室搭建馈线终端智能接入的验证平台,其中设备有 5 台 PC 机分别是装置 A、B、C、D、E,1 台交换机,互换性客户端和服务端软件,报文分析软件(Wireshark)。验证平台如图 7 所示。装置 A 模拟配电主站,运行互换性客户端程序和关系数据库(SQL Server);装置 B 模拟馈线线路上的 FTU,运行服务器程序;装置 C 对资源对象交换过程的报文进行分析,运行 Wireshark;装置 D、E 分别模拟转换器和调度中心系统,运行 SQL Server 数据库。各个装置的 IP 地址如上图所示。装置 B 接入上电后,经过验证分析,读取的部分馈线终端数据如表 2 所示。

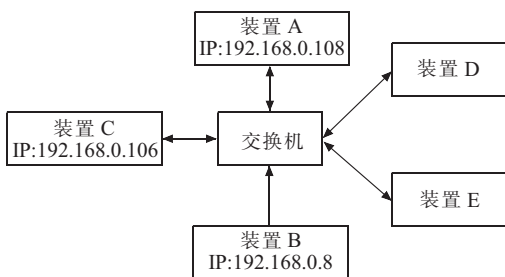


图 7 验证平台

表 2 馈线终端数据

类	属性	值
	name	Breaker_01
Breaker	MemberOf_EquipmentContainer	VL_02
DOI	name	Med
	Val	status-only
DOI	name	Loc
	Val	远方 / 就地
DOI	name	Pos
	Val	开 / 合
DOI	name	BlkOpn
	Val	status-only
DOI	name	BlkCls
	Val	status-only
DOI	Val	定值

表 2 所包含的数据模型是以 IEC 61850 标准,采用 SCL 语言的馈线终端数据,馈线终端数据包含若干的实例化的数据对象(DOI),每个 DOI 包含若干的属性,例如数据对象名称(name)、值(Val)。经过智能接入过程,数据模型转换后的 CIM XML 数据如表 3 所

示,该数据模型是基于 IEC 61970 建立的 CIM 数据模型,可以看出,DOI 已经转化成 IEC 61970 包含的逻辑节点类,例如动作类(Operation)、电流(Current)等。结果表明,文中提出的馈线自动化终端设备智能接入方法能够正确完成设备的配置。

表 3 CIM XML 数据

类	属性	值
	name	LocalOperation_01
Local	normalValue	远方 / 就地
Operation	Conducting	Breaker_01
	Equipment	
	name	SwitchPosition_01
Switch	normalValue	开 / 合
Position	Conducting	Breaker_01
	Equipment	
	name	AutomaticControl_01
Automatic	normalValue	status-only
Control	Conducting	Breaker_01
	Equipment	
Current	Operate_Breakers	Breaker_01
Relay	CurrentLimit	定值

5 结束语

国际电工委员会制定的 IEC 61850 意在实现设备的互操作性,而互操作性是它的最终目的。文中基于互换性原理,利用 GIS 系统关联资源对象、更新配电主站的拓扑模型。通过节点映射方式把馈线拓扑模型和终端模型转换成 CIM XML 文档数据,实现数据模型的融合。以配电主站中的保护数据为例,对节点映射的方式实现文档的转换方法进行了研究,最后对论文提出的方法进行仿真,成功利用馈线终端数据生成了 CIM XML 数据,验证了馈线自动化终端设备智能接入方法的可行性。

参考文献:

- [1] 陈冲,陈小伟,沈明慷,等.含分布式电源的配电网馈线系统保护研究[J].江苏电机工程,2012,31(6):6-10.
- [2] 任翔,周心亮.基于 IEC 61850 的变电站系统配置工具设计与实现[J].江苏电机工程,2012,31(1):21-23.
- [3] 徐丙垠,李天友,薛永端.智能配电网与配电自动化[J].电力系统自动化,2009,33(17):38-41.
- [4] 肖世杰.构建中国智能电网技术思考[J].电力系统自动化,2009,33(16):1-4.
- [5] 陆岩,胡道徐,马文龙.IEC 61850 信息建模的反思与变通[J].电力自动化设备,2008,28(10):68-70.
- [6] 高翔.数字化变电站应用技术[M].北京:中国电力出版社,2008:36.
- [7] 石文江,冯松起,夏燕东.新型智能配电自动化终端自描述功能的实现[J].电力系统自动化,2012,36(4):105-109.

(下转第 47 页)

- [8] 罗理鉴,黄少锋,江清楷. 智能变电站智能一次设备框架设计[J]. 电力自动化设备,2011,31(11):120-124.
- [9] 刘群. 预制式二次设备在智能变电站中的应用研究[J]. 电气开关,2012,12:37-43.
- [10] 丁腾波,李慧. 基于预制光缆的智能变电站户外组网方案[J]. 电力建设,2013,34(2):50-54.
- [11] 李艳丽,束娜,韩本帅. 智能变电站光缆选型及敷设研究[J]. 水电能源科学,2012,30(3):167-169.
- [12] 曹伟炜,宋漩坤,胡君慧,等. 变电站集装箱建筑设计方法研

- 究[J]. 电力建设,2013,34(6):22-25.
- [13] 韩豫,胡继军,查申森,等. 变电站全寿命周期设计的理论及应用[J]. 中国电力,2011,44(3):23-26.

作者简介:

孙建龙(1963),男,江苏苏州人,高级工程师,从事电力系统输变电技术研究;
鲁东海(1981),男,湖北襄阳人,工程师,从事智能变电站设计工作。

Distribution-mode Smart Substation Design Based on Prefabricated Cabin

SUN Jianlong¹, LU Donghai²

(1. Economic Research Institute of State Grid Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210008, China;

2. Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: Considering the difficulty in current power grid construction, the compression of construction cycle, the more restricted environmental requirement and the increasingly intelligent and fineness of substation equipment, this paper proposes a construction model of distribution-mode smart substation based on the prefabricated cabin. The characteristics of this model is analyzed, and the design scheme is introduced. The smart substation includes two parts: the intelligent primary equipment and prefabricated cabin which integrated with secondary equipment. The two parts are connected with prefabricated cables and prefabricated fiber optic cables. Besides, in this paper, the structure, the inner layout and the wiring and operation environment of prefabricated cabin are discussed. In the end, the concrete implementation of the method is provided. Also, the analysis of technical and economic significance combining with practical engineering applications is presented, which provides reference for future prefabricated cabin based smart substation construction.

Key words: prefabricated cabin; distribution-mode; smart substation; plug-and-play; construction efficiency

(上接第42页)

- [8] 韩国政,徐丙垠,索南加乐,等. 配电终端自动发现技术的实现[J]. 电力系统自动,2012,36(18):82-85.
- [9] 张鹰,贺彦. GIS 电网拓扑及其在 ORACLE 数据库中的实现[J]. 浙江电力,2012(12):48-50.
- [10] 郑勇,周步祥,贺琦. 基于 GIS 的配电网拓扑分析方法[J]. 继电器,2004,32(14):25-28.
- [11] 罗建,朱伯通,蔡明,等. 基于 CIM XML 的 CIM 和 SCL 模型互操作研究[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(17):134-138.

- [12] 罗建,钟加勇,黄益华,等. 数字化变电站 IED 互换性研究[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(8):90-94.
- [13] 许凯宁,程新功,刘新峰,等. 基于 CIM 设计的电力系统状态估计[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(24):123-128.

作者简介:

王川化(1960),男,江苏南京人,高级工程师,从事电力工程建设监理工作。

Research on Intelligent Access of Feeder Automation Terminal Equipment

WANG Chuanhua

(Jiangsu Xingli Construction Supervision Consultancy Co., Ltd., Nanjing 210024, China)

Abstract: On the basis of the IEC61850 communication system applied to feeder automation, intelligent access of terminal equipment to the power grid is achieved by using the interchangeability principle. Based on resource definition mechanisms and incentive demand resources matching mechanism, automatic object data matching model is realized with the production resource IP address from GIS system. The established topology model of engineering system achieves object-oriented equipment in the system. The difference between feeder terminal model and distribution master model is eliminated by replacing the SCL model into the CIM model. Through resources determination, associating, topology model updating, resource object connecting and model transforming, intelligent access to the feeder terminal is achieved.

Key words: IEC 61850; GIS system; topology model; SCL model, CIM model; fuse

欢迎投稿 欢迎订阅