

基于 ESB 的模块化电网运算服务架构

苏炳洪¹, 李灿², 陈琰², 张春波¹, 王康元¹, 邱家驹¹

(1. 浙江大学电气学院, 浙江 杭州 310027; 2. 华东电网有限公司, 上海 310007)

摘要: 针对原有企业电网运算方式只嵌入特定应用的局限性, 提出一种企业运算服务总线与功能组件模块相结合的信息化架构。CIM 标准中关于信息化集成的开放式体系是企业运算服务的重要模式, 在此基础上分析各模块对解决模型管理、数据共享、可视化应用等一系列问题的功能实现, 从网络服务在总线的具体构建出发, 描述各个异构应用系统在 ESB 总线上的运算信息集成过程。某电网公司实际应用效果表明, 该服务架构有效实现异源的运算数据集成, 并且在 IBM WMB 技术支持下形成运算信息共享和高级计算应用。

关键词: 运算服务总线; 公共信息模型; 功能组件模块; 网络服务技术; 模块适配器

Modular grid computing service architecture based on ESB

SU Bing-hong¹, LI Can², CHEN Yan², ZHANG Chun-bo¹, WANG Kang-yuan¹, QIU Jia-ju¹

(1. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Southeast China Power Grid Co., Ltd, Shanghai 310007, China)

Abstract: Against the limitations of original computing application service model, a computing application architecture with Enterprise Computing Service Bus and function modules is proposed. It points out that the integrated open system based on the CIM standard is an important mode in enterprise information services. Starting with specific construction of Web Service in the bus, this paper describes the information computing integration process of various heterogeneous application systems in the ESB, then it demonstrates the specific role of Web component adapter in message handling and analyzes the implementation of a series of questions, such as the model management, data sharing, and visualization applications of function modules. The practical application result in a grid company shows that, this service architecture effectively realizes the integration of computing data. Moreover, supported by IBM WMB technology, the share of computing information and senior calculating application is implemented.

Key words: computing service bus; common information model; function modules; Web Services technology; module adapter

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1674-3415(2010)09-0113-05

0 引言

目前, 各级电网公司的运算应用服务大多都是内嵌在独立应用中的, 如网络拓扑、潮流计算和状态估计、可视化监控等, 各部门只针对各自特定的业务进行特定的运算, 而这样的结果导致各业务部门之间的应用系统都是相对封闭的。随着各个系统的深入开展和应用的不断提高, 整体的信息运算服务呈现出一系列缺点, 如数据分散、网络模型参数得不到共享, 因而增加系统参数和数据的维护难度, 导致各系统的计算结果不统一; 同时部门间设备命名、接口标准不一致, 同一设备有多重命名方式, 影响企业的运算管理水平提高。

基于电网企业现在的运算服务现状, 本文研究一种开放式电网运算应用体系, 提出 ESB 运算服务总线与功能组件模块相结合的信息化架构。目前电

网运算的数据源来自不同业务应用系统, 计算结果局限于内部独立应用, 私有数据有各自的数据表达方式, 该架构的 CIM 应用为企业运算服务提供全局可交换与理解的数据表达规范, 而应用与应用具备相互认知的规则后, 为避免通信接口的结构过于复杂和提高运算服务的可延展性, 采取企业服务总线的部署方式, 运用网络服务技术定义一组标准协议用于接口定义、方法调用, 为运算服务提供异构联络^[1-2]。结合某电网信息应用的实际, 表明该实用化的运算服务体系有效解决各业务应用模块运算的信息共享问题。

1 电网运算总线的信息服务

1.1 电网运算总线

ESB^[3-4], 即企业服务总线, 区别于传统的 EAI 技术, ESB 将更多的处理逻辑单元分配到多个端点

上, 中央服务器不复存在, 业务逻辑处理能力及系统压力可灵活调配。总线对于 Hub 进行拓展, 拓扑形式为模块组件连接, 而组件相互联系的单一物理中心被虚拟化, 分散到整个网络上, 负载能力和灵活性都大大增加。ESB 逻辑布置实现系统模块间的松耦合, 从而能够应对大规模应用集成。

电网运算服务在 CIM 规范指导下采取服务总线与功能模块相结合的方式, 网络服务技术的事件注册、服务调用原理衔接模块间的功能实现, 而功能模块在实现自身运算处理之后将结果在服务总线上传递, 传递的过程由基于中间件技术的模块适配器完成。适配器将挂接在总线的功能模块数据抽取、封装、共享, 并遵照 CIM 标准封装为服务, 实现一种面向服务的运算架构^[5]。电网运算服务的逻辑架构如图 1 所示。

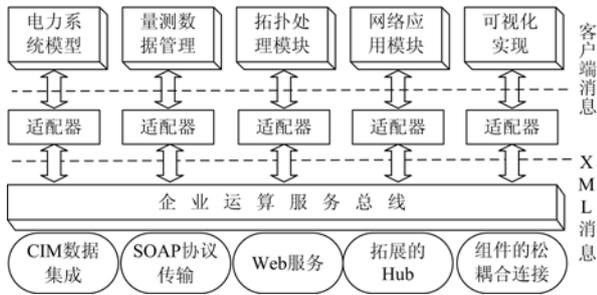


图 1 总线运算服务架构

Fig.1 Computing architecture of enterprise service bus

1.2 运算架构的 CIM 应用

企业运算服务的开放式体系下 CIM 模型本质上就是一种对电力设备、电力量测数据等信息的本体定义^[6]。如图 2 的层次结构所示, 当运算服务总线组建新的模块应用时, 从新的系统建设角度看, CIM 可以指导系统业务建模和数据建模, 而对于总线原有功能模块的运算数据集成, CIM 也可以落地为消息规约, 实现不同业务应用之间, 同一业务部门内不同应用系统之间的模型、数据交换。目前存在的点对点应用集成与中央集线器联络服务方式都

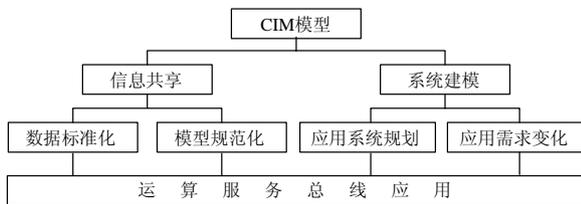


图 2 运算服务的 CIM 应用

Fig.2 CIM application in information service

不可避免带来接口的复杂性问题, 而 CIM 为基础的总线运算服务能屏蔽理解差异, 实现异构运算应用之间的信息交换与通信。

1.3 总线与模块通信

由于电力企业部门间的应用系统大多情况下是异构的, 而且 CIM 标准的业务与逻辑建模方式同样要求全局的运算服务总线方式具有跨平台、跨语言的通用性。基于信息运算架构的以上要求考虑, 总线运算应用服务应采用网络服务技术。它是基于网络的、分布式和模块化的组件服务, 其服务构建过程是应用集成的重要模式。

如图 3 所示, 在网络服务方式的访问机制下, 应用系统端写入特定的适配器将自身封装, 而适配器将提供与 ESB 总线通信的接口。采用 ESB 方式的信息架构, 各个异构应用系统都看成总线上的组件模块。当组件挂接到 ESB 系统总线时, 组件可以通过总线上事件的注册来修改全局信息, 如某一组件内部运算数据发生变化时, 它可以发送 XML 变化消息到总线服务代理中, ESB 总线服务代理接收服务请求后, 对该运算数据修改事件进行注册处理, 并检查哪些组件使用相关数据, 然后总线会将变化消息分派到使用这些特定数据的组件, 最后组件通过模块适配器将消息转换成变化数据保存到各自的数据库当中, 实现运算数据同步。同步过程中模块适配器的内部结构屏蔽应用差异, 消息转换机制实现共享信息的交互处理。

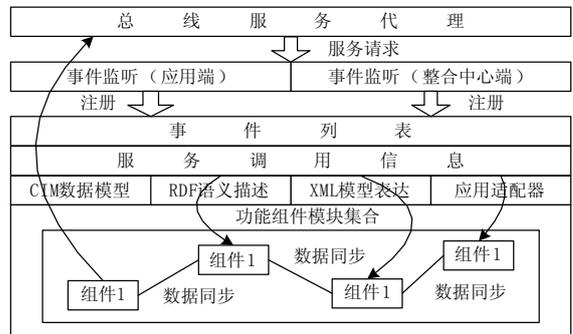


图 3 功能组件的数据同步

Fig.3 Data synchronization of functional modules

2 总线上的功能模块

2.1 电力系统模型模块

电力系统模型模块作用是管理电网模型, 电网模型主要分为四个状态: 历史态, 实时态, 规划态和研究态, 其中历史态是一个过去的模型, 实时态是当前电网运行的模型, 规划态是增加已经批准但是没有投运的电网模型, 研究态是增加一些研究的电网模型。图 4 是电网模型的管理流程。

电网模型用符合 CIM/XML 格式的文件进行表达, 首先我们要确定一种描述 CIM 规范的数据格

式,该 CIM 规范不仅要适应实时系统的模型,还要适应远方等规划部门的模型。采用 RDF Schema 方式的通用格式机制,可以较好地完成 CIM 模型的抽象 UML 转换。当 CIM RDF Schema 确定下来后,EMS 系统导出的电网模型就可以转化输出为一个 XML 文档,即 CIM/XML 文件,并通过一定的融合机制将这些 CIM/XML 文件进行整合并根据版本特征存入模型库中。一旦电网模型的某个状态,如实时态模型发生变化时,电力系统模型模块会通过自身适配器的消息转换机制,将数据变化的情况变成 SOAP 协议的 XML 消息,并在运算总线上进行传递,使得其他功能模块作相应的同步响应。

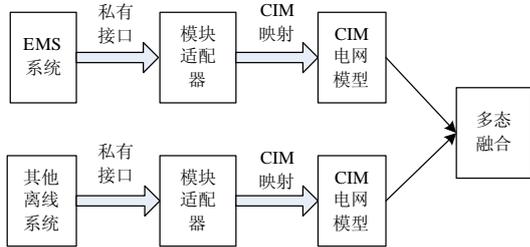


图 4 电网模型的管理模式

Fig.4 Management schema of grid model

2.2 量测数据管理模块

量测数据管理模块是维护与电网模型所对应量测数据的功能模块。与现有的电网模型对应,量测数据分成四个状态:历史态、现时态、规划态和研究态。历史态记录与历史态模型所对应的历史数据。实时态用来记录与电网实时模型相对应的实时数据。规划态和研究态的量测数据主要是一些出力和负荷调整的数据。负荷的数据一般来自于负荷预测,而出力的数据一般需要靠手工去维护。在总线运算应用服务架构中,量测数据管理模块从 EMS 中获取变化的量测数据并保存下来,而量测数据的变化信息由总线的消息通信实现。

2.3 拓扑处理模块

拓扑处理模块主要用来进行拓扑运算,将开关/节点模型转换为母线/支路模型,以供网络应用模块来进行计算。一般来说,规划态和研究态的模型是基于母线/支路模型的,而历史态和实时态的模型是基于开关/节点模型的。那么在拓扑处理模块中不仅需要 will 将开关/节点模型转换为母线/支路模型,还需要将母线/支路模型对应某个开关/节点的历史模型来进行反向转换,转换与反向转换是为了实现不同模型基础上的网络应用模块运算服务。在转换后母线/支路模型中,考虑到闭合的闸刀和断路器并不对潮流的分布产生很大的影响,同时在潮流计算中过

多的小阻抗支路会对潮流计算的收敛性和精确度带来不利影响,开关类元件将被略去,只保留非零阻抗的电气元件。

2.4 网络应用模块

网络应用模块,网络应用模块是基于母线/支路模型来进行计算的模块,典型的有潮流计算、状态估计、负荷预测等等。目前国内已经进行了几次有关 CIM 模型的互操作实验^[7-10],在 EMS 系统外部增加符合 CIM 标准的应用程序接口,利用 XML 文档作为网络应用的中间文件,在潮流计算或状态估计等过程中,XML 文档既作为自定义数据存储文件的目标输出文件,也作为潮流计算和状态估计的数据源文件。同时,对于该模块,也可以使用现有的计算软件,如 PSS/E、BPA、PSASP 等,设计特定的模块适配器并封装形成网络应用服务。

2.5 可视化实现模块

可视化实现模块是将电力系统运行状态进行形象显示从而达到便利监控效果的功能模块。在企业运算服务总线的信息架构中,可视化实现模块处理的图形数据来自不同异构平台的应用系统,对于 SVG 文件数据描述的统一,可以利用 RDF Schema 的 XML 文件元数据定义规则,由于 SVG 本身也是一种基于 XML 标准的格式文件,因此在 RDF Schema 的数据映射模式下,可以将 SVG 文件中的数据描述转换到符合 CIM 标准的命名规则和关联关系,当 SVG 文件数据发生变化时,通过运算服务总线上挂接适配器的消息转换机制,使其他 SVG 应用进行相应的刷新操作。这种 SVG 的 CIM 应用使得异构图形系统之间也具备交互的通信方式。

3 某电网公司运算服务应用

3.1 总线部署的运算数据集成

数据集成是将不同来源与格式的数据逻辑上或物理上进行集成的过程,过去该公司不同系统中的电网运算信息没有集中存储,因而不同数据源之间的信息很难相互对应和匹配,部分系统短期内难以提供直接的访问接口,例如调度自动化系统中的历史数据和实时数据,很多业务系统都想使用,但是访问时存在一定的困难。通过运算数据集成,可以将这些数据抽取到 UIP(Utility Integration Bus)的统一数据库,进而可以封装成 SOA 服务,提供标准的访问接口应用。

从该公司的信息应用布局分析,运算数据源按照格式主要分为:1) CIM/XML 文档文件,如 EMS 系统导出的电网模型。2) 数据文本文件,如 EMS

系统导出的实时断面文件。3) 运调和调度使用的数据，如调度 DMIS 系统中的历史相关生产数据。4) SAP(Systems Applications and Products)系统，如资产财务、营销管理等相关数据。5) 发布在企业运算服务总线上的服务，例如调度自动化系统可能将模型和数据访问封装成服务。

运算数据集成的主要处理流程如图 5 所示。首先根据数据应用（如辅助决策以及规划应用）的需求，分析需要集成的数据，并确定数据来源，该来源可能是某业务系统，也可能是发布在企业运算服务总线上的某个服务；然后设计集成数据的模式，并确定数据从源系统到数据仓库的抽取、清洗、转换逻辑，例如在实现设备的统一编码之前我们需要处理设备的编码转换；之后定制数据抽取、转换和导入过程，将数据从各业务系统集成到数据仓库。集成到数据仓库中的数据，一方面供辅助决策使用，另一方面通过企业运算服务总线等方式发布出来，供其他应用使用。

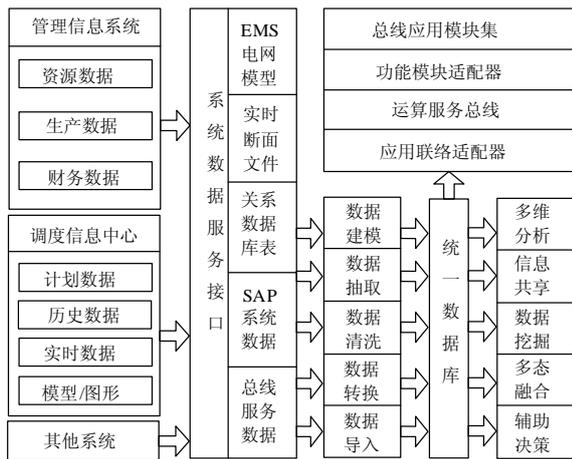


图 5 总线运算数据集成设计

Fig.5 Design of computing data integration in bus

3.2 总线运算通信应用

目前该电网公司搭建完成基于 IBM WebSphere Message Broker(WMB)产品的企业运算服务总线，相对于 BEA 公司的 AquaLogic Service Bus, 根据第三方机构性能评测显示，在轻负荷时两者性能相差不多，但是在并发用户数增加的情况下，IBM WebSphere Message Broker 的处理能力更强，而对比 SAP 公司的产品 NetWeaver, WMB 则在通信性能和支持异构系统集成方面更胜一筹。作为企业异构应用消息通信体系的主要联络，IBM WMB 的功能主要有接收并发路由消息、转换消息格式、给服务订阅者发布消息、访问外部数据库处理增量消息

或存储消息、事件应答和错误处理机制。

如图 6 所示，目前组建的 WMB 结构由两部分组成，一是服务消息代理的开发环境，它是基于 Eclipse 开发环境，开发人员或维护管理人员可以利用他进行代理应用程序开发和代理部署、管理；二是服务代理域，代理域里面有两个关键部件，配置管理器和消息处理器，对消息处理器的管理和维护工作都是通过配置管理器完成的，而消息处理器则是总线消息处理的核心单元，它主要包括路由配置、格式转换、异构匹配等功能部件。

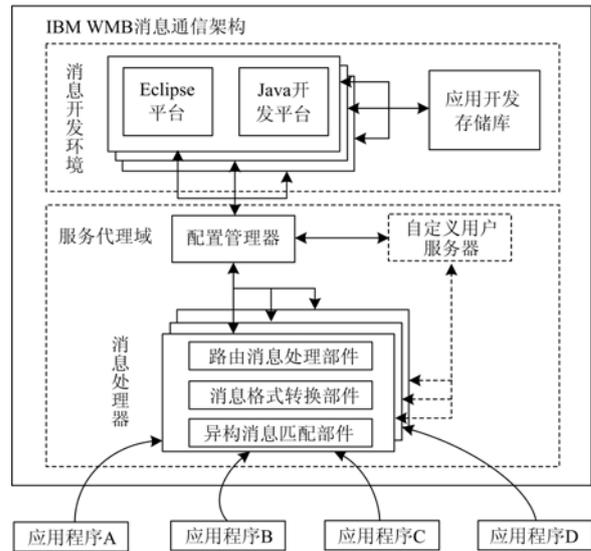


图 6 IBM WMB 消息通信结构

Fig.6 Message communication structure of IBM WMB

如图 7 所示，当完成作为应用消息通信联络的企业运算服务总线组建后，各模块的应用程序依据 IEC61968 标准定义特定状态的事件信息，通过运算服务总线实现与其他应用程序之间的通信，例如总线上的 PSS/E 计算应用服务，该应用程序作为网络应用模块的一种高级应用，它首先经运算服务总线从模型模块中获取计算的必要信息，如母线/支路模型等等，根据这些信息进行 CIM 标准的数据与 PSS/E 私有数据进行转换，最后将计算结果再转换成量测数据进行保存。在规划场景需求应用的过程中，转换后的量测数据以断面文件的形式存储，而规划应用是基于某个断面开展的，那么可以认为某个断面就是一个 CIM 全模型，在此基础上增加一系列增量文件，通过增量文件和全模型的合并，来获得某个断面上的规划态。

CIM 模型转换 PSS/E 文件的过程主要是将 CIM 中的母线/支路模型转换成开关/节点模型，然后将量测文件中的数据挂接到相应的各个设备中去，它

包括以下几方面:

1) 转换标识符。在规划计算应用中标识符的转换保留当前规划结果,例如预设的母线号,这不同于运行中的母线名。规划和运行实体(不同时间段中相同的实时对象)之间的关系需要表示。

2) 转换运行设备到规划设备。这需要映射两个模型间的设备(设备到设备),这个映射将不只是简单的一对一映射。不同类型的运行实体将映射到同一个规划实体,例如串联电容器和电抗器同样映射到支路部件。

3) 等值负荷模型的转换。运行和规划模型可能在不同的层次上表示电网模型,当转换一个运行模型到规划模型时,方法是用一个等值负荷来表示。

4) 转换网络状态。规划应用中增量模型的获取,这需要运行模型提供规划网络的一些必须值,如量测数据和设备参数。

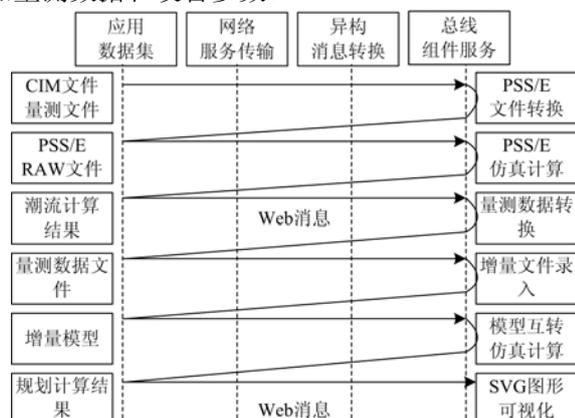


图7 基于CIM的PSS/E规划运算

Fig.7 PSS/E planning computation based on CIM

4 结语

企业服务总线与功能模块相结合的运算服务框架是目前电力企业信息化异构融合的可行解决方案,ESB原理和网络服务技术通过消息转换、事件注册和服务请求的业务逻辑方式集成各类嵌入式运算应用,打破企业内部各业务部门之间应用系统联系相对封闭的状态。应用CIM进行运算服务整合使得电网公司信息化再上新台阶,并作为构建信息化完整体系之一,目前已经取得初步实现,使企业获得不错的效能提升和经济效益。

参考文献

[1] 王勇. Web 服务设计时系统的研究与实现[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(1):87-90.
WANG Yong. Research and Implementation of Web Service Design Time System[J]. Computer Engineering and Application, 2008, 44(1): 87-90.

[2] 陆璐, 叶渝, 刘发贵. 网络控制系统 Web 服务器服务质量管理方案的研究[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(2): 236-240.
LU Lu, YE Yu, LIU Fa-gui. Research on Network Control System Web Server Quality of Service Management Solution[J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(2): 236-240.

[3] 刘海涛, 赵江河, 苏剑. 基于ESB的配电网自动化及管理系统信息集成[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(16): 47-51.
LIU Hai-tao, ZHAO Jiang-he, SU Jian. ESB Based Information Integration of Distribution Automation and Management System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(16): 47-51.

[4] 李晓东, 杨扬, 郭文彩. 基于企业服务总线的数据共享与交换平台[J]. 计算机工程, 2006, 32(21): 217-219.
LI Xiao-dong, YANG Yang, GUO Wen-cai. Data Share and Exchange Platform Based on ESB[J]. Computer Engineering, 2006, 32(21): 217-219.

[5] 李亚白, 郝文育, 王宁生, 等. SOA 中企业应用支撑环境的研究与实现[J].应用科学学报, 2006, 24(4): 401-405.
LI Ya-bai, HAO Wen-yu, WANG Ning-sheng, et al. Enterprise Application Supporting Environment Based on SOA and the Implement[J]. Journal of Applied Sciences, 2006, 24(4): 401-405.

[6] 潘凯岩, 寇强, 郑涛, 等. 基于公共信息模型的EMS/DMS/DTS 一体化设计[J]. 电网技术, 2004, 28(18):62-65.
PAN Kai-yan, KOU Qiang, ZHENG Tao, et al. Integrated Design of EMS/DMS/DTS Based on CIM[J]. Power System Technology, 2004, 28(18): 62-65.

[7] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明, 等. 基于CIM/XML 电网模型互操作研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(14): 45-48.
LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. An Investigation on a Common Information Model for Energy Management System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 45-48.

[8] 董越, 孙宏斌, 吴文传, 等. EMS 中公共信息模型的导入/导出技术[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(2): 10-14.
DONG Yue, SUN Hong-bin, WU Wen-chuan, et al. Import/Export Technique Based on Common Information Model(CIM) in EMS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(2): 45-48.

[9] 钱锋, 唐国庆, 顾全. 基于CIM标准的多级电网模型集成分析[J]. 电网技术, 2007, 31(12): 69-73.
QIAN Feng, TANG Guo-qing, GU Quan. Analysis on Integration of Multilevel Power Network Model[J]. Power System Technology, 2007, 31(12): 69-73.

(下转第150页 continued on page 150)

IEEE, 2005, 93 (5) : 876- 891.

[9] Milosevic, Borka D Begovic, Miroslav. Voltage Stability Protection and Control Using a Wide Area Network of Phasor Measurements[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2003, 18 (1) : 121- 127.

[10] 蔡运清, 汪磊, 周逢权, 等. 广域保护(稳控) 技术的现状及展望[J]. 电网技术, 2004, 28 (8): 20-33.
CAI Yun-qing, WANG Lei, ZHOU Feng-quan, et al. Current Status and Prospect of Wide-area Protection (Dynamic Stability Control)Technologies[J]. Power System Technology, 2004,28 (8) : 20 - 33.

[11] Begovic M, Fulton D, Gonzalez M R, et al. Summary of System Protection and Voltage Stability[J]. IEEE Transactions on Power Delivery ,1995 ,10 (2) : 631- 637.

[12] 苏盛, Li K K, Chan W L, 等. 广域电流差动保护划分专家系统[J].电网技术, 2005, 29(3): 55-58.
SU Sheng, Li K K, Chan W L, et al. An Expert System for Wide Area Protection System Protection Zone Selection[J]. Power System Technology, 2005, 29(3): 55-58.

[13] Rehtanz C, Bertsch J. Wide Area Measurement and Protection System for Emergency Voltage Stability Control[A]. in: Proceedings of 21st IEEE PESW Inter Meeting[C]. New York(USA): 2002.

[14] Taylor C W, Erickson D C, Martin K E, et al . WACS—Wide-area Stability and Voltage Control System: R&D and Online Demonstration[J]. Proceedings of the IEEE, 2005(5): 892-906.

收稿日期: 2009-06-05; 修回日期: 2010-02-10
作者简介:

杨春生(1985-), 男, 硕士研究生, 主要从事调度自动化及计算机信息处理方面的研究工作; E-mail: yangchunsheng5566@163.com

周步祥(1965-), 男, 博士, 教授, 主要从事电力系统自动化、计算机应用等方面的研究工作;

林楠(1973-), 女, 硕士, 讲师, 从事电力系统自动化、计算机应用的研究和教学工作。

(上接第 117 页 continued from page 117)

[10] 潘毅, 周京阳, 等. 基于电力系统公共模型的互操作实验[J].电网技术, 2003, 27(10): 31-35.
PAN Yi, ZHOU Jing-yang, et al. Interoperability Test Based on Common Information Model[J]. Power System Technology, 2003,27(10): 31-35.

收稿日期: 2009-06-02; 修回日期: 2009-07-23

作者简介:

苏炳洪(1985-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统信息化与可视化; E-mail: saikira@126.com

李灿(1976-), 男, 博士, 主要研究方向为电力系统自动化应用、电力市场领域开发;

陈琰(1977-), 女, 硕士, 主要研究方向为电力系统控制分析与管理信息化。

(上接第 135 页 continued from page 135)

6 结论

综上所述, 经过一次系统运行方式及 110 kV BZT 方式的调整, 可以确保在 110 kV 系统异常时, BZT 可靠动作, 及时恢复送电, 同时, 也避免了再次向故障点送电引起事故扩大的危险。

另外, 若能将主变 110 kV 闸刀的辅助接点引入 BZT, 用做对运行方式的判断, 同时, 增加 BZT 各种方式的逻辑判断, 实现自动适应上述的人工调整, 将可以减少在方式调整过程中人为失误的几率, 提高安全运行保障。

参考文献

[1] DL/T 969-2005,变电站运行导则[S].

[2] 承文新, 等. 静态备用电源自动投入装置技术条件, DL/T 526-2002[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

[3] 谢尚德, 贾沛义, 等. 35~110kV无人值班变电所设计规程, DL/T5103-1999[M]. 北京: 中国电力出版社出版, 1999.

[4] 张友, 左长春, 等. 电力系统安全自动装置设计技术规范, DL/T 5147-2001[M]. 北京: 中国电力出版社出版, 2001.

收稿日期: 2009-06-11; 修回日期: 2009-07-13

作者简介:

刘东红(1971-), 男, 本科, 一直从事变电运行管理工作; E-mail: jhepsjc@163.com

郭玉萍(1966-), 女, 本科, 一级实习指导教师, 从事电力理论和实践教学的工作。