

# 安全稳定控制管理系统的研制及应用

祁忠, 施志良, 李枫, 张海宁, 刘焕志, 冯佳男

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

**摘要:** 随着智能变电站和智能调度的快速发展, 现有安全稳定控制(简称稳控)管理系统存在多方面的不足。基于统一应用支撑平台, 研制了新一代稳控管理系统。分析了稳控管理系统的硬件结构, 设计了分层模块化的软件架构, 提出了支持 EMS/稳控管理一体化运行的数据库模式, 实现了一体化建模和一体化数据展示。重点阐述了稳控装置的统一接入、远方控制、可视化展示、策略预警和智能告警等功能。研制的系统已经在多个电网得到成功应用, 为稳控系统的运行管理和事故处理提供了技术支撑。

**关键词:** 安全稳定控制; 管理系统; 一体化运行; 可视化; 远方控制; 智能告警

## Development and application of the security stability control management system

QI Zhong, SHI Zhiliang, LI Feng, ZHANG Haining, LIU Huanzhi, FENG Jianan

(NR Electric Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

**Abstract:** There are many inadequacies in current security stability control management system (SSCMS) with the rapid development of intelligent substation and smart dispatch system. A new generation of SSCMS is developed based on the uniform application support platform. The hardware structure of SSCMS is analyzed and the hierarchical modular software architecture of SSCMS is designed. The database schema is proposed to support EMS/SSCMS integrated operation. The integrated modeling and integrated data displaying are implemented. The functions such as unified access of stability control device, remote control, visualization display, strategy of early warning and intelligent alarm are expounded. The system developed has been successfully applied in the multiple grid. It provides technical support for the operation management and fault handling of stability control system.

**Key words:** security-stability control; management system; integrated operation; visualization; remote control; intelligent alarm

中图分类号: TM71

文章编号: 1674-3415(2016)01-0122-06

## 0 引言

随着电力系统的发展, 作为保障电网安全稳定运行第二道防线的安全稳定控制系统及装置得到了大量的应用<sup>[1]</sup>, 使得稳控装置的维护和管理十分复杂。为了实现对稳控装置的集中监视和管理, 在各个调度中心相继建设了稳控管理系统, 一定程度上缓解了稳控装置的运行管理问题<sup>[2-3]</sup>。

近几年随着智能变电站和智能调度<sup>[4]</sup>的快速发展, 现有稳控管理系统存在多方面的不足: (1) 智能调度系统要求将原来分散的各个业务系统集成在同一应用支撑平台之上, 实现信息的充分整合和共享。大部分稳控管理系统是单独建设、独立运行的, 缺少统一的应用支撑平台, 不能有效地集成在智能调度系统上; (2) 基于 IEC 61850 标准的智能变电站, 实现了变电站信息的统一建模和无缝集成。稳控装

置的硬件和软件经过升级改造后, 已经全面支持 IEC 61850 标准<sup>[5]</sup>。IEC 61850 标准相比传统稳控通信规约在信息自描述性、互操作性等方面具有明显的优势, 但大部分稳控管理系统不支持按 IEC 61850 标准接入稳控装置; (3) 传统稳控管理系统功能设计简单, 一般不具备远方控制功能, 缺少可视化的展示手段, 没有综合利用所采集信息加强运维管理、风险预警和事故分析等。

针对以上问题, 在借鉴已有稳控管理系统研制经验的基础上, 基于统一的支撑平台, 研制了新一代稳控管理系统。该系统支持一体化运行和独立运行, 支持 IEC 61850 标准, 实现了对稳控装置的统一接入和分布式采集, 具有远方控制、可视化监视、运维管理、策略预警和智能告警等功能, 为稳控系统的运行管理和事故处理提供技术支撑。

### 1 稳控管理系统的硬件结构

稳控管理系统的硬件结构如图 1 所示, 由位于厂站端的稳控装置、通信网络和位于调度中心的服务器、工作站等组成。稳控厂站根据其不同的功能, 分为控制站、执行站。各站稳控装置通常采用双重化配置, A/B 两台稳控装置经由站内交换机直接接入调度数据网, 或者经过交换机和接口转换器接入 SDH 2M 专用光纤通道, 与调度中心进行通信。前置服务器负责实时采集稳控装置各类运行信息, 下发对稳控装置各类控制命令, 数据服务器负责对各类稳控信息进行分析、处理和存储, 工作站提供友好的人机界面, 可视化展示稳控系统的运行状态, 实现对稳控系统的监视、控制和管理功能。WEB 服务器通过隔离装置与数据服务器相连, 负责稳控信息的发布。根据稳控系统的规模和重要程度, 前置和数据服务器可采用单机配置、双机配置或多机配置。

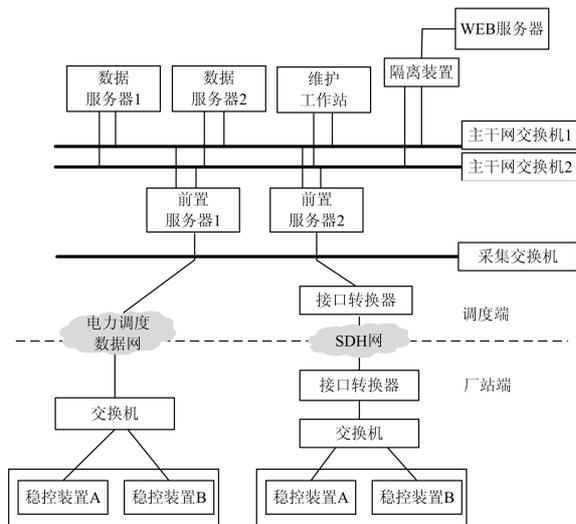


图 1 稳控管理系统的硬件结构

Fig. 1 Hardware architecture of security stability control management system

### 2 稳控管理系统的软件架构

采用分层模块化的设计原则, 稳控管理系统的软件架构如图 2 所示。从下至上, 分为软硬件支撑平台、统一应用支撑平台、稳控应用组成, 层与层之间有明确的关系, 下层为上层提供服务。软硬件支撑平台采用通用中间件技术屏蔽操作系统和硬件的差异, 使得系统能够运行在多种操作系统和硬件平台上, 系统可采用异构平台搭建。统一应用支撑平台层总结不同应用的需求, 为上层应用提供网络通信、实时数据库、图形、消息服务总线、系统管

理等方面的服务。稳控应用只需专注于自身的业务逻辑, 无需关系底层的实现细节, 提高了开发效率和可重用性。稳控应用按功能划分模块, 基础功能模块包括前置通信、模型管理、告警及事件记录、定值管理、运行监视、远方控制等。高级功能模块包括可切量不足在线预警、数据智能校核、动作智能分析等。

可切量不足 在线预警	数据智能校核	装置异常 处理指导	动作智能分析	稳控应用 高级功能
运行监视	曲线监视	波形分析	统计报表	WEB发布
前置通信	模型管理	告警及事件记录	定值管理	远方控制
跨平台图形开发平台				
面向对象数据库管理平台				
分布式网络通信管理平台				
通用中间件				
Windows	Linux	Solaris	AIX	HP_UX
IBM	HP	浪潮	曙光	软硬件 支撑平台

图 2 稳控管理系统的软件架构

Fig. 2 Software architecture of security stability control management system

### 3 一体化设计

本系统是基于统一应用支撑平台设计的, 可方便地将稳控管理系统作为一个应用整合到智能调度支持系统中, 实现一体化调度。在应用整合过程中, 实现 EMS/稳控管理系统的一体化建模和一体化数据展示是两个关键的技术。

#### 3.1 数据库模式定义

IEC 61970 CIM 规范提供了统一的标准来描述电力系统的主要对象, 定义了电网的一次设备及其拓扑关系<sup>[6]</sup>。遵循该标准的 EMS 系统, 以 CIM 模型为基础, 采用面向对象的建模方法, 定义实时数据库结构, 建立了电网一次设备模型。但是 CIM 模型中并没有定义稳控装置的信息模型, EMS 系统的实时数据库中也没有建立稳控装置的对象。

根据稳控装置的特点和稳控管理系统的应用需要, 同时考虑到对 IEC 61850 标准的支持, 对 EMS 实时数据库模式进行了扩展<sup>[7]</sup>, 如图 3 所示。稳控装置模型包括测点模型和 IEC61850 模型两个部分。测点模型部分描绘了稳控装置的各种电气量、开入量、定值、动作、告警等信息, 每个厂站包含多台稳控装置, 每台稳控装置包括多个电气量、多个开入量、多个稳控定值、多个动作信息、多个告警信号, 并建立稳控装置电气量、开入量与一次设备模型中模拟量、状态量的关联。IEC 61850 模型部分描述了逻辑装置、逻辑节点、数据集、报告控制块、

定值控制块等内容,采用 IEC 61850 模型层次结构,可满足稳控管理系统 IEC 61850 通信的需要<sup>[8-9]</sup>。

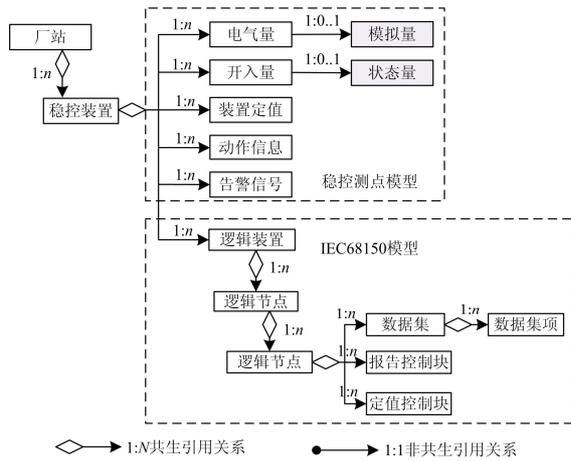


图 3 数据库模式定义

Fig. 3 Database schema definition

### 3.2 一体化建模

为了确保系统的稳定性,在一体化系统中,EMS 和稳控管理应用拥有各自的实时数据库实体,一体化建模如图 4 所示。利用 EMS 的图模一体化维护工具,绘制厂站一次接线图,然后分别填入 EMS 和稳控管理的实时数据库,生成电网一次设备模型,确保了 EMS 和稳控管理应用模型的一致性。利用稳控管理应用的模型维护工具,生成稳控装置模型。对于非 IEC 61850 接入的稳控装置,稳控模型维护工具通过 103 规约的通用分类服务方法,从装置召唤信息生成稳控配置文本,再导入到数据库中;对于 IEC 61850 标准接入的稳控装置,直接导入稳控装置的 ICD 文件,生成稳控模型<sup>[10-11]</sup>。

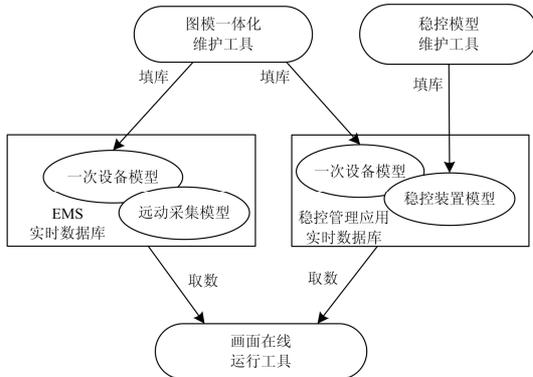


图 4 一体化建模方法

Fig. 4 Integrated modeling method

### 3.3 一体化数据展示

在一体化系统中,EMS 和稳控管理应用共享一次接线图。画面在线运行工具通过应用切换,从不

同的实时数据库实体中获取数据,可在一次接线图上分别显示 EMS 采集的远动数据和稳控装置采集的数据。同时,还可将两者采集的数据通过表格进行对比显示,通过实时对比,如发现电气量偏差在一定时间内超过某个阈值或者元件投停状态不一致,则在表格中进行闪烁告警。

## 4 功能设计

### 4.1 稳控装置统一接入功能

目前国内稳控装置种类较多,常规站的稳控装置没有统一的通信标准,通常采用各个稳控厂家的私有通信规约,需要稳控管理系统去兼容不同的通信规约。智能站稳控装置可统一采用 IEC 61850 标准进行通信。所以实现对不同厂家不同规约的稳控装置的统一接入是稳控管理系统必须要具备的功能。为此,稳控管理系统采用组件化的规约插件技术,如图 5 所示。每个通信规约都封装成一个独立的组件,根据稳控信息和通信规约的特点,抽象出各种通信规约的共性,封装成对外公共接口函数,供前置规约插件管理程序统一调用。前置规约插件管理程序负责动态注册和管理规约插件,负责规约插件的装载、运行和结束,确保规约插件与稳控装置正常通信和采集数据。

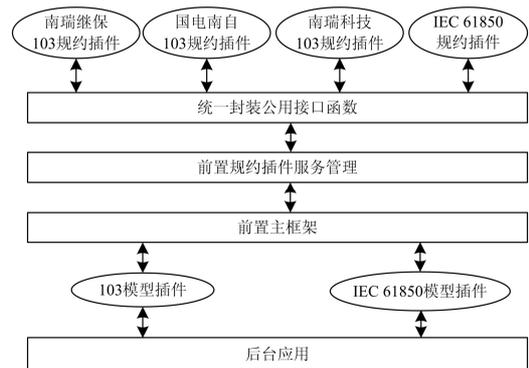


图 5 组件化的规约插件技术

Fig. 5 Protocol plug-in technology based on component

不同规约上送的数据类型各不相同,为了方便前置与后台应用之间的数据交互,方便后台应用对不同数据的处理,针对为不同的规约类型配置不同的模型插件,例如 103 模型插件,IEC 61850 模型插件,模型插件实现该模型数据类型的处理。前置调用不同的模型插件接口将采集数据分发给不同的后台应用,后台应用调用不同的模型插件接口接收并处理数据。

稳控管理系统的通信模式是直接和稳控装置建立连接,一台稳控装置就要建立一个前置采集通

道, 由于稳控装置的数量众多, 通常省级电网的稳控装置数量会达到几百台, 所以前置采集通道的数量非常大。为此, 稳控管理系统采用分布式采集技术, 采集通道均匀分布在多个前置节点上, 采集任务负载均衡。当一个前置节点发生故障时, 采集通道按照负载均衡的原则均衡分配到其余各节点上。随着稳控系统规模的扩大, 可增加前置采集节点, 接入新增的稳控装置。

#### 4.2 远方控制功能

由于电网运行方式的变化, 稳控装置的策略功能和定值也要作出相应的调整。实现对稳控装置的远方控制, 可替代运行人员到现场的就地操作, 显著提高调度管理部门的工作效率。对稳控装置的远方控制包括远方修改定值、远方切换定值区号和远方投退软压板。

根据稳控装置接入的规约不同, 采用不同的定值修改模式, 不同的操作界面。对于非 IEC 61850 规约, 仅支持运行定值的召唤和修改, 系统仅提供运行定值的操作界面; 对于 IEC 61850 规约, 支持运行定值和编辑定值, 运行定值只能召唤不能修改, 编辑定值能召唤和修改, 通过切换编辑定值区号, 可召唤和修改任意区的定值, 为此设计了运行定值和编辑定值两种不同的操作界面。定值修改具有严格的操作流程, 必须遵循“数据召唤->预修改->返校确认->执行修改->结果返回”的流程。

为了提高可靠性, 稳控装置的软压板状态作为一个遥信点, 投退软压板采用遥控方式。遥控操作分两步, 先选择再执行, 遥控命令执行成功后, 稳控装置主动上送变位后的压板状态。通过远方投退软压板, 实现稳控装置单个或全部策略功能的投退。

为了保证远方控制的安全性, 采用了以下的安全控制措施: (a) 操作权限审核。对操作人、监护人的权限和口令进行审核。(b) 数据合理性校验。对数据类型、数据范围进行检查。(c) 完备的操作记录。将每次操作的时间、操作人、监护人、修改前后的值、修改原因、操作结果等内容存入历史库, 供日后查询追溯。

#### 4.3 可视化展示功能

可视化功能是将稳控系统的重要数据进行图形化、层次化、集成化的展示, 使调度运行人员更方便、更直观地掌握当前稳控系统的运行状态, 进而采取更有效的运行控制措施<sup>[12]</sup>。

(1) 数据图形化。通过背景图元、前景图元、列表、曲线、棒图和饼图等展示方式, 将稳控装置的运行状态、压板投退状态、实时采集的元件电气量等信息进行图形化显示。通过颜色决策, 将稳控装

置与管理系统之间的通断状态用不同的颜色表示。通过符号决策, 将稳控装置运行状态如投入、退出、投信号、停用等用不同的图符表示。通过曲线定义工具, 关联不同的数据源和数据对象, 实时绘制可切机量、可切负荷量、断面功率等曲线, 直观地展现数据随着时间变化的走势。

(2) 数据集成化。数据集成化是指将稳控系统中相关联的数据集中展示。利用组件化的集成和画面分层技术, 在全网稳控系统运行图上, 展示全网稳控系统的地理分布、组织结构、运行状态、通道连接状态、压板投退状态及相关重要信息; 在重要断面潮流图上, 以列表形式显示所有控制站上送的断面潮流, 并显示断面元件的组成、各元件的当前潮流、断面动作门槛值以及对应的需切量、可切量等信息。

(3) 数据层次化。通过全网稳控系统运行图、各区域稳控系统运行图、厂站稳控系统运行图分层次展示系统信息。

#### 4.4 策略预警功能

稳控装置一般按照“离线计算, 实时匹配”的方式进行策略搜索和动作执行的。由于电网运行方式的变化, 根据离线计算制定的策略在实际发生故障时, 控制措施不一定能够全部执行。

策略预警模块定时从实时库中获取稳控装置采集的电气量、元件投停状态和定值等运行信息, 进行如下处理: 自动识别当前运行方式, 搜索稳控装置的策略表, 对每条策略判断是否适用于当前方式, 如果适用, 则根据策略定义, 分析控制措施, 模拟发生对应的故障类型, 计算出可切量、需切量, 当出现可切量不足等问题时, 自动给出告警提示, 提醒调度运行人员调整控制策略; 如果不适用, 则设置策略无效标志。策略预警模块将分析计算结果存放在实时库中, 实时库的策略状态表结构如表 1 所示, 可通过二维表在画面上实时展示稳控策略状态。

表 1 策略状态表结构

Table 1 Table structure for strategy status

序号	字段	类型	序号	字段	类型
1	装置 ID	ULongLong	7	断面功率	Float
2	策略名称	String[16]	8	需切量	Float
3	策略编号	UShort	9	可切量	Float
4	方式名	String[64]	10	是否够切	Bool
5	故障类型	String[32]	11	是否有效	Bool
6	潮流方向	Float	12	刷新时间	Time

#### 4.5 智能告警功能

稳控装置会产生多种告警信息, 特别是在发生

动作时,管理系统会接收到大量的离散的动作报文,调度人员很难从未经分类、归纳、整理的告警信息中快速获取有效信息。智能告警通过对各类告警信息的分类处理、汇总整合,为调度运行人员进行事故分析提供技术支撑<sup>[13]</sup>。

(1) 分层、分类、分级告警。将稳控装置的告警事件自动分类为动作事件、异常告警、开入变位、通信变化等;不同类型告警事件定义不同的告警等级,分为事故级、预告级、一般级等,不同等级的事件提供不同的告警方案,例如推事故画面、音响报警、短信告警、发送邮件告警等;提供告警检索功能,可按厂站、装置、事件类型进行分层检索。

(2) 稳控动作报告自动生成。以稳控装置的策略动作为主线,通过分析稳控系统的拓扑关系,采用可自定义的时间窗,将一个区域电网内稳控装置动作时上送的策略动作事件、切机量、切负荷量、录波文件以及稳控装置的运行定值、压板状态等信息自动汇总成一份完整的动作报告,动作报告按模板格式显示,并自动推送给调度运行人员,使调度运行人员第一时间全面掌握稳控装置的动作情况。稳控动作报告处理流程如图 6 所示<sup>[14-15]</sup>。利用稳控装置录波文件,可分析出故障过程中有关电气量的波形及开入量的变化情况。

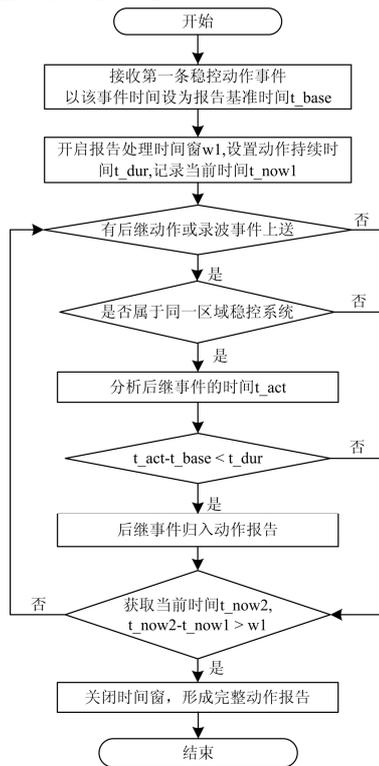


图 6 稳控动作报告处理流程

Fig. 6 Processing flow of stability control action report

## 5 结语

本文针对现有稳控管理系统存在的不足,研制了新一代稳控管理系统,该系统已经在云南省调、贵州省调、西藏昌都地调等得到了成功的应用。云南省调为 EMS/稳控管理一体化运行系统,实现了 EMS 信息和稳控信息在同一平台上的一体化展示,为调度运行人员提供了有关稳控系统的运行状态、控制策略和动作情况的信息。贵州省调为独立稳控管理系统,实现了对全网内四个厂家 7 种类型的稳控装置的统一接入,共接入稳控装置 100 多套。该系统运行稳定可靠,较好地满足了调度和运行管理人员对稳控系统集中监视、控制和管理的需求,提高了电网的安全稳定性和供电可靠性。

## 参考文献

- [1] 孙光辉, 沈国荣. 加强三道防线建设确保电网的安全稳定运行[J]. 江苏电机工程, 2004, 23(5): 4-7.  
SUN Guanghui, SHEN Guorong. Enhance three defense plan for the stability of power system[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2004, 23(5): 4-7.
- [2] 刘志, 王静, 祁忠, 等. RCS-9012 稳控集中管理系统[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(11): 89-92.  
LIU Zhi, WANG Jing, QI Zhong, et al. RCS-9012 integration management system of stability control system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(11): 89-92.
- [3] 黄见虹, 陆伟, 刘志, 等. 福建电网在线稳定控制系统监控后台[J]. 福建电力与电工, 2007, 27(2): 52-54.  
HUANG Jianhong, LU Wei, LIU Zhi, et al. Supervision and control background of on-line stable control system of Fujian electric power grid[J]. Fujian Electric Power and Electrical Engineering, 2007, 27(2): 52-54.
- [4] 高志远, 姚建国, 曹阳, 等. 智能电网发展机理研究初探[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(5): 116-121.  
GAO Zhiyuan, YAO Jianguo, CAO Yang, et al. Primary study on the development mechanism of smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(5): 116-121.
- [5] 宋锦海, 宣筱青, 朱开阳, 等. 基于 IEC61850 的安全稳定控制装置方案设计[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(12): 72-74.  
SONG Jinhai, XUAN Xiaoqing, ZHU Kaiyang, et al. Design of security and stability control device based on IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(12): 72-74.
- [6] 曹阳, 姚建国, 杨胜春, 等. 智能电网核心标准 IEC 61970 最新进展[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(17): 1-4.

- CAO Yan, YAO Jianguo, YANG Shengchun, et al. Latest advancements of smart grid core standard IEC 61970[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(17): 1-4.
- [7] 张慎明, 卜凡强, 姚建国, 等. 遵循 IEC61970 标准的实时数据库管理系统[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(24): 26-30.
- ZHANG Shenming, BU Fanqiang, YAO Jianguo, et al. Real-time database management system (DBMS) that conforms to IEC61970 standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(24): 26-30.
- [8] 丁国兴, 王宏彦, 邱建斌, 等. 继电保护装置 IEC 61850 通信模型规范化测试软件开发[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(17): 96-100.
- DING Guoxing, WANG Hongyan, QIU Jianbin, et al. Development of checking software of protection devices based on IEC-61850 communication model[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(17): 96-100.
- [9] 齐昕, 张育臣, 唐喜, 等. 基于 IEC61850 的配网成套开关状态监测系统研制[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 109-114.
- QI Xin, ZHANG Yuchen, TANG Xi, et al. Development of distribution network switchgear condition monitoring system based on IEC61850[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 109-114.
- [10] 朱伯通, 程志海, 唐志强, 等. 基于 CIM 模型的智能变电站和调度中心互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(10): 93-97.
- ZHU Botong, CHENG Zhihai, TANG Zhiqiang, et al. Interoperate research of the intelligent substation and dispatching center based on CIM model[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 41(10): 93-97.
- [11] 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.
- [12] 沈国辉, 孙丽卿, 游大宁, 等. 智能调度系统信息综合可视化方法[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(13): 129-133.
- SHEN Guohui, SUN Liqing, YOU Daning, et al. Intelligent dispatch system information comprehensive visualization method[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(13): 129-133.
- [13] 刘莹, 刘俊勇, 张建明, 等. 电网调度中的智能告警分类[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(12): 48-54.
- LIU Ying, LIU Junyong, ZHANG Jianming, et al. Classification of intelligent warning for power system dispatch[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(12): 48-54.
- [14] 李练兵, 张秀云, 王志华, 等. 故障树和 BAM 神经网络在光伏并网故障诊断中的应用[J]. 电工技术学报, 2015, 30(2): 248-254.
- LI Lianbing, ZHANG Xiuyun, WANG Zhihua, et al. Fault diagnosis in solar photovoltaic grid-connected power system based on fault tree and BAM neural network[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(2): 248-254.
- [15] 王天真, 吴昊, 刘萍, 等. 基于动态限的周期非稳定工况的实时故障检测模型[J]. 电工技术学报, 2014, 29(12): 95-101.
- WANG Tianzhen, WU Hao, LIU Ping, et al. Real-time fault detection model based on dynamic limit under periodic non-steady condition[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(12): 95-101.

收稿日期: 2015-03-26; 修回日期: 2015-06-13

作者简介:

祁忠(1977-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事安全稳定控制管理系统的研究和开发工作; E-mail: qizhong@nrec.com

施志良(1975-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事调度自动化系统的研究和开发工作;

李枫(1981-), 男, 本科, 工程师, 主要从事安全稳定控制管理系统的研究和开发工作。

(编辑 姜新丽)