

# 基于 SOA 的继电保护整定计算全过程管理系统的开发及应用

李本瑜, 石恒初, 翟海燕, 赵明, 游昊

(云南电力调度控制中心, 云南 昆明 650011)

**摘要:** 针对传统继电保护整定计算管理模式存在的问题和不足, 研究开发了一套适用于省、地、县三级调度系统的继电保护整定计算全过程管理系统。系统采用面向服务的架构(SOA), 在统一数据平台上无缝集成了继电保护整定计算相关的所有功能模块, 实现了保护图纸、设备参数等整定计算基础数据的远程填报、参数计算建模、整定计算及保护定值通知单的自动生成、流转审批和执行等全部业务流程的闭环管理。目前, 该系统已经成功应用于云南电网省、地、县三级调度系统的继电保护整定计算管理工作中, 取得了很好的效果。

**关键词:** 继电保护; 整定计算; SOA; 全过程; 管理系统; 业务流程

## Development and application of relay protection setting and coordination calculation processing management system based on the SOA

LI Ben-yu, SHI Heng-chu, ZHAI Hai-yan, ZHAO Ming, YOU Hao

(Yunnan Electric Power Dispatching and Controlling Center, Kunming 650011, China)

**Abstract:** Contra posing to the insufficiency and problems existing in the traditional relay protection setting and coordination calculation management model, this paper develops a set of relay protection setting and coordination calculation process management system applicable to provincial, prefecture and county levels dispatching system. The system is based on the SOA and seamlessly integrates all the functions of the relay protection setting calculation related modules on the unified data platform, realizing the examination, approval and implement of the closed loop management of drawing of protection, and the basic data of protection setting calculation such as equipment parameters' remote filling, parameter calculation modeling, protection setting calculating and auto-generating relay protection setting value notification model. This system has been successfully used in the relay protection setting calculation for the Yunnan Electric Power Grid's provincial, prefecture and county levels dispatching system.

**Key words:** relay protection; setting calculation; SOA; overall process; management system; operation flow

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)24-0103-07

## 0 引言

随着建立坚强智能电网进程的推进, 对于电力企业数据集成、应用集成的呼声越来越强烈<sup>[1-4]</sup>, 调度系统管理模式的变革, 也对各级调度机构在统一系统平台下开展相关工作业务提出了新的更高的要求。

继电保护作为保障电网安全稳定运行的第一道防线, 其整定计算工作极其重要, 必须严防“误整定”情况的发生, 同时整定计算工作涉及的点多面广、数据量大, 是一项专业性和系统性都很强的基础工作, 是调度系统的核心业务之一。

开展整定计算工作需要大量的基础数据进行计算和维护管理, 基础数据是否准确将直接影响到

保护定值的正确性, 因此, 基础数据的维护管理非常重要。目前普遍采用非结构化的电子 Word 或 Excel 文档存储整定计算相关的基础数据、计算书和定值单, 各个数据文件之间没有办法做到有效的关联, 不利于规范管理和统计分析, 难以提升工作效率, 更不可能实现闭环管控。此外, 现有的整定计算管理系统主要实现了整定计算的智能化及定值单流转执行的自动化<sup>[5-10]</sup>, 而保护图纸资料和电气设备参数的收集、计算和建模等整定计算前期工作仍然依靠纸质报送、人工计算等传统模式, 工作效率低下、人为出错几率较高, 不能适应现代电网的要求<sup>[11-15]</sup>。

受电力企业应用的高度分布和异构环境<sup>[4]</sup>等因素的制约, 目前整定计算过程管理存在的不足集中

体现在前期收资与整定计算脱节、定值单与整定计算书和参数计算书之间没有实现很好的关联、难以对全过程流程进行跟踪监控等三个方面。

针对当前继电保护整定计算领域的上述问题和不足，云南电力调度控制中心在对整定计算的所有业务流程进行全面梳理和深入研究的基础之上，从全省业务处理和业务交互的高度进行设计，成功开发了基于 SOA 的省地县三级调度机构继电保护整定计算全过程管理系统，实现了整定计算所有业务流程的信息化、规范化、流程化闭环管理。

### 1 基于 SOA 的整定计算全过程管理系统平台设计

在调度系统规范化建设和调控一体化建设的大背景下，云南电力调度控制中心近年来一直致力于建立覆盖省、地、县三级调度系统的企业应用集成平台，该统一平台基于面向服务的体系结构（Service Oriented Architecture, SOA）设计，应用组件技术，同时规范各系统的建模方法、各模块的技术服务，并在此平台上实现企业级的数据集成与应用集成。

系统结构如图 1 所示，通过采用以服务为中心的底层实现技术和组件化技术，系统由多个可以独立运行的功能模块组成。SOA 框架中各系统的适配器为业务流程提供了标准接口，使得各系统以松耦合的方式实现互连互操，并通过企业服务总线提供服务查询、获取和发布，基于 SOA 的统一数据平台方便业务组件独立升级和减少不必要的组件之间的交互，通过一定程度的分离，实现了各核心业务功能模块的共用，如流程引擎模块、报表生成器模块以及短信通知模块等。

系统平台的硬件架构如图 2 所示，由数据库服务器群、应用服务器群、接入服务器群、防火墙、存储盘阵、容灾服务器等设备形成一个完善的一体化系统硬件平台。数据层采用双服务器集群，共享高性能盘阵存储，使硬件设备满足 N-1 的冗余配置要求，为一体化系统提供安全可靠的数据访问和数据存储服务。

系统平台的软件架构如图 3 所示，由应用层、接入层和客户端组成，其中应用层通过与数据库的交互，实现数据的存取。系统采用组件化软件设计方法实现整个系统各个功能模块的完全集成，使得系统具有良好的可扩展性和跨平台性。

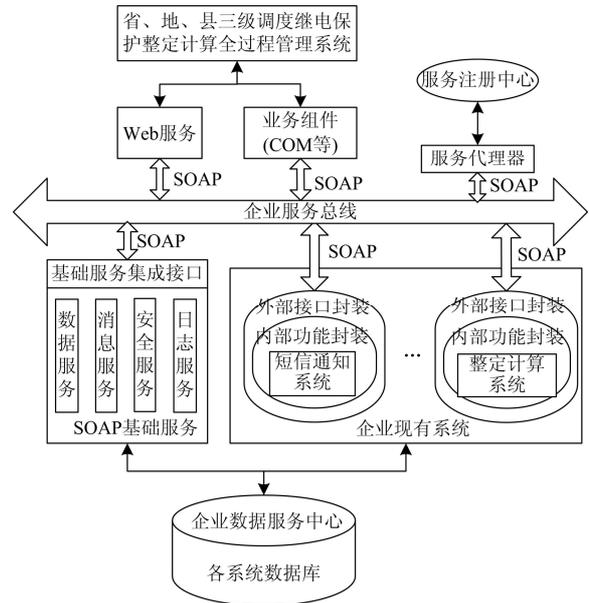


图 1 基于 SOA 的统一平台架构  
Fig. 1 Unified platform based on SOA

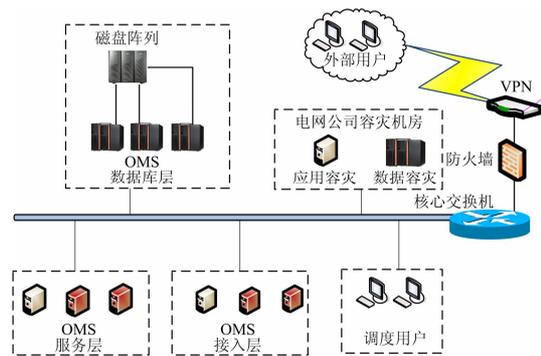


图 2 硬件架构图  
Fig. 2 Hardware architecture diagram

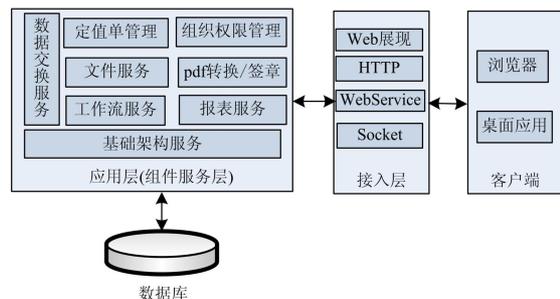


图 3 软件架构图  
Fig. 3 Software architecture diagram

系统平台采用可组可分、动态灵活的矩阵式硬件部署架构以及高性能、安全稳定的工作流引擎技术，解决了整定计算管理关键流程固化、非关键流程可自定义的关键技术难题，全面满足了整定计算工作传输数据量大、并发用户数多、流程复杂、灵

活度高等特殊要求。

## 2 系统功能模块和流程

开展整定计算工作, 其根本目的就是通过专业的整定计算软件完成保护定值计算后, 再按照保护装置的定值清单格式编制保护定值单并下发执行。涉及的主要环节是图纸资料收集→参数计算建模→整定计算→生成保护定值单→保护定值单签发执行→归档结束等流程, 各个环节之间存在严格的逻辑顺序关系, 是标准的流程化作业。

在整定计算阶段, 由于仅涉及本处室内部的管理协调工作, 工作量大但涉及面单一, 在图纸参数资料收集阶段和定值单签发后的执行阶段, 由于涉及到不同单位、不同部门、不同专业之间的协同工作, 管理最为复杂。

在日常的整定计算管理工作中, 还涉及上下级调度系统之间的数据交互, 主要是分界点等值阻抗、变压器中性点接地方式、分界点定值配合限额等内容, 这部分业务集中在各级调度的保护专业之间开展。

鉴于整定计算工作的重要性, 要求涉及到的每

个流程的内容都必须进行严格的三级审核把关, 以确保数据正确无误, 从源头上、制度上杜绝“误整定”情况的发生。三级审核环节体现了继电保护整定计算工作的严谨性, 是流程管理中的又一特色。

### 2.1 功能模块划分

通过对整定计算全过程管理业务的梳理, 将系统划分为工程管理、参数管理、整定计算等 17 个子功能模块, 如图 3 所示。系统各子功能模块之间均通过“工程管理模块”进行无缝关联, 每一份保护定值单均有一个与之关联的工程, 相关的图纸资料、基础参数、整定计算书均关联在该工程下面, 确保在打开任何一份保护定值单时, 都可以方便快捷地同步查询到与之关联的整定计算书、参数计算书和保护图纸资料等相关内容, 实现了任何一份保护定值单都可以追根溯源、任何一项保护定值的来龙去脉都清晰明了, 做到真正意义上的闭环管理。

图 4 中的 17 个功能模块基于 SOA 数据架构设计, 利用 Webservice 等方式进行数据传递, 部分模块采用 B/S 框架, 不需安装其他软件即可实现操作, 完全实现了信息化、流程化和无纸化的高效闭环管控。

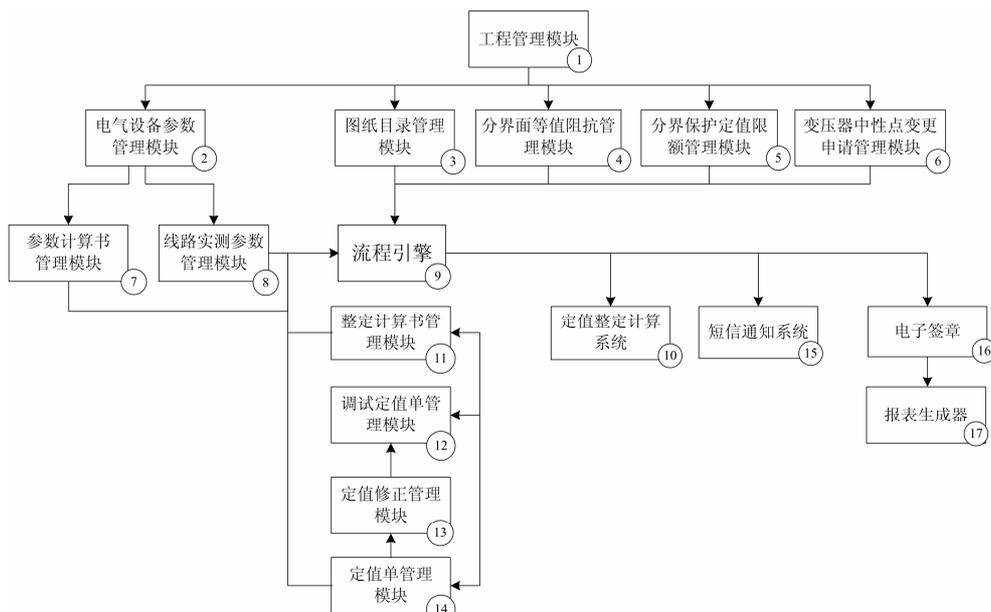


图 4 省地县继电保护整定计算一体化系统功能模块

Fig. 4 Functional modules of the province integrated setting calculation system

### 2.2 系统流程

系统集成了从工程管理、参数填报、参数计算书生成以及整定计算与定值单生成与流转审批等完整的标准流程, 如图 5 所示。整个业务流程由系统自行处理, 极少需要人工干预。

#### 2.2.1 工程及参数填报

工程建设单位通过调度分配的权限远程登录系

统, 通过工程管理模块①新建一个工程, 并对工程进行命名, 填报工程概况、工程负责人及其联系方式等信息, 系统会自动为该工程创建一个唯一的编号, 再通过参数管理模块②、图纸目录管理③分批次上报设备参数、厂站电气主接线图、继电保护配置图、二次设计图纸等; 通过线路实测参数管理模块⑧上报线路实测参数值。分界面等值阻抗管理模

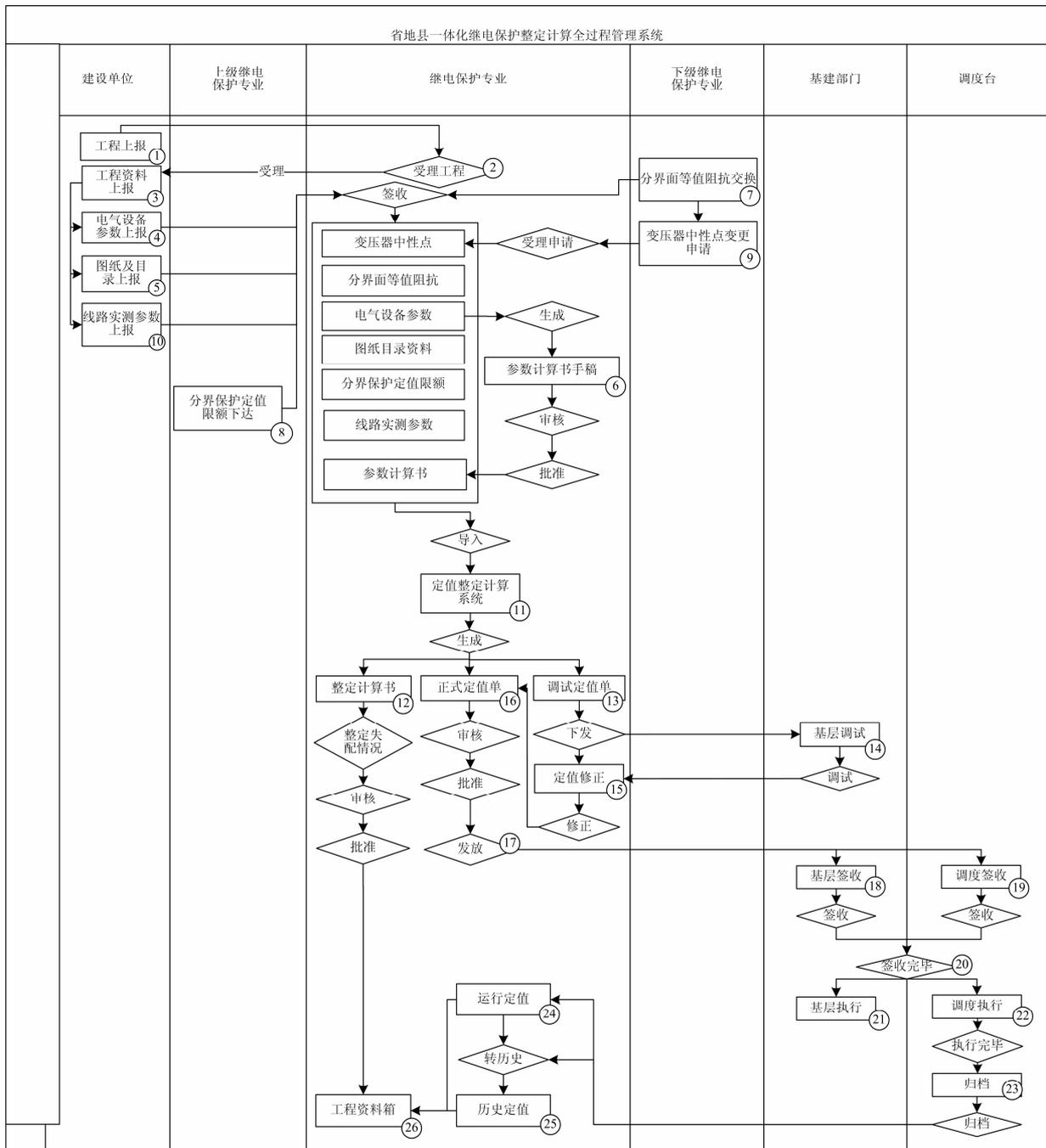


图 5 省地县继电保护整定计算一体化系统业务流程图

Fig. 5 Business process diagram of the provincial integrated setting calculation system

块④和流程引擎⑨交换各级调度机构继电保护分界面等值阻抗资料，分界保护定值限额管理模块⑤和流程引擎⑨下达继电保护定值限额，变压器中性点变更申请管理模块⑥提交继电保护变压器中性点接地方式变更申请和批复。系统中的电子签章⑬模块自动在上报资料上签署上报人所在单位或者部门公章，然后通过流程引擎⑨将数据上传至相应的

功能模块。

### 2.2.2 参数计算书形成

管理系统自动将资料导入参数计算书管理模块⑦，该模块设有参数取值智能判断器和参数计算器，参数取值智能判断器将设定好的参数经典值和参数设计值进行比较选择。参数取值智能判断器选定参数计算值后，通过参数计算器计算线路部分的

正序、零序阻抗以及阻抗角度、全线正序阻抗、全线零序阻抗、全线互感阻抗、标幺值、变压器阻抗电压值等整定计算所需的基础数据,并自动生成参数计算书。参数计算书通过流程引擎⑨发往相关人员进行审核和批准,之后形成正式参数计算书以供查阅和其他功能模块调用。

### 2.2.3 整定计算及定值单生成

生成参数计算书后,系统自动将参数计算书、电气元件图、保护定值限额、分界面等值阻抗等数据导入保护定值整定计算系统⑩,根据提供的相关资料选择保护类型后由该系统计算生成整定计算书和保护定值单。该保护定值单由系统导入调试定值单管理模块⑪,通过流程引擎⑨发送到现场进行现场调试,调试结束后由调试人员将调试结果反馈给整定计算人员,整定计算人员将调试结果、参数信息和实测值导入到定值单修正管理模块⑫,定值单修正管理模块根据提供的数据信息对定值单进行修正,生成正式定值单。正式定值单通过定值单管理模块⑬进行三级流转审批,并发放到调度台和现场执行。

保护定值单流转执行管理模块依照统一的定值单管理规范,统一实现省地县三级调度和现场执行部门等所有环节的审批、流转和执行,将各级调度机构的保护定值单业务进行集中存储管理,方便查询和统计分析。定值单数据库结构如图 6 所示。



图 6 定值单数据库

Fig. 6 Database protection setting value

保护定值单在导入到定值单管理模块⑬时,系统会根据定值单中的“厂站名称、设备名称、保护型号”等关键字段自动识别需要替换的对应运行定值单,也可以进行人工干预,确保新的保护定值单执行以后,被替换的定值单自动转为历史定值单进行保存,保证了运行定值单的唯一性,而且定值单在调度执行后能够自动归档,做到真正的闭环管控,彻底杜绝了同一保护装置存有多套运行定值单的混乱局面。

统一流程的核心部分在于通过流程引擎将各部门的处理工作联系起来,业务经过流程引擎流转

时,流程引擎会触发事件发送给短信通知系统⑭,短信通知系统接收到流程引擎触发的事件后会发送短信通知相关专业人员进行处理;当流程完成后会触发事件,通过电子签章⑮、报表生成器⑯生成报表并签公章。统一流程规范固化了继电保护定值单的三级审核→签收→执行→归档→统计→查询等管理流程,真正体现了定值通知单业务标准化、流程化和一体化管理的理念,使省地县三级调度机构定值单业务管理从分散化转变为一体化、综合化管理模式,统一了各级调度机构的业务流程。

## 3 继电保护整定计算全过程管理系统实现技术

继电保护整定计算全过程管理系统基于 SOA 架构进行设计,服务器采用 Linux AS 4.7 操作系统,数据库采用 Oracle RAC 10g 系统,业务中间件采用 Tuxedo 8.1 (集群)和 apache2.0 技术开发,Web 应用中件间采用 WebLogic9.2 (集群)技术开发,应用层和接入层采用标准 C 和 Proc 语言开发,展现层采用 J2EE、extjs、jquery 和 .net(pdf 转换器)技术开发。

在流程引擎的性能方面,系统采用 SOA 架构、远程调用和本地调用分离、集群技术、本地缓存技术、运行库和历史库分离、流程数据与业务数据分离、基于事件模式驱动流程流转等技术手段,提供卓越的流程处理性能,可以满足各种高并发要求的生产环境。

在系统性能方面,系统底层采用标准 C 语言进行编写。在大用户量和大数据量的并发访问情况下系统能高效稳定运行。同时系统扩展性强,能够适应今后业务数据及使用人员数量的增长,能较好地满足大量并发访问和大数据量交互的业务需求,保证了系统在全网范围内大集中应用的可行性。

系统在遵循工作流联盟 (Workflow Management Coalition, WFMC) 规范<sup>[4]</sup>的前提下,很好地支持了面向电网业务流程模式,并辅助人工处理的环节。支持灵活的人工环节分派策略,可以实现基于机构、角色、岗位、人员以及任意动态组合的方式进行任务的分派,也可以基于业务规则的方式进行灵活的任务分派。

系统基于工作流引擎平台构建省、地、县三级调度的业务流程应用,该工作流引擎更加灵活稳定,能够支撑各种业务流程的流转处理,能够快速灵活地调整流程,各个流程环节的处理稳定、实时、高效。系统采用多服务器集群式一体化构建,在系统性能、灵活性等方面具有明显优势。

### 4 系统应用情况

以实际应用需求为目标导向, 通过分功能模块开发和应用的思路稳步推进和完善, 云南电力调度控制中心历时近 5 年的时间, 于 2011 年底成功开发完成了继电保护整定计算全过程管理系统的所有功能模块, 并在云南省调、17 个地调和 100 多个县调进行了同步推广应用。

经过两年多的上线运行结果表明, 系统运行稳定可靠, 各功能模块均达到甚至超过了预期的目标, 将传统管理模式分散、离散的整定计算业务流程在系统内很好地实现了无缝链接和有效关联, 从而将整定计算人员从费时费力的繁杂整定计算过程管理工作中解脱出来, 精力可以集中到对数据和定值计算结果准确性的分析论证上, 这种从“关注过程”提升到“关注结果”的演变, 是一次质的飞跃, 也是我们长期以来一直在追求的目标。

系统的成功推广应用, 使得省、地、县三级调度机构继电保护专业之间在业务上实现“横向协同、纵向贯通”, 数据集中统一管理, 消除信息孤岛, 打破专业壁垒, 同时满足继电保护整定计算全过程信息化、规范化、流程化的闭环管理。因此, 在大幅度提升工作质量和效率、节省大量人力物力的同时, 最大限度地降低了人为出错的几率, 很好地解决了电网快速发展与继电保护整定计算人员相对紧缺的矛盾, 经济效益和社会效益都非常显著。

结合系统的开发应用,“省地县一体化继电保护整定计算全过程管理系统的实现方法”已成功申请国家发明专利(申请号: 201210243244.3)。

### 5 结语

结合电网发展和各级调度继电保护整定计算管理工作的实际需求, 本文提出并成功开发了基于 SOA 的继电保护整定计算全过程管理系统。系统采用先进的计算机软硬件技术, 构建了高可靠性和高稳定性的电网继电保护整定计算业务服务平台, 为各级继电保护业务管理部门的决策提供了更加全面、准确和及时的信息支撑, 实现了各级调度机构继电保护整定计算所有业务在统一数据平台上的流转、审批、执行和状态跟踪, 实现了全过程的智能化闭环管理, 大幅提升了继电保护整定计算的信息化管理水平, 为保障电网的安全稳定运行发挥了重要作用。

### 参考文献

[1] 郝文斌, 洪行旅. 智能电网地区继电保护定值整定系

统关键技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(2): 80-82.  
 HAO Wen-bin, HONG Xing-lü. Key technology research on local net setting system of protective relaying setting for smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(2): 80-82.  
 [2] 唐茂林, 王伟, 陈军, 等. 基于保护装置模版的四川线路继电保护整定计算系统[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(15): 95-99.  
 TANG Mao-lin, WANG Wei, CHEN Jun, et al. Line protection coordination system of Sichuan Province based on protection devices model[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(15): 95-99.  
 [3] 洪行旅, 郝文斌, 吴端华, 等. 基于集中式网络结构的继电保护定值管理系统总体设计[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(9): 82-85.  
 HONG Xing-lü, HAO Wen-bin, WU Duan-hua, et al. Setting management system of protective relaying setting based on the net centralized mode structure[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(9): 82-85.  
 [4] 张锦爱, 刘前进, 林振智. 继电保护定值单管理系统软件的实用性研究[J]. 继电器, 2006, 34(20): 5-8.  
 ZHANG Jin-ai, LIU Qian-jin, LIN Zhen-zhi. Practicality study of protection setting management software[J]. Relay, 2006, 34(20): 5-8.  
 [5] 何桦, 柴京慧, 许文庆, 等. 继电保护数据库的统一建模新方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(18): 66-69.  
 HE Hua, CHAI Jing-hui, XU Wen-qing, et al. New integrated protection modeling design method for database in the energy management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(18): 66-69.  
 [6] 董朝霞, 戴琦, 杨峰. 基于 CIM 和 SVG 的电网建模技术[J]. 电力系统自动化学报, 2006, 18(5): 58-61.  
 DONG Zhao-xia, DAI Qi, YANG Feng. Power network modeling method based on CIM and SVG[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2006, 18(5): 58-61.  
 [7] 王星华, 石东源, 段献忠. 基于多层结构和组件技术的保护装置整定计算系统研究[J]. 继电器, 2007, 35(7): 6-10.  
 WANG Xing-hua, SHI Dong-yuan, DUAN Xian-zhong. Study of relay protection device setting coordination software based on multi-layer structure and component technology[J]. Relay, 2007, 35(7): 6-10.  
 [8] 王海猷, 贺仁睦. 基于组件的电力系统实时信息处理软件的结构研究[J]. 中国电机工程学报, 1999, 19(9): 67-81.

- WANG Hai-you, HE Ren-mu. Research of the software architecture based on the components for the processing of power system real-time information[J]. Proceedings of the CSEE, 1999, 19(9): 67-81.
- [9] 冯凝, 周卉. 继电保护图纸、定值单网络化管理[J]. 湖北电力, 2009, 33(2): 67-68.  
FENG Ning, ZHOU Hui. The management of drawings and settings for relay protection with networked and paperless maner[J]. Hubei Electric Power, 2009, 33(2): 67-68.
- [10] 谢俊, 石东源, 张德泉, 等. 继电保护柔性定值单管理系统开发[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(1): 74-77.  
XIE Jun, SHI Dong-yuan, ZHANG De-quan, et al. Development of flexible management system of relay protection setting[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(1): 74-77.
- [11] 张锦爱, 刘前进, 林振智, 等. 继电保护定值单管理系统软件的实用性研究[J]. 继电器, 2006, 34(20): 5-8.  
ZHANG Jin-ai, LIU Qian-jin, LIN Zhen-zhi, et al. Practical study on the management software of relay protection setting[J]. Relay, 2006, 34(20): 5-8.
- [12] 顾慧杰, 谢俊, 柳焕章, 等. 基于调度数据网的定值单管理系统[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(9): 52-56.  
GU Hui-jie, XIE Jun, LIU Huan-zhang, et al. Protection setting management system based on dispatching data network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(9): 52-56.
- [13] 温靖华, 罗美玲, 王辉, 等. 基于 B/S 结构的定值单转管理系统[J]. 电力信息化, 2010, 8(11): 55-60.  
WEN Jin-hua, LUO Mei-ling, WANG Hui, et al. Setting management system based on the B/S structure[J]. Electric Power Informatization, 2010, 8(11): 55-60.
- [14] 张龙, 孙大燕, 赵普, 等. 基于大运行省地县一体化调度运行管理系统的建设[J]. 电力信息化, 2012, 10(5): 8-12.  
ZHANG Long, SUN Da-yan, ZHAO Pu, et al. Construction of operation management system based on Province-district-county integrated dispatching[J]. Electric Power Informatization, 2012, 10(5): 8-12.
- [15] 赵普, 庞郑宁, 章云雄. 构建省地县一体化电网设备检修管理系统[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(21): 97-100.  
ZHAO Pu, PANG Zheng-ning, ZHANG Yun-xiong. Construction of Province-district-county integrated equipment maintenance management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(21): 97-100.

---

收稿日期: 2014-03-07; 修回日期: 2014-05-04

**作者简介:**

李本瑜(1975-), 男, 高级工程师, 研究方向为电力系统继电保护; E-mail: jkjdk@163.com

石恒初(1983-), 男, 工程师, 研究方向为电力系统继电保护;

翟海燕(1965-), 女, 高级工程师, 研究方向为电力系统继电保护。