

DOI: 10.7667/PSPC152055

# 基于变化量模式的继电保护一体化整定计算 全网精细模型分层管理方法

王丽敏, 杨国生

(中国电力科学研究院, 北京 100192)

**摘要:** 为适应特高压交直流混联电网所带来的电网运行方式转变, 满足国家电网一体化整定计算的需求, 有必要针对统一的互联电网建立起全网精细模型, 并能基于全网精细模型进行分层管理、维护和应用。提出了一种基于变化量模式的多级电网精细模型分层管理方法。该方法充分考虑了各级电网模型交互过程中不同阶段的特点, 采用不同的方法来保证电网模型的准确性, 提高电网模型的生成和维护效率。通过在继电保护一体化整定计算平台中开发应用所述方法来管理国、分、省三级调度的继电保护整定计算数据模型, 验证了该方法的正确性及实用性。  
**关键词:** 全网精细模型; 变化量; 分层管理; 一体化整定计算

## A hierarchical management method of the grid full model for relay protection integrated setting calculation based on the variation

WANG Limin, YANG Guosheng

(China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

**Abstract:** In order to adapt the change of the grid operating mode of UHV AC/DC high power grid and fulfill the demands of the state grid relay protection integrated setting calculation, it is necessary to establish the grid full model, and can also do hierarchical management, maintenance and application based on the model. This paper proposes a hierarchical management method of multilevel grid full model based on the variation in the model. Considering the different characteristics of formation, maintenance and application stages at all levels of the data model exchanging process, the different methods are employed during the three different stages in exchanging process. This method can guarantee the accuracy of grid model and also improve the analytical and splicing efficiency of grid model. During the development of the relay integration protection setting platform, this paper applies the above methods to manage relay setting full data models of different dispatching unit, the result verifies the correctness and practicability of the method.

**Key words:** full data model; variation; hierarchical management; relay integration protection setting

## 0 引言

特高压交直流混联电网的运行导致各级电网之间的联系愈发紧密, 调度单位之间需要交换的整定计算所需的电网设备参数和配合定值等数据越来越多, 给整定计算工作带来了新的挑战。目前, 不同调度单位之间继电保护整定计算参数交换所采用的系统等值参数交换方法存在弊端, 导致整定计算结果不准确。所以, 有必要减少等值参数的应用, 建立包含全网范围内电网拓扑模型、设备模型以及保护定值的全网精细模型, 基于该模型开展继电保护一体化整定计算工作, 以提高电网模型精度和计算

结果的准确性。

根据我国电力系统调度采用分级调度的方式, 本着“源端维护, 全局共享”的原则, 各级调度机构根据电网调度管辖范围, 负责电网模型的维护, 各级调度机构之间通过横向及纵向数据交互的方式实现电网模型的拼接, 形成全网统一的互联电网模型<sup>[1-4]</sup>。在文中所述电网精细模型是指按照实际电网物理拓扑结构及实际电网设备模型进行描述的无等值网络的电网模型。

目前调度单位的电网模型采用 IEC61970 CIM (Common Information Model, CIM)模型及其扩展模型。对基于 CIM 模型分散在各级调度系统的电网模

型进行拼接，形成一个详细完整的全网精细模型，是一个非常复杂的工作，必须要做到准确、高效。目前，对于各级调度系统电网模型的交互研究工作主要针对电网模型的基于 CIM 模型拼接方法，更多地关注于拼接过程中准确性的研究<sup>[5-8]</sup>，对模型拼接过程中的速度和效率方面研究较少，但拼接速度及效率问题又是保证拼接技术实用化的重要因素，所以本文考虑在保证模型准确性的基础上，对如何提高全网模型生成及维护阶段的速度及效率问题进行有针对性的研究。

本文提出了一种基于变化量模式的继电保护一体化整定计算全网精细模型分层管理方法，该方法充分考虑了各级电网模型交互过程的生成、维护及应用三个不同阶段的不同特点，并结合不同阶段存在的主要技术难点及瓶颈问题，基于对电网设备调度权限的识别及数据库的多版本管理等关键技术，有针对性地采用三种不同的方法，用于保证电网模型的准确性，保证电网模型变化的最小更新，提高电网模型的解析及拼接效率，从而达到提高全网模型的生成速度及高效维护的目的。

### 1 关键技术

如图 1 所示，三个不同的阶段中的三种不同方法分别如下所述。

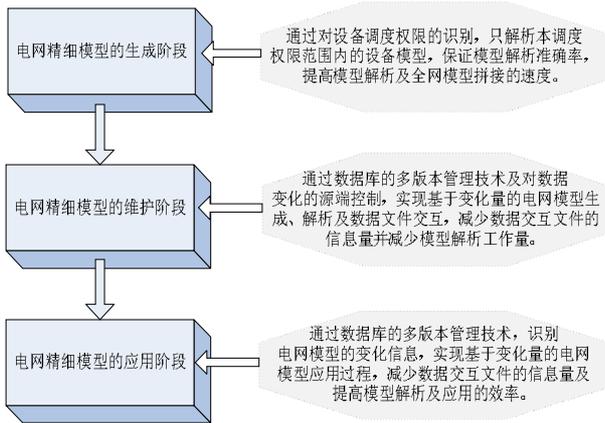


图 1 多级电网精细模型三个不同阶段的三种不同方法

Fig. 1 Three different methods for the three different stages of the full data model

方法一、在全网精细模型的生成阶段，通过对设备调度权限的识别，只解析本调度权限范围内的电网设备模型及网络拓扑结构模型，减少不必要的模型解析工作，提高模型的准确性和解析的效率。

方法二、在全网精细模型维护阶段，通过数据库的多版本管理技术及对数据变化的源端控制，实

现基于变化量的电网模型生成、解析及数据文件交互过程，达到减少数据交互文件的信息量及减少模型解析工作量的目的。

方法三、在基于全网精细模型的数据应用阶段，通过数据库的多版本管理技术，识别电网模型的变化信息，只获得电网模型最新变化量的信息，实现基于变化量的电网模型生成、解析及数据文件交互过程，达到减少数据交互文件的信息量及提高模型解析效率的目的。

### 2 方法详述

#### 2.1 全网精细模型的生成阶段

在全网精细模型的生成阶段，最主要的技术难点在于对大量数据的解析速度和效率问题及数据准确性问题。本文所采用的主要的技术手段为通过对设备调度权限的识别，只解析本调度权限范围内的电网设备模型及网络拓扑结构模型，保证模型的准确性并提高模型解析效率。另一个关键技术点是生成及维护各级调度单位的基础版本，为以后维护过程提供基础数据。

全网精细模型的拼接生成过程包括两个部分，一部分是纵向的由下级电网调度模型拼接生成上级电网模型的过程，该过程是指由一个基于 CIM 模型的本级调度电网模型和多个基于 CIM 模型的下级电网调度模型拼接生成一个完整的包含下级电网调度模型的本级调度全网模型的过程；另一部分是指横向的多个同级电网模型拼接形成全网精细模型的过程。全网精细模型的生成过程依托于 CIM 模型的解析、调度边界的划分、模型拼接、数据库版本管理等关键技术实现。

提高电网模型的准确性，主要把握模型处理过程中的两个问题，一个是在纵向模型解析过程中对同一站内属于不同调度权限范围内的设备模型处理问题，对于某些设备，不同级别的调度单位提供的设备参数可能不一致，采用哪个参数就成为保证模型准确性的关键因素之一；在横向的模型拼接过程中，对联络线的处理是关键问题之一，不同的区域的电网所描述的联络线的参数信息可能不一致，如何保证联络线的参数准确性也是保证全网模型准确性的关键所在。根据电网设备“源端维护，全局共享”原则，对所有的电网设备模型均以该设备所属调度机构提供的模型数据为准，忽略不是所属权限范围提供的的数据。

下面以国、分、省三级调度的电网模型生成为例，详述将电网模型文件逐层上传，逐层解析拼接，最终形成全网精细模型的具体技术实施方案。

首先, 在省级调度电网模型文件上传至分调数据管理系统中后, 在分调数据管理平台中实现电网模型的纵向拼接。在纵向拼接的过程中, 首先解析省级调度权限的电网模型(一个分调下级包含多个省调  $S1 \sim Sn$ ), 在解析过程中, 只解析  $S1 \sim Sn$  调度权限管辖范围内的设备模型, 对于分调  $FQn$  内的设备模型, 忽略不予解析; 解析完  $S1 \sim Sn$  所有省调提供的电网模型文件后, 再解析  $FQn$  分调提供的电网模型文件, 同样, 在解析的过程中, 只解析  $FQn$  分调管辖范围内的设备模型, 对于  $S1 \sim Sn$  省调管辖范围的设备, 因为在省级调度提供的电网模型中已经解析完成, 在分调  $FQn$  级无需解析; 对于国调范围内的设备, 无需解析, 留待国调数据管理平台中电网模型的解析过程完成; 对于各分调级调度机构电网模型之间的联络线, 因为其调度权限在国调, 也无需解析, 留待国调电网模型的解析过程完成。

这种以调度权限为依据解析电网模型的方法保证了电网模型的准确性, 另一方面, 自下而上逐层解析的方法保证了在电网模型解析的过程解析工作不重复, 每个设备只解析一次, 达到提高解析速度, 增加效率的目的。上述解析的原则和方法, 同样适用于按照调度权限自上而下解析电网模型的过程。生成全网精细模型后, 在数据库中生成各级调度电网精细模型的基础版本( $V_0$ )。

## 2.2 全网精细模型维护阶段

在全网精细模型的维护阶段, 主要的技术难点在于变化量维护过程中的数据一致性和准确性, 关键的技术应用在于以下几点:

1) 通过对数据变化的源端控制, 生成基于变化量的电网模型用于更新交互。

2) 通过数据库的多版本管理技术, 实现数据版本变化的多级调度单位同步控制。

3) 实现基于变化量的电网模型交互过程, 达到减少数据交互文件的信息量及减少模型解析工作量的目的。

具体技术实施方案如下:

本着“源端维护”的原则, 对电网设备模型及网络拓扑结构的维护只在其调度权限管辖范围内的数据管理平台中提供维护的入口, 提供设备数据的添加、修改、删除的手段, 提供网络拓扑结构修改的工具。在本文所述方法中, 对电网设备模型数据的添加、修改及删除操作, 以及网络拓扑结构的改变, 均视为电网模型的变化量信息。在变化量信息生成后, 保留设备及拓扑结构修改的痕迹, 生成基于所有变化量信息的新的数据库版本。

仍以国、分、省三级调度的电网模型维护过程

为例, 解释各级电网模型在维护过程中的具体方法。

在省调数据管理平台中完成电网模型修改后, 生成新的基于所有变化量信息的数据库最新版本( $V_n$ ), 生成基于 CIM 模型的数据交互文件, 该文件中只是包含新版本中所描述的变化量信息, 由省调上传至上一级分调。分调结合所有下属省调度上传的基于变化量的电网模型文件及本分调生成的基于变化量的电网模型文件进行文件合并, 生成包含分调所有变化量信息的文件, 在分调针对该变化量信息文件进行解析后, 生成分调的基于所有变化量信息的数据库最新版本( $V_n$ )。分调范围内  $V_n$  版变化量信息与原有数据库版本  $V_{n-1}$  合并, 生成了分调调度权限管辖范围内的  $V_n$  版本精细电网模型。同理, 从分调至国调的数据上报和全网精细模型变化量信息版本  $V_n$  的生成及版本合并也按照上述方法实现, 直至形成国调范围内的全网精细模型版本。

在电网模型维护的过程中, 关键问题是对于数据库的版本管理要以不同的调度单位为基础, 对每一个调度单位的电网模型在不同级别的调度单位数据管理系统中维护统一的版本, 同时, 在数据库版本管理的过程中, 维护版本生成的时间点信息。

国、分、省三级调度的基于变化量信息的电网模型维护过程如图 2 所示。

## 2.3 全网精细模型的数据应用阶段

在基于全网精细模型的数据应用阶段, 主要的技术难点在于变化量数据最新版本的识别及基础数据和变化量数据的合并问题, 本文所采用的关键技术在于通过数据库的多版本管理, 识别电网模型的版本变化信息, 只获得电网模型最新变化量的版本信息进行交互, 通过变化量与基础数据的合并, 生成最新的应用数据。具体方法描述如下:

在具体数据应用过程中, 下级与上级调度单位之间的数据同步应用分为两种模式, 一种是下级调度单位根据业务需求, 从上级调度单位获取数据的方式; 另一种为上级调度单位一旦生成最新版本的数据, 就自动更新下级所有调度单位数据管理平台的数据库, 使得所有调度单位的数据库始终保持全网精细模型的最新版本。这两种模式的应用的数据更新过程有所不同。

对于第一种下级根据业务需求进行数据获取的模式, 数据获取和数据更新的过程的具体技术方案如下所述: 本级调度第一次从上级调度单位获取全网精细模型信息, 在本地数据库中保存此次电网模型中各级调度区域数据的数据模型以及每个调度单位的版本信息。下一次数据应用过程, 首先上传本地保存的各调度单位的最新数据库版本信息, 上级

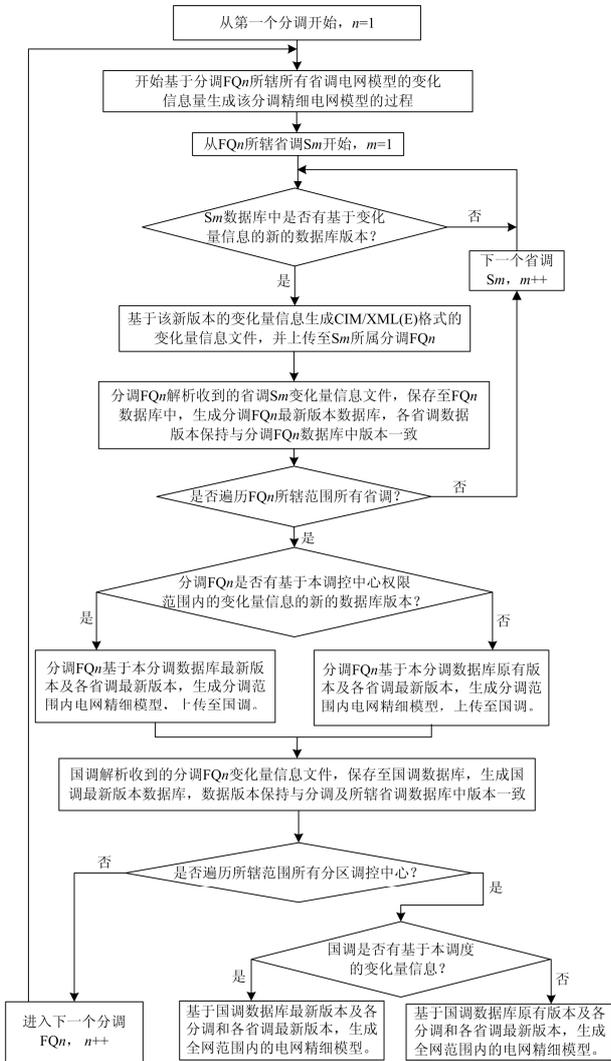


图2 国、分、省三级调度电网模型的分层维护过程  
 Fig. 2 Hierarchical maintenance process of the three level dispatching data model

调度单位数据库管理平台根据数据请求的范围及数据库版本的信息的比较, 判断请求方数据库否为目前最新版本, 如果某一调度的数据为最新版本, 则不予更新该调度的数据, 否则需要更新。对所有请求调度范围内的数据库版本进行检查后, 获得所有需要更新的调度区域的最新版本数据, 生成基于变化量数据的交互文件, 下传至提交请求的调度区域数据管理平台。在发出应用请求的调度数据管理平台中, 获得所需电网模型的最新变化量信息, 并保存相应变化的最新版本信息(该版本与上级调度单位版本信息一致)。业务系统基于原有本地数据库中的模型信息及本次应用所获得的最新版本变化量信息, 合并生成最新的电网模型信息, 进行业务应用。

对于第二种上级调度单位自动更新下级所有调

度单位数据管理平台数据库的模式, 由上级调度单位的数据管理平台负责数据库版本的检查及数据更新的处理工作, 首先, 上级数据管理系统检查待更新调度区域数据库管理系统中除去待更新调度区域外其他调度的数据库版本信息(因为根据“源端维护”的原则, 待更新区域的电网模型管理一定是最新版本), 该版本是否与上级调度版本一致, 如果一致, 不做更新标记, 否则记录为需要更新, 检查完所有区域后, 基于需要更新的调度生成基于变化量信息的数据交互文件, 下传至提交请求的调度数据管理平台中。在下级调度数据管理平台中, 获得所有调度电网模型的最新变化量信息, 并保存相应变化的最新版本信息。业务系统基于原有本地数据库中的基础模型信息及所获得的最新版本变化量信息, 合并生成最新的电网模型信息, 进行业务应用。

在前述数据应用方法中, 无论何种模式, 何种应用方式, 通过数据库的多版本管理技术保持每个调度单位的数据在所有调度单位的数据管理平台中版本都保持一致, 电网模型的数据交互是基于变化量信息进行的同版本文件交互, 在解析过程中, 也只是解析电网模型的变化部分, 保证了各级调度单位之间交互的数据文件最小, 数据解析的工作量最小, 同时, 基于变化量信息的数据库版本控制, 保证了数据库存储空间的最小, 数据查询速度最快。

### 3 技术应用

为了配合一体化整定计算的需求, 开发完成了适用于多级调度单位协同应用的国家电网继电保护一体化整定计算数据平台, 负责全网继电保护专业整定计算数据模型的管理, 将原来相互独立的上下级电网及同级电网的继电保护基础数据整合, 形成无等值网络的全网精细模型, 并发布至各级调度单位继电保护专业, 各级调度单位统一用全网精细模型进行整定计算, 达到提高整定计算精度的目的。平台建设的目标是, 统一标准、统一平台, 统一数据、统一模型、统一图形、统一接口, 以一体化整定计算为目标, 提高整定计算工作的效率和准确度<sup>[9-12]</sup>。

在继电保护一体化整定计算平台的开发过程中, 利用本文所描述的基于变化量模式的多级电网精细模型分层管理方法来管理国、分、省三级调度的继电保护整定计算数据全网精细模型。平台的基于 B/S 结构, 采用 JAVA 语言开发, 在国调、分调和省调三级调度单位分别部署, 在三级调度单位之间通过基于 CIM-E 文件格式的进行电网模型变化量信息的交互, 保证数据管理的高效性; 在数据文

件交互的同时保持数据库版本的同步更新, 保证各个调度单位的电网模型数据在三级调度单位数据平

台中的保持一致。保证电网模型的准确性。平台的总体部署模式如图 3 所示。

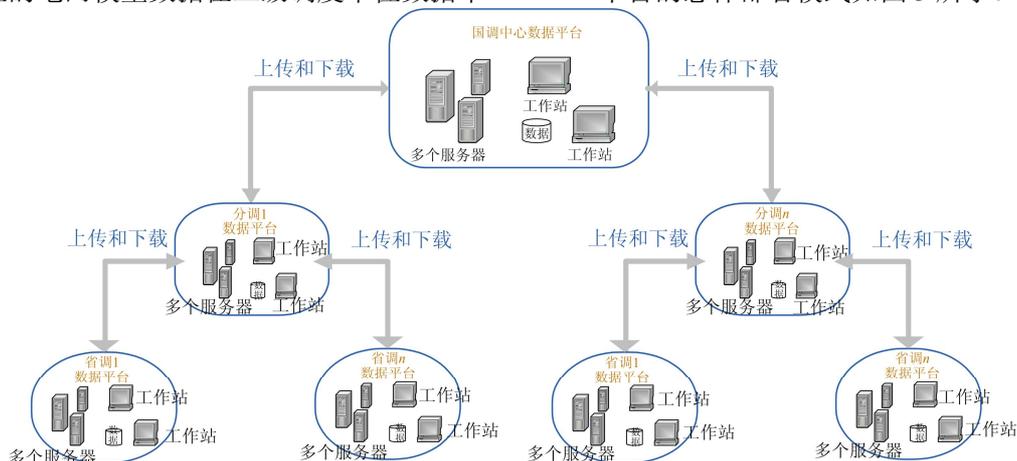


图 3 整定计算数据平台国、网、省三级分布式部署模式

Fig. 3 Three level distributed deployment model of setting calculation data platform

以国家电网某分部为例, 利用整定计算数据平台实现了分部电网及下辖范围内各省级电网的数据模型拼接, 形成了该分部电网的全网精细模型, 应用效果见表 1 所示。

表 1 数据平台应用效果

Table 1 Application effect of data platform

应用阶段	数据规模 (节点)/个	全网模型 生成时间/s	数据 准确性
首次生成全网模型	5 000	500	100%
电网模型日常维护 阶段	10	8	100%
首次获取全网模型 应用阶段	5 000	500	100%
电网模型日常应用 阶段	10	8	100%

实践证明, 本文所述方法能够保证继电保护整定计算所用电网模型的准确性, 提高继电保护整定计算的精度, 并能够减少数据交互信息量, 提高电网模型的解析、拼接及数据应用的效率, 保证电网模型的准确性及数据的一致性及共享性。

## 4 结论

本文结合全网精细模型的生成、维护及应用阶段的不同特点, 基于对调度权限的识别及数据库的多版本管理等关键技术, 提出了一种基于变化量模式的继电保护一体化整定计算全网精细模型分层管理方法, 有针对性地解决了继电保护整定计算中数据模型分层管理中存在的实际问题, 有效地解决了在继电保护一体化整定计算过程中电网精细模型生

成、维护及应用过程中的模型准确性及解析和拼接效率问题。

本文中的关键技术及方法已经在继电保护一体化整定计算平台的开发中得到应有, 证明了方法的先进性及实用性。

## 参考文献

- [1] 陈根军, 顾全. 应用模型拼接建立的全电网模型[J]. 电网技术, 2010, 34(12): 94-98.  
CHEN Genjun, GU Quan. Creation of complete power network model by splicing power network model for EMS with external network model built by BPA[J]. Power System Technology, 2010, 34(12): 94-98.
- [2] 钱锋, 唐国庆, 顾全, 等. 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 Guoqing, GU Quan, et al. Analysis on integration of multilevel power network model based on CIM[J]. Power System Technology, 2007, 31(12): 69-73.
- [3] 孙月琴, 王同文, 王栋, 等. 继电保护一体化整定计算数据模型拼接新思路[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(17): 55-60.  
SUN Yueqin, WANG Tongwen, WANG Dong, et al. New technology of model splicing for power relay protection integrated setting calculation[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(17): 55-60.
- [4] 李大勇, 房亚因, 黄毅, 等. 一体化整定计算系统二次统一模型的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(21): 142-146.

- LI Dayong, FANG Yanan, HUANG Yi, et al. Research and application of secondary system unified model in integrated relay setting calculation system[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(21): 142-146.
- [5] 顾慧杰, 王彬, 赵旋宇, 等. 多级控制中心全局电网潮流计算及闭环控制仿真系统[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(14): 52-59.
- GU Huijie, WANG Bin, ZHAO Xuanyu, et al. Simulation of global power flow calculation and closed-loop control for multi level hierarchical control centers[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(14): 52-59.
- [6] 钱静, 徐丹丹, 蒋国栋, 等. 智能调度离线模型管理技术的深化研究[J]. 电网技术, 2012, 36(12): 76-82.
- QIAN Jing, XU Dandan, JIANG Guodong, et al. In-depth study of offline model management technologies for intelligent power dispatching[J]. Power System Technology, 2012, 36(12): 76-82.
- [7] 米为民, 韦凌霄, 钱静, 等. 基于 CIM XML 的电网模型合并方法在北京电力公司调度系统中的应用[J]. 电网技术, 2008, 32(10): 33-37.
- MI Wemin, WEI Lingxiao, QIAN Jing, et al. Application of CIM&XML based combination method of power network models in dispatching system of Beijing electric power corporation[J]. Power System Technology, 2008, 32(10): 33-37.
- [8] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明, 等. 公共信息模型拆分与合并应用研究[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(12): 51-55.
- LIU Chongru, SUN Hongbin, ZHANG Boming, et al. A research on incremental and partial model transfers based CIM[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(12): 51-55.
- [9] 李江华, 宋玮, 周庆捷, 等. 基于图模拼接的整定计算数据中心研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(24): 9-13.
- LI Jianghua, SONG Wei, ZHOU Qingjie, et al. Research on setting calculation data center based on splicing of graph and model[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(24): 9-13.
- [10] 李本瑜, 石恒初, 翟海燕, 等. 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[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(24): 103-109.
- LI Benyu, SHI Hengchu, ZHAI Haiyan, et al. Development and application of relay protection setting and coordination calculation processing management system based on the SOA[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(24): 103-109.
- [11] 金小明, 吴鸿亮, 周保荣, 等. 电网规划运行数据库与集成管理平台的设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(15): 126-131.
- JIN Xiaoming, WU Hongliang, ZHOU Baorong, et al. Design and implementation of integrated database management platform for power grid planning and operation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(15): 126-131.
- [12] 刘巍, 黄墨, 李鹏, 等. 面向智能配电网的大数据统一支撑平台体系与构架[J]. 电工技术学报, 2014, 29(增刊 1): 486-491.
- LIU Wei, HUANG Zhao, LI Peng, et al. Summary about system and framework of unified supporting platform of big data for smart distribution grid[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(S1): 486-491.

收稿日期: 2015-11-25; 修回日期: 2016-01-06

作者简介:

王丽敏(1972-), 女, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电力系统继电保护相关技术研究及软件开发; E-mail: wanglm@epri.sgcc.com.cn

杨国生(1977-), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为电力系统继电保护相关技术研究。E-mail: yangguosheng@epri.sgcc.com.cn

(编辑 魏小丽)