

DOI: 10.7667/PSPC170144

继电保护装置研发的资源配置技术研究

薛钟, 董贝, 张云, 杨兵, 黄子炎

(国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 针对当前继电保护资源配置系统界面操作复杂、串行开发效率低和功能不完善等缺点, 提供了一种可以人性化操作的界面、软硬件并行的开发方式和完整配置功能的设计方案。该系统提供简单易懂的可视化界面, 可以保证使用者可以快速、正确、友好地完成继电保护装置资源文件的配置工作。该系统提供软件特征和硬件特征分离开发的解决方案, 能够促进开发效率的提高。该系统支持硬件特征配置、软件特征配置、保护逻辑图配置和各个模块的整体配置等继电保护各个环节的资源配置问题。实践结果表明, 该系统将极大提高资源配置文件的开发效率、缩短开发周期、降低开发人力成本和减少资源文件的维护成本。同时该系统适用于对各个级别的电力用户开发和使用继电保护装置资源配置文件。

关键词: 继电保护; 资源配置; 保护逻辑图; 分离开发; 整体配置

Resource configuration technical research for relay protection device

XUE Zhong, DONG Bei, ZHANG Yun, YANG Bing, HUANG Ziyan

(Guodian Nanjing Automation Co., Ltd, Nanjing 210003, China)

Abstract: In view of complex interface operations, the low efficient development and less functionality of current relay protection resource configuration system, this paper provides the design scheme which has better interface operations, the parallel development method for hardware and software and more perfect configuration function. The system provides the easily accessible and understandable interface to ensure that users can quickly and correctly configure resource files; the system also provides solutions for the separation configuration of hardware and software, which greatly improves the development efficiency; the system supports hardware configuration, software configuration, protection logic diagram configuration and overall configuration for relay protection devices. Results of practice prove that the system will greatly improve the development efficiency, shorten the development cycle, and reduce human and maintenance cost of human for resource files. At the same time, this system is suitable for all levels of users who want to configure and develop resource files of the power the relay protection device.

Key words: relay protection; resource configuration; protection logical diagram; separating development; overall configuration

0 引言

作为电力系统的重要组成部分, 继电保护装置自身具有很强的复杂性、抽象性和多样性。因此, 如何能够高效和正确地配置继电保护装置中的资源文件也变得十分具有挑战性和创造性。当前很多继电保护装置的配置效率低下、配置难度较高, 主要是由于以下几个原因: 第一、配置界面不友好, 人机交互性比较差; 第二, 配置系统只能实现对继电保护装置部分模块的配置, 往往需要多套复杂系统配合才能完成整装置配置; 第三、软件特征和硬件

特征无法做到分离开发, 导致了开发效率较低。

针对以上问题, 本系统提供了一种可以人性化操作的界面、软硬件并行的开发方式和完整配置功能的设计方案。第一、提供简单易懂的可视化界面, 可以保证使用者可以快速、正确、友好地完成继电保护装置资源文件的配置工作^[1-3]; 第二、本系统提供软件特征和硬件特征分离开发的解决方案, 能够促进开发效率的提高; 第三、本系统支持硬件特征配置、支持软件特征配置、支持保护逻辑图配置、支持各个模块的整体配置、支持解决继电保护装置开发应用各个环节的配置问题^[4]。

1 系统架构设计

经过对当前市场上主流的继电保护装置的功能和特点长期地分析和研究,发现继电保护装置核心功能都具有较大的共通性:根据外部交流输入和开关量输入,经过保护逻辑算法运算,同时配置保护压板、定值,以及遥测、遥信、遥控、事件、告警等信息,最终输出跳闸开出或信号开出^[5]。基于大量继电保护装置的分析结果,本系统对保护逻辑进行抽象和封装,可以把保护逻辑通过逻辑图的形式进行表达,即由逻辑图元(如输入图元、与或非门图元、算法图元、输出图元等)与逻辑图元通过连线,组合形成保护逻辑图^[6-9]。

在此基础上,可以进一步将一台保护装置分解为硬件模块、软件模块、逻辑图模块、整体配置模块和装置规约五个部分,如图1所示。

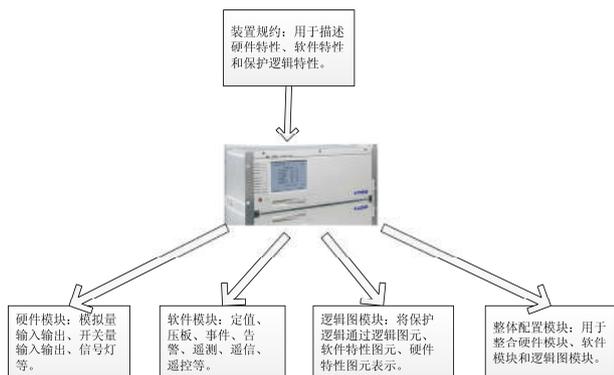


图1 保护装置功能结构

Fig. 1 Structure of relay protection device

装置规约主要是用来描述继电保护装置硬件模块、软件模块和逻辑图模块等的语法和规范。通过规约将硬件模块、软件模块和逻辑图模块由抽象的概念转换成可读、可写和可解析的文件内容。

硬件模块主要是用于描述组成继电保护装置的硬件特征。这些硬件特征包括:模拟量输入、模拟量输出、开关量输入、开关量输出和面板信号灯等。

软件模块主要是用于描述继电保护装置的保护特征。这些软件特征包括:保护定值、保护压板、事件与告警、装置录波通道、遥测、遥信和遥控等。

逻辑图模块是由一系列保护逻辑图组成,每个逻辑图包含多个逻辑图元和算法图元,每个图元都包含一个周期扫描函数。扫描周期由开发人员设置,周期扫描函数在用户设置的采样周期中断到来时调用。算法图元的函数开放给开发人员编写,以实现复杂的保护逻辑,逻辑图元的函数则在平台中实现。

整体配置模块主要是用于整合继电保护装置的硬件模块、软件模块和逻辑图模块,将各个部分组合成一个完整的资源配置文件。

2 系统模块设计

2.1 装置规约设计

装置规约主要是用来描述继电保护装置硬件模块、软件模块和逻辑图模块的语法和规范。采用装置规约来描述继电保护装置主要有两大优势:

第一、装置规约可以方便地将硬件模块、软件模块和逻辑图模块由抽象的概念转换成可读、可写和可解析的文件内容和代码对象。资源配置系统通过装置规约的设计,可以根据不同的继电保护实际应用场景,将装置规约实例化映射成一个个不同的资源配置工程。装置规约的实例化流程如图2所示。

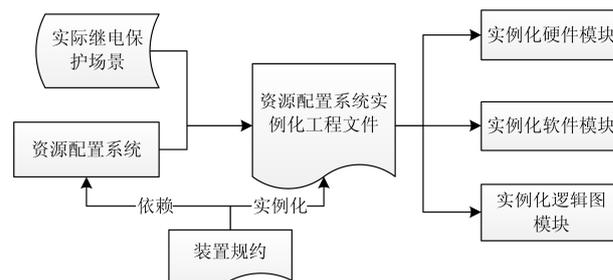


图2 装置规约的实例化流程

Fig. 2 Device specification instantiation process

第二、装置规约可以将硬件模块配置、软件模块配置分离开发,真正实现了硬件模块和软件模块配置开发完全解耦。通过这样的分离开发模式,可以抛弃以前的软件配置依赖于硬件配置的串行开发模式,从而实现硬件配置和软件配置并行开发,极大地减少了无谓的等待,提高了资源配置开发工作的效率。这种分离开发的模式如图3所示。

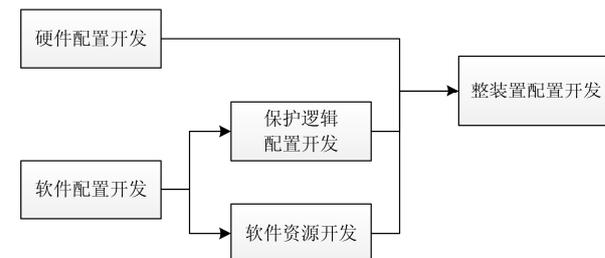


图3 分离开发的模式

Fig. 3 Separating development pattern

2.2 硬件模块配置设计

继电保护装置的硬件模块配置主要是配置模拟量输入输出、开关量输入输出、信号灯等实际存在物理输入输出,以及配置这些输入输出所归属的插

件板信息。资源配置系统根据装置规约设计了一系列不同层次的抽象对象用于分类和汇总硬件特征。这些硬件抽象对象主要由母版对象、插件对象和具体的硬件特征对象构成。

在硬件模块配置过程中，使用者会使用本系统创建不同硬件特征的规约描述信息，并将不同硬件特征配置到对应插件和母版对象下面，从而建立一套完整的硬件模块配置的结构。

硬件模块构造原理如图 4 所示。

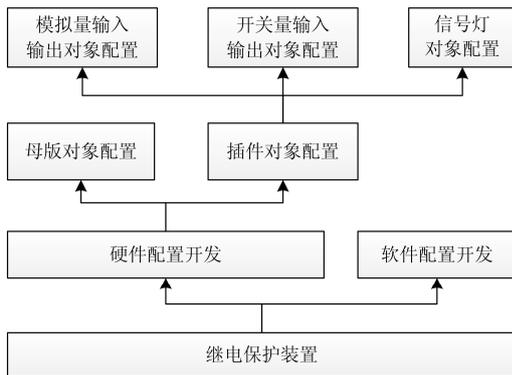


图 4 硬件模块构造原理

Fig. 4 Hardware model construction

2.3 软件模块配置设计

继电器保护装置的软件模块配置主要是用于配置保护定值、保护压板、事件与告警、装置录波通道、遥测、遥信和遥控等软件特征。

针对继电器保护装置的软件特征，资源配置系统根据装置规约设计了一系列不同层次的抽象对象用于分类和汇总软件特性。这些软件抽象对象主要由软件功能对象、软件容器对象、软件页对象和具体的软件特征对象构成。

在软件模块配置过程中，使用者会使用本系统创建不同软件特征的规约描述信息，并将不同软件特征配置到对应软件功能对象、软件容器对象和软件页对象下面，从而建立一套完整的软件模块配置的结构。通过这样的结构关系，可以更方便地配置软件特征，和更清晰地界面上展示软件特征。软件模块构造原理如图 5 所示。

2.4 逻辑图模块设计

逻辑图模块准确地说是软件配置模块最核心的部分，因此专门说明。逻辑图模块由一系列保护逻辑图组成，每个逻辑图包含多个逻辑图元和算法图元^[10-13]。每个逻辑图元都包含一个周期扫描函数。扫描周期由开发人员设置，周期扫描函数在用户设置的采样周期中断到来时调用。算法图元的函数开放给开发人员编写，以实现复杂的保护逻辑，逻辑

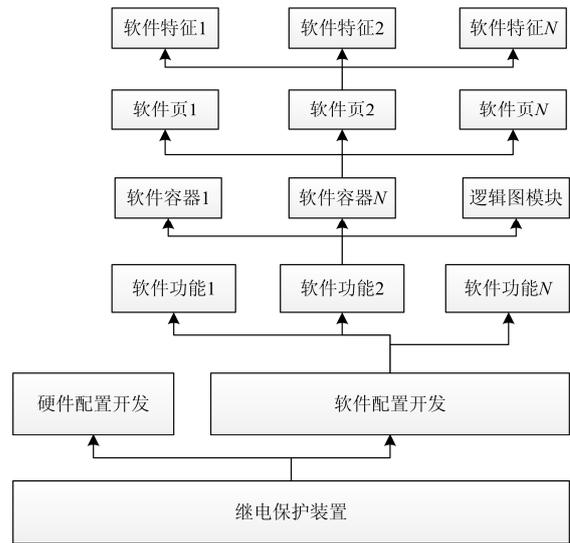


图 5 软件模块构造原理

Fig. 5 Software model construction

图元的函数则在继电器保护装置平台中实现^[14-17]。逻辑图模块其核心功能有以下四个方面：可视化配置保护逻辑图算法；将软件特征转换为一种可视化图元，便于绘制保护逻辑图；编译保护逻辑算法并输出编译结果；仿真模拟保护逻辑图运行。

逻辑图模块主要由如下几个子模块构成：逻辑图绘制模块、软件特征转换模块、逻辑图编译模块、逻辑图仿真模块、装置资源配置文件生成模块^[18-20]。逻辑图模块子模块结构关系见图 6 所示。

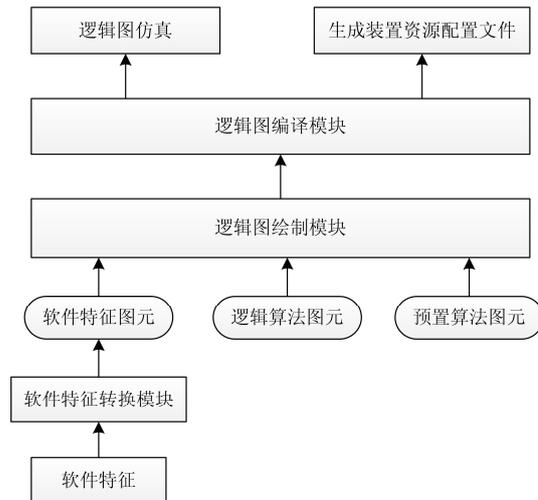


图 6 逻辑图子模块原理图

Fig. 6 Logic view model construction

1) 逻辑图绘制模块。该模块主要用于绘制继电器保护装置的一系列保护逻辑图，是逻辑图模块所有子模块中最基础的部分，所有其他子模块都是基于

绘制模块进一步衍生和操作的。

2) 软件特征转换模块。该模块主要是用于将软件特征由规约配置转换为图形化的逻辑图元, 便于使用者基于逻辑图进行绘图和配置。

3) 逻辑图编译模块。该模块是逻辑图所有子模块的核心部分, 其功能主要包含两个部分。第一部分: 对所有逻辑图中绘制好的逻辑图元进行规则校验, 将不符合规则的部分输出展示, 以便于修改。第二部分: 将所有逻辑图中绘制好的逻辑图元全部编译序列化。无论第一部分还是第二部分都是基于逻辑图绘制模块进行操作。

4) 逻辑图仿真模块。该模块主要用于仿真运行逻辑图编译序列化后的结构, 根据序列化的顺序, 依次运行逻辑图元。

2.5 整体配置模块设计

整体配置模块是资源配置系统的最后一步, 主要是用于整合继电保护装置的硬件模块、软件模块和逻辑图模块, 将各个分离开发的部分组合成一个完整的资源配置文件。

整体配置主要分为两个步骤: 第一步、将软件功能分配到插件配置的方式实现软硬件特征关联。一个插件配置上可以挂载多个与硬件特征相符的软件功能; 同样一个软件功能可以同时隶属于多个硬件特征相符的插件上面。软硬件特征关联如图 7 所示。

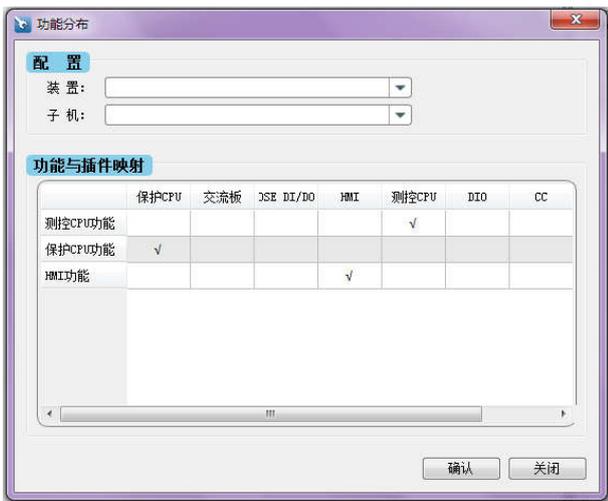


图 7 软硬件特征关联

Fig. 7 Structure of logic view model

第二步、根据继电保护装置硬件特征、软件特征和逻辑图模块编译后的序列化结果生成整体资源配置文件。

整体资源配置文件生成流程如图 8 所示。

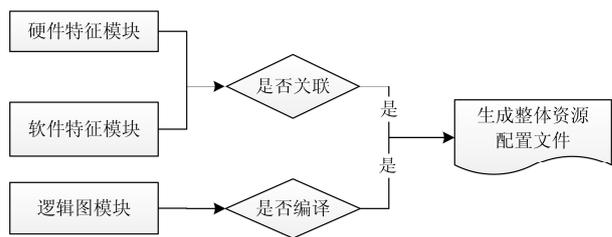


图 8 整体资源配置文件生成流程图

Fig. 8 Device resource configuration process

3 系统应用

以相过流保护功能为例, 介绍本系统如何进行实际应用。相过流保护逻辑图由输入图元、算法图元、与非门和各类输出图元组成, 从左至右, 实现了相过流保护逻辑功能所需的数据的流入和处理输出过程。

“相电流”算法图元有三个“输入图元”提供, 经过其他算法图元输出的判别条件: 保护功能投入方式、采样数据流和过负荷模块动作情况。然后经过算法图元和与非门判别, 分情况输出数据给八个不同功能的输出图元, 如: 一个“事件图元”输出对应保护动作事件、“一个事件参数图元”输出保护动作的具体数据参数, 两者共同合成保护动作的告警事件, 供装置程序调用。六个临时“输出图元”输出保护逻辑算法产生的数据, 供其他应用算法使用。通过这种逻辑功能构建方式, 实现了应用算法程序与平台程序的分离和整合, 进行逻辑功能的灵活定制。相过流保护功能如图 9 所示。

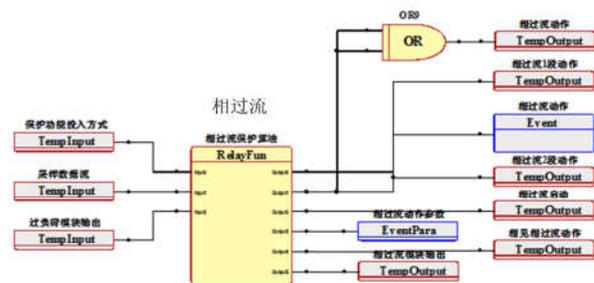


图 9 相过流保护功能示意逻辑图

Fig. 9 Logic view of relay protection example

4 结论

本文从系统架构设计、详细模块设计和实际应用三个方面介绍了继电保护装置的资源配置系统的设计思想, 并在此基础上介绍了继电保护装置的资源文件配置的整体流程。

系统的特点在于提供更加友好的、人机交互性

更强的、设计更合理的系统界面；其次，系统提供了软硬件分离开发的并行开发解决方案；最后，系统提供了全面的配置功能，包括硬件特征配置、软件特征配置、保护逻辑图配置和各个模块的整体配置等。实际测试结果表明了此方案的可行性、正确性和易用性。

实践证明，在本系统上开发各种类型的保护装置的资源配置文件，都将极大地提高开发效率、缩短开发周期、减少开发费用与人力成本。

参考文献

- [1] 王旭宁, 郭晓宁, 陈玉峰, 等. 一种通用的可视化嵌入式应用开发平台的设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(13): 151-155.
WANG Xuning, GUO Xiaoning, CHEN Yufeng, et al. Design and implementation of a universal visual embedded application development platform[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(13): 151-155.
- [2] 何志鹏, 郑永康, 李迅波, 等. 智能变电站二次设备仿真培训系统可视化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(6): 111-116.
HE Zhipeng, ZHENG Yongkang, LI Xunbo, et al. Visualization research on secondary equipments simulation training system for smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(6): 111-116.
- [3] 陈德辉, 王丰, 杨志宏. 智能变电站二次系统通用测试平台方案[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(1): 139-143.
CHEN Dehui, WANG Feng, YANG Zhihong. Unified test platform for smart substation secondary system[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(1): 139-143.
- [4] 李金, 孙斌, 张静. 继电保护装置可视化编程反馈闭环问题研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(21): 15-19.
LI Jin, SUN Bin, ZHANG Jing. Research on the feedback loop diagram of graphic-oriented programming in relay protection[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(21): 15-19.
- [5] 王利猛, 李国庆, 高亮, 等. 基于面向对象与混合编程的发电厂继电保护整定软件的开发[J]. 东北电力大学学报, 2007, 27(1): 19-23.
WANG Limeng, LI Guoqing, GAO Liang, et al. Development of object-oriented and mixed language programming based software for power plant relay protection setting[J]. Journal of Northeast Dianli University (Natural Science Edition), 2007, 27(1): 19-23.
- [6] 赵志华. 图形化编程与继电保护装置开发[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(2): 70-72.
ZHAO Zhihua. Discussion of graphical programming and protective relay development[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(2): 70-72.
- [7] 周超, 熊易, 杨俊杰, 等. 电力系统故障模拟的图形化建模方法[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(17): 32-37.
ZHOU Chao, XIONG Yi, YANG Junjie, et al. Graphical modeling method of fault simulation in power system[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(17): 32-37.
- [8] 易永辉, 陈晓刚, 曹一家, 等. 基于 IEC 61850 标准的 IED 图形化编程技术[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(16): 43-46.
YI Yonghui, CHEN Xiaogang, CAO Yijia, et al. Graphic oriented programming technique of intelligent electronic device based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(16): 43-46.
- [9] 刘宏君, 李锋, 李会新, 等. 基于 SVG 图形的继电保护故障分析技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(12): 140-144.
LIU Hongjun, LI Feng, LI Huixin, et al. Study on fault analysis of relay protection based on SVG[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(12): 140-144.
- [10] 王健, 卢娟. 可视化编程在电力系统测控技术中的实现[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(2): 92-94.
WANG Jian, LU Juan. Implement of visual programming in measuring and control technology of power system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(2): 92-94.
- [11] 田志国, 易永辉, 刘崇新, 等. 基于 FPGA 的微机保护图形化编程设计[J]. 继电器, 2006, 34(1): 15-17, 45.
TIAN Zhiguo, YI Yonghui, LIU Chongxin, et al. Application of FPGA graphic oriented programming in protective relay[J]. Relay, 2006, 34(1): 15-17, 45.
- [12] 王胜, 王家华, 兰金波. 图形化保护的原理与实现[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(2): 76-78.
WANG Sheng, WANG Jiahua, LAN Jinbo. Theory and implementation of graphic protection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(2): 76-78.
- [13] 仲伟, 丁宁, 吴参林, 等. 图形化编程的继电保护软件平台设计[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(3): 100-104, 147.
ZHONG Wei, DING Ning, WU Shenlin, et al. Software

- architecture and design of the schematic programmable development platform for protective relay[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(3): 100-104, 147.
- [14] 易永辉, 赵志华, 薛玉龙, 等. 一种新型的继电保护软硬件平台[J]. 继电器, 2002, 30(6): 26-28, 39.
YI Yonghui, ZHAO Zhihua, XUE Yulong, et al. A new software and hardware frame of relay protection[J]. Relay, 2002, 30(6): 26-28, 39.
- [15] 孔华东, 蔡泽祥, 邹俊雄, 等. 电力系统继电保护信息管理的图形化平台[J]. 继电器, 2002, 30(5): 25-28.
KONG Huadong, CAI Zexiang, ZOU Junxiong, et al. A graphic frame design of the management information system of power system relay protection[J]. Relay, 2002, 30(5): 25-28.
- [16] HE Jinghan, LIU Lin, LI Wenli, et al. Development and research on integrated protection system based on redundant information analysis[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2016, 1(1): 108-120. DOI: 10.1186/s41601-016-0024-y.
- [17] 何晓燕, 许志红. 交流接触器虚拟样机设计技术[J]. 电工技术学报, 2016, 31(14): 148-155.
HE Xiaoyan, XU Zhihong. Virtual prototyping technology of AC contactor[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2016, 31(14): 148-155.
- [18] 郝琦, 葛兴来, 宋文胜, 等. 电力牵引传动系统毫秒级硬件在环实时仿真[J]. 电工技术学报, 2016, 31(8): 189-198.
HAO Qi, GE Xinglai, SONG Wensheng, et al. Microsecond hardware-in-the-loop real-time simulation of electrical traction drive system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2016, 31(8): 189-198.
- [19] 方志, 钱晨, 姚正秋. 大气压环环电极结构射流放电模型建立及仿真[J]. 电工技术学报, 2016, 31(4): 218-228.
FANG Zhi, QIAN Chen, YAO Zhengqiu. The model and simulation studies for ring-ring electrode structure jet discharge at atmospheric pressure[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2016, 31(4): 218-228.
- [20] 陈杏灿, 程汉湘, 彭湃, 等. 光伏电池的建模与光伏发电系统的仿真[J]. 广东电力, 2016, 29(2): 25-29, 58.
CHEN Xingcan, CHENG Hanxiang, PENG Pai, et al. Modeling of photovoltaic cell and simulation on photovoltaic power generation system[J]. Guangdong Electric Power, 2016, 29(2): 25-29, 58.

收稿日期: 2017-01-24; 修回日期: 2017-05-16

作者简介:

薛 钟(1988—), 男, 通信作者, 本科, 助理工程师, 研究方向为计算机与电力系统继电保护; E-mail: zhong-xue@sac-china.com

董 贝(1982—), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向为计算机与电力系统继电保护; E-mail: weah-bei.dong@sac-china.com

杨 兵(1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为计算机和电力系统继电保护。E-mail: bing-yang@sac-china.com

(编辑 周金梅)