

DOI: 10.7667/PSPC201712

国网公司智能变电站继电保护标准体系研究

裘愉涛¹, 胡雪平², 凌光², 罗清³, 赵一仲⁴

(1. 国网浙江省电力公司, 浙江 杭州 310007; 2. 国网绍兴供电公司, 浙江 绍兴 312000; 3. 国网杭州供电公司, 浙江 杭州 310000; 4. 浙江金控投资管理有限公司, 浙江 杭州 310006)

摘要: 针对智能变电站发展过程中继电保护所面临的挑战, 国家电网公司制定了一系列技术标准, 引领其快速规范发展。从整体设计、工程管理和现场工作三个层面, 对相关技术标准进行分类梳理和解读, 揭示了标准制定的背景及用途。通过列举远方操作和智能变电站间隔改扩建两个应用实例, 来具体阐述技术标准的实际应用。最后, 简述了智能变电站继电保护当前存在的问题, 并从标准制定和完善的角度对下一步的发展方向进行了初步探索。
关键词: 智能变电站; 继电保护; 技术标准; 远方操作; 工程文件

Research on State Grid's technical specification system of relay protection in smart substation

QIU Yutao¹, HU Xueping², LING Guang², LUO Qing³, ZHAO Yizhong⁴

(1. State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310007, China; 2. State Grid Shaoxing Power Supply Company, Shaoxing 312000, China; 3. State Grid Hangzhou Power Supply Company, Hangzhou 310000, China; 4. Zhejiang Jinkong Investment Management Co., Ltd., Hangzhou 310006, China)

Abstract: To the challenge relay protection faced during the process of smart substation development, State Grid Corporation of China has set a series of standards to lead its fast and normal development. This paper classifies and interprets relative technical specifications from the perspective of integrated design, engineering management and on-site working, revealing the background and usage of them. Besides, two application instances, which are remote control and reconstruction project of substation bay, are taken as examples to demonstrate the practical use of these technical specifications. Finally, some existing problems are summarized and the development direction are explored in the view of setting and perfecting technical specifications.

Key words: smart substation; relay protection; technical specifications; remote control; configuration files

0 引言

随着智能电网的发展, 传统变电站正逐步向智能变电站发展^[1-2]。以应用 IEC 61850 标准和电子式互感器为特征的数字化变电站, 国内在 2006 年就开始了探索尝试。到 2009 年, 国家电网公司(简称“国网公司”)提出智能电网发展规划, 对智能变电站提出了明确的定义和更高的发展要求, 其定义为: 采用先进、可靠、集成、低碳和环保的智能设备, 以全站信息数字化、通信平台网络化和信息共享标准化为基本要求, 自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能, 并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策和协同互动等高级功能的变电站^[3]。此后智能变电站的工程建设广泛开展, 到 2012 年, 国网公司启动以标

准配送式建设为特征的新一代智能变电站, 达到节省土地面积和缩短安装调试时间等目的。同时, 为提高标准化水平, 规范智能变电站的建设和运行, 国网公司从 2007 年起, 开展了智能变电站相关标准的制定工作。借助关键技术的突破和标准化工作的推进, 截至 2016 年底, 已建成投运的智能变电站达三千余座。

继电保护是电网安全的第一道防线, 有着不可或缺的作用。随着 IEC 61850 标准的应用, 继电保护在智能变电站内的工程实践方式将发生根本性变化。然而 IEC 61850 并未就继电保护的实现方式作明确说明^[4], 这也给智能变电站中继电保护的工程应用带来了极大的挑战, 主要表现为以下三个层面。

1) 整体设计层面: IEC 61850 中的模型为了增强兼容性, 只包含了最常用的元素, 应用于实际工

程时有待进一步扩充和完善；而且，对于继电保护的工程实践模式以及涉及的 IED(智能电子设备)，IEC 61850 均未明确提及，设备类的标准规范也严重缺失；此外，如何对现有的一些技术标准进行继承和发展，也是智能站继电保护发展中面临的一大挑战。

2) 工程管理层面：智能变电站工程文件描述了继电保护设备能力或其网络通信拓扑结构^[5]，是工程实践中所依赖的文件，然而对于工程文件的形式、配置工具、版本及流转管理等均缺少现成经验；智能变电站实现了信息共享，但能否基于这一优势真正提升当前设备管理、检修及缺陷管理的效率，也是在工程管理上需要探索的问题。

3) 现场工作层面：智能变电站必然要求全新的安装、调试、检修和改造模式，如何进行新设备的检测和验收；如何在全新的环境下，保证现场工作的安全和规范；进一步，如何利用智能变电站的优势来提升现场运维的效率。这些都是智能站现场工作亟需解决的问题。

为此，国网公司建立了智能站继电保护标准体系，用于应对整体设计、工程管理和现场工作上面临的诸多挑战。按照上述三个层面，本文对各层面所涉及的标准进行分类综述，并列举标准相关的几个典型应用。该标准体系的建立为规范智能变电站继电保护应用、提高智能变电站建设效率和效益发挥了极为重要的作用。

1 标准体系介绍

以继电保护在智能变电站中的应用为契机，国网公司坚持“统一规划、统一标准、统一建设”的原则，围绕工程应用中面临的一系列挑战，制定和完善了相关标准，如图 1 所示，图中涉及的标准编号均省略了前缀 Q/GDW。智能变电站继电保护标准体系涵盖了继电保护功能应用模型和技术规范、相关设备技术规范、工程文件及其配置规范和检验检测类规范等内容，对继电保护工程应用中涉及的设计、研制、验收、安装、测试以及检修等方面作了全面和规范的指导。

1.1 整体设计类标准

在整体设计层面，从完善工程应用模型和技术规范^[6-7]、制定相关 IED 标准^[8-11]和修订统一类规范标准^[12-13]这三个方面，来具体介绍智能站继电保护相关标准。这部分标准的建立，使得设计单位、制造厂商和安装单位能顺利开展智能站继电保护及其设备的设计制造和安装，解决了智能变电站继电保护工程实践的基本问题。

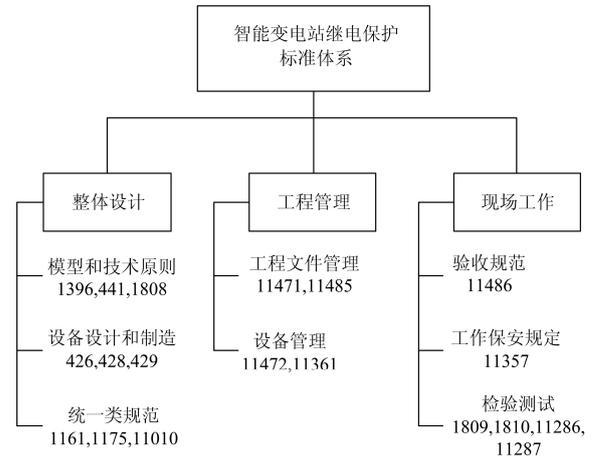


图 1 智能变电站继电保护标准体系架构

Fig. 1 System structure of relay protection’s technical specifications in smart substation

第一，工程应用模型和技术规范类标准。针对模型不完善的现状，在 IEC61850 基础上，制定企业标准《IEC 61850 工程继电保护应用模型》，对 IEC 61850 进行细化和补充，实现各制造厂商设备的互操作性，用于提高智能站设备生产、调试、检修和运行的便利性。同时，针对智能变电站继电保护技术原则的缺失，国网公司制定并发布了《智能变电站继电保护技术规范》，规范了继电保护配置原则、技术要求和信息交互原则。在此基础上，结合“六统一”(对保护装置的功能配置、回路设计、接口标准、端子排布置、保护定值和报告格式这六个方面进行统一)相关技术要求，《智能变电站继电保护通用技术条件》进一步规范了智能变电站各类保护装置及相关设备的检验规则及对标志、包装、运输和贮存的要求，给保护装置开发、设计、制造、试验、检验和应用提供依据。

第二，智能电子设备类标准。智能变电站继电保护系统的设备包括继电保护装置、合并单元、智能终端、网络交换机、故障录波和网络分析记录设备等。继电保护装置的技术标准上文已谈及，针对其他相关设备标准的缺失，国网公司相继制定并发布了《智能变电站合并单元技术规范》、《智能变电站智能终端技术规范》、《智能变电站网络交换机技术规范》等标准，规范了合并单元、智能终端和网络交换机相关设备配置原则及技术要求，为智能变电站设备的技术、制造和选型提供了依据。

第三，统一规范类标准。修订现有成熟的技术标准，使其能适用于智能变电站，是智能变电站标准体系建设的一个重要途径，也是技术标准需要不

断适应电网发展的体现。以“六统一”规范为例, 为了提升继电保护标准化水平, 降低电网风险, 国网公司在 2007 年开展了“六统一”工作; 为了使“六统一”规范能适用于智能变电站, 2012 年对原标准进行了修订, 进而发布了 Q/GDW 1161 和 Q/GDW 1175, 对线路保护和元件保护分别进行了规范, 并取代原标准 Q/GDW 161 和 Q/GDW 175。在此基础上, 又制定了《继电保护信息规范》^[14], 对继电保护的動作信息、告警信息、状态变位信息、在线监测信息、中间节点信息和日志记录等输出信息作了规范, 还统一规范了保护装置的菜单和指示灯, 从而形成继电保护的“九统一”。

1.2 工程管理类标准

新的工程实践模式, 不仅催生了新设备, 也产生了工程文件和配置工具等新事物。对于运行单位, 需要尽早探寻有效管控途径和制定配套管理标准, 使工程管理有序和规范。国网公司也建立了相应的企业标准, 以下从工程文件和智能设备管理的角度, 来介绍这部分标准。

第一, 工程文件管理相关标准。由于工程文件是装置功能以及通信关系的载体, 早在智能变电站实践初期就已经被关注, 在 Q/GDW 1396^[6]中规定了 4 种工程文件: SCD(全站系统配置文件)、SSD(系统规格文件)、ICD(IED 能力描述文件)和 CID(IED 实例配置文件), 并描述了相互之间的关系。但随着工程实践的不断推进, 发现装置实例配置文件 CID 的修改和维护十分不便。为此, 国网公司制定并发布了《智能变电站继电保护工程文件技术规范》^[5], 进一步规范工程文件管理和应用, 并重点提出了 CCD 文件。CCD 文件是指回路实例配置文件, 仅从 SCD 文件中导出, 完整包含装置配置的 GOOSE 和 SV 发布/订阅信息。使用 CCD 文件, 可以简化工程配置和维护, 文件的工程配置流程如图 2 所示。

如图 2 所示, 配置工具是各类工程文件生成过程中必不可少的工具, 其中系统配置工具是根据 ICD 和 SSD 来配置 SCD 文件, IED 配置工具则是通过 SCD 文件来配置 CCD 和 CID 文件。然而, 当前各个厂家都使用私有的配置工具, 给工程管理带来很大不便。因此, 国网公司制定并发布了《智能变电站继电保护配置工具技术规范》^[15], 进一步规范智能变电站继电保护配置工具功能, 对系统配置工具和 IED 配置工具进行了规范, 规定了智能变电站继电保护配置工具的技术要求和测试内容, 从而简化配置流程, 统一配置方式。

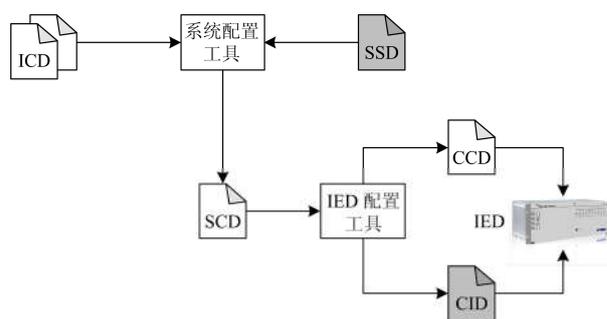


图 2 智能变电站继电保护工程配置流程图

Fig. 2 Flow chart of relay protection's engineering configuration in smart substation

第二, 设备管理类标准。当前设备种类和数量的剧增, 传统的设备管理方法已很难适应新的形势。因此, 国网公司制定了标准《继电保护和自动装置用电子标签技术规范》^[16], 通过使用电子标签, 加强可溯源的继电保护和自动装置设备识别及应用, 电子标签外观的规范性示例如图 3 所示。标签包括了国家电网标识、二维码符号、保护设备识别代码打印区和装置参数打印区四部分。二维码符号包含了与标签上的保护设备识别代码相对应的设备编码和用户的业务数据, 业务数据可为用户自定义的设备信息, 作为设备管理依据, 由此实现了设备编码与设备信息的一一对应, 进一步可以实现各应用系统基于身份识别信息的关联应用, 从而开辟了设备全寿命周期管理、状态评估和精益化评价的新途径, 提升了继电保护运行管理精益化水平。



图 3 标签外观要求图

Fig. 3 Requirement of tag's appearance

设备管理除了要更新并保存设备的历史信息, 也要对设备的运行状态进行实时监控, 对故障进行及时诊断。传统变电站的状态监视和故障诊断基本依赖于人, 不但效率低下, 而且严重依赖于工作人员的经验水平。基于智能变电站和调度端的数据共享, 可以实现电网事故快速分析、二次设备实景展示和设备状态智能诊断, 全面支撑调控一体化。为了规范该应用, 国网公司发布《智能变电站保护

设备在线监视与诊断技术规范》^[17]，指出该应用经站控层网和过程层网获取合并单元、智能终端、保护装置、安全自动装置及交换机的信息，实现对于智能变电站保护设备及其二次回路的运行监视、智能诊断和电网故障分析，并实现二次系统可视化。在线监测和智能诊断系统包含了数据管理单元和数

据采集单元，系统架构如图 4 所示。对于二次设备在线监测与智能诊断系统，目前应用并不广泛，文献[18]把研究和应用现状作了综述和展望，文献[19]和[20]则就其中的关键技术和主要应用作了深入研究。这一技术已列入国家电网 2017 年重点推广技术目录，其应用也将逐渐趋于成熟和规范。

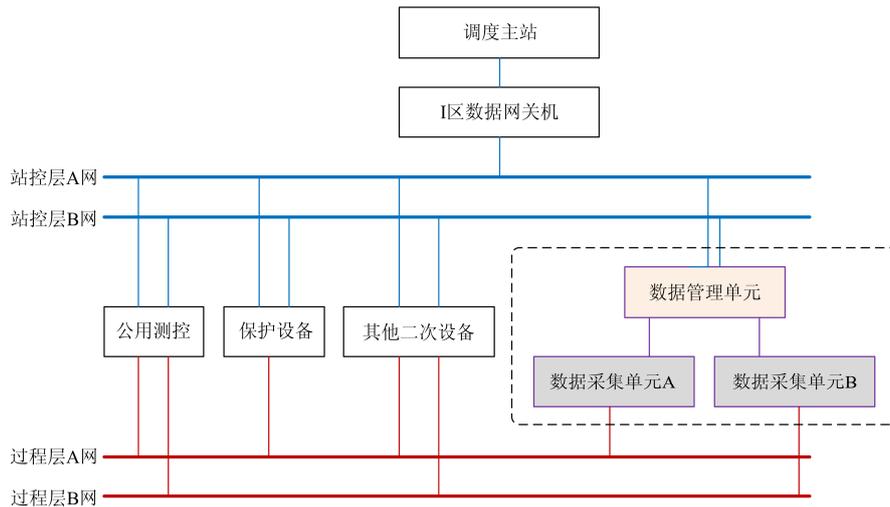


图 4 智能变电站保护设备在线监视和诊断结构图

Fig. 4 Structure chart of protection equipments' on-line monitoring and diagnosis in smart substation

1.3 现场工作类标准

在现场工作层面，全新的工作对象，让智能变电站在检验测试、验收和安全施工等方面都遇到诸多困难。为此，国网公司为确保作业安全、规范作业流程，明确作业标准，提升作业质量，制定了一系列与现场工作相关的标准，包括验收类规范^[21]、工作安保规定^[22]和检验测试类规范^[23-27]，以下选取几个典型标准加以介绍。

为了规范智能变电站继电保护的检验内容、要求和方法，同时规范合并单元和智能终端等装置的测试项目和方法，国网公司制定并颁布了《智能变电站继电保护检验规程》、《智能变电站继电保护检验测试规范》、《智能变电站智能终端检测规范》和《智能变电站 110 kV 合并单元智能终端集成装置检测规范》，对智能站中所涉及的保护装置、合并单元和智能终端等二次设备检测试验方法和试验标准，都作了详细规定，有力支撑了设备的检测调试工作；还制定了《智能变电站继电保护和安全自动装置验收规范》，规定了智能变电站继电保护和安全自动装置验收的基本原则、组织管理要求和验收内容及要求；此外，制定了《智能变电站继电保护和电网安全自动装置现场工作保安规定》，规定了智能变电站继电保护和电网安全自动装置及相关二次回

路现场工作应遵循的基本原则和的安全技术措施要求，规范了现场工作的安全措施、安全措施票、组织措施和技术措施，明确了人员现场工作的安全责任。

2 标准典型应用

智能变电站继电保护标准体系内，每一个标准都有其特定的制定背景和应用场景。总体而言，这些标准的制定，从设计、研制、测试和运维等多维度全方位解决了继电保护在工程实践中遇到的种种问题。上一章节中对标准体系作了系统性概述，在此基础上，本节选取两个典型应用场景(远方操作和智能站间隔改扩建)来具体说明相关标准的实际应用。

2.1 远方操作

远方操作，就是在调控主站进行远方投退继电保护和安全自动装置的功能软压板和切换保护装置定值区的操作。国网公司已发文规定^[28]，继电保护和安全自动装置远方操作时，至少应有两个指示发生对应变化，且所有这些确定的指示均已同时发生对应变化，才能确认该设备已操作到位，简称“双确认”原则。由于缺乏两个不同源的信息互相校验，以往只有重合闸投退和定值区切换可进行远方操作，装置功能软压板尚不能实现远方投退。《继电保

护信息规范》(简称“信息规范”)的出现,改变了这一现状,不仅可以实现远方实时监视保护投入状态,而且实现了保护功能软压板的远方投退。

信息规范中定义了“保护功能状态”和“保护功能闭锁状态”,用于表征继电保护功能的状态信息,反映保护功能是否有效。具体而言,“保护功能闭锁状态”反映投入的保护功能失效时产生的信息,包含了主保护和后备保护等功能失效的状态信息,任一投入的保护功能失效,都可以产生闭锁信息。

“保护功能状态”则是指保护功能压板和控制字均投入,并且无闭锁信号时输出的状态,以距离保护为例,如图5所示。因此,“保护功能状态”由于结合了控制字和闭锁信息,是可以作为独立于压板状态的另一个信号源,满足了“双确认”条件,从而实现了保护功能软压板的远方投退。

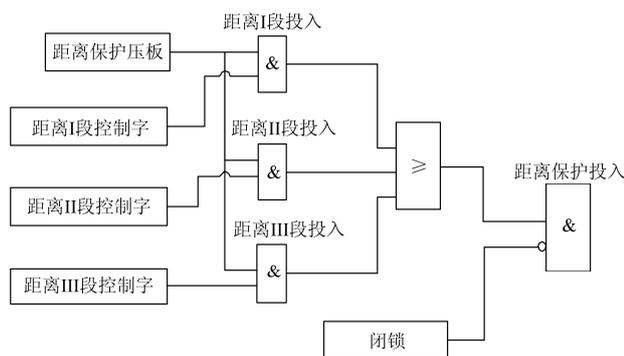


图5 距离保护投入逻辑图

Fig. 5 Logic diagram of distance protection switching in

2.2 智能站间隔改扩建

智能站间隔的改造和扩建,必然要求全站的SCD文件作相应修改,该间隔所涉及的母差保护配置文件也需要修改。根据现有技术条件和规程,母差保护配置改变后,需验证各间隔合并单元至母差采样及母差至各智能终端传动是否正确,需要非改造间隔的一次设备陪停,从而大大降低了供电可靠性。然而,CCD文件的出现,改变了这一现状,使得正常运行间隔无需陪停。

通过对CCD文件的管理,可以实现全站SV/GOOSE链路的有效管控。Q/GDW 11471^[5]中把CCD文件定义为:从SCD文件中导出,完整包含装置配置的GOOSE、SV发布/订阅信息的文件。标准中还详细规定了CCD文件CRC校验码的计算规则,实现CCD文件与各自CRC码的一一对应关系。对于站内的任何一个装置,它的虚回路连接关系都是唯一的。利用这个唯一性,把SV/GOOSE的连接关系,通过特定的映射方法,生成的CRC码也

是唯一的。所以通过管理CRC码,就可以实现全站CCD文件的管理,也实现了全站虚回路的管理。

智能站间隔的改扩建工程,与二次系统相关的工作一般包含三个过程:一是修改SCD文件,二是从SCD中提取IED过程层配置文件并下装,三是验证配置文件变化的IED与各相关设备的联系。对于第三个过程,在当前没有CCD文件的情况下,由于母差保护配置文件变化,需要其余间隔的一次设备陪停来验证其连接关系的正确性。采用CCD文件后,通过验证CCD文件的CRC校验码,自动识别配置更改的间隔,虚回路没有发生变化的间隔无需停电验证,提升了供电的可靠性。

3 问题与讨论

在当前智能变电站的工程实践模式下,国网公司致力于设计、制造、检测和运维水平的提高,作了大量的标准化工作,也取得了良好的效果。设备制造成本逐渐下降,安装调试效率逐渐增加,运维检修工作逐渐规范,智能变电站正朝着标准化、规范化的方向发展。然而,现在的智能变电站与传统基于“六统一”保护的变电站相比,在保护性能上并没有任何优势,甚至因为中间环节过多而导致保护整组动作时间变慢;而且,由于在线监测和智能诊断的应用尚不成熟,新模式和新设备给现场运维检修带来的困扰仍会长期存在。

针对智能变电站继电保护当前存在的问题,一方面可以通过进一步完善标准体系来解决当前问题。例如:制定设备管理平台的标准,详细规范设备管理体系;构建变电站二次信息平台,增强在线监测和智能诊断的可操作性和准确度;推进智能运维模式,把现场工作的流程标准化和透明化,降低作业难度。另一方面,还可以对当前智能站继电保护的实践模式进行修改,探索更优化的二次系统实现方案。例如:保护设备就地化,用电缆直接采样直接跳闸,减少中间环节,提升保护速动性能;引进高性能网络,简化当前网络架构,降低整体运维难度。新的实践模式必然要求新的标准体系,这也恰恰体现了技术标准不断适应并引领新技术的特点。

4 结语

智能变电站继电保护技术在近十年内取得了巨大的进步,相关技术标准体系的建立对技术的快速和规范发展起到了良好的总结和引领作用。本文从整体设计、工程管理和现场工作三个层面,对智能变电站继电保护技术标准体系进行了全方位解读;并列出了远方操作和智能变电站间隔改扩建两个典

型案例,来具体阐述技术标准在实践中的应用。最后,本文简述了当前智能变电站存在的问题,并从技术标准制定和完善的层面,对智能变电站今后的发展方向进行了思考。随着技术和观念的不断进步,智能变电站必将朝着先进、高效、经济和绿色的方向不断发展。

参考文献

- [1] 樊陈,倪益民,申洪,等.中欧智能变电站发展的对比分析[J].电力系统自动化,2015,39(16):1-7.
FAN Chen, NI Yimin, SHEN Hong, et al. Comparative analysis on development of smart substation in China and Europe[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(16): 1-7.
- [2] 宋璇坤,韩柳,鞠黄培,等.中国智能电网技术发展实践综述[J].电力建设,2016,37(7):1-11.
SONG Xuankun, HAN Liu, JU Huangpei, et al. A review on development practice of smart grid technology in China[J]. Electric Power Construction, 2016, 37(7): 1-11.
- [3] 国家电网公司.智能变电站继电保护技术规范:Q/GDW 441—2010[S].北京:中国电力出版社,2011.
State Grid Corporation of China. Technical specifications of protection for smart substation: Q/GDW 441—2010[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2011.
- [4] 国家发展和改革委员会.变电站通信网络和系统:DL/T 860[S].北京:中国电力出版社,2007.
National Development and Reform Commission. Communication networks and systems in substation: DL/T 860 [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.
- [5] 国家电网公司.智能变电站继电保护工程文件技术规范:Q/GDW 11471—2015[S].
State Grid Corporation of China. The standard on configuration files of relay protection in smart substation: Q/GDW 11471—2015[S].
- [6] 国家电网公司.IEC 61850 工程继电保护应用模型:Q/GDW 1396—2012[S].北京:中国电力出版社,2013.
State Grid Corporation of China. Data model of protection relay in project based on IEC 61850: Q/GDW 1396—2012[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2013.
- [7] 国家电网公司.智能变电站继电保护通用技术条件:Q/GDW 1808—2012[S].北京:中国电力出版社,2013.
State Grid Corporation of China. General technical specification of protection relay in smart substation: Q/GDW 1808—2012[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2013.
- [8] 国家电网公司.智能变电站合并单元技术规范:Q/GDW 426—2010[S].北京:中国电力出版社,2010.
State Grid Corporation of China. The technical specification for merging unit in smart substation: Q/GDW 426—2010[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2010.
- [9] 国家电网公司.智能变电站智能终端技术规范:Q/GDW 428—2010[S].北京:中国电力出版社,2010.
State Grid Corporation of China. The technical specification for intelligent terminal unit in smart substation: Q/GDW 428—2010[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2010.
- [10] 国家电网公司.智能变电站网络交换机技术规范:Q/GDW 429—2010[S].北京:中国电力出版社,2010.
State Grid Corporation of China. The technical specification for Ethernet LAN switch in smart substation: Q/GDW 429—2010[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2010.
- [11] 国家电网公司.智能变电站模拟量输入式合并单元、智能终端标准化设计规范:Q/GDW 11487—2015[S].
State Grid Corporation of China. Standard design specification for analog input merging unit and intelligent terminal of smart substation: Q/GDW 11487—2015[S].
- [12] 国家电网公司.线路保护及辅助装置标准化设计规范:Q/GDW 1161—2014[S].北京:中国电力出版社,2015.
State Grid Corporation of China. Standardization design specification for transmission line protection and auxiliary equipments: Q/GDW 1161—2014[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2015.
- [13] 国家电网公司.变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范:Q/GDW 1175—2013[S].北京:中国电力出版社,2015.
State Grid Corporation of China. Standardization design specification for power transformer high voltage shunt reactor, busbar protection and auxiliary equipments: Q/GDW 1175—2013[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2015.
- [14] 国家电网公司.继电保护信息规范:Q/GDW 11010—2015[S].
State Grid Corporation of China. Information specification of protection relay: Q/GDW 11010—2015[S].
- [15] 国家电网公司.智能变电站继电保护配置工具技术规范:Q/GDW 11485—2016[S].
State Grid Corporation of China. Technical specification for relay protection configuration tool in smart substation: Q/GDW 11485—2016[S].
- [16] 国家电网公司.继电保护和自动装置用电子标签技术规范:Q/GDW 11472—2015[S].
State Grid Corporation of China. Technical specification of electrical tag for relay protection and security automatic equipment: Q/GDW 11472—2015[S].

- [17] 国家电网公司. 智能变电站保护设备在线监视与诊断技术规范: Q/GDW 11361—2014[S].
State Grid Corporation of China. Technical specification for protection equipments' on-line monitoring: Q/GDW 11361—2014[S].
- [18] 蔡骥然, 郑永康, 周振宇, 等. 智能变电站二次设备状态监测研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(6): 149-154.
CAI Jiran, ZHENG Yongkang, ZHOU Zhenyu, et al. A survey of research on secondary device condition monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(6): 149-154.
- [19] 徐长宝, 庄晨, 蒋宏图. 智能变电站二次设备状态监测技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(7): 127-131.
XU Changbao, ZHUANG Chen, JIANG Hongtu. Technical research of secondary equipments' state monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(7): 127-131.
- [20] 秦国强, 段振坤, 任俊, 等. 一种面向智能变电站过程层光缆的智能标签技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(21): 143-147.
QIN Guoqiang, DUAN Zhenkun, REN Jun, et al. Research on a kind of smart tag's technology with smart substation process layer fiber[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(21): 143-147.
- [21] 国家电网公司. 智能变电站继电保护和安全自动装置验收规范: Q/GDW 11486—2015[S].
State Grid Corporation of China. Specification for acceptance of relaying protection and security automatic equipment in intelligent substation: Q/GDW 11486—2015[S].
- [22] 国家电网公司. 智能变电站继电保护和电网安全自动装置现场工作保安规定: Q/GDW 11357—2014[S].
State Grid Corporation of China. Security regulations on relaying protection and stability control equipment for smart substations: Q/GDW 11357—2014[S].
- [23] 国家电网公司. 智能变电站继电保护检验规程: Q/GDW 1809—2012[S].
State Grid Corporation of China. Code testing specification of protection relay in smart substation: Q/GDW 1809—2012[S].
- [24] 国家电网公司. 智能变电站继电保护检验测试规范: Q/GDW 1810—2015[S].
State Grid Corporation of China. Inspection specification of protection relay in smart substation: Q/GDW 1810—2015[S].
- [25] 国家发展和改革委员会. 合并单元测试规范: DL/T 281—2012[S]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
National Development and Reform Commission. Testing specification on merging unit: DL/T 281—2012[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2012.
- [26] 国家电网公司. 智能变电站智能终端检测规范: Q/GDW 11286—2014[S].
State Grid Corporation of China. Test specification for smart terminal in smart substation: Q/GDW 11286—2014[S].
- [27] 国家电网公司. 智能变电站 110 kV 合并单元智能终端集成装置检测规范: Q/GDW 11287—2014[S].
State Grid Corporation of China. The testing specification for integrated device about merging unit and smart terminal in 110 kV of smart substation: Q/GDW 11287—2014[S].
- [28] 国家电网公司. 继电保护和安全自动装置远方操作技术规范: 调继 (2015) 71 号[S].

收稿日期: 2017-05-31

作者简介:

裘愉涛(1967—), 男, 硕士, 教授级高工, 高级技师, 研究方向为智能变电站继电保护、专业管理和整定计算; E-mail: zdqyt@vip.sina.com

胡雪平(1969—), 男, 高级工程师, 高级技师, 研究方向为继电保护及自动化运维检修管理、变电站二次系统可靠性提升; E-mail: huxueping6731@sina.com

凌光(1986—), 男, 通信作者, 硕士, 高级技师, 工程师, 研究方向为智能变电站继电保护和微电网技术。 E-mail: lingguang86@163.com

(编辑 葛艳娜)