

DOI:10.12158/j.2096-3203.2021.01.008

电网安全稳定控制系统标准体系研究评述

丁卫东, 张丽全, 许剑冰, 薛峰, 白杰, 张维宁
(南瑞集团(国网电力科学研究院)有限公司, 江苏 南京 211106)

摘要:为解决各单位独自开发带来的电网安全稳定控制装置(简称稳控装置)自身标准化低、电网安全稳定控制系统(简称稳控系统)运行管理不规范以及稳控系统新技术的应用缺少标准依据等问题,有必要对现行稳控系统标准体系进行全面分析,研究稳控系统标准的适应性。文中首先阐述了稳控系统标准体系架构,包括设计研发、入网管理、检修检验和运行管理4个方面内容;随后对稳控系统标准体系现状进行分类梳理和解读,每个方面选取典型标准进行介绍,探讨了各个环节标准发展现状及实际应用中存在的问题;最后结合电网发展对稳控系统的新要求以及稳控系统实际运行管理中面临新的问题,提出稳控系统标准体系完善建议,对今后稳控系统相关标准的修订具有指导意义。

关键词:稳控系统;设计研发;入网管理;检修检验;运行管理

中图分类号:TM774

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2021)01-0058-07

0 引言

随着特高压交直流电网快速发展,我国电网特性正在经历前所未有的变化,当前电网运行控制复杂程度前所未有的。电网运行高度依赖稳控系统,稳控系统已成为特高压交直流电网安全稳定运行的标准配置。近年来,我国各大区域电网已逐步构建了特高压交直流电网系统保护(简称系统保护)^[1],进一步拓展传统区域型稳控系统的架构和思路。

稳控系统为匹配电网运行特性,大多采用定制式设计研发,系统架构设计复杂,装置投退操作繁琐且检修计划协调困难,给系统管理和现场运维造成困难。我国高度重视并持续推进稳控系统标准化工作,制定了一系列标准,文献[2—11]、文献[12—15]、文献[16—19]和文献[20—26]分别从设计研发、入网管理、检修检验和运行管理4个方面对稳控系统进行规范。稳控系统调度主管部门在推动稳控系统标准化方面也做了大量工作,文献[27—28]提出稳控系统规划配置、设计原则、技术要求、控制策略、软硬件功能、出厂验收、现场调试以及管理制度的标准化;文献[29]提出稳控执行站配置规模、功能配置及控制逻辑的标准化;文献[30]提出特高压直流配套稳控系统架构设计、稳控装置与直流控保接口设计、直流故障判据及控制策略设计的标准化。然而,在实际运行管理中,稳控系统“非标”问题依然严重。2018年国家电网有限

公司开展“三道防线”专项核查工作,核查发现与继电保护装置相比,稳控装置设备标准化程度低,平均每百台设备的问题显著增多。因此,有必要梳理现有稳控系统标准体系架构,研究稳控系统标准的适应性和新需求,进而有效指导稳控系统的设计、研发和运行,保障电网安全稳定运行。

文中立足现行稳控系统标准,从设计研发、入网管理、检修检验和运行管理4个方面入手,每个方面选取几个典型标准进行介绍,分析各个环节标准的覆盖面,指出现行标准存在的盲区,提出稳控系统标准体系完善建议。

1 稳控系统标准体系架构

于1981年颁发,2001年、2019年修订的《电力系统安全稳定导则》^[31](简称《稳定导则》)是电力行业普适性标准,把电力系统承受大扰动能力的安全稳定标准分为三级,对三级安全稳定标准的扰动形态都有明确的规定。为了应对扰动,《电力系统安全稳定控制技术导则》^[2,32]定义并规范了三道防线及其对应的控制措施。三道防线是电网安全稳定运行的基本保障,我国电网建设严格贯彻《稳定导则》,不断加强三道防线建设,配置和完善各种继电保护和稳控装置,防止事故连锁反应,从而有效避免大停电事故。稳控系统经过多年发展,已经建立涵盖国家标准(GB)、行业标准(DL)、企业标准(Q/GDW、Q/CSG)的三级稳控系统标准体系,包括设计研发、入网管理、检修检验和运行管理四大类,如图1所示,规范了稳控系统的运行管理,推动了稳定控制技术的进步。

收稿日期:2020-07-23;修回日期:2020-08-28

基金项目:国家电网有限公司科技项目“系统保护沙盘推演系统关键技术研究”(5100-202040014A-0-0-00)

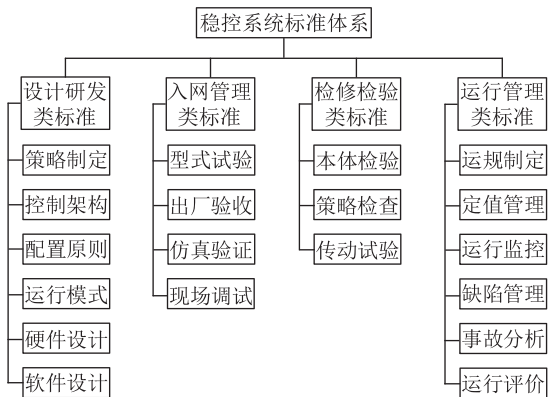


图1 稳控系统标准体系架构

Fig.1 Stability control system standard architecture

2 稳控系统标准现状分析

2.1 设计研发类标准

稳控系统设计研发包括稳控系统策略制定、控制架构、配置原则、运行模式以及稳控装置软硬件设计。相关标准主要有 GB/T 14285—2006、GB/T 26399—2011、GB/T 50703—2011、GB/T 34122—2017、DL/T 1092—2008、DL/T 478—2013、Q/GDW 421—2010、Q/GDW 11356—2015、Q/GDW 11764—2017 和 Q/CSG 110001—2012,共 10 项,其中:

(1) GB/T 14285—2006 规范了稳控系统的策略制定、配置原则、主要技术性能要求和控制措施;

(2) GB/T 26399—2011 对稳控系统策略制定、控制架构、配置原则、判据、可靠性和通信通道提出具体要求;

(3) Q/GDW 421—2010、Q/GDW 11356—2015 规定了稳控系统通用性能要求、主要性能要求、策略制定、控制架构、配置原则、运行模式、功能要求、二次回路及相关设备的要求;

(4) Q/CSG 110001—2012 规定了稳控系统的硬件设计、主要功能、判据、通信和可靠性等方面的基本技术要求。

设计研发类标准涵盖国家标准、行业标准和企业标准,对稳控系统策略制定、控制架构、配置原则、运行模式以及稳控装置软硬件设计都有相应规定,但部分稳定控制新成果未能在现有标准中体现,在设计研发中存在以下问题。

(1) 控制架构方面。要求按照分层分区原则,合理控制稳控系统层级数量,而目前分区系统保护工程和省级精准切负荷控制系统的控制架构已达五级甚至更多。另外,按单一工程、单一目标配置的稳控系统一般解决电网局部稳定问题,单一稳控系统动作,可能成为其他稳控系统动作的触发条

件,多个稳控系统间缺乏整体性考虑,存在无序动作风险^[33—34]。

(2) 配置原则方面。重要发电厂和枢纽变电站的稳控装置按双重化配置,但对双重化配置的稳控装置生产厂家没有要求,造成实际电网中双重化配置的稳控装置大部分选用同一个生产厂家,装置误动或拒动概率增大,给电网安全带来很大风险。

(3) 运行模式方面。主辅运行模式下,现行标准中主运装置动作出口后立即闭锁辅运装置,但在运部分稳控装置采用的主辅命令跟随模式中主运装置动作出口不闭锁辅运装置,而是同时发命令给辅运装置,辅运装置按照主运装置选择结果执行措施,这种做法缺少标准依据。

(4) 硬件设计方面。在稳控装置屏柜、二次回路、端子排布置、接口设计、压板布局等方面都有相关规定,各个稳控厂家基本按照标准进行设计,但对稳控装置机箱、插件命名、人机界面内容没有规范,使得各个稳控厂家装置机箱大小不一、插件命名种类繁多、操作界面多元化,运行维护困难。另外,现行标准缺少稳控装置信息安全防护设计要求。

(5) 软件设计方面。在稳控装置主要技术性能、控制措施、故障判据、定值/策略表格式、异常告警信号、动作报文格式等方面都有相关规定,但实际应用中因受地域条件以及电网运行习惯的影响,各级电网和发电厂用户在运行方面存在差异,稳控厂家为了满足用户提出的多样化需求,在稳控装置的软件设计上均有较大改动。另外,不同站间稳控装置缺少统一的通信规约,目前采用的都是稳控厂家自定义规约。

2.2 入网管理类标准

稳控系统入网管理主要指稳控装置新产品(包括新原理、新判据)准入市场前的型式试验、稳控装置投运前的出厂验收、仿真验证和现场调试(包括单体调试和现场联调),各环节均符合要求后,稳控系统才能正式投运。对已投运稳控装置软、硬件改动较大的,原则上视为新设备,需重新进行出厂验收、仿真验证和现场调试。对于更改内容影响较小、范围明确的,可适当简化。相关标准主要有 GB/T 22384—2008、GB/T 31237—2014、GB/T 7261—2016、DL/T 1092—2008、DL/T 478—2013、DL/T 995—2016、Q/GDW 1914—2013、Q/GDW 11486—2015、Q/GDW 11488—2015 和 Q/CSG 114001—2012,共 10 项,其中:

(1) GB/T 22384—2008、Q/GDW 11488—2015 规定了稳控系统出厂验收、现场单体和联合调试的

内容及要求,其中 Q/GDW 11488—2015 还要求稳控现场联调前,装置软件需通过实时仿真试验验证。

(2) GB/T 31237—2014、GB/T 7261—2016、DL/T 1092—2008、DL/T 478—2013 规定了稳控装置进行型式试验时应遵循的基本方法。

(3) DL/T 1237—2013、DL/T 995—2016 规定了稳控装置现场单体和联合调试的内容及要求。

(4) Q/CSG 114001—2012 规定了稳控装置单体和现场联调的内容和要求,对于稳控装置新产品的开发、新原理、新判据的应用,必须经过动模试验或实时数字仿真(real time digital simulation, RTDS)试验验证,并且对于直流配套稳控系统,与直流的接口回路必须一一验证,进行实际的直流闭锁试验。另外,对于复杂系统的稳控策略研究和逻辑功能测试,采用传统验证方法无法正确验证稳控装置的动作行为,宜采用电力系统动态整组仿真试验。

入网管理类标准涵盖国家标准、行业标准和企业标准,对稳控装置开展型式试验、出厂验收、现场调试的要求和内容都有明确规定,多年来在稳控系统入网管理中发挥了重要作用,现阶段及未来都将是基本的入网管理要求。然而,面对特高压交直流电网和新能源快速发展带来的电网特性新变化,当前的入网管理要求已经难以完全适应,在执行中面临新的问题。

(1) 出厂验收方面。现行标准中侧重于装置硬件、基本判据、站间通信、逻辑策略的验收,缺少稳控系统网络安全渗透项目的测试。

(2) 仿真验证方面。采用传统验证方法已无法正确验证系统保护工程、直流配套稳控系统等复杂系统的逻辑功能,实验验证模式亟需创新发展,基于 RTDS 实时数字仿真设备构建一二次系统闭环实验环境,开展控制系统级实验验证成为入网管理新要求,需对仿真验证的内容及要求进行规范。

2.3 检修检验类标准

稳控系统检修检验类标准主要规范稳控装置投运后的定期检验。稳控装置的定期检验分为全部检验和部分检验,各级稳控管理及运维检修单位根据当地电网具体情况并结合一次设备的检修计划合理安排稳控装置年度检修计划。全部检验内容包括装置检验、策略检查和传动试验,部分检验内容包括装置检验和传动试验。相关标准主要有 GB/T 22384—2008、DL/T 995—2016、Q/GDW 11488—2015 和 Q/CSG 114001—2012,共 4 项,其中:

(1) GB/T 22384—2008 规定了稳控系统定期检验的种类、周期、内容及要求;

(2) Q/GDW 11488—2015、Q/CSG 114001—2012 规定了稳控装置定期检验的种类、周期、检验项目及检验要求。

检修检验类标准涵盖国家标准、行业标准和企业标准,对稳控装置定期检验的种类、周期、内容及要求都有明确规定,但部分内容有待优化,实际开展检修检验时面临以下问题。

(1) 检验周期方面。不同标准对部分检验周期要求不一样,GB/T 22384—2008 规定部分检验周期为 2 a, Q/CSG 114001—2012 规定部分检验周期为 3 a, DL/T 995—2016 和 Q/GDW 11488—2015 规定部分检验周期为 2~4 a。

(2) 策略检查方面。由于稳控系统检修职责界面不清晰、检修计划协调困难等原因导致检修联调工作难以开展。

(3) 传动试验方面。由于一次和二次设备停电不同步导致稳控系统未带开关传动问题突出。另外,特高压直流稳控系统在直流大修后已常态化开展带电传动试验,现行标准缺少相应规范,导致试验项目选取无据可依、无章可查,带电传动试验缺乏技术支撑和标准依据。

2.4 运行管理类标准

稳控系统运行管理主要指稳控装置投运前的调度运行规程和现场运行规程的制定、稳控装置定值的整定以及投运后稳控装置的运行维护(包括定值管理、运行监控、缺陷管理、事故分析、运行评价),实行统一调度、分级管理制度。相关标准主要有 DL/T 623—2010、DL/T 1239—2013、DL/T 587—2016、Q/GDW 395—2009、Q/GDW 11024—2013、Q/GDW 11055—2013 和 Q/GDW 10680.41—2017,共 7 项,其中:

(1) DL/T 623—2010、Q/GDW 395—2009 规定了常规变电站稳控装置的运行评价方法,按照综合评价、责任部门评价和运行分析评价 3 个评价体系实施;

(2) DL/T 1239—2013 就电力系统交流 1 000 kV 电压等级稳控装置在动作统计与评价管理、缺陷管理、定值管理等方面做了规定要求;

(3) DL/T 587—2016 规定了稳控装置及其相关设备运行管理方面的要求;

(4) Q/GDW 11024—2013 规定了智能变电站稳控装置及相关设备运行管理的基本原则;

(5) Q/GDW 11055—2013 规定了智能变电站

稳控装置的运行评价方法,按照综合评价、责任部门评价和运行分析评价3个评价体系实施;

(6) Q/GDW 10680.41—2017 规定了智能电网调度控制系统(D5000)中稳控装置在线监测与管理的功能、性能等技术要求。

运行管理类标准涵盖行业标准和企业标准,经过多年发展,目前已经较为成熟,在保障我国电网安全稳定运行方面发挥了重要作用。稳控系统运行管理在稳控系统全生命周期管理中占较大比重,运行管理水平直接影响着电网安全稳定运行。现行运行管理类标准大都要求稳控系统运行管理参照继电保护装置执行,在实际运行管理中面临以下问题。

(1) 运行监控方面。现行标准对调度侧稳控在线监控要求过低,缺乏有效技术手段实现对故障的综合智能分析,稳控系统信息展示灵活性不强,对调控运行业务支撑能力有待提高。

(2) 事故分析方面。稳控系统事故分析在现行标准中缺乏相应的规范,导致稳控系统事故后不能快速定位事故原因。

(3) 运行评价方面。现行标准对稳控系统的运行评价指标及评价要求不完善,各单位相关职责不明确,运行反馈机制未建立,导致稳控系统评价不全面、不及时,无法实现稳控系统闭环管理。

3 稳控系统标准完善建议

现有稳控系统标准体系对稳控系统设计研发、入网管理、检修检验、运行管理等各个方面的工作具有指导和规范作用,随着我国特高压交直流电网的建设以及高比例新能源和电力电子化的发展,亟需开展稳控系统标准的适应性和体系的完整性研究。

3.1 深化稳控系统设计研发

(1) 我国电网稳控装置数量众多,各个单位若不严格按照标准规范进行设计研发,将会给现场运维人员带来很多困难,增加电网安全稳定运行风险。建议以“分层分区、功能明确、运维便利”为原则,参照继电保护“六统一”设计思路,充分考虑稳控装置特殊性,深化稳控系统设计标准,统一规范稳控系统控制架构、配置原则、运行模式、安全防护、定值清单以及动作报文等内容,解决各单位独自开发带来的稳控装置标准化低等问题。

(2) 目前稳控系统逻辑策略基本上采用离线策略,随着D5000调度系统和在线稳定分析(dynamic security analysis, DSA)的广泛应用,在线计算定时更

新控制策略逐渐成熟,建议在设计研发类标准中规范在线计算策略的应用原则和应用方法,推动在线决策控制技术进一步发展^[35-37],提升电网应对大范围冲击和复杂扰动的能力。

(3) 参照继电保护配置原则,双重化配置的稳控装置选用不同型号或生产厂家,减小因同一个型号或生产厂家装置家族性缺陷给电网安全带来的风险。

(4) 跟踪二次稳定控制技术发展,及时对稳控系统中应用的新技术进行规范,引导其健康发展。

3.2 强化稳控系统入网管理

(1) 强化稳控系统投运前的仿真验证,规范仿真验证范围、要求及内容,明确要求跨区域、系统保护等重要稳控系统投运前必须在第三方检测机构开展RTDS仿真验证。

(2) 针对已投运稳控系统,若软硬件有重大改动,现行入网管理类标准只要求对其有针对性地开展补充检验,建议严格遵守“逢修改必校验”原则。

3.3 优化稳控系统检修检验

(1) 明确稳控系统检验周期,完善定期检验内容。

(2) 针对稳控装置检修存在一次设备停电不同步、统一组织协调难度大等问题,优化现有检验模式,明确稳控检验职责,规范各阶段稳控检验内容。

(3) 在现行检修检验类标准中纳入特高压直流稳控系统带电传动试验机制,规范稳控系统带电传动试验范围、周期、内容及要求。

3.4 完善稳控系统运行管理

(1) 针对调度侧稳控在线监控系统运行中存在的问题,完善稳控在线监控系统规范要求,进一步提高其智能化管理水平。

(2) 参照继电保护装置运行管理规定,完善稳控系统运行评价指标和评价要求,及时掌握稳控系统运行情况和薄弱环节。

(3) 建立稳控系统事故分析机制,规范事故分析流程,强化稳控装置软件管理。

4 结语

现行大部分稳控系统标准把稳控装置当作安全自动装置(包括:稳控装置、失步解列装置、低频低压减负荷及解列装置、过频切机及过频过压解列装置、备用电源自投装置、输电线路的自动重合闸装置等)的一部分,和继电保护装置作为一个整体进行阐述,单独针对稳控系统的标准规范很少,这与稳控系统在电网中的重要作用不匹配。文中从

稳控系统研发、入网管理、检修检验、运行管理 4 个方面对稳控系统标准体系中 25 项标准进行分析,指出现行标准执行中面临的 13 个问题,提出 12 条完善建议,以期通过修编和制定一系列稳控系统相关标准,推动稳定控制技术进步,提升稳控专业运行管理水平,保障电力系统安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 王轶禹,王晶,冯长有,等. 电网系统保护在线监视研究及典型应用[J]. 电力工程技术,2019,38(5):63-70.
WANG Yiyu,WANG Jing,FENG Changyou,et al. Online monitoring for large power system protection and its optimization strategy[J]. Electric Power Engineering Technology,2019,38(5):63-70.
- [2] 全国静态继电保护装置分标准化技术委员会. 电力系统安全稳定控制技术导则:GB/T 26399—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
Static Protection Devices of the National Standardization Technical Committee. Technical guide for electric power system security and stability control:GB/T 26399—2011[S]. Beijing:Standards Press of China,2011.
- [3] 全国静态继电保护装置分标准化技术委员会. 继电保护和自动装置技术规程:GB/T 14285—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
Static Protection Devices of the National Standardization Technical Committee. Technical code for relaying protection and security automatic equipment:GB/T 14285—2006[S]. Beijing:Standards Press of China,2006.
- [4] 中国电力工程顾问集团东北电力设计院. 电力系统安全自动装置设计规范:GB/T 50703—2011[S]. 北京:中国计划出版社,2011.
Northeast Electric Power Design Institute of China Power Engineering Consulting Group. Code for design of automaticity equipment for power system security:GB/T 50703—2011[S]. Beijing:China Planning Press,2011.
- [5] 中国电力企业联合会. 220 kV~750 kV 电网继电保护和自动装置配置技术规范:GB/T 34122—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
China Electricity Council. Technical specification for configuration of relaying protection and security automatic equipment of AC 220 kV~750 kV grid:GB/T 34122—2017[S]. Beijing:Standards Press of China,2017.
- [6] 全国静态继电保护装置分标准化技术委员会. 电力系统安全稳定控制系统通用技术条件:DL/T 1092—2008[S]. 北京:中国电力出版社,2008.
Static Protection Devices of the National Standardization Technical Committee. General conditions of security and stability control system for power system:DL/T 1092—2008[S]. Beijing:China Electric Power Press,2008.
- [7] 电力行业继电保护标准化技术委员会. 继电保护和自动装置通用技术条件:DL/T 478—2013[S]. 北京:中国电力出版社,2014.
Power Industry Protection Standardization Technical Committee. General specification for relaying protection and security automatic equipment:DL/T 478—2013[S]. Beijing:China Electric Power Press,2014.
- [8] 国家电网公司. 电网安全稳定自动装置技术规范:Q/GDW 421—2010[S]. 北京:中国电力出版社,2010.
State Grid Corporation of China. Technical specification for security & stability control equipment:Q/GDW 421—2010[S]. Beijing:China Electric Power Press,2010.
- [9] 国家电网公司. 电网安全自动装置标准化设计规范:Q/GDW 11356—2015[S].
State Grid Corporation of China. Standardization design specification of security automatic equipment for power system:Q/GDW 11356—2015[S].
- [10] 国家电网公司. 高压直流工程直流控制保护与稳控装置接口技术规:Q/GDW 11764—2017[S].
State Grid Corporation of China. Technical specification for the interface between HVDC control & protection system and security & stability control device in HVDC project:Q/GDW 11764—2017[S].
- [11] 中国南方电网公司. 南方电网安全稳定控制系统技术规范:Q/CSG 110001—2012[S].
China Southern Power Grid Company. Specification for stability control system:Q/CSG 110001—2012[S].
- [12] 中国电力企业联合会. 1 000 kV 系统继电保护装置及安全自动装置检验技术规:GB/T 31237—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
China Electricity Council. Inspection specification for 1 000 kV power system protection relay and automatic device:GB/T 31237—2014[S]. Beijing:Standards Press of China,2015.
- [13] 全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会. 继电保护和自动装置基本试验方:GB/T 7261—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
National Technical Committee on Measuring Relay and Protective Equipments of Standardization Administration of China. Basic testing method for relaying protection and security automatic equipment:DL/T 7261—2016[S]. Beijing:Standards Press of China,2016.
- [14] 国家电网公司. 继电保护及安全自动装置验收规范:Q/GDW 1914—2013[S].
State Grid Corporation of China. Acceptance specification for relay protection and security automatic equipment:Q/GDW 1914—2013[S].
- [15] 国家电网公司. 智能变电站继电保护和自动装置验收规范: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].
- [16] 中国电力企业联合会. 电力系统安全稳定控制系统检验规范:GB/T 22384—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
China Electricity Council. Testing specification of security and stability control system for power system:GB/T 22384—2008

- [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [17] 电力行业继电保护标准化技术委员会. 继电保护和电网安全自动装置检验规程: DL/T 995—2016[S]. 北京: 中国电力出版社, 2018.
Power Industry Protection Standardization Technical Committee. Testing regulations on protection and stability control equipment; DL/T 995—2016[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2018.
- [18] 国家电网公司. 电网安全自动装置检验规范: Q/GDW 11488—2015[S].
State Grid Corporation of China. Testing specification for security automatic equipment of grid; Q/GDW 11488—2015[S].
- [19] 中国南方电网公司. 南方电网安全自动装置检验规范: Q/CSG 114001—2012[S].
China Southern Power Grid Company. Testing regulations on stability control equipment; Q/CSG 114001—2012[S].
- [20] 全国电网运行与控制标准化技术委员会. 电力系统继电保护及安全自动装置运行评价规程: DL/T 623—2010[S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
National Grid Operation and Control Standardization Technical Committee. Evaluation code of protection equipment and power system stability control devices; DL/T 623—2010[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2011.
- [21] 特高压交流输电标准化技术工作委员会. 1 000 kV 继电保护及电网安全自动装置运行管理规程: DL/T 1239—2013[S]. 北京: 中国电力出版社, 2014.
UHVAC Transmission Standardization Technical Committee. Guide for AC 1 000 kV protection and automatic device operating management; DL/T 1239—2013[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2014.
- [22] 中国电力企业联合会. 继电保护和安全自动装置运行管理规程: DL/T 587—2016[S]. 北京: 中国电力出版社, 2017.
China Electricity Council. Code for operating management of relaying protection and security automatic equipment; DL/T 587—2016[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2017.
- [23] 国家电网公司. 电力系统继电保护及安全自动装置运行评价规程: Q/GDW 395—2009[S].
State Grid Corporation of China. Evaluation rules of protection equipment and power system stability control devices; Q/GDW 395—2009[S].
- [24] 国家电网公司. 智能变电站继电保护和安全自动装置运行管理导则: Q/GDW 11024—2013[S].
State Grid Corporation of China. Guideline for operation management of relaying protection and security automatic equipment for Smart Substation; Q/GDW 11024—2013[S].
- [25] 国家电网公司. 智能变电站继电保护及安全自动装置运行评价规程: Q/GDW 11055—2013[S].
State Grid Corporation of China. Evaluation code of relaying protection and security automatic equipment for smart substation; Q/GDW 11055—2013[S].
- [26] 国家电网公司. 智能电网调度控制系统第4-1部分: 实时监控与预警类应用 电网实时监控与智能告警: Q/GDW 10680.41—2017[S].
State Grid Corporation of China. Smart grid dispatching and control system part 4-1: realtime supervisory control & early warning realtime supervisory control and intelligent alarming; Q/GDW 10680.41—2017[S].
- [27] 袁剑, 常喜强, 阿地利·巴拉提, 等. 新疆电网区域稳控系统标准化讨论[J]. 四川电力技术, 2015, 38(1): 77-82.
YUN Jian, CHANG Xiqiang, ADILI Balati, et al. Discussion on standardization of regional security and stability control system in Xinjiang power grid[J]. Sichuan Electric Power Technology, 2015, 38(1): 77-82.
- [28] 陈兴华, 吴国炳, 张荫群, 等. 电网安全稳定控制装置标准化设计[J]. 南方电网技术, 2010, 4(1): 39-42.
CHEN Xinghua, WU Guobing, ZHANG Yinqun, et al. The design standardization of security-stability-control device of electric power grid[J]. Southern Power System Technology, 2010, 4(1): 39-42.
- [29] 梅勇, 徐光虎, 张勇, 等. 南方电网稳定控制执行站标准化方案研究[J]. 广东电力, 2013, 26(1): 38-41.
MEI Yong, XU Guanghu, ZHANG Yong, et al. Study on standardization scheme of China Southern Power Grid stable control actuating station[J]. Guangdong Electric Power, 2013, 26(1): 38-41.
- [30] 李德胜. 特高压直流配套安全稳定控制系统标准化设计方案研究[C]//第十五届保护和控制学术研讨会, 2015.
LI Desheng. The research on standard design scheme of security and stability control system of UHVDC transmission[C]//The 15th National Conference on Protection and Control, 2015.
- [31] 国家能源局. 电力系统安全稳定导则: GB 38755—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
National Energy Administration. Code on security and stability for power system; GB 38755—2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [32] 电力行业继电保护标准化技术委员会. 电力系统安全稳定控制技术导则: DL/T 723—2000[S]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
Power Industry Protection Standardization Technical Committee. Technical guide for electric power system security and stability control; DL/T 723—2000[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [33] 陈国平, 李明节, 许涛. 特高压交直流电网系统保护及其关键技术[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(22): 2-10.
CHEN Guoping, LI Mingjie, XU Tao. System protection and its key technologies of UHV AC and DC power grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(22): 2-10.
- [34] 彭云豪, 董希建, 周海强, 等. 电网安全稳定控制系统可靠性评估[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(13): 123-131.
PENG Yunhao, DONG Xijian, ZHOU Haiqiang, et al. Reliability evaluation of power grid security and stability control system[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(13): 123-131.
- [35] 晁凯云, 苗世洪, 刘子文, 等. 基于虚拟同步电机控制的微

- 电网稳定性分析[J]. 电力系统保护与控制,2019,47(3):9-16.
- CHAO Kaiyun, MIAO Shihong, LIU Ziwen, et al. Stability analysis of microgrid based on virtual synchronous generator control[J]. Power System Protection and Control, 2019, 47(3):9-16.
- [36] 舒印彪, 汤涌, 孙华东. 电力系统安全稳定标准研究[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(25):1-8.
- SHU Yinbiao, TANG Yong, SUN Huadong. Research on power system security and stability standards[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(25):1-8.
- [37] 杨宇荣, 许永军, 杜东威, 等. 基于网络分布式规约的配电网安全防护方案应用[J]. 浙江电力, 2019, 38(3):48-53.

YANG Yurong, XU Yongjun, DU Dongwei, et al. Application of distribution network security authentication scheme based on DNP 3.0[J]. Zhejiang Electric Power, 2019, 38(3):48-53.

作者简介:



丁卫东

丁卫东(1984),男,硕士,工程师,从事电力系统安全稳定控制相关工作(E-mail:dingweidong@sgepri.sgcc.com.cn);

张丽全(1977),男,硕士,高级工程师,从事电力系统安全稳定控制相关工作;

许剑冰(1971),男,博士,研究员级高级工程师,从事电力系统安全稳定分析与控制相关工作。

Review of standard system of power grid security and stability control system

DING Weidong, ZHANG Liqun, XU Jianbing, XUE Feng, BAI Jie, ZHANG Weining
(NARI Group (State Grid Electric Power Research Institute) Co., Ltd., Nanjing 211106, China)

Abstract: In order to solve the problems of low standardization of power grid security and stability control device (SSC) and nonstandard operation management of power grid security and stability control system (SSCS) and lack of standard basis for the application of new technology of SSCS, it is necessary to make a comprehensive analysis of the current SSCS standard system and study the adaptability of the SSCS standard. Firstly, the standard system architecture of SSCS is described, including design and development, network access management, maintenance inspection and operation management. Then, the current situation of SSCS standard system is classified and interpreted, the typical standards for each aspect are introduced, and the development status of standards in each link and the problems in practical application is discussed. Finally, combined with the new requirements of power grid development for SSCS and the new problems in actual operation and management of SSCS, it puts forward suggestions for improving the standard system of SSCS, which has guiding significance for the future revision of relevant standards of SSCS.

Keywords: security and stability control system (SSC); design and development; network access management; maintenance inspection; operation management

(编辑 钱悦)