

新型配电系统国际标准化现状与展望

蒋一博¹ 王喆¹ 朱婵霞¹ 单沫文² 程刘柯² 周格格²

[1.国网(苏州)城市能源研究院; 2.IEC国际标准促进中心(南京)]

摘要: 新型配电系统标准是新型配电系统技术发展总体战略的重要内容,对整个行业的发展起着有效的规范和引导作用,然而新型配电系统国际标准化工作还处于起步阶段,迫切需要我国根据国内新型配电系统标准发展与国际化现状,开展新型配电系统标准国际化战略研究。本文首先对新型配电系统的关键特征和面临的技术挑战进行了梳理和分析,然后对目前主要的国际标准组织在新型配电系统领域相关国际标准的现状进行了分析和总结,最后对相关领域的国际标准化发展趋势进行了展望,为后续新型配电系统国际标准的制修订提供参考。

关键词: 新型配电系统, 新能源并网, 国际标准化, 标准化展望

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.10.006

Current Status and Prospects of International Standardization of New Distribution Systems

JIANG Yi-bo¹ WANG zhe¹ ZHU Chan-xia¹ SHAN Mo-wen²
CHENG Liu-ke² ZHOU Ge-ge²

[1. State Grid (Suzhou) City & Energy Research Institute; 2. IEC Promotion Center (Nanjing)]

Abstract: The new distribution system standard is an important part of the overall strategy for the development of new distribution system technology, which plays an effective role in regulating and guiding the development of the entire industry. However, the international standardization of new distribution systems is still in its early stage, and there is an urgent need for China to carry out research on the internationalization strategy of new distribution system standards based on the development and internationalization status of domestic new distribution system standards. In the paper, firstly, the key characteristics and technical challenges faced by the new distribution system are sorted and analyzed. Then, the current status of relevant international standards in the field of new distribution systems by major international standards organizations is analyzed and summarized. Finally, the development trend of international standardization in the relevant field is discussed, providing reference for the subsequent revision of international standards for new distribution systems.

Keywords: new distribution system, new energy grid connection, international standardization, standardization outlook

作者简介: 蒋一博, 博士, 高级工程师, 研究方向为有源配电网规划及运行、微电网规划及运行。

王喆, 硕士, 工程师, 研究方向为能源数字化技术应用、配电网-微电网系统建模与仿真。

朱婵霞, 博士, 高级工程师, 研究方向为配电网规划、综合能源系统规划。

单沫文, 硕士, 工程师, 研究方向为新型配电系统优化运行、国际标准化策略。

程刘柯, 硕士, 工程师, 研究方向为国际标准化机构运行策略、标准国际化路径。

周格格, 博士, 工程师, 研究方向为新型光伏材料、国际标准化策略。

0 引言

为了应对全球气候变化,我国提出了2030力争实现碳达峰,2060力争实现碳中和的宏伟目标。对此,我国积极推动清洁能源逐步替代化石能源,目前以太阳能、风能等能源为主要能源形式的分布式能源系统进入了快速发展期。大量分布式电源通过配电网并网使传统的配电网网架结构规划及优化运行策略受到了挑战。传统的配电网主要是能量单向流动网,能量单一地从输电侧流向用电侧,不存在反向流动的可能。而含分布式电源的配电网是能量双向流动网,随着分布式能源出力的变化,能量流动的方向也可能发生变化。同时分布式资源的随机性和波动性以及过于分散的特征均增加了配电系统复杂性和调控难度,对电网安全可靠运行提出了挑战^[1]。

在此背景下,新型配电系统应运而生。其主要特征是配电网有源化、主动化,配网潮流双向化。与传统电力系统“发-输-变-配-用”各环节泾渭分明不同,新型配电系统和调度、用电、甚至发电环节的联系变得越来越紧密,配电和用电环节的边界变得模糊化。因此,新型配电系统成为了各国最主要的技术创新与实施标准国际化的领域之一。

当前世界各国正在加紧完善各自国家技术标准战略,积极开展技术标准活动,将国际标准作为获得科技制高点的重要抓手。国际标准对于开展国际贸易、推进科技进步、提升一国综合实力等具有举足轻重的作用,成为促进“一带一路”建设、提升中国国际影响力和软实力的重要推动器。

而在新型配电系统标准化进程方面,当前国际标准化组织仅在传统配电网的相关领域,如:工程建设、通信网络的领域标准化较为成熟,新型配电系统在分布式电源并网、电力电子设备接入、数字化调度和管理等核心技术方面尚未形成共识,需要对新型配电系统的国际标准化进行统筹^[2]。

针对以上现状,首先简要梳理新型配电系统

相关的特征与面临的挑战,然后对目前主要的国际标准组织在新型配电系统领域相关标准的发展现状进行了分析和总结,最后对相关领域的国际标准化发展趋势进行了展望,为后续新型配电系统国际标准的制修订提供参考。

1 新型配电系统的特征与挑战

新能源机组出力的波动性较大,其发电功率的预测较为困难。因此,新型配电系统需要从源、网、荷、储4个发面共同协调考虑,以优化大量新能源分布式发电电源接入对整个电力系统造成的影响。

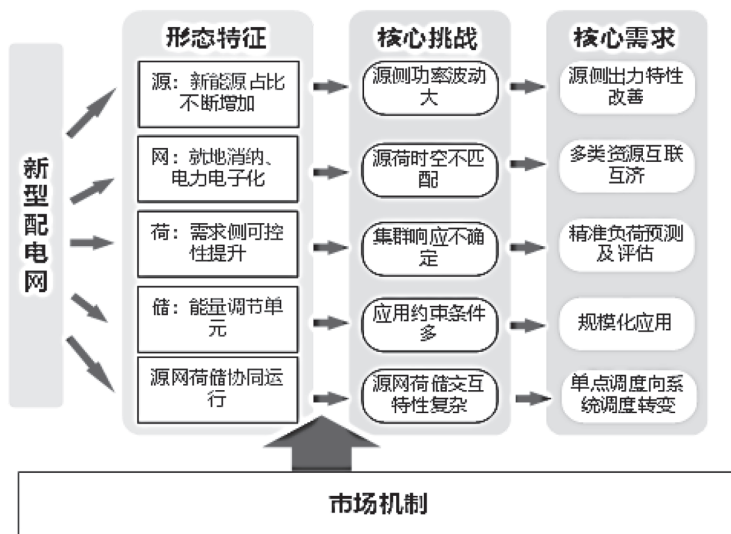


图1 新型配电系统的新特征

传统配电网大都采用单点对多点的辐射状单方向能源传递结构,以上级变电站为电源,“源-网-荷”各自角色和定位十分清晰。未来配电网将大量接入分布式电源、灵活负荷以适应可定制化供电需求,“源-网-荷”角色定位和行为特征的界限区域模糊、层面更加丰富,同时,其外部与交通、通信等领域的壁垒将逐渐打破。其具体特征如图1所示。

同时,考虑到电动汽车等新型柔性负荷的大量接入以及气候变化等客观外部影响,新型配电系统的技术发展将面临以下挑战。

(1) 光伏、风电等新能源的大量接入,导致了双向潮流甚至台区功率倒送,分布式电源加入配电

网后还带来电压波动等问题。同时,也应该看到分布式电源的出现也为配电网带来了有功无功功率的调节能力和电力电子的控制手段,如能合理利用也可以提高配电网的灵活性。

(2)发电、用电的时空不一致性突出,分布式电源的出力受气象条件的限制,而用电负荷曲线又与生产工艺和居民生活习惯有关,两者之间很难达到和谐一致,发用电在空间和时间上的不统一需要利用新型设备和控制方式进行解决,实现微观的电力电量平衡。

(3)负荷等资源的响应不确定性刻画困难,影响了配电网的可靠性和供电连续性,负荷侧存在着大量的可挖掘资源,但是其响应特性需要考虑人为因素、居民用户习惯等诸多难以量化的不确定性,负荷侧的集群评估不确定难以用解析模型量化评估,需要采用强化学习、迁移学习、深度学习等刻画负荷的不确定性。

(4)储能的规模化应用难度大,储能投资量很大,需要盈利模式和配套措施的支撑,否则各类投资主体缺乏投资欲望,同时,储能还存在着能否进一步增加能量密度,保障运行安全性等问题。

(5)源网荷储协同交互特性复杂,存在巨大优化空间,发电侧新能源配置储能还存在利用率和经济性的问题。对于电动汽车、用户侧储能等小体量、分散式但数量巨大的负荷侧资源开发仍然不足。

在解决上述挑战的同时,同时也需要注意相关标准制定的工作进展。在科技进步日新月异的今天,“标准先行”成为标准化工作的新模式。对于新型配电系统这一新兴技术领域,在技术飞速发展的同时,需要同步开展标准化工作,协同推进标准研制、技术创新和产业布局。

2 新型配电系统国际化的现状

新型配电系统是以新能源为供给主体,以安全经济可靠为基本前提和目标,以源网荷储互动与多能互补为支撑,具有绿色低碳、灵活高效、多元互动等特征的配电系统,

越来越多地被新能源渗透率不断提高的各级电网采用。然而,目前还没成立专门的标准化机构来制定新型配电系统的相关标准,目前主要通过诸如微电网和分布式发电、储能系统等相关方向的标准来管理和规范新型配电系统的建设和维护。因此,有必要对现有的新型配电系统相关的国际标准进行梳理和介绍。考虑到电力行业国际标准工作的最核心阵地是国际电工委员会(IEC),本节现状分析以IEC标准为主。同时考虑到美国电气与电子工程师学会(IEEE)虽为地区性标准化组织,但其标准具有广泛国际影响力,因此对IEEE相关标准也进行了介绍。

2.1 分布式能源并网

IEC在分布式能源并网方面,重点关注分布式能源并网要求、电能质量问题等标准需求,而配网规划和运行控制与本地电网实际情况、相关监管要求、法律法规等联系密切,一般不作为国际标准的规范对象。

(1) 分布式能源并网要求

分布式能源并网要求主要由IEC/TC 8/JWG 10分布式能源并网联合工作组负责,由原PT 62786项目组转型而来。项目在发布IEC TS 62786分布式能源并网^[3]后,陆续收到了TC 82(光伏)、TC 88(风电)以及TC 120(储能)提出的合作邀请,要求在通用并网要求之外,分别对光伏、风电和储能并网根据其特性做出特殊规定。因此PT 62786转型为常设工作组,并制定了以下系列标准的开发计划,如图2所示。

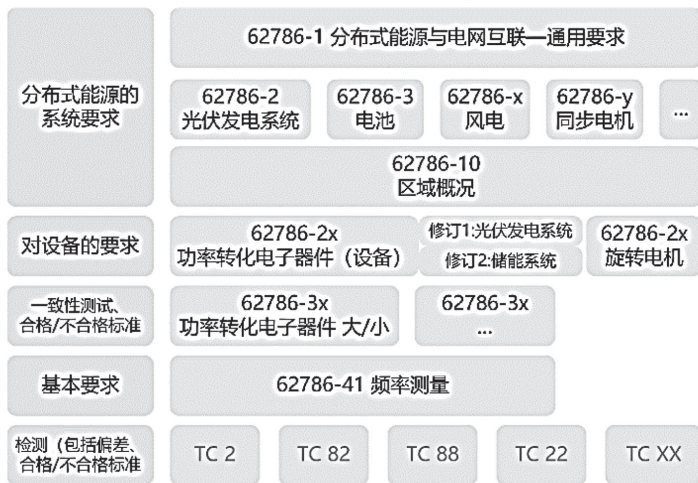


图2 IEC 62786标准系列架构

此外, IEEE针对分布式电源制定了IEEE 1547系列并网标准, 适用于所有发电技术类型的分布式电源, 包括测试、监测、信息通信和控制等内容。IEEE 1547最早的版本于2003年发布, 是该领域最早发布的国际标准之一, 在业内认可度极高。

但当时分布式电源在配电网中的装机比例较低, 因此IEEE 1547系列标准是基于尽量减小分布式电源对电网影响的思想制定的, 认为电网的频率和电压由大规模传统电源调节, 不鼓励分布式电源参与电网的频率和电压调节。但是随着新能源装机容量日益增长, 相关电力监管部门发现, 老旧的并网标准已经满足不了其电网的运行需求, 因此对IEEE 1547系列标准启动了修订工作。

目前, 符合新版IEEE 1547系列标准^[4]规定的分布式电源并网时应具备主动电压调节能力; 应具备电压/频率异常情况下故障穿越能力; 应具备频率响应能力; 可提供惯性响应, 根据频率变化率的比例调节有功功率。除上述分布式电源并网的总体要求外, IEEE针对如何应用1547标准、分布式电源的监控、孤岛、对配网的影响和接口等方面, 以及储能系统均制定了更为详细的技术要求, 具体见表1。

表1 IEEE分布式电源和储能系统并网相关标准

标准编号	标准名称
IEEE 1547.1	互联分布式电源与电力系统互联接口一致性测试规程
IEEE 1547.2	IEEE1547应用指南
IEEE 1547.3	并网分布式电源监控、信息交互和控制指南
IEEE 1547.4	分布式电源孤岛系统设计、运行和并网指南
IEEE 1547.6	分布式电源接入低压配网推荐性实践
IEEE 1547.7	分布式电源并网对配电网影响研究
IEEE 2030.2	储能系统接入电力系统互操作指南
IEEE 2030.2.1	固定和移动电池储能系统的设计、操作和维护以及接入电力系统应用的指南
IEEE 2030.3	储能系统接入电网测试标准

(2) 配电网对分布式电源承载力分析

该方向目前仅有IEC TS 63276《配电网接纳分布式能源承载力评估导则》一个在编标准, 该标准在IEC/SC8B分散式电力能源系统分技术委员会的框架下制定, 主要规范了电网承载力的评估原则、评估范围的确定方法、数据准备、评估方法和

评估指标等, 预计将于2024年底发布。

(3) 分布式能源和电力系统之间的信息交换

该方向目前在IEC/TC57电力系统的控制和相关通信技术委员会的框架下有2个已发布的标准, 见表2。

表2 信息交换相关的IEC标准

标准编号	标准名称
IEC 61850-7-420 ^[5]	分布式能源和配电自动化系统进行信息交换的信息模型和特定的逻辑节点
IEC TR 62351-12 ^[6]	高比例分布式能源接入的电力系统的弹性提升策略和网络安全建议

(4) 电能质量问题

IEC/TC8/WG11主要负责电能质量相关标准的制修订工作, 近年来重点关注分布式能源及相关电力电子设备造成的低电能质量设备对电网的影响、电能质量管理通用导则、电能质量监控系统、电能质量特性建模等。具体标准编制情况见表3。

表3 电能质量相关IEC标准

标准编号	标准名称
IEC TS 62749 ^[7]	公用电网电能质量限值及其评估方法
IEC TS 63222-1 ^[8]	电能质量管理的通用导则
IEC TS 63222-2	电能质量监测系统
IEC TS 63222-3	电能质量用户装置特性建模
IEC TR 63222-100	电能质量问题对电力设备和系统的影响
IEC TS 63222-101	电能质量数据应用

2.2 分布式能源的整合和用户侧资源的利用

(1) 分布式能源的整合

分布式能源具有出力波动大, 随机性强的特点, 因此单一的分布式能源直接接入电网竞争力不足。对此, 将一定数量的分布式能源整合作为一个整体接入电网, 可以有效提升其可调可控性和竞争力。微电网和虚拟电厂是整合分布式能源作为整体发电的两种典型方案。IEC和IEEE均对其开展了标准化工作。

在IEC框架下, 微电网和虚拟电厂的标准化工作均由IEC/SC8B分布式电能系统分技术委员会开展。在2017年, IEC/SC8B发布了第一条微电网相关的标准IEC TS 62898-1^[9], 规范微电网的项目设计和规划。近年来, IEC TS 62898系列标准不断拓展, 目前已涵盖了微电网的规划、设计、运行、控

制、保护和管理领域的标准规范。具体见表4。

表4 微电网相关IEC标准

标准编号	标准名称
IEC TS 62898-1	微电网项目规划和规范指南
IEC TS 62898-2	微电网运行的操作指南
IEC TS 62898-3-1	微电网故障保护和动态控制规范的技术指南
IEC TS 62898-3-2	微电网能源管理系统的技术要求
IEC TS 62898-3-3	微电网中可调度负载的自调节技术要求
IEC TS 62898-3-4	微电网监测和控制的技术要求
IEC TS 62898-3-5	微电网监测、控制和能源管理系统的测试要求
IEC TS 62898-3-6	电动汽车对微电网的紧急供电技术要求
IEC TR 62898-4	与微电网相关的用例

而IEC虚拟电厂的国际标准化工作开展较晚，2023年，IEC/SC 8B仅发布了2条与虚拟电厂相关的标准IEC TS 63189-1^[10]和IEC TS 63189-2，分别从虚拟电厂的术语和定义、系统组成、控制模式以及使用案例对虚拟电厂进行了规范。

IEEE中与微电网和虚拟电厂直接相关的标准是由IEEE SA SCC21制定的2030系列。目前微电网相关的标准有4项，涉及微网能量管理系统（MEMS）的技术要求和测试规范，以及微电网的设计、规划和运行和维护要求。而与虚拟电厂相关的标准目前只有1项在研，主要内容包括本地能源管理和电网互动功能在内的虚拟电厂的功能规范。

(2) 用户侧资源的利用

新型配电系统会通过聚合一定数量的用户侧资源，在新能源机组的实际出力与出力计划不一致时，调节用户侧资源的运行方式，来弥补新型配电系统的出力波动性。因此，IEC也开展了用户侧资源的国际标准化工作。但因为需求响应等用户侧资源市场化利用与本地市场化水平、电价机制等市场条件和监管机制密切相关，因此相关国际标准较少，主要包括IEC TS 63427《需求侧资源可调节潜力评估导则》和IEC SRD 63443《分布式能源聚合商业系统：架构和服务场景》2项标准在编。

而IEEE则以IEEE指南的形式出台了用户侧资源市场化利用相关标准，见表5。

特别的，IEEE还于2022年12月立项了与用户

侧资源利用密切相关的标准IEEE 3230，该标准不仅定义了基于区块链的电力系统需求响应的技术架构，还规范了基于区块链的电力系统需求响应的功能角色、用例和业务流程。

表5 IEEE用户侧资源市场化利用相关标准

标准编号	标准名称
IEEE 2030.6	电网用户需求响应效益评价指南
IEEE 2030.11	分布式能源管理系统功能规范
IEEE 2783	现代电网用户侧负荷快速响应系统应用指南

2.3 电力电子装备应用

海量分布式能源并网伴随着大量电力电子设备的接入。并且，随着电力电子技术的不断发展，相关技术在可再生能源并网、传输、消纳等方面的优势不断凸显。电压源型换流器、直流软开关、电力电子变压器等柔直电力电子装置，赋予了新型配电系统灵活的分区潮流路由能力，可为负荷中心提供动态无功支撑，在应对分布式电源出力波动等方面优势明显。

IEC对此也开展了相关的标准化工作，由IEC/TC 22电力电子系统和设备技术委员会负责制定输配电系统电力电子设备相关国际标准，目前其已发布的标准绝大部分为高压直流系统相关标准，与新型配电系统相关的低压领域标准相对较少，具体见表6。

表6 电力电子装备应用IEC标准

标准编号	标准名称
IEC 61954 ^[11]	晶闸管控制电抗器、晶闸管开关电抗器和晶闸管开关电容器中使用的晶闸管阀的类型、生产和可选测试
IEC 62823 ^[12]	安装在晶闸管控制的串联电容器中的晶闸管阀的静态测试、动态测试和热稳定性测试
IEC 62927 ^[13]	电压源换流器在静态同步补偿器中的自换相阀的电气型式试验和产品试验的要求
IEC TR 63259 ^[14]	在电力传输和配电系统中使用的电力电子设备的水冷却系统的规划设计、制造和维护
IEC 62909系列 ^[15]	双向并网功率转换器
IEC 62477系列 ^[16]	电力电子变流系统和设备的安全要求

2.4 中低压直流系统

目前，IEC中关于中低压直流系统的标准化工作尚处于起步阶段，主要从用例和应用场景、标准

电压和电能质量要求方面开展前期研究,涉及具体技术要求的仅有一项直流和交直流混合微网规划设计标准在编。此外,IEC中低压直流系统相关标准目前主要是TR(技术报告)的形式,有IEC TR 63534和IEC TR 63282两个系列,分别从分布式光伏接入低压直流系统的要求及用例和低压直流系统的电压及电能质量要求进行了规范。

此外,IEEE也制定了一系列中低压直流系统相关标准,见表7。

表7 IEEE中低压直流系统相关标准

标准编号	标准名称
IEEE 1709	1~35kV船舶中压直流电力系统推荐性实践
IEEE P2030.10	用于农村和边远地区供电的直流微电网标准
IEEE 2847	直流负荷的直流供电及通信标准

2.5 数字化技术在配电网的应用

为了解决电网智能化演进中信息交互和各技术领域互操作问题,IEC建立了IEC智能电网参考架构模型(Smart Grid Architecture Model, SGAM),如图3所示。SGAM适用于包括配电系统的智能电网大系统各个层级和子系统,从元件、信息和通信3个层面进行互操作分析。

其中,信息模型是智能化系统发展的基石性标准,IEC近年来更新的路线图中也始终将模型相关标准列于最核心的标准系列中。IEC认为其模型标准分为3个支柱系列,IEC通用信息模型(CIM)、IEC 61850模型以及主要用于电表的COSEM模型。各系列标准的主要应用领域如图4所示。

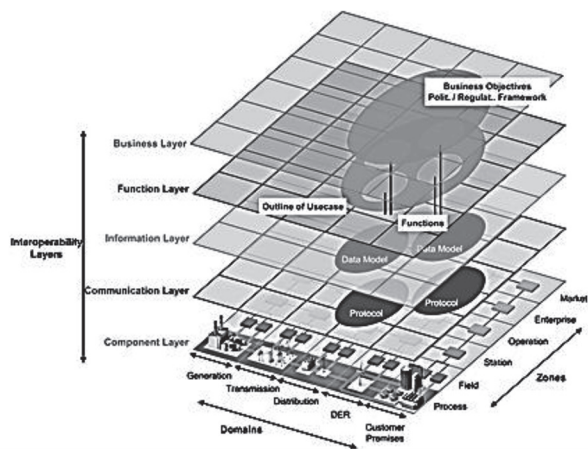


图3 IEC智能电网参考架构模型SGAM

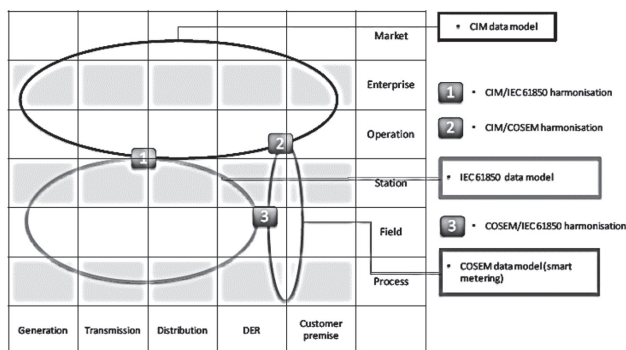


图4 IEC核心模型标准应用领域

表8 IEC核心模型标准梳理

标准编号	标准名称
IEC 61850系列	电力企业自动化通信网络和系统
IEC 62056系列	电力计量数据交换-DLMS/COSEM标准系列
IEC 61970系列	能量管理系统应用程序接口(EMS-API)
IEC 61968系列	电力企业应用集成-配电管理系统接口
IEC 62361系列	电力系统管理和相关信息交互-长期互操作性
IEC TS 61850-80-4	电力企业自动化通信网络和系统:第8-4部分 DLMS/COSEM(IEC 62056)数据模型和IEC 61850数据模型的映射
IEC TS 62056-6-9	CIM信息模型(IEC 61968-9)和DLMS/COSEM(IEC 62056)数据模型及信息包的映射
IEC TS 62361-102	电力系统管理和相关信息交互-长期互操作性-第102部分: CIM和IEC 61850的协调

对于配电领域而言,不仅3个系列标准自身存在协调和衔接的问题,配电系统作为上承输电系统下接用户侧的中间环节,面临的标准互操作和一致性问题尤为突出。需用定义统一的共享语义子集,或者正式的转换规则,才能实现各域之间语义层面的有效衔接,具体问题包括: CIM和IEC 61850之间的协调,以实现运行系统和电力企业管控系统的无缝连接; CIM和COSEM之间的协调,以实现电力供应和电网运行之间的无缝衔接; COSEM和IEC 61850之间的协调,以实现智能电表与电力公司自动化系统的集成。对此,目前IEC已出版的标准和已启动的标准制定工作如表8所示。

通过以上梳理可以看出,目前IEC模型相关工作仍主要聚焦在打通电力系统各环节不同管理系统之间的壁垒,但是目前还没有实现子系统之间通信的完全贯通和不同子域之间的映射。例如: IEC

61850到家居和楼宇自动化领域之间的映射工作尚未启动, IEC 61850和IEC 61970之间的映射也尚未完成。

2.6 物联网技术在配电网的应用

随着云大物移智等新兴技术的快速发展, IEC也开始日益关注相关技术在电力领域的应用及其标准化问题。2014年首先以白皮书的形式探讨了以无线传感网络为基础的电力物联网应用, 从战略和系统层面确立了对该领域的关注。物联网技术在电网的应用中涉及的框架、接口、模型等标准化需要考虑与TC 57的CIM/IEC 61850等标准的互操作, 以及如何融入智能电网参考架构SGAM的问题。考虑到CIM/IEC 61850体系自身的复杂性, TC 57对物联网在电力领域的应用持较为保守的态度, 将其认定为一种冲击性技术, 因此相应的标准化工作启动较晚, 尚处于探索可行性和协调性的阶段。TC 57目前仅有1项标准项目启动, 即由中国电科院主导发起、于2020年9月获批立项的IEC TR 63353《配电系统中的工业物联网应用: 架构及功能规范》。

而另一方面, IEEE将物联网技术及应用作为其标准协会SA的重点工作方向之一, 为其开辟了专门的工作空间, 开展了系统性的标准梳理工作, 整理出物联网相关发布标准清单和在研标准项目清单, 其中主要标准系列包括以下几项。

已发布的标准涵盖: IEEE 802标准系列, 该系列主要用于各种接入技术, 基本上都在MAC层定义了数据安全传输机制, 如: 802.3、802.11使用的802.1X及802.15.4提供的三级安全性。IEEE 1451定义的是智能传感器内部的智能变送器接口模块SMT和网络适配处理器模块NCAP之间的软硬件接口。IEEE 1609系列主要规范了车载系统的无线接入, IEEE 1701、1702和1703主要规范了光纤、电话交换机和局域网及广域网的通信协议。IEEE 21451系列标准主要规范了传感器及执行器的模型、数据格式以及接口等内容。

除通信、传感等标准外, IEEE认为IEEE 1547、IEEE 2030、IEEE 1888等智能电网、智能家居、智能社区相关标准也是未来物联网发展的重

要依据之一。而针对物联网技术在新型配电系统中的运用, IEEE则发布了标准IEEE 2413.2, 规范了配电物联网架构设计中云主站、通信网络、边缘计算终端和低压设备的技术规范及功能要求。

2.7 碳排放分析与低碳评估

在IEC中, IEC TC111电气电子产品和系统的环境标准化技术委员会的WG17温室气体工作组负责开展电工电子产品、服务和系统的温室气体量化和减排等方面的标准化工作。目前, WG17已经发布了2项技术报告: IEC TR 62725《电子电气产品及系统温室气体排放量化方法分析》、IEC TR 62726《关于量化电气和电子产品及系统基线温室气体减排量的指导意见》。

除此之外, IEC SyC Smart Cities智慧城市系统委员会于2022年设立了智慧城市低碳评估特别工作组(ahG 13), 从电工技术角度评估智慧城市的碳排放, 衡量评估框架及指标的作用。由于城市中电网电压等级较低, 大部分属于配电网。因此IEC SyC Smart Cities智慧城市系统委员会的相关研究对新型配电系统的建设具有一定的指导作用。

3 新型配电系统国际化的展望

3.1 规划设计

能源电力领域绿色发展和低碳转型需求愈发迫切, 分布式新能源、电动汽车充换电设施、新型储能装置等要素大规模接入配电网, 配电网运行的不确定性因素增多, 配电网从无源单一供电网络逐步演进为多要素融合的有源网络, 因地制宜的规划设计, 交直流混连、源网荷储协调优化, 供电区域间互联互通, 提高供电可靠性, 是配网规划设计的出发点。我国在网格化配电网规划, 分布式电源、储能、负荷接入都取得显著成效, 制定了DL/T 5729-2016《配电网规划设计技术导则》等行业标准、QGDW 11722-2017《交直流混合配电网规划设计指导原则》等企业标准, 未来将形成产业优势推向国际, 需要标准国际化支撑。

3.2 柔性交直流配电

高比例新能源、高比例电力电子设备, 低惯

量、弱阻尼、低短路比,“双高三低”是柔性交直流配电系统的特征。基于柔性装备,配网系统将集成多种功能、交直流多端口灵活变换、区域自治和自适应的信息物理高度融合。柔性交直流配电通过试点项目取得了区域性成功案例,关键技术装备得到应用和验证,正在制定《中压柔性互联系统接入配电网技术规范》行业标准、《中压柔性直流配电网成套设计规范》团体标准等,未来推向国际市场,以国际标准引领技术发展。

3.3 主动协同控制

新型配电系统接入大量分布式电源及充放电设备设施,其不确定性、时变性、非线性及复杂性增强,构建成主动式配电网;融合大数据、云计算、人工智能、物联网等技术,实现源网荷储充高效协同、多类型资源调度,随着双碳战略的推进落实,还将以配电网为核心接入油、气、氢等多种能源形式;基于先进的传感技术获取现场数据,深度挖掘终端设备的自适应并网和就地管控能力,实现集群或区域自治,构建云、边、端多级协同的协同控制架构。当前,已经制定了T/CEC 167-2018《直流配电网与交流配电网互联技术要求》中电联团体标准,正在制定《配电网荷储协同仿真计算框架》等团体标准。正在组织国际标准提案,引领主动配网协同控制技术。

3.4 储能技术应用

新型配电系统通过收集、存储和分配等环节来实现分布式资源和用户侧资源的有效利用。目前,关于电能存储系统的IEC标准由TC 120管理。目前TC120的相关标准还主要涉及储能系统的基础性标准,如:规划设计、实验测试、安全要求等,

缺乏涉及储能系统接入新型配电系统的技术要求的相关标准,因此有必要制定专门针对新型配电系统的储能标准。

3.5 能源管理

新型配电系统融合了风、光等多种清洁能源、各种物理组件以及多样化的能源和信息技术,这使得传统电网的管理平台无法满足提供能源集成和快速化、精准化控制调度的智能要求。因此,能源管理平台的开发工作正在不断开展,相应的标准化工作也应加快进度,以填补相关领域的空白。

随着基础设施和平台的不断发展,以及系统架构和新的物理组件的不断改进,在有关平台的功能、性能或可扩展性方面的评估需要标准制定者的高度重视,以支持面向新型配电系统的能源管理平台的运营、规划和营销。

3.6 低碳评估

基于产品碳足迹和碳排放计量的基本分析方法,制定相关碳排放及低碳评估标准,界定出新型配电系统中不同聚合资源的碳排放责任及碳减排贡献,并将用户侧的碳排放作为激励信号,引导用户多使用低碳能源,促进碳排放的降低。

4 结语

本文结合当前新型配电系统相关技术的发展情况,梳理了新型配电系统的国际标准化现状,并分析了当前新型配电系统标准的不足,进而对规划设计、柔性交直流配电、主动协同控制、储能技术应用、能源管理、低碳评估等方面的标准化工作提出了建议,支撑新型配电系统的建设。

(下转第49页)

参考文献

- [1] 胡本田,陈乐颖. 标准化与产业国际竞争力关系研究[J]. 华北理工大学学报(社会科学版), 2017,17(05):44-50.
- [2] 杨辉. 我国技术标准国际竞争力的探讨[J]. 轻工标准与质量, 2010,(05):42-45+40.DOI:10.19541/j.cnki.issn1004-4108.2010.05.014.
- [3] 侯俊军,贺唯唯. 中美产业国际竞争力与标准:基于中国承担国际标准组织活动的研究[J]. 湖湘论坛, 2016,29(04):86-90.DOI:10.16479/j.cnki.cn43-1160/d.2016.04.016.
- [4] 门洋. 浅谈标准国际化对提升石油企业国际竞争力的几点作用[J]. 化学工程与装备, 2017,(05):290-292.DOI:10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2017.05.115.
- [5] 国家市场监督管理总局.《中国标准化发展年度报告(2023年)》新闻发布会实录[EB/OL]. 2024-7-12. https://www.samr.gov.cn/xw/xwfbt/art/2024/art_64116a23c5c9400ba1540515ee21547.html.
- [6] 张晔. 标准化助中国创新走向世界[N]. 科技日报, 2023-10-13(005).DOI:10.28502/n.cnki.nkjrb.2023.005798.

(上接第44页)

参考文献

- [1] 盛万兴,刘科研,李昭,等. 新型配电系统形态演化与安全高效运行方法综述[J]. 高电压技术, 2024,50(01):1-18.
- [2] 王金丽,李丰胜,解芳,等. “双碳”战略背景下新型配电系统技术标准体系[J]. 中国电力, 2023,56(05):22-31.
- [3] Distributed energy resources connection with the grid: IEC/TS 62786[S]. IEC, 2012.
- [4] "IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces," in IEEE Std 1547-2018 (Revision of IEEE Std 1547-2003) [S]. IEEE, 2018.
- [5] Communication networks and systems for power utility automation – part 7-420: basic communication structure – distributed energy resources and distribution automation logical nodes: IEC 61850-7-420[S]. IEC, 2021.
- [6] Power systems management and associated information exchange – data and communications security – part 12: resilience and security recommendations for power systems with distributed energy resources (DER) cyber-physical systems: IEC/TR 62351-12[S]. IEC, 2016.
- [7] Assessment of power quality – Characteristics of electricity supplied by public networks: IEC/TS 62749[S]. IEC, 2020.
- [8] Power quality management – Part 1: General guidelines: IEC/TS 63222-1[S]. IEC, 2021.
- [9] Microgrids – Part 1: Guidelines for microgrid projects planning and specification: IEC/TS 62898-1 [S]. IEC, 2017.
- [10] Virtual power plants – Part 1: Architecture and functional requirements: IEC/TS 63189-1 [S]. IEC, 2023.
- [11] Static VAR compensators (SVC) – Testing of thyristor valves: IEC 61954[S]. IEC, 2021.
- [12] Thyristor valves for thyristor controlled series capacitors (TCSC) – Electrical testing: IEC 62823[S]. IEC, 2015.
- [13] Voltage sourced converter (VSC) valves for static synchronous compensator (STATCOM) – Electrical testing: IEC 62927[S]. IEC, 2017.
- [14] Water cooling systems for power electronics used in electrical transmission and distribution systems: IEC TR 63259[S]. IEC, 2022.
- [15] Bi-directional grid connected power converters – Part 1: General requirements: IEC 62909-1[S]. IEC, 2017.
- [16] Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General: IEC 62477-1 [S]. IEC, 2022.