

智能电网示范工程综合评价指标体系

张健¹, 蒲天骄², 王伟³, 李敬如¹, 温卫宁¹

(1. 国网北京经济技术研究院, 北京市 宣武区 100761; 2. 中国电力科学研究院, 北京市 海淀区 100192;
3. 国家电网公司, 北京市 西城区 100031)

A Comprehensive Assessment Index System for Smart Grid Demonstration Projects

ZHANG Jian¹, PU Tianjiao², WANG Wei³, LI Jingru¹, WEN Weining¹

(1. State Power Economic Research Institute, Xuanwu District, Beijing 100761, China; 2. China Electric Power Research Institute, Haidian District, Beijing 100192, China; 3. State Grid Corporation of China, Xicheng District, Beijing 100031, China)

ABSTRACT: According to present development situation of power system home and abroad and based on actual conditions in China, the significance of assessing smart grid demonstration projects is expounded and a framework of comprehensive assessment index system for smart grid demonstration projects is proposed. According to four basic principles, i.e., all sidedness, objectivity, practicability and typicality, the proposed comprehensive assessment index system is constructed. The assessment index system consists of the indices from the first grade to the fourth grade, which cover six aspects, namely technicality, economy, sociality, engineering management, practicality and innovativeness, and the assessment standard for smart grid demonstration project is determined. The results of the assessment on intellectualization level, engineering construction and operation results of smart grid demonstration projects can make thorough theoretical, technological and practicable preparations for all-round construction of strong smart grid in next stage.

KEY WORDS: smart grid; index system; demonstration project; comprehensive assessment

摘要: 结合国内外电网发展现状和我国实际情况, 阐述了对智能电网示范工程进行评估的重要性, 提出了智能电网示范工程综合评估指标体系框架。该体系按照全面性、客观性、实用性、典型性的基本原则来构建, 包涵技术性、经济性、社会性、工程管理、实用化和创新性等6个维度的一级到四级指标, 并确定了智能电网示范工程评价标准。通过对智能电网综合示范工程的智能化水平、工程建设、运行效果等方面进行评估, 可为下一阶段坚强智能电网的全面建设做充分的理论、技术和实用化准备。

关键词: 智能电网; 指标体系; 示范工程; 综合评价

0 引言

智能电网已成为世界电网发展的新趋势^[1-7]。面对新形势、新挑战, 国家电网公司根据我国基本国情, 提出了加快建设以特高压^[5-12]为骨干网架, 各

级电网协调发展, 以信息化、自动化、互动化为特征的坚强智能电网的战略目标。2009年8月以来, 国家电网公司先后启动了2批智能电网试点项目, 试点范围覆盖公司经营区域的26个省市(自治区)。在2批共计21类228个试点工程中, 分别启动了上海世博园、中新天津生态城2项智能电网综合示范工程。这2项智能电网综合示范工程代表了国家电网公司在智能电网各个领域的最新成果。

随着智能电网建设工作的推进, 评估智能电网发展程度, 已成为一项必需的工作。其基本内容和意义包括以下几点:

1) 技术评估。即评估我国智能电网发展水平, 提供技术评价基准, 确保智能电网工程先进性^[13-14]。2) 价值评估。即评价智能电网示范工程的社会效益和经济效益, 确保智能电网工程的实用性。3) 目标评估。通过评价电网的智能性, 可以发掘智能电网建设中的优势环节和缺点, 总结经验, 发现问题, 为智能电网规划和发展提供指导信息和有关建议。

由于各国对智能电网的理解和定义各有不同, 国外相关标准并无借鉴意义。结合我国电网发展的实际情况、智能电网发展目标和重点, 建立电网智能性评估指标体系, 非常必要。本文按照全面性、客观性、实用性、典型性的基本原则, 构建智能电网工程评价指标体系, 以期对智能电网综合示范工程的智能化水平、工程建设、运行效果等方面进行评估, 为坚强智能电网的全面建设阶段做准备。

1 智能性评估指标体系

1.1 建立指标体系的方法和原则

结合智能电网示范项目实施的目的和意义, 智

能电网项目评价体系可以分为项目技术性评价、经济性评价、社会性评价、实用化评价和工程管理评价等方面。

对上述每类评价，采用世界银行及国家政府部门普遍采用的评价指标体系设计准则——SMART 准则构建智能电网示范项目评价指标体系。SMART 是 5 个单词的词首字母组成的简写，这 5 个单词提出了对评价体系的要求和原则：特定的(Specific)，可测量的(Measurable)，可得到的(Attainable)，相关的(Relevant)，可跟踪的(Trackable)。

根据 SMART 设计准则，结合智能电网的特点，选取智能电网示范项目评价指标应遵循 4 项原则：

- 1) 全面性。评价指标应尽可能地反映智能电网示范项目的特点和内涵。
- 2) 客观性。评价指标应能够真实地揭示智能电网示范项目的实际情况。
- 3) 实用性。评价指标应以方便计算为基础，所需数据应能和电网目前的统计指标相衔接。
- 4) 典型性。评价指标的选择应突出重点，把握问题的主要方面。

1.2 指标体系的构建

在构建评价指标体系之前，需要先确定核心评价指标。核心评价指标的选取应该在如实反映智能电网示范工程项目建设情况的前提下，突出问题的主要方面，从而方便工程计算。

在确定核心评价指标的基础上，通过对核心评价指标的分级，进一步掌握各类示范项目选择的关键因素，充分把握不同评价指标对示范项目的影响程度。

将智能电网评价指标进行分级、分类，构建递阶层次结构指标体系如图 1 所示。图中： $U_{i=1, \dots, m}$ 为准则层(分类层)指标； $U_{i=1, \dots, 3}(j=1, \dots, P)$ 为指标层指标； $A_{i=1, \dots, n}$ ， $B_{i=1, \dots, n}$ 等为被评价方案。

在上述分级、分类结构的指标体系中，每类都有若干个指标，同类指标具有某种共性，不同类的

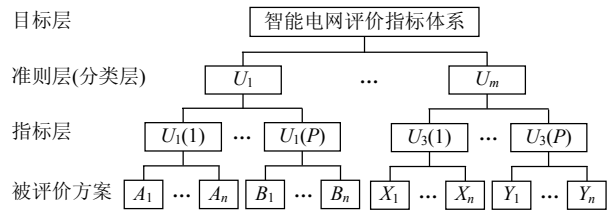


图 1 智能电网评价指标体系分类结构

Fig. 1 Structure of assessment index system for smart grid

指标对总目标所产生的影响不相同，因而不能同等对待。在目标与指标层之间加入一个指标分类层，使指标体系的层次结构更加清楚，更有利于对问题的分析。

根据上述评价指标体系建立方法，构建项目分项评价指标体系，包括：技术性指标、经济性指标、社会性指标、实用化指标和工程管理指标，通过层次分析法给出智能电网项目示范性综合评价指标，具体构建体系如图 2 所示。

1.3 评价指标体系的内涵

根据评价的要求，智能电网项目评价指标包含项目技术性指标、经济性指标、社会性指标、实用化指标、工程管理指标和创新性指标。

1) 项目技术性指标。

智能电网技术指标主要包括安全性指标、可靠性指标、全面性指标、互动性指标、优质性指标、先进性指标等。

安全性指标主要反映智能电网系统的供电安全与系统中的信息传输安全。

可靠性指标主要反映智能电网系统和设备的可用率、动作成功率和故障恢复能力。

全面性指标主要反映智能电网系统的涉及领域、包含功能及覆盖范围的大小。

互动性指标主要反映电源、电网和用户友好互动、协调运行能力。

优质性指标主要反映提高用户服务质量的能力。

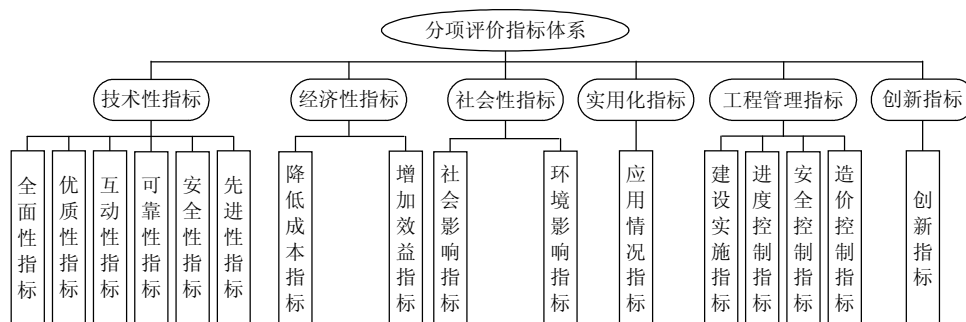


图 2 示范项目评价指标体系框图

Fig. 2 Framework of assessment index system for pilot projects

先进性指标主要反映智能电网系统集成能力、标准化水平、自主开发能力和人机界面等方面是否具有技术领先性。

2) 项目经济性指标。

智能电网经济性指标主要包括降低成本指标、增加效益指标、费效比指标等。

降低成本指标主要包括降低工程造价、降低维护成本、减员增效、户均投资等指标。

增加效益指标主要反映由于智能电网试点项目引起增供电量或者线损降低而带来的效益。

费效比指标是指试点项目智能化改造前后静态投资的变化与因系统可靠性提高等原因而带来效益的比值。

3) 项目社会性指标。

智能电网社会性指标主要包括社会影响指标和环境影响指标。

社会影响指标主要反映项目因节地节材、增进社会信息化等带来的社会影响。

环境影响指标主要反映项目在能源资源节约、降低有害排放、促进环境保护等方面的水平。

4) 项目实用化指标。

智能电网实用化指标主要反映项目应用情况,包括项目实用化程度和运行管理制度化程度,用以分析评价智能电网示范项目的实用化验收情况和智能电网示范项目是否在生产运行中发挥实际作用。

5) 项目工程管理指标。

工程管理指标主要反映项目建设实施情况,包括进度控制指标、质量控制指标、安全控制指标、造价控制指标等。

进度控制指标反映项目按时完成情况,表现为项目按期完成率。

质量控制指标反映工程的验收情况,表现为单位工程一次验收合格率。

安全控制指标主要表现为事故发生的次数,按照普通事故次数和重大事故次数分别计算。

造价控制指标表现为总投资变化率,即工程概算金额与决算金额的对比情况。

6) 项目创新指标。

智能电网创新指标主要反映项目的首创性,包括设备首次研制和应用、技术重大创新和优化等。

根据上述指标体系的构建方法和内涵,智能电网示范工程项目名称与对应的各级评价指标数目如表1所示。

表1 智能电网示范工程项目评价指标体系指标数目
Tab. 1 Index data of smart grids integrated demonstration projects assessment index system

项目名称	各级指标数			
	一级	二级	三级	四级
智能变电站	6	8	20	30
配电自动化系统	5	9	14	22
故障抢修管理系统	5	8	13	18
用电信息采集系统	5	9	20	21
电能质量监测	5	8	20	34
新能源接入	5	10	20	32
储能系统	5	8	19	29
智能用电楼宇/家居	5	8	18	36
电动汽车充放电	6	9	19	36

2 智能电网项目评价标准

2.1 项目评分方法

本研究采用专家打分法来设置评价权重和评价标准。

专家打分法又称德尔菲法(Delphi),是充分综合领域专家知识、经验和信息的方法。在此方法中,专家的宝贵经验和智慧发挥了重要作用,这对于分析和决定复杂系统模型的输入有独特的优势。Delphi在系统分析和决策领域得到广泛应用,它本质上是一种反馈匿名函询法,其做法是:寻找相关领域的数学专家,就预测的问题向专家征求意见,然后进行整理、归纳、统计,将统计结果再匿名反馈给专家,再次征求意见,再集中,再反馈,直到得到稳定的意见。其过程可简单表示如下:

匿名征求专家意见→归纳、统计→匿名反馈→归纳、统计,……,若干循环后,停止。

在智能电网的评价指标体系中,德尔菲法应用于评价指标体系的评价标准、单项属性评分标准和单项指标权重等方面的确定,通过综合多位专家对同一项目的不同认识,得到一个能被大多数专家认可的结果,这是有效利用智能电网系统领域专家意见的一种方法。

2.2 项目指标的权重设置

通过近20位电力行业智能电网领域专家针对各指标重要性对智能电网示范工程指标权重的综合打分,获得了权重设置如表2所示。

3 结论

通过本文建立的评价指标体系和评价标准,对某智能电网综合示范工程进行了综合评价。结果显示:该工程涵盖发电、输电、变电、配电、用电、

表 2 智能电网示范工程项目评价指标权重设置

Tab. 2 Weight set of assessment index system for smart grids integrated demonstration projects

序号	项目	一级指标	一级指标权重/%	二级指标	二级指标权重/%		
1	智能变电站	技术性	50	互动性指标	40		
				全面性指标	30		
				先进性指标	30		
		经济性	10	降低成本指标	100		
				社会性	10	社会影响	100
						实用化	15
工程管理	15	建设实施指标	100				
2	配电自动化	技术性	50	安全性指标	25		
				互动性指标	25		
				优质性指标	25		
				先进性指标	25		
		经济性	20	降低成本指标	50		
				增加效益指标	50		
实用化	20	应用情况指标	100				
		工程管理	10	建设实施指标	100		
3	故障抢修	技术性	40	安全性指标	30		
				互动性指标	25		
				优质性指标	25		
				先进性指标	20		
		经济性	15	增加效益指标	100		
				实用化	30	应用情况指标	100
工程管理	15	建设实施指标	100				
4	用电信息采集	技术性	40	可靠性指标	40		
				安全性指标	25		
				先进性指标	35		
		经济性	20	降低成本指标	50		
				增加效益指标	50		
		实用化	30	应用指标	60		
管理制度	40						
工程管理	10	建设实施指标	100				
5	电能质量监测	技术性	50	全面性指标	35		
				安全性指标	35		
				先进性指标	30		
		经济性	10	降低成本指标	50		
				增加效益指标	50		
		实用化	30	应用情况指标	100		
工程管理	10			建设实施指标	100		
6	新能源接入	技术性	45	先进性指标	25		
				全面性指标	15		
				安全性指标	20		
				互动性指标	20		
		经济性	15	降低成本指标	100		
				社会性	15	环境影响指标	100
实用化	15	应用情况指标	100				
工程管理	10	建设实施指标	100				
7	储能系统	技术性	50	先进性指标	35		
				互动性指标	20		
				安全性指标	20		
				可靠性指标	25		
		经济性	10	降低成本指标	100		
				社会性	10	环境影响指标	100
实用化	20	应用情况指标	100				
工程管理	10	建设实施指标	100				

续表2 智能电网示范工程项目评价指标权重设置

Tab. 2 Weight set of assessment index system for smart grids integrated demonstration projects

序号	项目	一级指标	一级指标权重/%	二级指标	二级指标权重/%
8	智能用电楼宇/家居	技术性	40	安全性指标	25
				可用性指标	25
				互动性指标	25
				先进性指标	25
		经济性	20	降低成本指标	100
		实用化	30	应用情况指标	100
		工程管理	10	建设实施指标	100
9	电动汽车充放电	技术性	40	安全性指标	30
				互动性指标	20
				全面性指标	25
				先进性指标	25
		经济性	20	降低成本指标	100
		社会性	10	环境影响指标	100
		实用化	20	应用情况指标	100
		工程管理	10	建设实施指标	100

调度6个环节和通信信息平台,具有信息化、自动化、互动化的特征,全面提高了电网的资源优化配置能力和电力系统的运行效率,保障的安全、优质、可靠的电力供应。

下一步工作包括:1)结合后续智能电网工程案例,进一步验证、改进和完善评价指标体系与评价方法。2)通过对国家电网公司已开展的智能电网试点项目进行分析评价,及时总结经验,为试点项目的推广应用、整改完善、平行移植提供依据。

参考文献

- [1] 陈树勇,宋书芳,李兰欣,等.智能电网技术综述[J].电网技术,2009,33(8):1-7.
Chen Shuyong, Song Shufang, Li Lanxin, et al. Survey on smart grid technology[J]. Power System Technology, 2009, 33(8): 1-7(in Chinese).
- [2] The Electricity Advisory Committee. Smart grid: enabler of the new energy economy[R]. 2008.
- [3] European Commission. EUR 22040- European technology platform SmartGrids: vision and strategy for Europe's electricity networks of the future[R]. 2006.
- [4] 王智冬,李晖,李隽,等.智能电网评估指标体系研究[J].电网技术,2009,33(17):14-18.
Wang Zhidong, Li Hui, Li Jun, et al. Assessment index system for smart grids[J]. Power System Technology, 2009, 33(17): 14-18(in Chinese).
- [5] 刘振亚.特高压电网[M].北京:中国经济出版社,2005:33-35.
- [6] 余贻鑫,栾文鹏.智能电网述评[J].中国电机工程学报,2009,29(34):1-8.
Yu Yixin, Luan Wenpeng. Smart grid review[J]. Proceedings of the CSEE, 2009, 29(34): 1-8(in Chinese).
- [7] 张文亮,刘壮志,王明俊,等.智能电网的研究进展及发展趋势[J].电网技术,2009,33(13):1-11.
Zhang Wenliang, Liu Zhuangzhi, Wang Mingjun, et al. Research status and development trend of smart grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(13): 1-11(in Chinese).
- [8] 钟金,郑睿敏,杨卫红,等.建设信息时代的智能电网[J].电网

技术,2009,33(13):12-18.

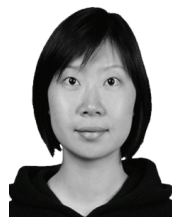
Zhong Jin, Zheng Ruimin, Yang Weihong, et al. Construction of smart grid at information age[J]. Power System Technology, 2009, 33(13): 12-18(in Chinese).

- [9] 韩丰,尹明,李隽,等.我国智能电网发展相关问题初探[C]/2009特高压输电技术国际会议论文集.北京:中国电力科学研究院,2009.
- [10] 孙华东,王琦,卜广全,等.中国输电系统智能电网发展现状分析及建议[C]/2009特高压输电技术国际会议论文集.北京:中国电力科学研究院,2009.
- [11] 程时杰,李兴源,张之哲.智能电网统一信息系统的电网信息全域共享和综合应用[J].中国电机工程学报,2011,31(1):8-14.
Cheng Shijie, Li Xingyuan, Zhang Zhizhe. Entire-grid-area information-sharing integrated applications in united information system for smart grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2011, 31(1): 8-14 (in Chinese).
- [12] 谢开,刘永奇,朱治中,等.面向未来的智能电网[J].中国电力,2008,41(6):19-22.
Xie Kai, Liu Yongqi, Zhu Zhizhong, et al. The vision of future smart grid[J]. Electric Power, 2008, 41(6): 19-22(in Chinese).
- [13] 王智冬,李隽,仇卫东,等.2000—2006年电网发展特点分析[J].电力技术经济,2007,19(5):23-28.
Wang Zhidong, Li Jun, Qiu Weidong, et al. Analysis on the characteristics of power grid development in the period of 2000-2006 [J]. Electric Power Technologic Economic, 2007, 19(5): 23-28(in Chinese).
- [14] 黄怡,王智冬.2007年500、330kV电网建设发展特点分析[J].电力技术经济,2008,20(3):24-28.
Huang Yi, Wang Zhidong. Quantitative analysis of 500, 330 kV power grid construction and development characteristics in 2007[J]. Electric Power Technologic Economic, 2008, 20(3): 24-28(in Chinese).

收稿日期:2011-02-21。

作者简介:

张健(1980),女,工学博士,工程师,主要从事电力技术经济的研究工作, E-mail: zhangjian@chinasperi.sgcc.com.cn。



张健

(责任编辑 李兰欣)