

基于泛在电力物联网的电力能耗管理系统研究

朱鹏¹,朱国义²,杨顺³,周健¹

(1. 扬中市供电公司,江苏扬中 212200;2. 扬中市路灯管理所,江苏扬中 212200;
3. 华北电力大学扬中智能电气研究中心,江苏扬中 212200)

Research on power energy consumption management system based on ubiquitous power Internet of Things

ZHU Peng¹, ZHU Guoyi², YANG Shun³, ZHOU Jian¹

(1. Yangzhong Power Supply Company, Yangzhong 212200, China; 2. Yangzhong Street Light Management Office, Yangzhong 212200, China; 3. Yangzhong Electric Power Research Center, North China Electric University, Yangzhong 212200, China)

摘要:随着当今时代互联网的飞速发展,传统电网已经不再能满足人民日益增长的电力需求。为实现全面感知、可靠传输、智能处理、互交互联的新一代电力系统,国家电网提出发展泛在电力物联网的战略目标。首先以清洁能源、能源需求为背景,对泛在电力物联网的概念、基本构架进行详细阐述。然后对电力能耗监测管理系统构架的主要关键技术进行说明。最后以华北电力大学扬中智能电气研究中心的电力能耗监测管理系统为实例,阐述泛在电力物联网基本应用情况,为其它相关研究提供参考。

关键词:物联网;泛在电力物联网;电力能耗;监测管理

Abstract: With the rapid development of the Internet in modern era, the traditional power grid can no longer meet the people's growing power demand. In order to realize a new generation of power systems with comprehensive sensing, reliable transmission, intelligent processing and mutual interaction, the State Grid proposes the strategic goal of developing a ubiquitous power Internet of Things. Firstly, based on the background of clean energy and energy demand, the concept and basic structure of the ubiquitous power Internet of Things are fully explained, then the key technologies of the electric power consumption monitoring and management system architecture are explained. Finally, taking the electric power consumption monitoring and management system of Yangzhong Electric Power Research Center of North China Electric Power University for example, the basic application of ubiquitous power Internet of Things is expounded, which provides effective reference for other related research.

Key words: Internet of Things; ubiquitous power Internet of Things; electric power consumption; monitoring management

0 引言

未来的全球经济实现可持续发展,离不开可提供高渗透率分布式清洁能源的电力系统的支持。在中国能源生产以及高质量消费革命背景下,可再生能源的高比例接入、电动汽车与充电基础设施的推广应用以及分布式电源的发展等使得原先以单向潮流为主电网的发展形态^[1]逐渐演变成互联互通、优化互动、平衡共享的新型电力互联网,进一步推动着能源生产消费变革。

当今时代是“互联网+”的时代,关键特征之一便是以现代信息和通信技术为创新基础,以“大云物移智”为代表,通过物与物、人与物之间的物联网信息

交互,实现感知更全面化、传输更可靠化、处理更智能化的新型互联网技术。因此,对于处在电网形态转变关键节点的中国,亟需开展物联网技术与智能电网的深度融合。2019年,国家电网公司提出“三型两网、世界一流”战略目标,将建设泛在电力物联网规划为近3年国家电网的重点任务,并提出到2024年全面建成泛在电力物联网这一宏伟目标^[2]。

基于泛在电力物联网的发展背景,本文从泛在电力物联网的定义和基本构架入手,首先介绍电力能耗监测管理的主要关键技术,然后以华北电力大学扬中智能电气研究中心为应用实例,对泛在电力物联网进行分析研究,为谋划和建设未来的新型电力系统提供参考。

1 泛在电力物联网概念

1.1 定义

1999年,美国加州施乐公司及美国麻省理工学

收稿日期:2019-08-13;修回日期:2019-09-29

基金项目:江苏省重点研发计划项目(SBE2018030481)

This work is supported by Key Research and Development Project of Jiangsu Province(No.SBE2018030481)

院分别提出泛在网及物联网的概念^[3-4]。泛在物联是指信息可在不限制时间、地点、人和物这四要素的情况下实现无阻碍的连接和交互。“泛在电力物联网”的本质在于电力行业“能源数据”的收集、交换、融合及高效扩展应用,具有全息感知、泛在连接、开放共享、业务创新基本特点。

1.2 基本构架

为了实现电力泛在物联,需要进一步构建开放、分层、可扩展的网络体系结构,因此在物联网的感知延伸层、网络传输层及平台应用层的基础上,增加了边缘计算层,最终实现能量流、信息流与业务流的交互耦合^[5]。其基本构架如图1所示。

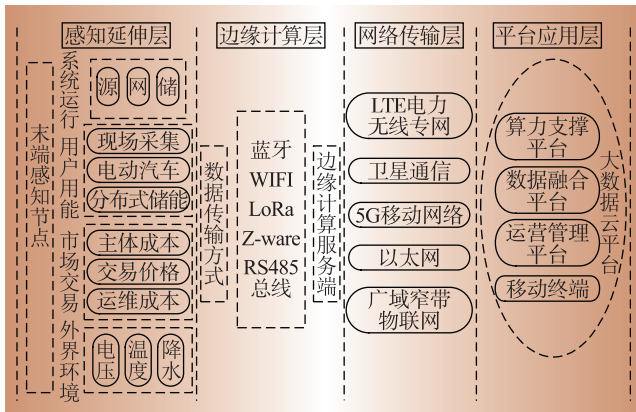


图1 泛在电力物联网的4个基本构架

Fig. 1 Four basic frameworks of ubiquitous power Internet of Things

感知延伸层是泛在电力物联网的基础,相当于人体的“神经末梢”,由状态感知和执行控制主体终端构成。网络传输层是感知延伸层与平台应用层之间的数据传输通道,为泛在电力物联网的各类型业务提供高效安全、可靠全面的通信信息服务^[6]。电力物联网通信方式包括近距离有线/无线传输、传统互联网、移动空中网等,其中各分类通信技术如图2所示。

相比于传统物联网,泛在电力物联网增加了边缘计算层,即靠近末端感知节点处于网络边缘的分布式智能代理^[7]。其将感知层的一些设备通过总线、无线自组织传感网等通信方式接入边缘计算层,在处理分析感知层的海量数据后,传送至云平台集中处理。平台应用层基于电网运行数据,结合现代先进技术手段,将数据进行融合分析,解决传统能源生产运行方式下的存储问题,从而实现信息互联互通^[8]。

以本文的能耗管理系统为例,泛在电力物联网的4个基本构架在整个系统中的表现为:在感知延伸层上,系统的末端感知节点可现场实时采集园区

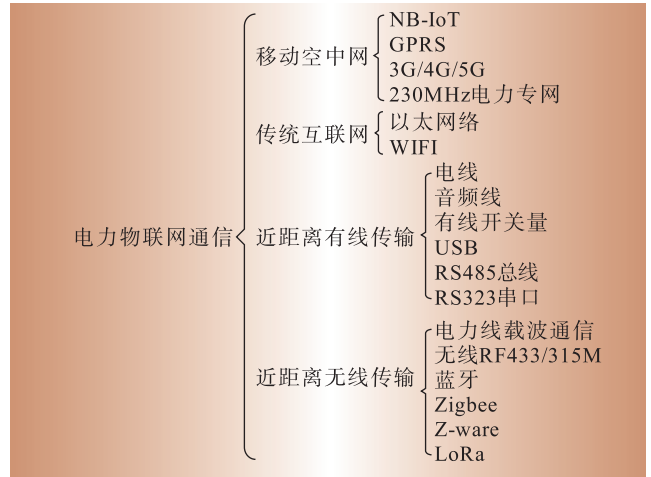


图2 泛在电力物联网的通信方式

Fig. 2 Communication method of ubiquitous power Internet of Things

的所有电力能耗总数据,以GPRS、3G、4G及以太网的网络通信技术应用至平台应用层,最终在能耗管理平台上呈现系统的电力能耗概览、电力能耗占比、电力能耗统计等主要情况。

2 电力能耗管理系统关键技术

本文在泛在电力物联网基础上,运用数据分析技术、网络信息安全技术、智能平台管理技术等多种技术完成自动化人工智能,实现新一代电力能耗管理,以下简要介绍系统所涉及到的3种关键技术。

2.1 数据分析技术

电力能耗监测管理系统在运行过程中将产生大量数据,这些数据具有来源多、格式多、信息冗余度高、数据量大、隐含信息价值高但不直观等特性。为了降低数据的冗余度及分析难度,需先采用数据融合技术,在海量数据中对有效数据进行深入挖掘和实时存储。

科研人员一直致力于研发新型智能化数据分析存储技术,如文献[9]提出利用K-means算法分析辖区电力群体的用电行为,实现客户精细化管理并提供优质用电服务;文献[10]利用大数据挖掘算法分析电力系统的谐波原因,并根据原因提出合理化治理方案;文献[11]提出随机矩阵相关性算法,适用于海量大数据下的配用电数据采集、融合、处理等用电行为分析;文献[12]提出基于Hadoop平台的数据压缩方法以节约数据存储空间。

2.2 网络信息安全技术

网络信息安全技术在泛在物联网网络传输层中尤为重要^[13]。构建电力能耗监测管理系统的安全体系方面需要考虑到两个方面:

(1) 终端设施安全。从物理层角度研究芯片级防护关键技术;研究设备的嵌入式安全操作系统,提供密码服务框架及轻量级密码应用技术;发展终端层安全防护组件适配技术,实现物联网现场设备的接入身份验证。

(2) 数据加密安全。研究支持跨域共享的数据访问控制模型及数据保护关键技术,保证数据在传输过程中不被监听和篡改;对传统安全加密算法进行改进,研究面向多种复杂型业务的加密算法;研究数据动态脱敏、追踪溯源等关键技术^[14]。

2.3 智能平台管理技术

为完成“三型两网”战略指标,需大力发展泛在电力物联网平台^[15]。该智能平台管理技术首先将海量电网运行数据、用户侧用能数据以及其它能源系统数据经过数据分析技术处理后,进行统一存储与管理;然后在此基础上,根据用户所需求的智能运维、个性化电力能耗分析对比等用户用能业务,搭建各类针对性应用平台、智慧能源综合服务平台与新型业务培育发展平台。

3 电力能耗监测管理系统平台

本文以华北电力大学扬中智能电气研究中心的电力能耗监测管理系统为主要研究对象,并以此作为应用实例进行分析。

3.1 系统整体概述

电力能耗监测管理系统主要包括用电信息的收集、实时监测以及分析发布。其主要功能是对所有与电能有关的数据进行采集,并在电能管理部门进行数据的发布,应用系统架构对应了泛在电力物联网的框架,如图3所示。

该系统以工作站主机、通讯设备、测控单元为基本单元,以中心所在园区的实时用电信息的数据采集、开关状态监测及远程管理与控制为基础平台。该系统主要采用的是分层分布式计算机网络体系结构,数据采集单元采用电力线载波的通信方式,将采集点信息汇聚到集中器处,再由集中器通过 GSM/3G/4G/以太网的方式上传至核心数据库服务器,由核心数据库服务器将获取到的报文转换成前端可识别的帧格式,最终将每个能源监控采集点获取到的值以可视化界面展示。

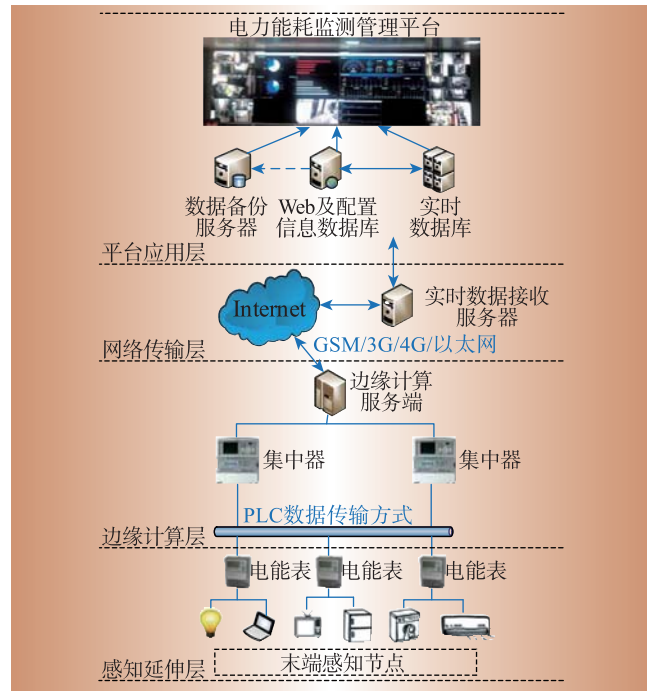


图3 电力能耗监测管理系统架构图

Fig. 3 Architecture diagram of power consumption monitoring and management system

3.2 系统硬件

电能采集终端所采集的数据是通过传感器以电力线载波的通信方式传输至控制CPU,最后传输至数码管显示。硬件系统原理图如图4所示。

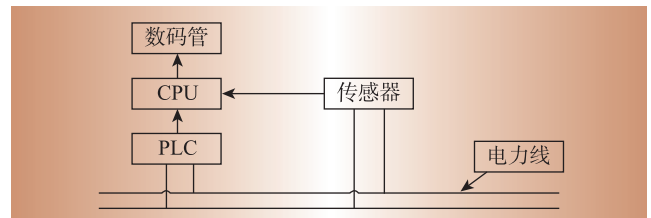


图4 硬件系统原理图

Fig. 4 Hardware system schematic

采集模块中的传感器采集到的数据,一方面可以在本终端的显示屏显示,另一方面可以按照自定义通信协议,通过电力线载波通信的方式传输给集中器。

电能采集终端主要由采集模块和通信模块两部分构成。采集模块主控芯片采用意法半导体公司的STM32F103C8T6高性能CPU,可满足各功能模块的使用要求。通信模块采用STM32F070F6P6作为主控CPU,通过系统设计,可完成GPRS/3G/4G/以太网等通信方式的上行通信。采集模块及通信模块的实物图分别如图5及图6所示。



图5 采集模块实物图

Fig. 5 Acquisition module physical diagram



图6 通信模块实物图

Fig. 6 Communication module physical diagram

3.3 电力能耗监测管理系统平台

园区用电信息数据的采集与传输拓扑图如图7所示。

电力能耗监测管理系统平台主要反应系统中数据采集的概况,其中包括系统的电力能耗概览、电力能耗占比、电力能耗统计等,并以条形统计图、饼状图的形式显示总电力能耗走势,统计报表和电力能耗分配图纳入到其中,形成了完整的能源计量与统计管理系统,开展电力能耗在线监测管理,从而推动能耗信息的统计、分析,建立科学规范的能耗统计工作体系,促进电力能耗监测管理的智能化。

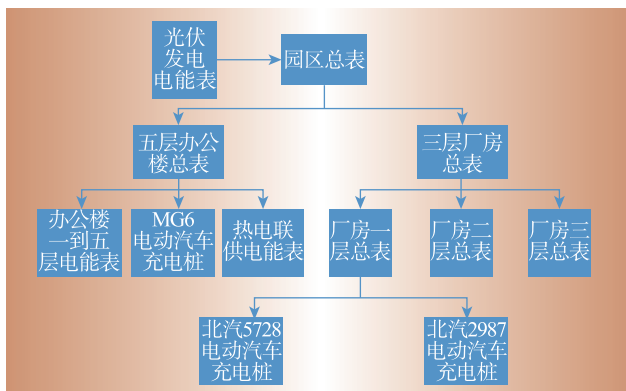


图7 园区电能表拓扑图

Fig. 7 Campus meter topology

系统第一模块为电力能耗管理系统的监测状态显示,主要包括三相电能表的状态显示、实时电力能耗显示以及各个楼层当日总电力能耗显示三大部分,以曲线图的方式直观地展示实时曲线以及历史曲线每个小时的电力能耗情况。同时,在图形展示上分别附加显示研究中心各个楼层的当日总电力能耗,主要数据监测情况如图8所示。

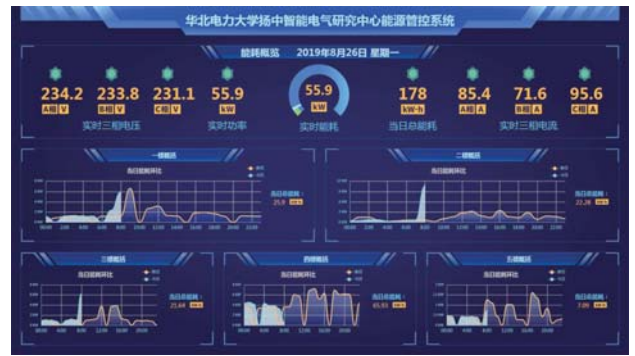


图8 系统电力能耗概览总图

Fig. 8 System power consumption overview

由图8可知,系统监测的当日总电力能耗为178 kWh,实时功率为55.9 kW。在能耗管理系统中观测各楼层电力能耗环比展示图,曲线图显示前一天同期用电、今日实时用电情况,主要反映系统监测各个楼层日能耗的统计数据以及前后对比,并以文字形式直观显示各个楼层当时用电总能耗,便于在以后对历史数据的统计和分析以及对用电情况进行调控。

此外,电力能耗监测管理系统还可显示各功能区电力能耗占比、各楼层电力能耗占比、高能耗排行榜、低能耗排行榜,直观展示了各个楼层当日的电力能耗占比以及各个功能区的耗电比重,并且通过柱状图显示当月用电高能耗的前5名以及用电低能耗的前5名,便于建立完整、统一的奖惩制度以及清晰、准确的层次组织关系,详细系统能耗占比情况如图9所示。



图9 各楼层电力能耗环比图

Fig. 9 Power consumption ratio chart of each floor

图10为系统电力能耗占比总图。左半部分为各功能区电力能耗占比总图,主要根据系统监测总电力能耗的走势以及系统监测的总电力能耗,通过

系统进行数据统计和分析,按办公、住宿、餐饮、公共照明、IDC等5方面,通过饼形图展示指定时间内的电力能耗分布结构,探究每个楼层的电力能耗所占比例,并进一步通过各楼层电力能耗的占比情况,找到电力耗能较大的楼层进行重点分析。

图10右半部分所示为高能耗排行榜,以条形图的形式展示了当月用电能耗较高的前5名。从图10可以看出,2019年8月,8419房间能耗最高,105房间能耗次之,8417、8403、301、303房间能耗相对较低,对高能耗排行榜中的前五名进行告警数据记录。由图10中的低能耗排行榜可知,在2019年8月,8422房间的能耗最低,8421房间次之,8426、101及8425房间能耗并列排行第三。低能耗排行榜以绿色横式条形图的方式,对低能耗排行榜中的前五名进行嘉奖数据记录。



图10 系统电力能耗占比总图
Fig. 10 System power consumption ratio

4 结束语

本文首先从感知层、计算层、网络层、平台层、应用层入手,分析泛在电力物联网的基本概念和整体网络构架。进而介绍了电力能耗监测管理系统所涉及到的几种较为重要的泛在电力物联网关键技术。最后从设计、开发分析和说明以及运行等维度,阐述了华北电力大学扬中智能电气研究中心的电力能耗监测管理系统,展示了一个智慧能源综合服务平台,以期对相关领域后续研究提供参考。D

参考文献:

[1] 童光毅. 关于当代能源转型方向的探讨[J]. 智慧电力, 2018, 46(10): 1-3.
TONG Guangyi. Discussion on the direction of contemporary energy transformation [J]. Smart Power, 2018, 46(10): 1-3.

[2] 胡畔,周鲲鹏,王作维,等. 泛在电力物联网发展建议及关键技术展望[J]. 湖北电力, 2019, 43(1): 1-9.
HU Pan, ZHOU Kunpeng, WANG Zuowei, et al. Proposal for development of ubiquitous power Internet of Things and key technology prospects [J]. Hubei Electric Power, 2019, 43(1): 1-9.

[3] 张春红,裘晓峰,夏海,等. 物联网技术与应用[M]. 北京:人民邮电出版社, 2011.
ZHANG Chunhong, Qiu Xiaofeng, XIA Hai, et al. Internet of Things technology and application [M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2011.

[4] 杨东升,王道浩,周博文,等. 泛在电力物联网的关键技术与应用前景[J]. 发电技术, 2019, 40(2): 107-114.
YANG Dongsheng, WANG Daohao, ZHOU Bowen, et al. Key technologies and application prospects of ubiquitous power internet of things [J]. Power Generation Technology, 2019, 40(2): 107-114.

[5] 张亚健,杨挺,孟广雨. 泛在电力物联网在智能配电系统应用综述及展望[J]. 电力建设, 2019, 40(6): 1-12.
ZHANG Yajian, YANG Ting, MENG Guangyu. Overview and prospect of ubiquitous power Internet of Things in intelligent distribution system [J]. Electric Power Construction 2019, 40(6): 1-12.

[6] 鄂旭. 物联网概论[M]. 北京:清华大学出版社, 2015.
E Xu. Introduction to the Internet of Things [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015.

[7] 曾鸣,王雨晴,李明珠,等. 泛在电力物联网体系架构及实施方案初探[J]. 智慧电力, 2019(4): 1-7.
ZENG Ming, WANG Yuqing, LI Mingzhu, et al. Preliminary study on the architecture and implementation scheme of ubiquitous power Internet of Things [J]. Smart Power, 2019(4): 1-7.

[8] 楚俊生,张博山,林兆骥. 边缘计算在物联网领域的应用及展望[J]. 信息技术, 2018, 12(5): 31-39.
CHU Junsheng, ZHANG Boshan, LIN Zhaoji. Application and prospect of edge computing in the field of internet of things [J]. Information & Communication Technology, 2018, 12(5): 31-39.

[9] 周冰钰,刘博,王丹,等. 基于自组织中心K-means算法的用户互动用电行为聚类分析[J]. 电力建设, 2019, 40(1): 68-76.
ZHOU Bingyu, LIU Bo, WANG Dan, et al. Clustering analysis of user interaction electricity behavior based on K-means algorithm in self-organizing center [J]. Electric Power Construction, 2019, 40(1): 68-76.

[10] 王刚,武毅,王梓,等. 基于大数据技术的电力系统谐波分析及治理方案[J]. 电力系统及其自动化学报, 2016, 28(S1): 46-50.
WANG Gang, WU Yi, WANG Wei, et al. Harmonic analysis and treatment scheme of power system based on big

- data technology [J]. Journal of Electric Power System and Automation, 2016, 28(S1):46-50.
- [11] 郝然,艾苹,肖斐.基于多元大数据平台的用电行为分析构架研究[J].电力自动化设备,2017,37(8):20-27.
HAO Ran, AI Ping, XIAO Fei. Research on power consumption behavior analysis framework based on multi-big data platform[J]. Electric Power Automation Equipment, 2017, 37(8):20-27.
- [12] 丁晓,孙虹,郑海雁,等.基于配用电大数据的短期负荷预测[J].电力工程技术,2018,37(3):21-27.
DING Xiao, SUN Hong, ZHENG Haiyan, et al. Distribution and consumption big data based short-term load forecasting[J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37(3):21-27.
- [13] HUANG L, LIANG Y, HUANG F, et al. A quantitative analysis model of grid cyber physical systems[J]. Global Energy Interconnection, 2018, 1(5):618-626.
- [14] 唐良瑞,李荣荣,翟峰.面向智能用电信息采集终端的访问控制协议[J].电力系统自动化,2016,40(6):113-118.
TANG Liangrui, LI Rongrong, ZHAI Feng. Access control protocol for intelligent power information collection terminal [J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(6):113-118.
- [15] 傅质馨,李潇逸,袁越.泛在电力物联网关键技术探讨[J].电力建设,2019,40(5):1-12.
FU Zhixin, LI Xiaoyi, YUAN Yue. Discussion on key technologies of ubiquitous power Internet of Things [J]. Electric Power Construction, 2019, 40(5):1-12.
-
- 作者简介:**
朱鹏(1981),男,江苏扬中人,硕士,高级工程师,研究方向为电网调度、电力系统保护。
(责任编辑 水 鹤)

(上接第63页)

- LIU Fang, YANG Xiu. Comprehensive optimization of heat and electric energy for micro-grid with electric heat storage to solve the high penetration problem of wind power consumption[J]. Modern Electric Power, 2015, 32(4):19-26.
- [10] HOLJEVAC N, CAPUDER T, ZHANG N, et al. Corrective receding horizon scheduling of flexible distributed multi-energy microgrids[J]. Applied Energy, 2017, 207:176-194.
- [11] 吴雄,王秀丽,王建学,等.微网经济调度问题的混合整数规划方法[J].中国电机工程学报,2013,33(28):1-9.
WU Xiong, WANG Xiuli, WANG Jianxue, et al. Economic generation scheduling of a microgrid using mixed integer programming[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(28):1-9.
- [12] 孔令国.风光氢综合能源系统优化配置与协调控制策略研究[D].北京:华北电力大学,2017.
KONG Lingguo. Research on optimal sizing and coordinated control strategy of integrated energy system of wind photovoltaic and hydrogen[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2017.
- [13] ØYSTEIN U. Modeling of advanced alkaline electrolyzers: a system simulation approach[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2003, 28(1):21-33.
- [14] 赵巍.系统建模与仿真在PEMFC中的应用研究[D].济南:山东大学,2005.
ZHAO Wei. Application of system modeling and simulation in PEMFC[D]. Jinan: Shandong University, 2005.
- [15] 周灿煌,郑杰辉,荆朝霞,等.面向园区微网的综合能源系统多目标优化设计[J].电网技术,2018,42(6):1687-1697.
ZHOU Canhuang, ZHANG Jiehui, JING Zhaoxia, et al. Multi-objective optimal design of integrated energy system for park-level microgrid[J]. Power System Technology, 2018, 42(6):1687-1697.
- [16] 任娜,王雅倩,徐宗磊,等.多能流分布式综合能源系统容量匹配优化与调度研究[J].电网技术,2018,42(11):3504-3512.
REN Na, WANG Yaqian, XU Zonglei, et al. Component sizing and optimal scheduling for distributed multi-energy System[J]. Power System Technology, 2018, 42(11):3504-3512.
- [17] 吴红斌,王东旭,刘星月.太阳能冷热电联供系统的策略评估和优化配置[J].电力系统自动化,2015,39(21):46-51.
WU Hongbin, WANG Dongxu, LIU Xingyue. Strategies evaluation and optimal allocation of combined cooling heating and power system with solar[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(21):46-51.
- [18] 刘星月,吴红斌.太阳能综合利用的冷热电联供系统控制策略和运行优化[J].电力系统自动化,2015,39(12):1-6.
LIU Xingyue, WU Hongbin. A control strategy and operation optimization of combined cooling heating and power system considering solar comprehensive utilization [J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(12):1-6.
-
- 作者简介:**
于雪风(1995),女,河北张家口人,硕士研究生,研究方向为综合能源系统优化设计及氢储能。
(责任编辑 柴明哲)