

## 工业园区综合能量管理系统的设计与应用

黄楚鸿, 庞学跃

引用本文:

黄楚鸿, 庞学跃. 工业园区综合能量管理系统的设计与应用[J]. 南方能源建设, 2021, 8(1): 18-24.

HUANG Chuhong, PANG Xueyue. Design and Application of Integrated Energy Management System in Industrial Park[J]. *Southern Energy Construction*, 2021, 8(1): 18-24.

---

### 相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

#### 基于热电互动的分布式能源系统优化研究

Research on Optimization of Distributed Energy System Based on Thermo-electric Interaction

南方能源建设. 2019, 6(3): 59-63 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.010>

#### 考虑电动汽车行驶特性的工业园区电动汽车充电设施规划

Electric Vehicle Charging Facilities Planning in Industrial Parks Considering the Driving Characteristics of Electric Vehicles

南方能源建设. 2018, 5(z1): 7-14 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.S1.002>

#### 典型园区综合能源系统分析平台研究

Research on Integrated Energy System Analysis Platform of Typical Industrial Parks

南方能源建设. 2019, 6(3): 70-74 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.012>

#### 园区能源互联网规划评价指标体系与方法

Research on Benefit Evaluation Method of User Side Distributed Energy Storage System

南方能源建设. 2019, 6(3): 75-80 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.013>

#### 区域综合能源管控与服务管理系统设计与应用

Design and Application of Regional Integrated Energy Control and Service Management System

南方能源建设. 2020, 7(1): 21-26 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.01.003>

# 工业园区综合能量管理系统的设计与应用

黄楚鸿<sup>✉</sup>, 庞学跃

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州510663)

**摘要:** [目的] 工业园区一般具备冷、热、电、气等多种能源形式, 大多数工业园区内各种能源耦合性不强, 未能有效地实现能源的相互协调转换, 造成工业园区普遍存在能源浪费、能源紧缺等现象, 因此需要开展工业园区综合能量管理系统的研究, 以实现对工业园区内能源的运行优化控制。[方法] 针对工业园区能源的特点, 设计了工业园区综合能量管理系统的系统架构、关键应用功能。[结果] 所设计的工业园区综合能量管理系统为工业园区多种能源的协调优化运行提供技术系统的支撑。[结论] 工业园区综合能量管理系统能够有效整合工业园区内多种能源类型的可调控资源, 提高能源利用效率, 实现园区能源的可持续发展。

**关键词:** 工业园区; 综合能量管理; 多种能源; 优化调度

中图分类号: TK01; TM73

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2021)01-0018-07

开放科学(资源服务)二维码:



## Design and Application of Integrated Energy Management System in Industrial Park

HUANG Chuhong<sup>✉</sup>, PANG Xueyue

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** [Introduction] Generally, there are various energy forms in industrial park, such as cold, heat, electricity, gas and so on. In most instances, the coupling of various types of energy isn't strong and mutual coordinated conversion isn't realized efficiently, resulting in widespread energy waste and shortage in industrial park. Therefore, it is necessary to carry out the research on comprehensive energy management system of industrial park, so as to accomplish the operation optimization and control of the energy in industrial park. [Method] This paper described the system architecture, key application of the integrated energy management system based on the characteristics of the energy in industrial park. [Result] The designed integrated energy management system can provide technology support for coordinated and optimized operation of various energy sources in industrial park. [Conclusion] Integrated energy management system of industrial park can integrate the controllable resources of various energy forms and improve energy utilization efficiency and achieve the sustainable development of energy in industrial park.

**Key words:** industrial park; integrated energy management; multiple energy forms; optimized dispatching

2095-8676 © 2021 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

工业园区一般具备冷、热、电、气等多种能源形式, 但由于缺乏用能的统一协调控制, 园区内不同能源之间的耦合性不强, 未能有效地实现能源相互间的协调转换, 造成园区普遍存在能源浪费、电能紧缺等现象<sup>[1-2]</sup>。

近几年国内外多能协同的综合能量管理系统相

关技术研究和工程建设受到广泛关注。但多数应用和研究是针对特定行业企业或区域内基础能源信息的监视, 而针对区域内多种能源的统一协调控制的研究和应用较少, 特别对工业园区的多能协调控制技术的研究仍处于起步阶段。电力行业传统的配网自动化系统、需求响应管理系统和新能源控制系统等虽然分别在不同程度上解决了工业园区内配网供电、用户用电及新能源运行管理等方面的问题, 但上述系统并未涉及工业园区多种能源的协调运行控

收稿日期: 2020-06-24 修回日期: 2020-08-15

基金项目: 国家重点研发计划“工业园区多元用户互动的配用电系统关键技术研究示范”(2016YFB0901300)

制, 缺乏工业园区多能协调控制系统的设计。

本文提出了一种工业园区综合能量管理系统的设计思路, 该系统基于多能协同和多元互动的思想, 采用多层次的系统架构来实现工业园区多种能源的优化协调控制。

### 1 系统概述

工业园区综合能量管理系统的作用应体现在如下 4 个方面:

#### 1) 多能感知

实现工业园区不同能源的在线感知, 全面监视园区内能源的流动, 为能源的协调控制提供运行状态数据及预警信息。

#### 2) 多能耦合

分析工业园区冷、热、电、气等多种能源的运行特点及相互间的能源转换关系, 建立多能耦合模

型, 实现对不同能量传输和转化过程的动态描述。

#### 3) 多能协调

实现工业园区冷、热、电、气等多种能源的优化协调控制, 实现不同能源间的有效转换和能源的高效消纳。

#### 4) 多元互动

分析工业园区不同可调节资源的运行特性, 建立互动资源策略库, 让不同的可调节资源参与到工业园区能源协调运行中。

### 2 系统架构设计

#### 2.1 系统总体架构

工业园区综合能量管理系统总体架构如图 1 所示, 系统采用多层次的系统架构, 通过园区层-用户层-终端层之间的相互协调控制, 实现整个园区、用户内部等多个层面上的能源优化协调运行, 提高园区冷、热、电、气等多种能源的综合利用效率及

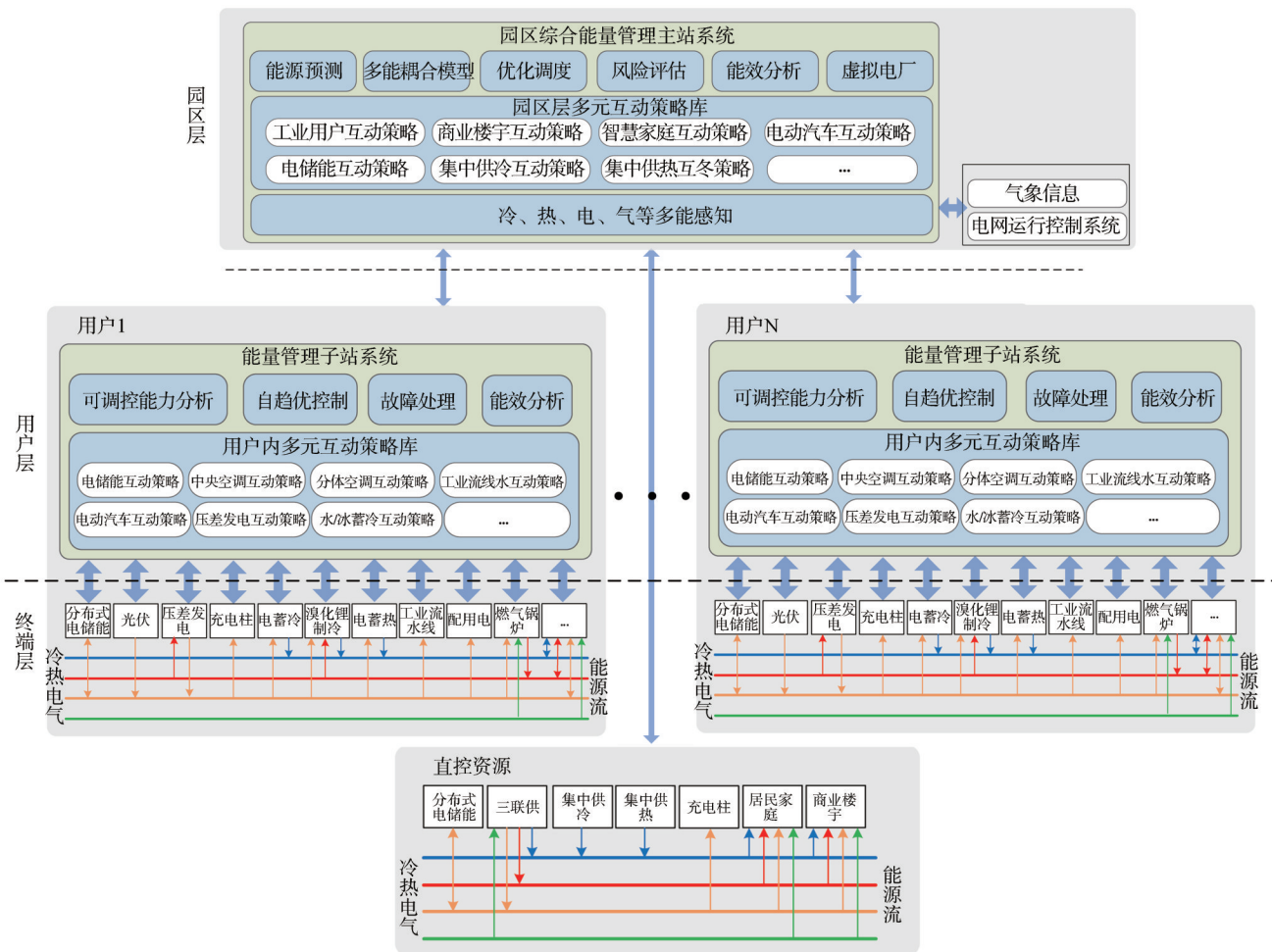


图 1 系统总体架构

Fig. 1 Overall architecture of the system

用能的平滑性。

### 1) 园区层

在园区层部署一套园区综合能量管理主站系统。主站系统从园区层面出发,对各个接入用户及直控资源进行统一协调优化调度,以实现园区层面冷、热、电、气等多种能源的优化运行控制。其具备能源预测、优化调度、风险评估、能效分析、虚拟电厂、多能感知及多元互动策略库等功能模块。

### 2) 用户层

在可调控资源丰富的用户内部署一套能量管理子站系统,对用户内多种可调控资源进行优化运行控制。其具备可调控能力分析、自趋优控制、故障处理、能效分析及多元互动策略库等功能模块。

### 3) 终端层

在可调控资源及信息采集点部署采集设备及终端控制设备等,实现基础数据的采集及与上级控制系统进行交互。

## 2.2 系统数据流架构

工业园区综合能量管理系统数据流架构如图 2 所示,对于直控资源的数据流按照图中①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→①的数据流向来实现对园区层面

直控资源及用户资源(把用户整体看成一个直控资源)的优化控制,对于用户内可调节资源的数据流按照图中①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→①的数据流向来实现园区层面对用户内可调节资源的协调优化控制。

具体描述如下:

1) 园区层面综合能量管理主站系统通过多元感知模块获取直控资源、用户资源、气象数据、运行数据等数据,并发送给多能预测模块,进行多种能源超期/超短期的预测;优化调度模块根据预测结果,并结合不同被控对象的互动策略,编制日前、日内及实时等优化调控计划,实现了日前→日内→实时调控计划的时序递进优化,以确保工业园区多种能源优化调度计划制定的流畅性与连续性,提高能源调度的安全裕度。

2) 用户层面能量管理子站系统通过可调节资源分析模块获取可调节资源的调节能力及在线运行数据,并结合不同被控对象的互动策略,根据园区综合能量管理主站系统下发的优化调控计划,实现对用户内部可调节资源的控制。

3) 终端层面需要在线采集各种被控对象的运

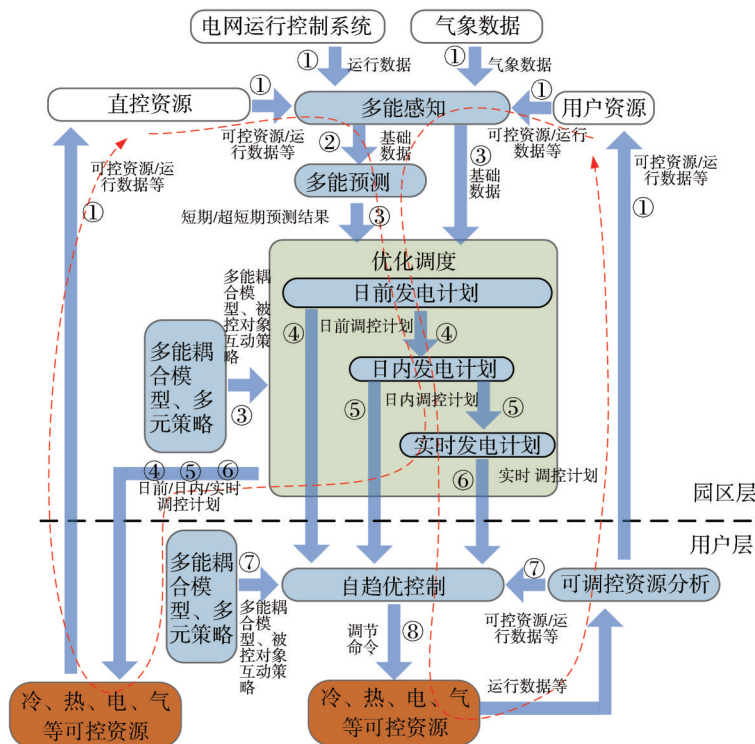


图2 系统数据流架构

Fig. 2 Architecture of the data flow



行状态数据及用能设备的监测数据, 并反馈给园区综合能量管理主站系统和用户能量管理子站系统, 各级系统根据采集的数据进行调控计划的优化, 以构成一个闭环的修正控制策略, 提高对可调节资源控制的准确性。

### 2.3 系统硬件架构

工业园区综合能量管理系统硬件架构如图 3 所示。工业园区综合能量管理主站系统划分为安全区 I 和安全区 III。安全区 I 和安全区 III 之间通过物理隔离装置进行物理隔离; 安全区 I 通过物理隔离装置与安全区 I 外部系统、直控资源进行互联; 安全区 I 通过安全接入区与能量管理子站系统进行互联。

1) 主站系统主要配置用于部署应用功能及数据交互所需的应用服务器及交换机、网络安全设备、磁盘阵列等相关设备。

2) 子站系统主要配置用于部署应用功能、数据交互、数据采集所需的应用服务器、网络安全设备等相关设备。

3) 终端层针对终端设备的不同, 部署不同的监控设备, 例如低压回路部署电能采集设备、中央空调部署冷热监控终端等; 对于具备后台系统的可调节资源, 通过建立系统接口来实现互联。

### 2.4 系统信息集成与交互

工业园区综合能量管理系统信息集成交互如图 4 所示。数据统一交互平台实现了主站系统各个应用功能模块之间的数据交互、与外部系统的数据交互及与直控资源、用户能量管理子站的数据交互。主站系统把数据统一交互平台作为数据资源池, 实现各种信息的集成及数据的共享。数据统一交互平台通过对不同类型的数据进行归一化处理, 制定统一的数据格式, 便于数据的维护管理及对新增功能数据交互的即插即用。

用户层能量管理子站系统负责采集用户内部冷、热、电、气等运行状态信息并上送给主站系统。主站系统和子站系统之间支持多种通信方式进行数据交互, 包括无线通信、光纤专线通信等。为

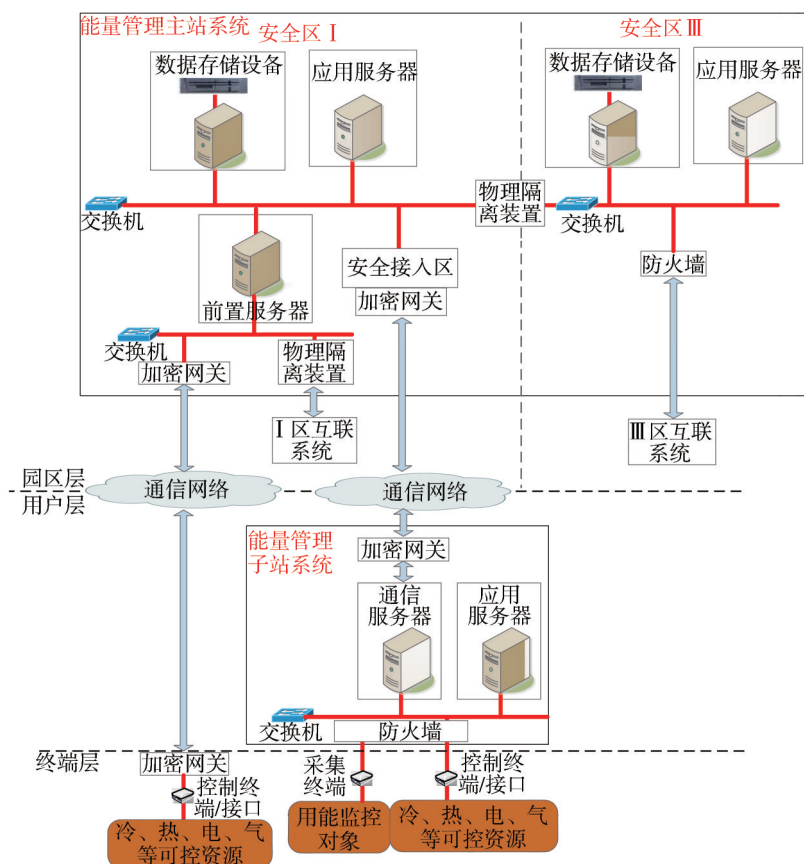


图 3 系统硬件架构

Fig. 3 Hardware architecture of the system

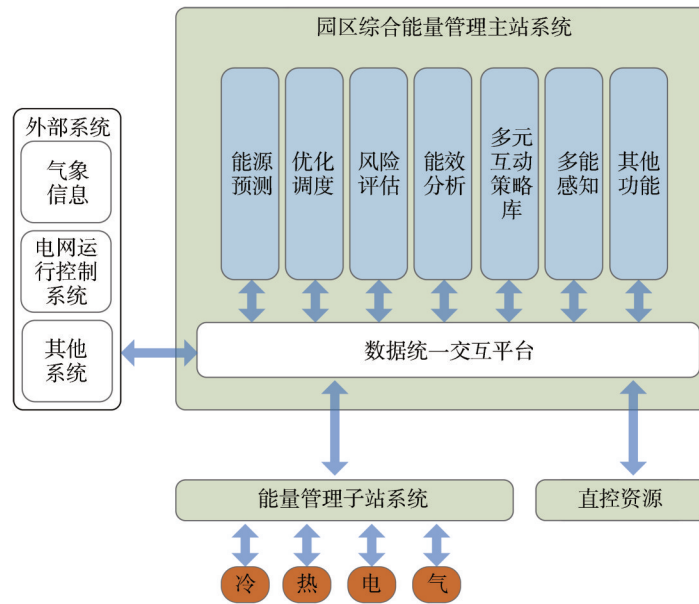


图 4 系统信息集成与交互

Fig. 4 Information integration and interaction of the system

了保证网络安全，主站系统与子站系统的通信通过安全接入区来实现网络安全的防护。

主站系统与直控资源之间的通信采用专线的方式进行数据交互，并配备必要的安全防护设备来加强数据交互的加密性及可靠性。

### 3 关键应用功能

#### 3.1 多能感知

多能感知是以工业园区冷、热、电、气等多种能源运行数据为基础，基于动态、整体地对园区多种能源进行感知，实现对园区能源系统运行状态的监测，保障园区能源系统的稳定、可靠运行<sup>[3]</sup>。

1) 实现在线感知，全景互动展示工业园区冷、热、电、气等不同能源系统及用户资源的物理分布情况及运行状态，实现能源的在线监视及可视化展示。

2) 实现在线风险识别，以工业园区运行数据为基础，运用多能感知的风险识别能力，实现对园区多种能源运行的事前风险预警、事中趋势分析、异常处置及事后分析评估等。

#### 3.2 多能耦合

如图 5 所示，冷、热、电、气等多种能源可直接供用户使用，也可以通过三联供机组、电蓄冷设备、电蓄热设备、燃气锅炉、蒸汽差压发电等设备实现冷、热、电、气的相互转化利用。

通过分析工业园区冷、热、电、气等多种能源的运行特点及相互间的能源转换关系，建立多能耦合模型，实现对不同能量传输和转化过程的动态描述，为多种能源的优化控制提供模型支撑。

#### 3.3 多能预测

多能预测实现工业园区多种能源的运行趋势预测，为多种能源的优化调度提供预测结果。

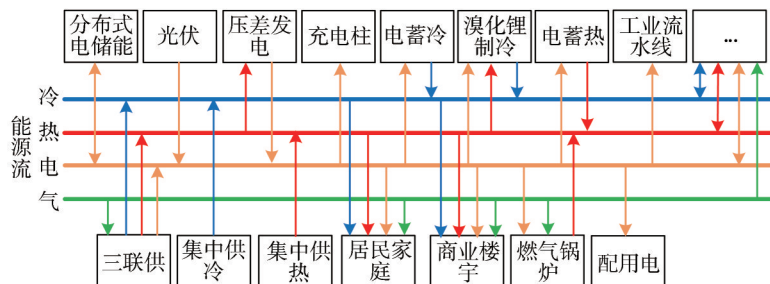


图 5 能源转换示意图

Fig. 5 Schematic diagram of energy conversion

多能预测核心实现冷、热、电、气等多种能源的短期、超短期功率预测。多能预测模块根据不同能源系统及被控对象的运行状态数据、可调节资源的裕度及用户生产计划等相关数据,结合气象数据,计算出冷、热、电、气等多种能源的短期、超短期功率预测结果。

### 3.4 多元互动策略

多元互动策略主要实现不同互动对象所采用的互动模式。通过分析工业园区不同可调节资源的运行特性,建立互动资源策略库,有助于后续新增互动对象的快速接入。根据互动对象的不同,多元互动策略分为园区层和用户层。

#### 1) 园区层多元互动策略

园区层多元互动策略面向园区层面可调节资源,制定针对性的互动策略。例如与可调节资源丰富的工业用户的互动,在工业用户内部部署能量管理子站,从主站系统的角度,将工业用户整体看为一个可调节资源,通过主站系统和子站系统之间的资源信息交互来实现用户内部资源的优化调度;又如与电动汽车充电桩群的互动,根据充电桩群所在变压器及馈线的运行情况等,采用电动汽车充电控制策略引导电动汽车的有序充电,以平抑因集中充电造成的峰谷差扩大。

#### 2) 用户层的多元互动策略

用户层多元互动策略面向用户内可调节资源,制定针对性的互动策略。例如与工业用户内工业生产线的互动,某些工业生产由多条生产线组成,生产线之间为无序投入运行,存在某一时刻出现同时投入多条生产线,产生用电负荷叠加的情况出现,通过采取对生产线投入时间的有序控制,使各生产线投入时间错开,保障用电的平稳有序。

### 3.5 优化调度

优化调度模块实现园区多种能源的日前→日内→实时的调度计划编制,为多种能源的运行控制提供优化调度策略,以最大限度的实现各种能源的消纳及优化互补,保障能源系统运行的平稳性<sup>[4-7]</sup>。优化调度模块基于多能的耦合模型的转换关系,对多能计划进行优化编制:

1) 日前优化调度计划以多能预测的短期功率预测结果、约束条件等,编制出多能日前调度计划。

2) 日内优化调度计划以多能预测的超短期功率预测结果、各种能源的运行状态、约束条件等,编制出多能日内调度计划。

3) 实时优化调度计划模块以各种能源实时运行数据为基础,编制出多能实时调度计划。

### 3.6 虚拟电厂

将工业园区的可调节资源进行聚合构成一个虚拟的电厂,参与到电力市场和电网的运行控制中,为电网运行提供容量服务、辅助服务,进而提高电网的经济性和可靠性<sup>[8-11]</sup>。

### 3.7 自趋优控制

自趋优控制为能量管理子站系统的功能模块,该模块根据用户内部资源的运行情况,对用户内部可调节资源进行日前、日内、实时的优化自动控制。在园区不存在能源紧缺风险的情况时,自趋优控制模块按照用户资源最优控制来实现内部资源的调控;在主站系统发出能源紧缺风险信号时,子站系统自趋优控制模块与主站优化调度模块相互协调配合,对用户可调节资源进行优化调度,从而实现能源的调控。

## 4 示范应用

工业园区综合能量管理系统正在某工业园开展示范建设:

1) 园区层,部署1套园区综合能量管理主站系统,主站系统通过系统接口的方式接入了直控电储能、CCHP、电网运行控制系统、气象信息等。

2) 用户层,在6个工业用户内部各部署1套能量管理子站系统,子站系统通过系统接口方式接入了用户内部储能系统、光伏系统等。

3) 终端层,根据用户内部资源分别部署了中央空调冷热监控终端、分体空调智能控制终端、配用电采集终端、工业生产线控制终端等终端设备。终端设备通过光纤通信方式接入到用户能量管理子站系统。

目前该工业园区综合能量管理系统处于投入试运行阶段,运行状态良好,下一步将根据运行结果对应用效果进行分析。

## 5 结论

本文设计的工业园区综合能量管理系统,基于

多能协同和多元互动的思想,采用多层次的系统架构实现从园区整体到用户内部多种能源的统一优化调度。所设计的系统具有以下几个方面的意义:

1) 系统满足工业园区对能源管控的需求,为园区和用户内部提供能源的精细化管控。

2) 深入用户内部能源管控,从能源使用末端实现冷、热、电、气等多种能源的优化控制。

3) 基于系统对园区或用户能源的运行分析,可为其能源设施提供优化改造建议,以降低园区或用户的用能成本。

4) 通过点(单个用户)-线(多个用户)-面(整个园区),有效整合工业园区内不同能源,实现不同能源形态的转换,提高能源使用效率,使园区内能源利用的生态性体现更为充分,实现园区能源的可持续发展。

本文侧重介绍工业园区综合能量管理系统的设计,并未过多阐述多能流的耦合模型,多能流的耦合模型对综合能源的优化控制起到关键的作用,也是综合能源控制的重点研究方向,需要进行深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 姜子卿,郝然,艾芊. 基于冷热电多能互补的工业园区互动机制研究[J]. 电力自动化设备,2017,37(6):260-267.  
JIANG Z Q,HAO R,AI Q. Interaction mechanism of industrial park based on multi-energy complementation [J]. Electric Power Automation Equipment,2017,37(6):260-267.
- [2] 沈颖忱. 工业园区能源供给系统优化配置方法研究[D]. 重庆:重庆大学,2016.  
SHEN Y C. Research on the optimal allocation method of energy supply system in industrial parks [D]. Chongqing:Chongqing University,2016.
- [3] 孙宏斌,潘昭光,郭庆来. 多能流能量管理研究:挑战与展望[J]. 电力系统自动化,2016,40(15):1-8+16.  
SUN H B,PAN Z G,GUO Q L. Energy management for multi-energy flow:challenges and prospects [J]. Automation of Electric Power Systems,2016,40(15):1-8+16.
- [4] 韩宇,彭克,王敬华,等. 多能协同综合能源系统协调控制关键技术研究现状与展望[J]. 电力建设,2018,39(12):81-87.  
HAN Y,PENG K,WANG J H,et al. Research status and prospect of key technologies for coordinated control of multi-energy synergic integrated energy systems [J]. Electric Power Construction,2018,39(12):81-87.
- [5] 何仲潇,徐成司,刘育权,等. 考虑多能协同的工厂综合需求侧响应模型[J]. 电力自动化设备,2017,37(6):69-74.  
HE Z X,XU C S,LIU Y Q,et al. Industrial park IDR model considering multi-energy cooperation [J]. Electric Power Automation Equipment,2017,37(6):69-74.
- [6] 张颖媛,杨文,李怀良. 区域综合能源管控与服务管理系统设计与应用[J]. 南方能源建设,2020,7(1):21-26.  
ZHANG Y Y,YANG W,LI H L. Design and application of regional integrated energy control and service management system [J]. Southern Energy Construction,2020,7(1):21-26.
- [7] 徐航,董树锋,何仲潇,等. 考虑能量梯级利用的工厂综合能源系统多能协同优化[J]. 电力系统自动化,2018,42(14):123-130.  
XU H,DONG S F,HE Z X,et al. Multi-energy cooperative optimization of integrated energy system in plant considering stepped utilization of energy [J]. Automation of Electric Power Systems,2018,42(14):123-130.
- [8] 张璐,张斌. 基于正态分布区间数的综合能源系统效益评价研究[J]. 南方能源建设,2015,2(2):41-45.  
ZHANG L,ZHANG B. Research and practice of optimizing energy system with multi complementary integration [J]. Southern Energy Construction,2015,2(2):41-45.
- [9] 王莉,吴国沛,曾顺奇,等. 考虑上级电网与工业园区互动的综合需求响应[J]. 电力建设,2019,40(9):52-63.  
WANG L,WU G P,ZENG S Q,et al. The strategy of integrated demand response considering the interaction between distribution grid and industrial park [J]. Electric Power Construction,2019,40(9):52-63.
- [10] 陈泽雄,高军伟,林亚培,等. 园区综合能源微网动态优化调度算法[J]. 广东电力,2020,33(10):64-74.  
CHEN Z X,GAO J W,LIN Y P,et al. Mixed integer linear programming algorithm for dynamic optimal scheduling of integrated energy campus microgrid [J]. Guangdong Electric Power,2019,33(10):64-74.
- [11] 吴峰,吕焱. 电力-天然气区域综合能源系统多能流计算及静态稳定性分析[J]. 广东电力,2019,32(10):28-35.  
WU F,LÜ Y. Multi-energy flow calculation and static stability analysis of electric power-LNG regional integrated energy system [J]. Guangdong Electric Power,2019,32(10):28-35.

#### 作者简介:



黄楚鸿

黄楚鸿(通信作者)

1986-,男,广东台山人,工程师,硕士,主要从事电网调度运行及研究工作(email) hch196@163.com。

(责任编辑 李辉)