

# 基于预测技术的建筑可再生能源系统 匹配特性分析

苏鹏伟<sup>1</sup>, 赵 军<sup>1</sup>, 邓 帅<sup>1</sup>, 安青松<sup>1</sup>, 穆云飞<sup>2</sup>, 封换换<sup>1</sup>

(1. 天津大学中低温热能高效利用教育部重点实验室, 天津 300350; 2. 天津大学智能电网教育部重点实验室, 天津 300072)

**摘 要:** 以建筑可再生能源系统为研究对象,选取天津气象条件下3层住宅建筑进行分析,在供需两侧建立可再生能源发电和建筑负荷的神经网络预测模型,提出考虑峰谷电价的系统控制策略;在实测数据校验模型的基础上,对建筑可再生能源系统进行模拟计算,针对系统的匹配特性进行分析,并以匹配性参数为指标对本系统与常规离网分布式能源系统进行对比;结果表明,所提出的基于预测的建筑可再生能源系统具有较好的匹配性和经济性,具有潜在的应用价值。

**关键词:** 可再生能源系统(RES); 发电预测; 负荷预测; 匹配性; TRNSYS

**中图分类号:** TK0119

**文献标识码:** A

## 0 引 言

随着经济的快速发展,化石能源的大量消耗引发全球气候变暖,威胁全球生态平衡,促使世界各国能源系统向低碳化转型。欧美等国不仅加大对可再生能源技术发展的支持力度,同时还通过相应的法规和政策强力推动可再生能源市场的快速发展<sup>[1]</sup>。太阳能、风能等可再生能源在建筑能源系统的应用比例正逐步提高<sup>[2,3]</sup>。但可再生能源的不稳定和不连续给建筑能源系统的匹配性带来较大影响。匹配性指建筑负荷与可再生能源供能之间的匹配程度,是建筑能源系统性能考察以及提高可再生能源应用比例的重要技术参数,也成为近年来的研究热点<sup>[4]</sup>。国际能源署(IEA)关于太阳能零能耗建筑的研究已将建筑负荷与供能系统的匹配性列为研究要点之一<sup>[5]</sup>,巴塞罗那大学加泰罗尼亚能源研究所(IREC)提出零能耗建筑中的匹配性指标<sup>[6]</sup>,意大利国家先进能源技术研究所将匹配性指标应用于建筑能源系统,以优化能源系统性能<sup>[7]</sup>。

解决可再生能源发电与建筑负荷间匹配的时空耦合问题,通常使用强解耦和弱解耦2类方法。

其中,强解耦技术包括以蓄能为代表的时间解耦和特高压输电的空间解耦2类技术,弱解耦技术则较多依赖运行优化控制。由于强解耦技术的成本较高,目前在建筑能源系统中应用较多的仍为弱解耦技术,但近年来发展较快的是预测技术。预测技术可对未来发电与负荷的动态变化进行相对精准把握,在可再生能源系统的应用已见诸文献<sup>[8-10]</sup>。目前普遍采用人工神经网络、支持向量机、贝叶斯网络等预测模型,预测对象不仅有建筑负荷还有光伏、风力机等可再生能源发电,时间尺度由年、天向小时、分钟的短时预测转变<sup>[11,12]</sup>。

基于中新国际合作项目“生态城区域能源站系统优化及其基于气象预报的调度系统”,本项目组近年来对负荷预测在能源系统中的应用进行广泛尝试<sup>[13-15]</sup>。本文在既有负荷预测研究的基础上,在供需两侧均应用预测技术,对可再生能源发电和建筑负荷进行预测,从而对系统的匹配性进行优化。首先利用TRNSYS建立3层住宅建筑的可再生能源系统,然后利用神经网络对可再生能源发电与建筑负荷进行预测,考虑峰谷电价,借助预测值调整系统的供能方式,在保证系统稳定运行的前提下,达到经济性最优的目标,在实测数据校验模型的基

收稿日期: 2017-03-16

基金项目: 国家高科技研究发展(863)计划(2015AA050403); 天津建交委科技项目

通信作者: 邓 帅(1981—), 男, 博士、副教授, 主要从事分布式能源系统和零能耗建筑等方面的研究。sdeng@tju.edu.cn

基础上,进行模拟计算,并以匹配性参数为指标对本系统与常规离网分布式能源系统进行对比分析,验证所建系统较好的匹配性和经济性。

## 1 系统描述

### 1.1 系统组成

如图1所示,本文所述住宅建筑可再生能源系统主要构成如下:供应侧由光伏阵列和小型风力发电机、蓄电池以及市电组成;需求侧由空调和家用电器、电动汽车充电等用电负荷组成;此外,还含有预测系统、调度平台组成的控制系统。

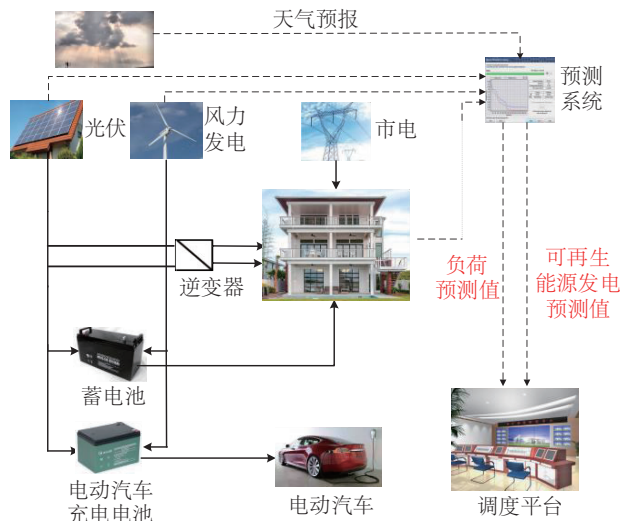


图1 住宅建筑可再生能源系统结构

Fig. 1 RES of residential building

### 1.2 建筑负荷特性

建筑模型信息来自天津市滨海新区的一栋实物建筑,总面积 270 m<sup>2</sup>,每层 90 m<sup>2</sup>,为 3 层家庭住宅型建筑。建筑窗墙比、围护结构、渗风等被动设计参数严格依据《天津市居住建筑节能设计标准》<sup>[16]</sup>。室内冷热需求,依据中国典型家庭的生活习惯,模拟时供能系统启停时间为:工作日晚上 18:00 至早上 8:00 系统开启,周末全天开启。通过在 TRNSYS 平台的 TRNBuild 中建立建筑模型,模拟结果显示供暖季均值热负荷为 9.18 kW,均值冷负荷为 3.57 kW,负荷模拟结果可作为空调及供能系统的选型依据。

### 1.3 可再生能源系统模型

建筑的冷热负荷由电驱动的空气源送风式热

泵机组满足,空气源热泵、室内送风机以及家用电器等耗电由光伏、风电组成的可再生能源发电系统和蓄电池满足,市电作为补充。系统运行供暖季为 11 月 15 日至 3 月 15 日,制冷季为 5 月 28 日至 9 月 9 日,冷热供应系统在工作日采用夜间运行模式,非工作日则采用全天运行模式,系统的启停同时受室内温度的控制。根据文献[17,18],选定机组额定制热功率为 6 kW,逆变器容量为 12 kVA,蓄电池容量为 2000 Ah。建筑屋顶为 90 m<sup>2</sup>,考虑安装风力机及设置通道占用面积,光伏阵列的安装面积为 80 m<sup>2</sup>,光伏容量约为 7.2 kW,风力发电机容量为 5 kW。

可再生能源系统在 Matlab 中进行可再生能源发电量与负荷耗电量的预测,并进行决策产生 0 或 1 信号,输入到动态模拟软件 TRNSYS 中,系统模型所用到的主要 TRNSYS 模块及与 Matlab 连接关系如图 2 所示,具体的数学模型参考 TRNSYS 说明手册。

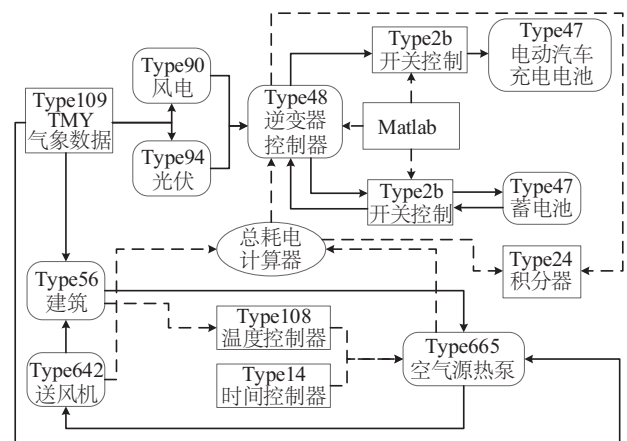


图2 可再生能源系统 Matlab-TRNSYS 模拟简图

Fig. 2 Schematic diagram of RES in Matlab-TRNSYS

## 2 系统性能研究方法

### 2.1 供需平衡基础模型

可再生能源系统平稳运行的基础是保持系统中能量的供需平衡<sup>[19]</sup>,即在系统运行过程中供能端与耗能端能量平衡,同时也是匹配性研究的出发点,系统能量供需平衡关系如式(1)所示。

$$G_{pv} + G_{wind} + G_{grid} + W_{bat} = L_{bldg} + L_{EV} + D_{dump} \quad (1)$$

式中,  $G_{pv}$  ——光伏发电量, kWh;  $G_{wind}$  ——风力机发电量, kWh;  $G_{grid}$  ——从电网所购电量;  $W_{bat}$  ——蓄电池充入或放出的电量, kWh;  $L_{bldg}$  ——建筑负荷

耗电量,包括空气源热泵、送风机以及家用电器等耗电量, kWh;  $L_{EV}$  —— 充入电动汽车充电电池的电量, kWh;  $D_{dump}$  —— 可再生能源发电的多余废弃电量, kWh。

当系统独立运行时,即不从电网购电时,  $G_{grid}=0$ , 此时式(1)可简化为:

$$G_{pv} + G_{wind} + W_{bat} = L_{bldg} + L_{EV} + D_{dump} \quad (2)$$

## 2.2 控制策略

建筑可再生能源系统考虑峰谷电价,通过判断可再生能源发电量预测值  $G_{ren,pre}$  (即光伏发电量预测值与风力机发电量预测值之和)与建筑负荷耗电量预测值  $L_{bldg,pre}$  的大小关系,调整系统供能方式,具体控制策略如表 1 所示。

表 1 可再生能源系统控制策略

Table 1 Control strategy of RES

峰谷 电价	预测 比较	运行策略	模式
峰	$G_{ren,pre} > L_{bldg,pre}$	可再生能源发电量供负荷耗电量,多余电量充蓄电池,蓄满后,充电动汽车充电电池	模式 1
	$G_{ren,pre} < L_{bldg,pre}$	可再生能源发电量供负荷耗电量,蓄电池、市电补充	模式 2
谷	—	市电供负荷耗电量,可再生能源发电量充蓄电池,蓄满后,充电动汽车充电电池	模式 3

可再生能源发电量与负荷耗电量的预测误差不可避免,需考虑预测误差对系统的影响,对控制策略进行修正。设  $a$  为历史可再生能源发电预测绝对误差的最大值,  $b$  为历史负荷预测绝对误差的最大值,则:

$$a = \max_{i=1}^n |G_{ren,pre} - G_{ren,act}| \quad (3)$$

$$b = \max_{i=1}^n |L_{bldg,pre} - L_{bldg,act}| \quad (4)$$

式中,  $G_{ren,pre}$  —— 可再生能源发电量预测值, kWh;  $G_{ren,act}$  —— 可再生能源发电量实测值, kWh;  $L_{bldg,pre}$  —— 建筑负荷耗电量的预测值, kWh;  $L_{bldg,act}$  —— 建筑负荷耗电量的实测值, kWh。

当电价处于高峰电价时,若  $G_{ren,pre} - a - b > L_{bldg,pre}$ ,

执行模式 1,若  $G_{ren,pre} + a + b < L_{bldg,pre}$ , 执行模式 2,否则执行模式 3,当电价处于低谷电价时,无论  $G_{ren,pre}$  与  $L_{bldg,pre}$  的大小关系如何,执行模式 3。

## 2.3 匹配特性参数

为了便于定量研究能量供需匹配关系,尽管存在各种称谓<sup>[4,6]</sup>,学界通常设置 2 个基本考察参数:本址发电满足负荷占比  $OEF$  和本址能源自消费占比  $OEM$ , 分别如式(5)和式(6)所示。

$$OEF = \frac{\sum_{i=t_1}^{t_2} \min[G(i); L(i)]\Delta t}{\sum_{i=t_1}^{t_2} L(i)\Delta t}, 0 \leq OEF \leq 1 \quad (5)$$

$$OEM = \frac{\sum_{i=t_1}^{t_2} \min[G(i); L(i)]\Delta t}{\sum_{i=t_1}^{t_2} G(i)\Delta t}, 0 \leq OEM \leq 1 \quad (6)$$

式中,  $G(i)$  —— 本址发电量;  $L(i)$  —— 负荷量;  $\Delta t$  —— 时间步长;  $t_1$  —— 研究起始时间;  $t_2$  —— 研究终止时间。

考虑本文所建可再生能源系统及其运行策略,结合上述能量平衡方程和负荷匹配基本评价指标,构建负荷匹配拓展指标,如式(7)和式(8)所示。

$$OEF' = \frac{\sum_{i=t_1}^{t_2} \min[G(i) - D(i); L(i)]\Delta t}{\sum_{i=t_1}^{t_2} L(i)\Delta t}, 0 \leq OEF' \leq 1 \quad (7)$$

$$OEM' = \frac{\sum_{i=t_1}^{t_2} \min[G(i) - D(i); L(i)]\Delta t}{\sum_{i=t_1}^{t_2} G(i)\Delta t}, 0 \leq OEM' \leq 1 \quad (8)$$

式中,  $D(i)$  —— 废弃的可再生能源发电量。

## 3 预测模型

对建筑负荷与光伏、风力机发电量来说,影响因素较多且与之呈非线性关系,而人工神经网络(ANN)具有表达任意非线性映射的能力,能对非线性系统进行建模<sup>[20]</sup>,利用神经网络进行预测的研究已较成熟,本文根据住宅建筑的特点进行改进,利用 BP 神经网络建立预测模型。

### 3.1 负荷预测模型

本文选取室外温度、湿度、历史负荷、日类型(工作日或休息日)以及上下班效应等因素,结合天气预报,依据文献[21]建立负荷预测模型,如图 3 所示。

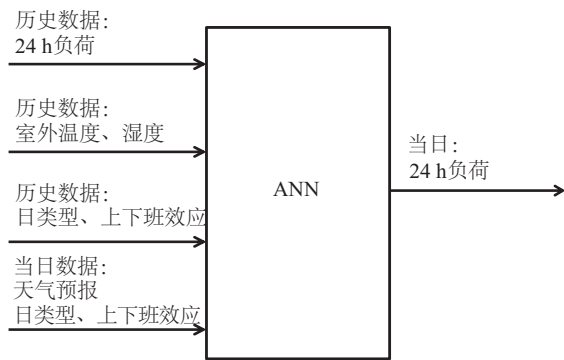


图3 负荷预测模型

Fig. 3 Model for load prediction

### 3.2 可再生能源发电预测模型

#### 3.2.1 光伏发电预测模型

受云量、风速、温度等因素的影响,不同天气类型光伏阵列的输出也不一样,如图4所示,晴天与阴天的光伏阵列出力明显不同。选取温度、湿度、风速、太阳辐射强度、历史发电量等因素作为神经网络的输入参数,依据文献[22]分别建立晴天、阴天、雨天3类天气条件下的神经网络光伏发电预测模型。

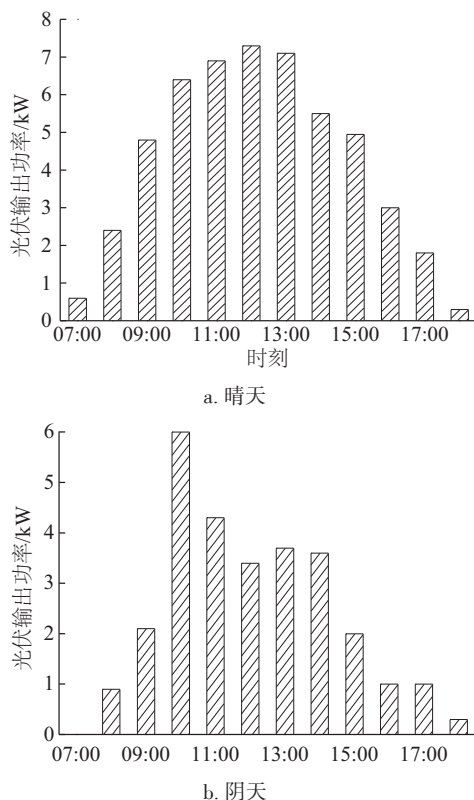


图4 不同天气条件下的光伏阵列出力

Fig. 4 PV output power under different weathers

#### 3.2.2 风力发电预测模型

选取风速、风向、气压、温度、历史发电量等因素作为神经网络输入参数,依据文献[23]建立风力发电神经网络预测模型。

## 4 结果分析

### 4.1 模拟结果分析

基于以上模型,气象数据采用天津滨海新区2014年实测数据,进行可再生能源发电预测与建筑负荷预测,与可再生能源系统的全年发耗电模拟。可再生能源发电主要包括光伏和风力发电,建筑耗电主要包括空调耗电、送风机耗电以及家电耗电,此外还有电动汽车充电耗电,其中家电耗电一项基于中国典型家庭家用电器实时使用情况统计。

历史可再生能源发电预测绝对误差的最大值 $a$ 与历史负荷预测绝对误差的最大值 $b$ 由2013年实测数据得出。根据所建的预测模型,2013年光伏发电预测百分比误差为19%,绝对误差最大值802 W;风力发电预测百分比误差为23%,绝对误差最大值为706 W;则2013年可再生能源发电预测绝对误差的最大值 $a$ 为1508 W。负荷预测百分比误差为9%,绝对误差的最大值 $b$ 为489 W。

通过模拟计算,得到全年8760 h累积发耗电情况,如图5所示。

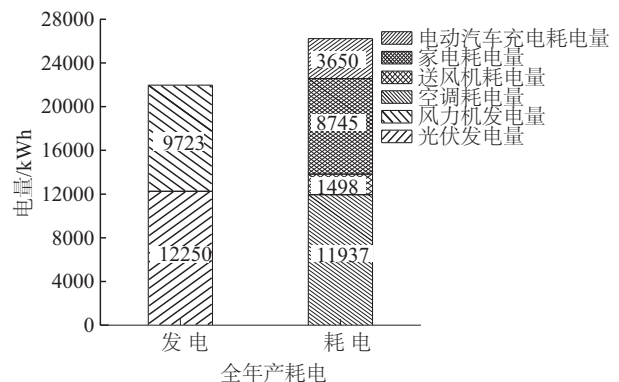


图5 建筑可再生能源系统全年产耗电情况

Fig. 5 Annual electricity production and consumption of RES

对此3层住宅建筑采用常规离网分布式能源系统运行方式,即可再生能源所发电量输送至蓄电池,建筑所需电量由蓄电池提供,进行模拟,并与本文基于预测的能源系统进行对比,电价按照天津市和平区居民电采暖峰谷电价<sup>[24]</sup>计算,结果如表2所示。



表2 2种可再生能源系统模拟结果

Table 2 Simulation results of two renewable energy systems

项目	基于预测的 可再生能源系统	常规系统
全年发电量/kWh	21973	21973
全年耗电量/kWh	25830	25830
废弃电量/kWh	2688	8884
电网购电量/kWh	6545	12741
购电花费/¥	2160	5050

从表2可看出,本文所建的建筑可再生能源系统全年废弃电量为2688 kWh,从电网购电花费为2160 ¥,常规离网分布式能源系统全年废弃电量为8884 kWh,从电网购电花费为5050 ¥,本文所建的建筑可再生能源系统全年所废弃的电量与购电花费均较少,约为常规离网分布式能源系统的30%和43%,且在运行过程中,蓄电池的充放电次数相比常规离网分布式能源系统大大减少,可延长蓄电池的寿命,减少更换蓄电池产生的费用,从而进一步提高系统的经济性。

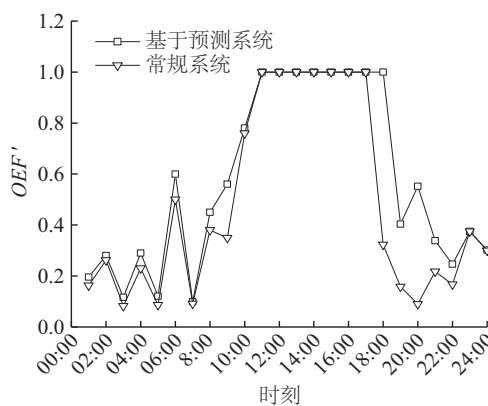
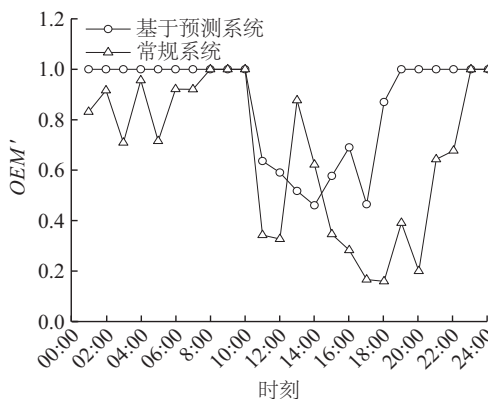
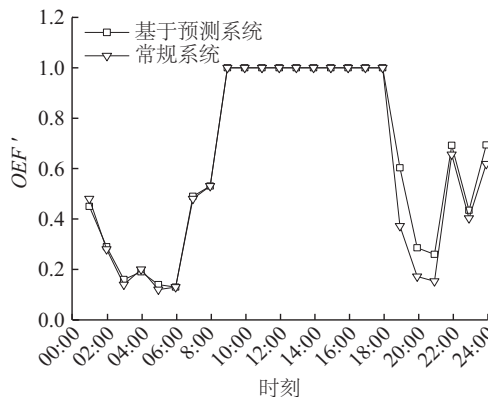
#### 4.2 匹配性能分析

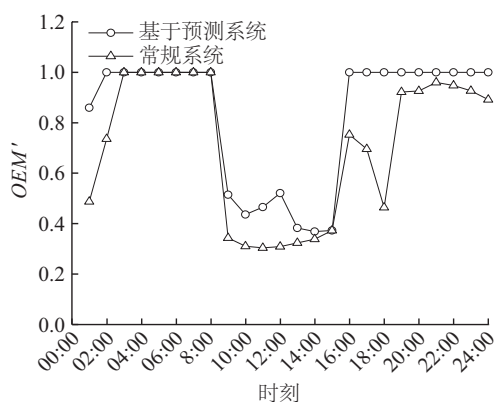
根据模拟计算,安装容量分别为7.2 kW和5 kW的光伏和风电机组全年总发电量为21973 kWh,建筑总耗电量为25830 kWh,本文所建的建筑可再生能源系统废弃电量为2688 kWh,常规离网分布式能源系统废弃电量为8884 kWh,因此,全年二者本址发电满足负荷占比分别为75%和51%,本址能源自消费占比分别为88%和60%,本文所建的建筑可再生能源系统本址发电满足负荷占比和本址能源自消费占比明显高于常规离网分布式能源系统。

在全年尺度下进行系统产能与耗能的分析是能源系统匹配性研究最基本的考量<sup>[4]</sup>,但由于可再生能源的不稳定性以及匹配评价精度要求的提高,以年作为研究时间尺度在实践中往往并不能满足运行要求,体现在建筑能源系统在全年大时间尺度下满足供需平衡的案例,在更小时间尺度上不一定能满足<sup>[25]</sup>,因此,以小时作为研究时间尺度,选取2个典型日进行 $OEF'$ 与 $OEM'$ 的匹配性分析,如图6所示。由于住宅建筑夜间耗电量大于白天,白天可再生能源发电主要用来提供用电负荷小且固定的家用电器耗电量,所以 $OEF'$ 值较大,同时可再生能源发电用来给蓄电池充电,但由于蓄电池的容量有限,

并不能无限充电,所以白天自消费比例 $OEM'$ 较小,基本在0.60以下。夜间家庭耗电量较大,此时电源只有风力发电机以及蓄电池,由于蓄电池有白天蓄存的电能,因此 $OEM'$ 较大。

由图6可看出,除个别点外,在小时时间尺度上,本文所建的基于预测的建筑可再生能源系统本址发电满足负荷占比和本址能源自消费占比高于常规离网分布式能源系统。因此,无论在全年时间尺度还是小时时间尺度上,本文所建的基于预测的建筑可再生能源系统匹配性好于常规离网分布式能源系统。

a. 1月15日 $OEF'$ 逐时变化b. 1月15日 $OEM'$ 逐时变化c. 10月15日 $OEF'$ 逐时变化



d. 10月15日 OEM' 逐时变化

图6 典型日匹配性分析

Fig. 6 Daily matching analysis of RES

## 5 结 论

针对建筑能源系统中可再生能源的高渗透率以及可再生能源不稳定性和不连续性给建筑能源系统的能量供需匹配带来的影响,通过对可再生能源发电和建筑负荷进行预测,将预测应用到实际的能源系统当中,构建基于预测的建筑可再生能源系统,提出考虑峰谷电价的系统控制策略,在实测数据校验模型的基础上,验证所建系统较好的经济性和匹配性。系统具有以下特点:1)通过预测调整可再生能源系统的供能方式,系统能量供需两侧的匹配性较好,在全年时间尺度和小时时间尺度上匹配性均高于常规离网分布式能源新系统。2)运行过程中蓄电池的充放电次数较少,可延长蓄电池的寿命,系统考虑峰谷电价,在保证系统稳定运行的前提下,经济性得到提高。3)预测绝对误差最大值的大小影响系统的执行策略,与系统的经济性紧密相关,因此可研究更有效的算法来提高预测精度,减小  $a$  与  $b$ ,从而提高系统的经济性。

### [参考文献]

- [1] 陈 炜, 艾 欣, 吴 涛, 等. 光伏并网发电系统对电网的影响研究综述[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(2): 26—32.
- [1] Chen Wei, Ai Xin, Wu Tao, et al. Influence of grid-connected photovoltaic system on power network[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(2): 26—32.
- [2] 中国能源编辑部. 中美气候变化联合声明[J]. 中国能

源, 2014, 36(11): 1.

- [2] Editor of Energy of China. Sino-US joint statement on climate change[J]. Energy of China, 2014, 36(11): 1.
- [3] 国家中长期科学和技术发展规划纲要. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)[J]. 中国安防, 2006,(1): 1—5.
- [3] Long-term science technology development plan. Long-term science technology development plan(2006-2020)[J]. China security, 2016,(1): 1—5.
- [4] Widen J, Wackelgard E, Lund P D. Options for improving the load matching capability of distributed photovoltaic: Methodology and application to high-latitude data[J]. Solar Energy, 2009, 83(11): 1953—1966.
- [5] Andreas Athienitis. Modeling, design, and optimization of net-zero energy buildings [EB/OL]. <http://task40.ieashe.org/>, 2016-06-30.
- [6] Salom J, Marszal A J, Widen J, et al. Analysis of load match and grid interaction indicators in net zero energy buildings with simulated and monitored data[J]. Applied Energy, 2014, 136: 119—131.
- [7] Ferraro M, Sergi F, Antonucci V, et al. Load match and grid interaction optimization of a net zero energy building through electricity storage: An Italian case-study[A]. International Conference on Environment and Electrical Engineering IEEE[C], Hangzhou, 2016: 1—5.
- [8] Vaz A G R, Elsinga B, W. G. J. H. M. van Sark, et al. An artificial neural network to assess the impact of neighbouring photovoltaic systems in power forecasting in Utrecht, the Netherlands[J]. Renewable Energy, 2016, 85: 631—641.
- [9] 陈益哲, 张步涵, 王江虹, 等. 基于短期负荷预测的微网储能系统主动控制策略[J]. 电网技术, 2011, 35(8): 35—40.
- [9] Chen Yizhe, Zhang Buhan, Wang Jianghong. Active control strategy for micro grid energy storage system based on short-term load forecasting[J]. Power System Technology, 2011, 35(8): 35—40.
- [10] 朱 博. 基于发电功率与短期负荷预测的微网经济运行策略研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.
- [10] Zhu Bo. An optimal strategy about economical operation of microgrid based on dynamic forecasting of power and load[D]. Chongqing: Chongqing University, 2012.
- [11] 肖 白, 周 潮, 穆 钢. 空间电力负荷预测方法综述与展望[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(25):

- 78—92.
- [11] Xiao Bai, Zhou Chao, Mu Gang. Review and prospect of the spatial load forecasting methods[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(25): 78—92.
- [12] 段学伟, 王瑞琪, 王昭鑫, 等. 风速及风电功率预测研究综述[J]. 山东电力技术, 2015, 42(7): 26—32.
- [12] Duan Xuwei, Wang Ruiqi, Wang Zhaoxin, et al. Review of wind speed and wind power prediction methods[J]. Shandong Electric Power, 2015, 42(7): 26—32.
- [13] 徐 欣, 田 喆. 天津市办公建筑供暖负荷中短期预测[J]. 暖通空调, 2016, 46(4): 50—54.
- [13] Xu Xin, Tian Zhe. Short and medium term prediction of heating load for office buildings in Tianjin[J]. Heating, Ventilation and Air Conditioning, 2016, 46(4): 50—54.
- [14] 袁闪闪, 田 喆, 朱 能, 等. 利用气象参数进行热网动态调节研究方法综述[J]. 煤气与热力, 2010, 30(7): 8—11.
- [14] Yuan Shanshan, Tian Zhe, Zhu Neng, et al. Review on research method of dynamic regulation for heat supply network with meteorological parameters[J]. Gas & Heat, 2010, 30(7): 8—11.
- [15] Liu K, Wang M, Tian Z, et al. The research about the impact of climate change on power load of air conditioning[A]. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference IEEE[C], Shanghai, 2012: 1—4.
- [16] DB29-1—2013, 天津市居住建筑节能设计标准[S]. 天津: 天津市建筑设计院, 2013.
- [16] DB 29-1—2013, Tianjin energy efficiency design standard for residential buildings[S]. Tianjin: Tianjin Architectural Design Institute, 2013.
- [17] JGJ 203—2010, 民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [17] JGJ 203—2010, Technical specification for PV system of civil buildings[S]. Beijing: China Construction Industry Press, 2010.
- [18] 葛彬彬, 徐 林, 刘 洪, 等. 不同类型负载下蓄电池容量对独立光伏系统的影响分析[J]. 蓄电池, 2013, (3): 126—130.
- [18] Ge Binbin, Xu Lin, Liu Hong, et al. The influence of battery's capacity on the stand-alone photovoltaic system with different load profile[J]. Batterychn, 2013, (3): 126—130.
- [19] Castillo-Cagigal M, Caamano-Martin E, Matallanas E, et al. PV self-consumption optimization with storage and active DSM for the residential sector[J]. Solar Energy, 2011, 85(9): 2338—2348.
- [20] 李国勇, 杨丽娟. 神经模糊预测控制及其 MATLAB 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [20] Li Guoyong, Yang Lijuan. Neural fuzzy predictive control and its MATLAB implementation[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2013.
- [21] Rodrigues F, Cardeira C, Calado J M F, et al. The daily and hourly energy consumption and load forecasting using artificial neural network method: A case study using a set of 93 households in Portugal[J]. Energy Procedia, 2014, 62: 220—229.
- [22] 王守相, 张 娜. 基于灰色神经网络组合模型的光伏短期出力预测[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(19): 37—41.
- [22] Wang Shouxiang, Zhang Na. Short-term output power forecast of photovoltaic based on a grey and neural network hybrid model[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(19): 37—41.
- [23] Foley A M, Leahy P G, Marvuglia A, et al. Current methods and advances in forecasting of wind power generation[J]. Renewable Energy, 2012, 37(1): 1—8.
- [24] 国家电网. 关于煤改电采暖价格有关问题的通知[EB/OL]. [http://www.tj.sgcc.com.cn/html/main/col37/2015-12/29/20151229103408823202890\\_1.html](http://www.tj.sgcc.com.cn/html/main/col37/2015-12/29/20151229103408823202890_1.html), 2015-12-29.
- [24] State Grid. Notice on issues related to coal-to-electric heating prices[EB/OL]. [http://www.tj.sgcc.com.cn/html/main/col37/2015-12/29/20151229103408823202890\\_1.html](http://www.tj.sgcc.com.cn/html/main/col37/2015-12/29/20151229103408823202890_1.html), 2015-12-29.
- [25] Karsten Voss, Igor Sartori, Assunta Napolitano, et al. Load matching and grid interaction of net zero energy buildings[EB/OL]. [http://w.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Task40a-Load\\_Matching\\_and\\_Grid\\_Interaction\\_of\\_Net\\_Zero\\_Energy\\_Buildings](http://w.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Task40a-Load_Matching_and_Grid_Interaction_of_Net_Zero_Energy_Buildings). 2016-07-01.

## ANALYSIS OF MATCHING PERFORMANCE OF BUILDING RENEWABLE ENERGY SYSTEM BASED ON FORECASTING TECHNOLOGY

Su Pengwei<sup>1</sup>, Zhao Jun<sup>1</sup>, Deng Shuai<sup>1</sup>, An Qingsong<sup>1</sup>, Mu Yunfei<sup>2</sup>, Feng Huanhuan<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Efficient Utilization of Low and Medium Grade Energy, Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300350, China;

2. Key Laboratory of Smart Grid of Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** The study focuses on the building renewable energy system, and presents a renewable energy system for a three-store residential building in Tianjin. The neural network prediction model of renewable energy power generation and building load is established on both sides of supply and demand, and a system control strategy considering the peak and valley electricity price difference was proposed. On the basis of the verified model through the measured data, the simulation calculation of the building renewable energy system was carried out, and system matching was analyzed. Also this system was compared with the conventional off-grid distributed energy system with the matching parameters as the index. The results showed that the building renewable energy system based on forecast have good economical efficiency and matching performance, and has the potential value in practical application.

**Keywords:** renewable energy system; power generation forecast; load forecast; matching performance; TRNSYS