

组合权重相似日选取方法及光伏输出功率预测

杨锡运¹, 刘欢², 张彬³, 肖运启¹

(1. 华北电力大学 控制与计算机工程学院, 北京 102206; 2. 西安热工研究院, 陕西 西安 710032;
3. 北京华能新锐控制技术有限公司, 北京 100098)

摘要: 提出一种光伏功率预测方法, 该方法利用相似变量的基值点误差, 采用组合权重法求取相似误差, 确定相似日, 然后将相似日的输出功率按不同权重系数加权得到预测功率。根据最小鉴别信息原理, 将主观权重和客观熵权有效融合获得相似日选取的组合权重系数, 功率权重系数按相似性指标生成。某光伏电站实测数据算例仿真表明, 所提方法可选出相似度高的相似日, 提高了光伏输出功率的预测精度。

关键词: 光伏阵列; 功率预测; 相似日选取; 组合权重; 熵权法; 最小鉴别信息原理; 预测; 误差分析
中图分类号: TM 615 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-6047.2014.09.020

0 引言

光伏并网发电已成为光伏发电的主流趋势。但光伏发电存在波动性、间歇性等缺点^[1-3], 光伏发电大规模并网对电力系统经济、安全、稳定运行造成影响。对光伏发电输出功率进行准确预测可为电网功率调度提供有益的参考。

目前光伏功率预测从方法上可分为物理方法和统计方法 2 类。物理方法将气象预测数据作为输入, 采用物理方程进行预测; 统计方法对历史数据进行统计分析, 找出其内在规律并用于预测^[4-5]。随着我国光伏电站累计历史数据的增加, 统计预测方法发展迅速。应用统计预测方法建模时历史数据的选取对模型精度有较大影响, 文献[6]将光伏系统的出力划分为晴、阴、多云和雨 4 种类型, 提取天气类型相似的历史数据序列作为训练数据集, 建立光伏系统出力的支持向量机回归模型。文献[7]按照季节对历史数据进行分类, 建立了 4 个反馈型神经网络光伏系统发电功率预测子模型。文献[8]采用云量预报信息, 对天气类型进行自组织特征映射网聚类识别, 建立每种天气类型反传播神经网络的无辐照度发电量短期预报模型。文献[9]利用灰色关联系数法, 先建立每日气象特征向量, 再计算各个气象特征向量分量的关联系数, 综合得到 2 天间的总关联度, 建立基于相似日和径向基函数神经网络的光伏阵列输出功率预测模型。上述文献研究结果表明选择相关度高的历史数据训练模型能够提高模型精度。

本文提出基于各基值点时刻误差变量组合权重

法的相似日提取的光伏功率预测方法。该方法充分考虑各预测时刻气象条件相似度, 根据各个基值时刻的误差变量组合权重加权和, 选出相似日。由于相似日的输出功率曲线具有很高的关联度, 因此可以将相似日的输出功率按不同的相似权重组合获得光伏预测功率。选取相似日的组合权重系数根据最小鉴别信息原理, 将主观权重和客观熵权有效融合获得; 功率权重系数按相似性指标生成。某光伏电站实测数据仿真分析表明, 本文提出的方法可有效选取相似日, 实现较高精度的功率预测, 具有可行性和工程实用性。

1 基于组合权重法选取相似日的光伏功率预测基本思想

1.1 相似变量及基值点的确定

光伏发电输出功率受多种因素的影响^[10], 式(1)给出一个固定安装角度太阳能电池板组成的光伏发电系统的输出功率的粗略估算方法^[11]:

$$P_s = \eta SI [1 - 0.005(t_0 + 25)] \quad (1)$$

其中, η 为光伏阵列的光电转换效率(%); S 为光伏阵列的总面积(m^2); I 为光伏阵列接收到的太阳辐照度(kW/m^2); t_0 为太阳能电池板的工作温度($^{\circ}\text{C}$)。

考虑本文的光伏电站每天 06:00—18:00 可能有光伏功率输出, 因此将每天 06:00—18:00 各整点定义为基值点。对于既定的光伏发电系统在短期内(如 15 d 时间间隔内)每天在基值点各时刻的出力, 其系统转换效率、光伏阵列的总面积等影响因素都较为接近, 可近似为常数。因此功率主要受到太阳辐照度、温度 2 个因素影响。考虑到太阳辐照度的变化对输出功率的影响很大, 是影响光伏发电量的重要因素, 本文以太阳辐照度作为相似变量进行相似日的选取, 这种相似变量选取方法简单, 但由于没有使用太阳能电池板温度变量, 会带来一定预测误差。

收稿日期: 2014-01-19; 修回日期: 2014-07-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61074094, 51207049); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(13MS25, 12MS59); 北京市自然科学基金资助项目(4132061)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China (61074094, 51207049), the Fundamental Research Funds for the Central Universities (13MS25, 12MS59) and Beijing Municipal Natural Science Foundation (4132061)

1.2 基于组合权重相似日选取光伏功率预测的基本思想

基于组合权重相似日选取光伏功率预测的基本思想如下。

a. 以每天 06:00—18:00 各整点作为基值点,提取待预测日气象预报各基值点的辐照度,组成待预测日辐照度向量:

$$\mathbf{x}_0 = [x_0(6), x_0(7), \dots, x_0(17), x_0(18)]$$

提取与待预测日邻近的 15 d 历史数据各基值点的辐照度,组成历史天的辐照度向量:

$$\mathbf{x}_j = [x_j(6), x_j(7), \dots, x_j(17), x_j(18)] \quad j=1, 2, \dots, 15$$

b. 求 $\mathbf{x}_j$ 和 $\mathbf{x}_0$ 差值的绝对值,得到待预测日与邻近 15 d 历史数据的辐照度误差绝对值向量:

$$\boldsymbol{\delta}_j = \text{abs}[x_0(6)-x_j(6), x_0(7)-x_j(7), \dots, x_0(17)-x_j(17), x_0(18)-x_j(18)]$$

其中 $j=1, 2, \dots, 15$ 。

c. 确定各个基值点的权重参数,与各历史天辐照度差值绝对值相应点相乘,求取加权和得到相似误差。根据相似误差由小到大对历史天排序,选出相似误差最小的 3 d 作为待预测日的相似日。

d. 由于相似日输出功率具有很高的关联度,因此将相似日输出功率按照相似程度确定功率加权系数,然后加权组合获得光伏输出功率的预测值。

2 权重系数的确定

2.1 基于主客观权重融合的相似日组合权重参数确定

各基值点的权重参数的恰当选取是本文方法的关键,将直接影响相似日的选取和功率预测精度。目前,确定权重的方法大致分为 2 类:一是主观赋权法,由决策者根据经验主观定权,其受主观因素影响大;二是客观赋权法,通过对统计数据所包含的客观信息提取分析,确定权重,该方法完全依赖于客观数据,忽视了专家经验,而且客观数据中包含着噪声信息,因此计算结果有可能不满足要求。权重的恰当确定应该是评价指标客观信息与评价者主观判断两者综合的反映^[12-13]。本文提出结合主客观赋权法的组合权重确定方法,将专家判断和客观分析相结合得到较为理想的权重值。首先采用专家经验得到各基值点的主观权重,采用熵权法得到各基值点客观权重,然后再根据最小鉴别信息原理将所得客观熵权与基于专家经验的主观权重相结合得到组合权重。

2.1.1 采用主观法的权重参数确定

根据日常经验,每天 06:00—18:00 的辐照度并不是线性均匀变化的。对历史辐照度和光伏输出功率数据分析可得,一天中不同时间段辐照度变化量的大小和光伏功率输出值是不同的,并呈现出一定的规律性:06:00—09:00 辐照度变化量较小,对应输

出的光伏功率较小;10:00—15:00 辐照度变化量明显增加,输出的光伏功率也较大;16:00—18:00 辐照度和光伏输出功率再次减小。因此根据专家经验,将 06:00—09:00 和 16:00—18:00 的各基值点主观权重赋较小值,将 10:00—15:00 基值点主观权重赋较大值。本文组合权重系数确定过程中所使用的 06:00—18:00 基值点主观权重定义为:

$$\mathbf{w}_1 = [0.055, 0.055, 0.07, 0.07, 0.09, 0.09, 0.09, 0.09, 0.09, 0.09, 0.08, 0.065, 0.065]$$

2.1.2 基于熵权法的客观权重确定

熵权法在建立关于评价对象和评价指标的评价矩阵的基础上,确定各个评价指标在综合处理过程中的权重。信息熵可用来度量数据中包含的有用信息量,从而确定该信息所占权重。如果指标信息熵越小,则该指标提供的信息量越大,在综合评价中所起作用理当越大,权重就应该越高。熵权法正是利用此原理得到每个评价指标的客观权值,是常用的客观赋权法之一^[14]。其步骤可简单概括如下。

a. 在一个具有 m 个评价对象、 n 个评价指标的评估体系中,建立评价对象关于评估指标的评价矩阵 $\mathbf{A} = [a_{ij}]_{m \times n}$ 。

b. 将 $\mathbf{A}$ 经过标准化后得标准化矩阵 $\mathbf{R} = [r_{ij}]_{m \times n}$,并计算第 j 个评价指标下第 i 个评价对象的比重:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (2)$$

c. 第 j 个指标的熵被定义为:

$$H_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

假定当 $P_{ij}=0$ 时, $P_{ij} \ln P_{ij}=0$ 。

d. 第 j 个指标的熵权定义为:

$$\omega_j = \frac{1-H_j}{n - \sum_{j=1}^n H_j} \quad (4)$$

根据本文的相似数据选取原理,首先以 06:00—18:00 各点的辐照度差值绝对值作为 13 个评价指标,邻近的 15 个历史天作为评价对象,建立由各历史天的辐照度差值绝对值向量 $\boldsymbol{\delta}_i (i=1, 2, \dots, 15)$ 组成熵权法评价矩阵 $\mathbf{A} = [\boldsymbol{\delta}_1, \boldsymbol{\delta}_2, \dots, \boldsymbol{\delta}_{15}]^T$ 。根据上述熵权法的基本原理,将 $\mathbf{A}$ 标准化并计算第 j 个评价指标下第 i 个评价对象的比重 $P_{ij} (i=1, 2, \dots, 15; j=1, 2, \dots, 13)$ 。然后计算每个评价指标的熵值 $H_j (j=1, 2, \dots, 13)$,从而得到每个评价指标的权重 ω_j ,最后将 13 个评价指标的权值组合构成各基值点客观权重向量 $\mathbf{w}_2$ 。

2.1.3 主客观权重结合的组合权重参数确定

由于主观权重受主观因素干扰较大,而客观权重过分依赖于客观数据,易受噪声影响,且忽视了专家在确定权重中应有的重要性,因此主观权重和客观权重选相似日方法都有其局限性。对此本文提出综

合考虑主客观因素的组合权重相似日选取方法。采用最小鉴别信息原理将已经得到的主观和客观权重进行组合,得到组合权重。

设主观权重向量为 w_1 , 客观权重向量为 w_2 , 组合权重为 w 。依据最小鉴别信息原理^[15], 应使组合权重 $w(i)$ 与 $w_1(i)$ 、 $w_2(i)$ 尽可能地接近, 为此建立如下目标函数:

$$\min F=\sum_{i=1}^m w(i) \ln \frac{w(i)}{w_1(i)}+\sum_{i=1}^m w(i) \ln \frac{w(i)}{w_2(i)} \quad (5)$$

$$\text { s.t. } \sum_{i=1}^m w(i)=1, w(i)>0$$

采用拉格朗日乘子法求最小值, 可得:

$$w(i)=-\frac{\left[w_1(i) w_2(i)\right]^{0.5}}{\sum_{i=1}^m\left[w_1(i) w_2(i)\right]^{0.5}} \quad (6)$$

2.2 功率加权系数的确定

当相似日的组合权重确定后, 就可以根据 1.2 节中的步骤 **c** 求出各相似日的相似误差 e_{xs1} 、 e_{xs2} 、 e_{xs3} 。这 3 个数值代表了与预测日气象条件的相似程度, 数值越小, 相似度越高, 其功率加权值应该越大。按照上述思想, 本文的功率预测权值系数为:

$$\omega_{pi}=\frac{\sum_{i=1}^3 e_{xsi}-e_{xsi}}{2 \sum_{i=1}^3 e_{xsi}} \quad (7)$$

3 基于组合权重的相似日选取光伏功率预测实例分析

以一总容量为 40 000 kW 的光伏电站为例, 分别采用基于主观权重、熵权法客观权重和组合权重相似日选取法, 对光伏输出功率进行 24 h 预测。预测时间间隔为 15 min, 有 96 个预测点。评价指标采用均方根误差 RMSE(Root Mean Square Error), 按如下定义:

$$\text { RMSE }=\frac{1}{P_s} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{96} e_i^2}{96}} \times 100 \% \quad (8)$$

其中, $e_i=P_f(i)-P_r(i)(i=1,2, \cdots, 96), P_f$ 为预测功率, P_r 为实际功率; P_s 为总装机容量。

3.1 多云天光伏功率预测仿真实例

分别采用基于主观权重、熵权法客观权重和组合权重相似日选取法, 对 2012 年 11 月 19 日的光伏输出功率进行预测。

主观权重采用 2.1.1 节中所选 w_1 。

按 2.1.2 节步骤通过仿真得到客观熵权为:

$$w_2=[0,0,0.1300,0.1323,0.0183,0.0122,0.3925,0.0473,0.0735,0.0218,0.0592,0.1126,0]$$

依据最小鉴别信息原理, 求得主客观组合权重为:

$$w=[0,0,0.1194,0.1204,0.0508,0.0415,0.2353,0.0816,0.1018,0.0554,0.0861,0.1071,0]$$

上述 3 种方法所确定的相似日及 11 月 19 日的辐照度曲线如图 1 所示。

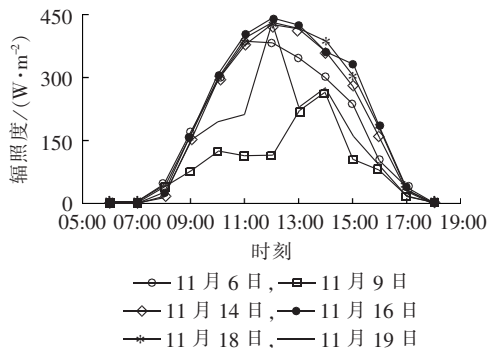


图 1 11 月 19 日及其相似日辐照度曲线
Fig.1 Solar irradiance curves of November 19th and its similar days

图 1 中共展示了 6 个相似日, 每种方法所确定的相似日有所不同, 具体见表 1。

表 1 11 月 19 日基于不同权值方法的相似日
Tab.1 Similar days of November 19th selected by different weight methods

相似日	组合权重法	客观熵权法	主观权重法
第一相似日	11 月 6 日	11 月 18 日	11 月 9 日
第二相似日	11 月 14 日	11 月 14 日	11 月 6 日
第三相似日	11 月 18 日	11 月 16 日	11 月 14 日

图 2 给出了基于相似日的 11 月 19 日 3 种预测方法光伏输出功率预测值和实际值。其中主观权重相似日 11 月 9 日、11 月 6 日和 11 月 14 日的输出功率权值系数分别为 0.3763、0.3365、0.2871, 预测的功率均方根误差为 10.85%; 熵权法客观权重相似日 11 月 18 日、11 月 14 日和 11 月 16 日的输出功率权值系数分别为 0.3511、0.3299、0.3189, 预测的功率均方根误差为 9.97%; 组合权重相似日 11 月 6 日、11 月 14 日和 11 月 18 日的输出功率权值系数分别为 0.3489、0.3263、0.3248, 预测的功率均方根误差为 7.89%。

为了验证组合权重法是否依赖主观权值的专家

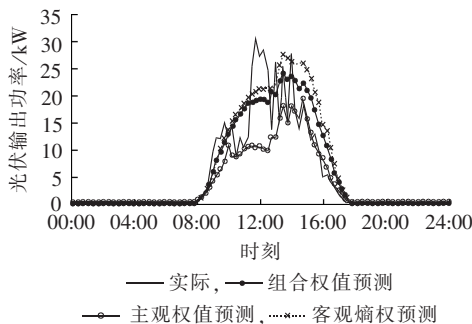


图 2 11 月 19 日 3 种预测方法光伏功率输出曲线
Fig.2 Photovoltaic power output curves of November 19th by three forecasting methods

经验,将基值点主观权重全部选取为等值 0.076,其预报的功率均方根误差变为 10.9%;熵权法客观权重不变;组合权重法预报的功率均方根误差为 7.90%,可以看出主观权重变化时,组合权重法有较好的适应性,预测精度较高。

可见,由于组合权重法融合了主观权重和客观熵权的信息,更加有效地识别历史天与待预测日的相似程度,对相似日进行了重新排序和取舍,提高了预测精度。组合权重法选出的第一相似日 11 月 6 日对应主观权重法第二相似日;第二相似日 11 月 14 日对应客观熵权法第二相似日(同时也是主观权重法第三相似日);第三相似日 11 月 18 日对应客观熵权法第一相似日。

3.2 晴天光伏功率预测仿真实例

上述仿真实例中 11 月 19 日为多云天气,其辐照度较小,波动也频繁。为了进一步验证该方法的普适性,选取晴天 2012 年 11 月 4 日继续进行仿真验证。

主观权重采用 2.1.1 节中所选 w_1 。

按 2.1.2 节步骤通过仿真得到客观熵权为:

$$w'_2=[0,0,0.0522,0.1337,0.0945,0.1089,0.1642,0.1493,0.0805,0.1221,0.0499,0.0443,0]$$

依据最小鉴别信息原理,求得主客观组合权重为:

$$w'=[0,0,0.0677,0.1083,0.1033,0.1108,0.1361,0.1298,0.0953,0.1174,0.0707,0.0601,0]$$

上述 3 种方法所确定的相似日及 11 月 4 日的辐照度曲线如图 3 所示。每种方法所确定的相似日有所不同,见表 2。

图 4 给出了基于主观权重相似日、客观熵权相似

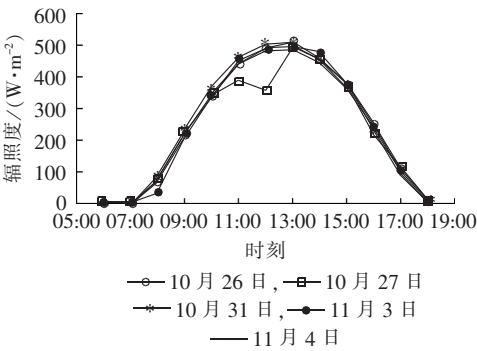


图 3 11 月 4 日及其相似日辐照度曲线
Fig.3 Solar irradiance curves of November 4th and its similar days

表 2 11 月 4 日基于不同权重方法的相似日
Tab.2 Similar days of November 4th selected by different weight methods

相似日	组合权重法	客观熵权法	主观权重法
第一相似日	10 月 26 日	10 月 26 日	10 月 31 日
第二相似日	10 月 31 日	10 月 31 日	10 月 26 日
第三相似日	11 月 3 日	11 月 3 日	10 月 27 日

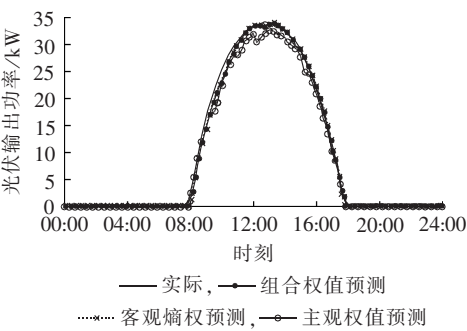


图 4 11 月 4 日 3 种预测方法光伏功率输出曲线
Fig.4 Photovoltaic power output curves of November 4th by three forecasting methods

日、组合权重相似日的 11 月 4 日光伏功率预测值和实际值。

其中主观权重相似日的输出功率权值系数为 0.379 2、0.366 1、0.254 6,预测的功率均方根误差为 2.77%;熵权法客观权重相似日的输出功率权值系数为 0.370 6、0.351 2、0.278 2,预测的功率均方根误差为 1.64%;组合权重相似日的输出功率权值系数为 0.369 6、0.366 6、0.263 7,预测的功率均方根误差为 1.61%。

由于晴天数据的相似度高,因此 3 种方法的预测误差都较小,但组合权重法预测精度最好。通过上述 2 个仿真实例分析可以看出,组合权重法由于综合了主观赋权和客观赋权的优点,充分融合了专家经验和客观数据提供的信息,确定的权重更合理,能够在不同情况下更好地找到相似日,提高功率预测精度。由于本文的方法依赖于历史天与预测日的相似程度,具有其局限性,如果预测日是突变天气,与前面历史天的相似度低,则会产生较大的预测误差。

4 结论

本文提出了选取相似变量基值点,采用主客观权重组合赋权法确定基值点的组合权重,从而选取相似日的方法,然后基于相似日的功率权重系数实现光伏功率的预测。基于专家经验的主观权重受主观成分影响过大,基于熵权法的客观权重忽视了专家经验的作用,对噪声敏感,都有其局限性。本文根据最小鉴别信息原理将主、客观权重有效组合,确定了基值点的组合权重,进行相似日选取。由于权重确定过程综合考虑了主客观因素的影响,能够选出与待预测日相似程度更高的历史天,提高了光伏功率预测的精度。通过算例验证,在不是突变天气的功率预测中,该方法简单易行,具有很好的适应性,预测精度较高,适合工程应用。

参考文献:

[1] 杨金焕,于化丛,葛亮. 太阳能光伏发电应用技术[M]. 北京:电子工业出版社,2009:13-14.

- [2] 周念成, 闫立伟, 王强钢. 光伏发电在微电网中接入及动态特性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14): 119-127.
ZHOU Niancheng, YAN Liwei, WANG Qianggang. Research on dynamic characteristic and integration of photovoltaic generation in microgrids[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(14): 119-127.
- [3] 姚致清, 张茜, 刘喜梅. 基于 PSCAD/EMTDC 的三相光伏并网发电系统仿真研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(17): 76-81.
YAO Zhiqing, ZHANG Qian, LIU Ximei. Research on simulation of a three-phase grid-connected photovoltaic generation system based on PSCAD/EMTDC[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(17): 76-81.
- [4] 卢静, 翟海青, 刘纯, 等. 光伏发电功率预测统计方法研究[J]. 华东电力, 2010, 38(4): 563-567.
LU Jing, ZHAI Haiqing, LIU Chun, et al. Study on statistical method for predicting photovoltaic generation power[J]. East China Electric Power, 2010, 38(4): 563-567.
- [5] 丁明, 王磊, 毕锐. 基于改进 BP 神经网络的光伏发电系统输出功率短期预测模型[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(11): 93-99.
DING Ming, WANG Lei, BI Rui. A short-term prediction model to forecast output power of photovoltaic system based on improved BP neural network[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(11): 93-99.
- [6] 栗然, 李广敏. 基于支持向量机回归的光伏发电出力预测[J]. 中国电力, 2008, 42(2): 74-78.
LI Ran, LI Guangmin. Photovoltaic power generation output forecasting based on support vector machine regression technique[J]. Electric Power, 2008, 42(2): 74-78.
- [7] 张艳霞, 赵杰. 基于反馈型神经网络的光伏系统发电功率预测[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 36(15): 96-101.
ZHANG Yanxia, ZHAO Jie. Application of recurrent neural networks to generated power forecasting for photovoltaic system[J]. Power System Protection and Control, 2011, 36(15): 96-101.
- [8] 代倩, 段善旭, 蔡涛, 等. 基于天气类型聚类识别的光伏系统短期无辐照度发电预测模型研究[J]. 中国电机工程学报, 2011, 31(34): 28-35.
DAI Qian, DUAN Shanxu, CAI Tao, et al. Short-term PV generation system forecasting model without irradiation based on weather type clustering [J]. Proceedings of the CSEE, 2011, 31(34): 28-35.
- [9] 王晓兰, 葛鹏江. 基于相似日和径向基函数神经网络的光伏阵列输出功率预测[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(1): 100-103, 109.
WANG Xiaolan, GE Pengjiang. PV array output power forecasting based on similar day and RBFNN[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(1): 100-103, 109.
- [10] 徐维. 并网光伏发电系统数学模型研究与分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(10): 17-21.
XU Wei. Research and analysis on the mathematic model of GCPV generation system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(10): 17-21.
- [11] ATSUSHI Yona, TOMONOBU Senjyu, TOSHIHISA Funabashi. Application of recurrent neural network to short-term-ahead generating power forecasting for photovoltaic system[C]//2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting (PES). Tampa, FL, United States: [s.n.], 2007: 1-6.
- [12] 张鹏, 黄开枝, 贺晓珺, 等. 基于组合权重的异构无线网络选择算法[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(10): 2501-2505.
ZHANG Peng, HUANG Kaizhi, HE Xiaojun, et al. Research on several critical problems of photovoltaic grid-connected generation system[J]. Systems Engineering and Electronics, 2009, 31(10): 2501-2505.
- [13] 匡乐红, 徐林荣, 刘宝琛. 组合赋权法确定地质灾害危险性评价指标权重[J]. 地下空间与工程学报, 2006, 2(6): 1063-1067.
KUANG Lehong, XU Linrong, LIU Baochen. A combination weighting method for determining the index weight in geological hazard risk assessment[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2006, 2(6): 1063-1067.
- [14] 张继国, VIJAY P S. 信息熵理论与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012: 79-91.
- [15] 朱雪龙. 应用信息论基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.

作者简介:



杨锡运(1973-), 女, 内蒙古通辽人, 副教授, 博士, 从事新能源发电技术研究(E-mail: yangxiyun916@sohu.com)。

Similar day selection based on combined weight and photovoltaic power output forecasting

YANG Xiyun¹, LIU Huan², ZHANG Bin³, XIAO Yunqi¹

(1. Department of Control and Computer Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2. Xi'an Thermal Power Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710032, China;

3. Beijing Huaneng Xinrui Control Technology Co., Ltd., Beijing 100098, China)

Abstract: A method of photovoltaic power output forecasting is proposed, which, based on the deviations of similar variable at basic points, applies the combined weight to calculate the similarity deviation for the similar day selection, and then forecasts the power output by calculating the weighted sum of the similar day power outputs. The combined weight coefficient of selected similar day is the combination of the subjective weight and objective entropy according to the minimum discrimination information principle while the power weight coefficient is generated according to the similarity index. A case study based on the actual data of a photovoltaic plant shows that, the similar days selected by the proposed method have higher similarity, resulting in higher power forecasting accuracy.

Key words: photovoltaic arrays; power forecasting; similar day selection; combined weights; entropy weight method; minimum discrimination information principle; forecasting; error analysis