

# 基于改进天气发生器模型的风速与日照强度组合预测方法研究

霍雨翀, 范子恺

(东南大学电气工程学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:** 为了满足含有风光互补发电系统的配电网随机生产模拟的要求和提高仿真模拟的精度, 对中国天气发生器模型进行了适当的改进, 并提出一种基于改进天气发生器模型的风速与日照强度组合预测模型。该模型利用历史气象资料, 提取一个地区风速、太阳光照强度等天气要素的一般特征, 并根据这些统计特征生成该地区目标时间段内每 1 h 的天气预测数据。仿真结果表明, 该模型预测精度较高, 具有一定的工程应用参考价值。

**关键词:** 天气发生器; 风速; 日照强度; 组合预测; 风光联合发电

**中图分类号:** TM61

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-0665(2013)03-0006-04

随着风力发电与太阳能发电在电力系统中的广泛应用, 人们越来越关心风光互补发电的运行规律。科学的预测风速与太阳光照强度可以为探究风电、光电的运行特性, 进而为寻找风光互补的经济运行方法提供极大的便利。天气发生器是研究一个地区风速、太阳光照强度等天气要素的一般特征, 并根据这些统计特征生成该地区一年内逐日天气预测数据的随机模型<sup>[1]</sup>。天气发生器自问世以来, 已广泛应用于农业、经济等领域。文献[1]利用中国最新的尽可能长的逐日气候资料对我国各地的风速、太阳光照强度等非降水变量的模拟进行了全局性的研究, 并开发出适用于我国情况的中国天气发生器, 实验证实该模型在我国气候特征条件下预测精度较高。文中对传统的中国天气发生器模型加以改进, 使其能够满足含有风光互补发电系统的配电网随机生产模拟的要求。并通过实际数据, 将改进天气发生器与传统中国天气发生器、时间序列预测法等方法比较, 验证了改进天气发生器模型对风速、太阳光照强度预测的精度较高。

## 1 对中国天气发生器模型的改进

中国天气发生器能够预测的气候要素主要有降水、最高气温、最低气温、平均风速、日照时数(或太阳辐照度)等, 其中以降水的模拟为关键。最高气温、平均风速以及日照时数等非降水量的预测以降水的变化特征为条件。最高气温、平均风速、日照时数等非降水量的预测一般来说都分干、湿 2 种状态进行<sup>[1,2]</sup>。

出于风光互补系统的随机生产模拟的要求, 文中只模拟其中的平均风速、太阳辐照度 2 个变量。在预测出某一天是干日还是湿日后, 这 2 个变量都可以用下面的这个公式及进行模拟<sup>[2]</sup>:

$$V_{p,i}(j) = M_i(j) + x_{p,i}(j) \times SD_i(j) \quad (1)$$

式中:  $i=1, 2, 3, \dots, 365$ ,  $j=1, 2$  分别为平均风速和日照

时间;  $V_{p,i}(j)$  为第  $p$  年第  $i$  日变量  $j$  的预测值;  $M_i(j)$ ,  $SD_i(j)$  分别为第  $i$  日变量  $j$  的平均值和标准差;  $x_{p,i}(j)$  为第  $p$  年第  $i$  日变量  $j$  的标准化残差。为了满足含有风光互补发电系统的配电网随机生产模拟的要求, 相对于原始模型, 主要对傅里叶级数拟合进行了改进。原始天气发生器的处理方法为将 1 年划分为 12 或 13 个时段, 分干、湿 2 种状态对历史序列用矩形求和法进行傅里叶级数拟合<sup>[1,2]</sup>。矩形求和法的特点在于当样本序列中样本点较少时, 采用零次多项式插值补充样本点。其缺陷主要在于用矩形求和法处理时抹平了部分时间序列变化的信息, 因而精度相对较低。

改进后的模型以 1 个月为 1 个时间段, 先对样本序列用 3 次样条插值适当补充一些样本点, 再进行傅里叶级数拟合, 这样能保留大部分时间序列变化的信息, 从而提高算法预测精度。原始天气发生器模型只能得到以日为单位变量的预测值, 参照文献[3]中对风光互补发电系统随机生产模拟的要求, 需要得到每小时的平均风速, 为此文中采用典型日方法<sup>[4]</sup>加以修正。

需要说明的是, 原始天气发生器以日照时间而非太阳辐照度为预测变量。日照时间越长, 地面所获得的太阳辐射量就可能越多。文中也选取日照时间为模拟变量, 再由日照时间确定每 1 h 太阳辐照度的预测值。

## 2 基于改进后天气发生器的平均风速与日照时间组合预测算法

### 2.1 日平均风速与日照时数的预测

基于改进后天气发生器的平均风速与日照时间的组合预测算法主要步骤如下。

#### 2.1.1 确定干、湿日

假定日降水量大于或等于 0.1 mm 为湿日, 用符号  $W$  表示, 干日用  $D$  表示。设  $P(W/W)$  代表在前 1 日为湿日的条件下本日持续为 1 个湿日的条件概率,  $P(W/D)$  代表在前 1 日为干日的条件下本日转移为湿日的条件

概率,那么可以有下式<sup>[2]</sup>:

$$\begin{cases} P(D/W) = 1 - P(W/W) \\ P(D/D) = 1 - P(W/D) \end{cases} \quad (2)$$

式中: $P(D/W)$ 和 $P(D/D)$ 分别为前日为湿日的条件下现转移为干日的条件概率和前1日为干日本日仍持续为干日的条件概率。根据条件概率公式可求得:

$$\begin{cases} P(W/D) = 1 - P(DD)/P(D) \\ P(W/W) = P(WW)/P(W) \end{cases} \quad (3)$$

式中: $P(D)$ , $P(W)$ 分别为样本序列中干湿日出现的频率; $P(DD)$ 和 $P(WW)$ 分别为持续出现2个干日和湿日的频率。当已有的资料中缺少或干-湿日转移概率难以确定时,研究表明在环境条件变化不大的情况下, $P(W/W)$ 和 $P(W/D)$ 与多年月平均降水日数两者之间具有良好的相关关系,用下面的表达式即有<sup>[2]</sup>:

$$\begin{cases} P(W/D) = \beta P_w \\ P(W/W) = 1 - \beta + P(W/D) \end{cases} \quad (4)$$

式中: $P_w$ 为某一给定月份湿日出现的频率; $\beta$ 为一常数,取值范围在0.6~0.9,文中取为0.75。将上述得到的干-湿日转移概率和计算机产生的[0,1]之间的随机数比较,确定该日是否为干日或者是湿日。

### 2.1.2 傅里叶级数拟合

日平均风速和日照时数的历史统计数据在1年中各个时段每1天的日平均值和日标准差序列可以用傅里叶级数拟合的方法,分干、湿2种状态分别对其以日期为自变量进行傅里叶级数拟合(根据文献[1]只保留6个谐波分量)。

例如干日和湿日各变量在1年中每个月的平均值 $M_i^0(j)$ , $M_i^1(j)$ ,都可以分别拟合如下:

$$\begin{cases} M_i^0(j) = M^0(j) + \sum_{k=1}^6 C_k^0(j) \times \cos(k\omega x_i) + S_k^0(j) \times \sin(k\omega x_i) \\ M_i^1(j) = M^1(j) + \sum_{k=1}^6 C_k^1(j) \times \cos(k\omega x_i) + S_k^1(j) \times \sin(k\omega x_i) \end{cases} \quad (5)$$

式中: $k$ 为谐波的波数; $M^0(j)$ , $C_k^0(j)$ , $S_k^0(j)$ 和 $M^1(j)$ , $C_k^1(j)$ , $S_k^1(j)$ 分别为干日或湿日时变量 $j$ 的傅里叶级数拟合的系数; $\omega$ 为傅里叶级数拟合时生成的参数(角频率)。把1年分为12个时间段,即1个月为1个时间段。那么, $i$ 就表示在1个月中的第几天。如果研究的对象是标准差,那么方法与平均值的相同。若要得到1个月中第 $x$ 天的平均风速或日照时间的平均值或标准差,只要根据该日的干湿情况,找到该月对应物理量的表达式,用 $x$ 代替 $i$ 求出表达式结果即可。

对历史序列的傅里叶级数拟合精度在很大程度上取决于拟合时间段内样本数量的多少。由于本模型以1个月为1个时间段,实践验证表明,当1个月中的样

本点数量少于15个时,拟合的精度会受到影响。如前所述,文中的处理方法为先对样本序列用3次样条插值适当补充一些样本点,再进行傅里叶级数拟合。

### 2.1.3 平稳过程转换

确定残差。可以通过对多变量的平稳过程的模拟实现<sup>[1]</sup>。由于平均风速和日照时数具有周期性的季节变化,因此必须对这2个变量的实际天气数据进行标准化处理:

$$R_{p,i}(j) = \frac{X_{p,i}(j) - M_i^0(j)}{\sigma_i^0(j)} \quad (\text{当第 } i \text{ 日为干日}) \quad (6)$$

$$R_{p,i}(j) = \frac{X_{p,i}(j) - M_i^1(j)}{\sigma_i^1(j)} \quad (\text{当第 } i \text{ 日为湿日}) \quad (7)$$

式中: $R_{p,i}(j)$ 为变量 $j$ 在第 $p$ 年第 $i$ 日的实测残差; $\sigma_i^0(j)$ , $\sigma_i^1(j)$ 分别为第 $i$ 日为干日或湿日时变量 $j$ 的标准差; $X_{p,i}(j)$ 为变量 $j$ 在第 $p$ 年第 $i$ 日的实测值。

### 2.1.4 构建相关矩阵

通过上述变换后得到的2个变量的残差序列都是均值为0,标准差为1的平稳序列。这些序列不仅本身之间存在自相关,两者之间还存在互相关。通过2个变量的残差序列,计算它们之间的自相关系数和互相关系数,从而构建后延0天的相关矩阵 $M_0$ 和后延1天的相关矩阵 $M_1$ :

$$\begin{cases} M_0 = \begin{bmatrix} \rho_0(1,1) & \rho_0(1,2) \\ \rho_0(2,1) & \rho_0(2,2) \end{bmatrix} \\ M_1 = \begin{bmatrix} \rho_1(1,1) & \rho_1(1,2) \\ \rho_1(2,1) & \rho_1(2,2) \end{bmatrix} \end{cases} \quad (8)$$

式中: $\rho_0(j,k)$ 为变量 $j$ 与同1日变量 $k$ 之间的互相关系数; $\rho_1(j,k)$ 为变量 $j$ 与前1日变量 $k$ 之间的互相关系数。由于同1日2个不同变量之间的相关系数 $\rho_0(j,k) = \rho_0(k,j)$ ,同1变量之间的相关系数 $\rho_0(j,j) = 1$ ,所以相关矩阵 $M_0$ 是一个对称矩阵。且可以简化为:

$$M_0 = \begin{bmatrix} 1 & \rho_0(1,2) \\ & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

相关矩阵的引入体现了平均风速和太阳辐射度之间的交叉影响,起到风速与日照强度组合预测的功能。

### 2.1.5 残差模拟模型

2个变量的逐日残差可以用Matalas(1967)给出的一个多变量平稳过程<sup>[1]</sup>的产生公式来模拟:

$$\begin{bmatrix} x_{p,i}(1) \\ x_{p,i}(2) \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} x_{p,i-1}(1) \\ x_{p,i-1}(2) \end{bmatrix} + \mathbf{B} \begin{bmatrix} \varepsilon_{p,i}(1) \\ \varepsilon_{p,i}(2) \end{bmatrix} \quad (10)$$

式中: $x_{p,i}(j)$ , $x_{p,i-1}(j)$ 分别为变量 $j$ 在第 $p$ 年第 $i$ 日与第 $i-1$ 日的残差模拟值; $\varepsilon_{p,i}(j)$ 为服从标准正态分布的随机数; $\mathbf{A}$ , $\mathbf{B}$ 为利用前面求得的相关系数矩阵 $M_0$ ,

$M_1$ 定义的2个 $2 \times 2$ 矩阵,它们的计算公式如下<sup>[1]</sup>:

$$\begin{cases} A = M_1 M_0^{-1} \\ BB^T = M_0 - M_1 M_0^{-1} M_1^T \end{cases} \quad (11)$$

### 2.1.6 整体合成

至此,即可根据某一天的干湿抽样情况,用式(4)得到当天的平均风速的平均值及标准差,再根据式(1)合成得到该天的平均风速  $V_{\text{avg}}$ 。

每天的干、湿状态下的日照时间  $T_{\text{avg}}$  也可用类似平均风速的方法得到。

## 2.2 每小时平均风速的预测

对于每小时的平均风速,可以先选取每个月的干、湿典型日,根据该日是干日还是湿日用相应典型日每小时的平均风速与典型日全天平均风速的比值乘以  $V_{\text{avg}}$  即可。

## 2.3 每小时太阳辐照度的预测

可按下列步骤将预测得到的日照时间转换为每小时的太阳辐照度的预测值。

### 2.3.1 确定太阳常数

大气层外的太阳辐射主要取决于地球和太阳之间的距离,一般忽略太阳本身的运动变化,即使假设太阳表面的辐射功率不变。太阳常数是指在平均日地距离时,地球大气层的上界垂直于太阳光线的平面上,单位时间内在单位面积上所获得的太阳总辐射能的数值。

虽然大气层外太阳常数在1年之中随时间的变化而连续变化,但是可以用各月份的平均值来计算到达大气层外表面的各月日照量,也就是认为1个月中不变化。太阳常数  $I_{\text{sc}}$  可以参考文献[5]。

### 2.3.2 确定安装地点的太阳赤纬角

一般的,太阳辐射能量是由低纬度向高纬度逐渐减弱的。安装地点决定了纬度  $\varphi$  的多少。据此可得到该地点的太阳赤纬角  $\delta$ ,可由 Cooper 方程近似计算:

$$\delta = 23.45 \sin \left[ 360 \times \frac{284 + n}{365} \right] \quad (12)$$

式中: $n$  为1年中的日期序号,1月1日为0号。

### 2.3.3 确定日照时间内每1h的太阳高度

太阳高度角定义为入射光线与地平面的夹角。当太阳高度较低时,光线穿过大气的路程较长,从而能量衰减的就较多。又由于光线以较小的角度投射到地平面上,所以到达地面的能量就会较少。否则,就较多。由纬度公式可以进一步计算太阳高度角  $\alpha_s$ :

$$\alpha_s = \arcsin(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) \quad (13)$$

式中: $\omega$  为时角,地球每小时自转  $15^\circ$ ,正午12时为0,上午为负,下午为正。

### 2.3.4 确定日照时间内每1h的大气透明度

太阳光进入大气层后,由于受到空气中水汽、尘埃

等的吸收以及散射的作用,太阳辐射能通过大气层时会有有一定的衰减。大气透明度  $P$  即用于表征这种衰减的程度。大气透明度高,到达地面的太阳辐射能就多。

为了克服福布斯效应,人们将大气质量为  $m$  的大气透明度订正到大气质量为2的大气透明度  $P_2$ ,而一天中的  $P$  值的变化取决于各小时的大气质量  $m$ <sup>[5]</sup>:

$$m = \frac{1}{\sin \alpha_s} \quad (14)$$

根据安装地点年平均大气透明系数  $P_2$ ,再根据式(14)中所求得各小时的大气质量,可以计算出各小时的大气透明度  $P$ 。

### 2.3.5 根据辐照度公式求解

云层、太阳能阵列的安装角度、覆尘率、温度和天气的影响也会影响到太阳能电池板阵列的工作。

对于阵列的安装角度,比较理想的方式是使阵列的朝向跟踪太阳,始终使阵列表面与太阳入射光线相垂直,但绝大多数是采用固定角朝向,具体与地平面的夹角视情况而定。对于覆尘率,假定组件表面始终保持清洁,即覆尘率为0,不会影响系统的正常工作。对于温度,假定它们对太阳能电池板的工作也无作用。

首先太阳辐射分为直接辐射和散射辐射,直接辐射  $I_n$  的表达式为<sup>[5]</sup>:

$$I_n = \gamma I_{\text{sc}} P \quad (15)$$

式中: $\gamma$  为日地距离的修正值,  $\gamma = 1 + 0.034 \cos\left(\frac{2\pi n}{365}\right)$ 。

太阳的散射辐射  $I_d$  指的是地球大气及云层反射和散射作用而改变了方向的太阳辐射,在晴天时主要取决于太阳高度和大气透明度,表达式如下<sup>[5]</sup>:

$$I_d = \frac{1}{2} I_{\text{sc}} \frac{1-P}{1-1.4 \ln P_2} \sin \alpha_s \quad (16)$$

式中: $I_{\text{sc}}$  为太阳常数; $P_2$  为订正后的大气透明度。由于天空中云层的影响,经过其他云状的吸收反射后,太阳直接辐射  $I_{n1}$  和间接辐射  $I_{d1}$  分别为:

$$\begin{cases} I_{n1} = I_n \times \eta_1 \\ I_{d1} = I_d \times \eta_2 \end{cases} \quad (17)$$

式中: $\eta_1$  为直接辐射衰减度,即直接辐射经各云状衰减后的百分比; $\eta_2$  为散射辐射衰减度,即散射辐射经各云状衰减后的百分比。根据文献[5], $\eta_1$  与  $\eta_2$  的取值分干湿2种状态如1表所示。

表1 干日与湿日的云层衰减度取值

名称	干日	湿日
$\eta_1$	1	0.2818
$\eta_2$	2.4167	2.9167

设  $S$  为太阳能阵列倾斜面与水平面的夹角,那么

到达阵列倾斜面上的太阳总辐射表达式如下:

$$I = I_{nl} \cos \alpha_s + I_{dl} \frac{1 + \cos S}{2} + (I_{nl} + I_{dl}) \left( \frac{1 - \cos S}{2} \right) \rho \quad (18)$$

式中: $\rho$ 为地物表面的反射率,在工程计算中一般取0.2; $I$ 为仿真时间内某1h的太阳辐照度。根据事先确定的当天的日照时数,可以确定该天日照时间内每个小时的太阳辐照度。

综上所述,可以作出描述基于改进后天气发生器的每小时平均风速与每小时太阳辐照度的组合预测算法流程,如图1所示。

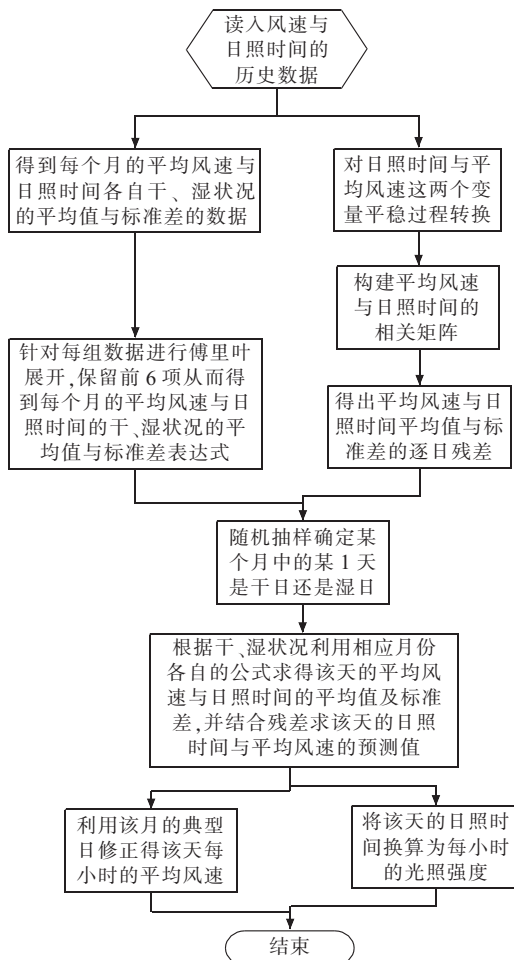


图1 风光互补天气发生器模型流程

### 3 预测效果评估

为了评估基于改进后天气发生器的每小时平均风速与每小时太阳辐照度的组合预测算法的预测效果,以文献[4]中的地区天气系统为例,选择其2月份的小时平均风速与每日的日照时数进行算例分析。同时,采用均方根误差( $E_{RMS}$ )来比较预测值与实测值的偏差。 $E_{RMS}$ 越小,表明预测值偏离实际值越小,模拟效果越好。均方根误差<sup>[6]</sup>为:

$$E_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (19)$$

式中: $y_i, \hat{y}_i$ 分别为实测值和模拟值。对于文献[4]中的地区天气系统,利用其历史数据预测最近一年2月份每小时的平均风速与每日的日照时数。实际测得2月份每小时的平均风速与逐日日照时数如图2所示。

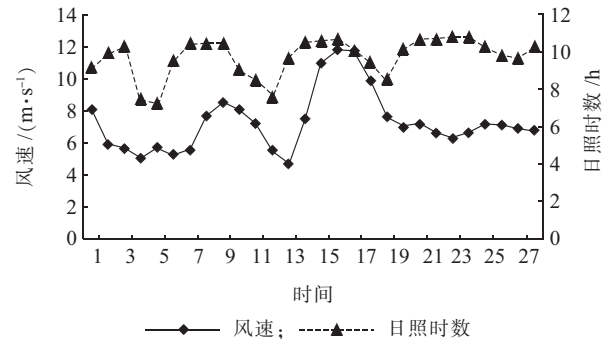


图2 每小时平均风速与逐日日照时数曲线

表2给出了3种不同预测方法的预测效果。可见,基于改进后天气发生器的每小时平均风速与每小时太阳辐照度的组合预测算法的效果优于传统中国天气发生器模型,显著优于时间序列预测法。

表2 不同预测方法的预测效果

预测方法	均方根误差 $E_{RMS}/\%$
基于改进后天气发生器模型	13.3
传统中国天气发生器模型	19.1
时间序列预测法	27.5

### 4 结束语

以满足含有风光互补发电系统的配电网随机生产模拟的要求和提高仿真模拟的精度为目的,对中国天气发生器模型进行了改进。并在改进后的天气发生器的框架之下研究了风速与太阳辐照度的时间变化模型,提出了基于改进后中国天气发生器的平均风速与日照强度的组合预测算法。通过算例对比,可以发现基于改进后天气发生器原理的平均风速与日照强度组合预测模型能较好的保留历史数据中的信息,从而取得较高的预测精度,预测效果较为理想。这对于探究风电、光电的运行特性,进而为寻找风光互补的经济运行方法具有极大的意义。

#### 参考文献:

- [1] 廖要明,刘绿柳,陈德亮,等.中国天气发生器模拟非降水变量的效果评估[J].气象学报,2011,69(2):310-319.
- [2] 陈明昌,张强,杨晋玲,等.降水、温度和日照时数的随机生成模型和验证[J].干旱地区农业研究,1994,12(2):17-26.
- [3] 陈赞.风力发电和光伏发电并网问题研究[D].上海:上海交通大学,2009.
- [4] 刘波,郭家宝,袁智强,等.风光互补发电系统特性研究[J].华东电力,2010,38(12):1903-1906.

行变压器安装,确保变压器安装时环境条件符合相关规定。(2) 确保现场安装满足变压器真空度及保持时间的要求,减少变压器内部残留的水分。(3) 真空注油距变压器大盖 30 cm 处,停止真空注油,在此对变压器抽真空,真空度控制在 133 Pa,持续时间控制为 4 h,确保变压器内部残余气体(含水蒸气)析出变压器外。

与部分制造厂沟通后,论证了方法的可行性,制造厂家对变压器的安装文件进行了修改并开展现场试验,将原有的抽真空后一次完成注油的安装工序,改为抽真空后先部分注油,第二次抽真空后,完成注油的安装工序。以 50 台大型变压器为样本统计,采用改进工艺后安装的变压器未发现同类型故障,有效提升了变压器现场局部放电试验的通过率。

## 6 结束语

油中气泡放电具有气泡放电的典型特征,多端子测量的结果表明,油中气泡局部放电与变压器高压绕

组端部局部放电的传输关系一致。变压器出现油中气泡放电,可以通过变压器部分排油,重新抽真空析出气泡,当冬季温度较低时,可在排油前通过热油循环提高变压器器身及绝缘油的温度。冬季温差较大时,宜对变压器的安装工艺进行改善,在变压器注油距变压器大盖 30 cm 处,再次对变压器抽真空,可以提高变压器现场局部放电测试的通过率。

### 参考文献:

- [1] 保定天威保变电气股份有限公司. 变压器试验技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [2] 阳少军, 牛保红, 吕家圣.  $\pm 500$  kV 天广直流换流变故障的分析与处理[J]. 高电压技术, 2006, 32(9): 165-167.

### 作者简介:

- 甘 强(1978), 男, 重庆人, 工程师, 从事电气试验工作;
- 吉亚民(1972), 男, 江苏盐城人, 高级工程师, 从事高电压与绝缘技术研究工作;
- 陈 轩(1989), 男, 江苏南京人, 助理工程师, 从事电气试验工作。

## Analysis of Abnormal Result of Partial Discharge Test in a 220 kV Transformer

GAN Qiang, JI Ya-min, CHEN Xuan

(Jiangsu Electrical Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

**Abstract:** This paper analyzes the results of partial discharge test in a 220kV transformer. The partial discharge position is preliminarily located by plurality of terminal correction-measurement method. After further analysis combined with the characterizing parameters of partial discharge in high voltage winding of the transformer, the reason of abnormal result of partial discharge test is determined, namely the bubble discharge in oil. This article also provides on-site treatment scheme and suggestions on transformer installation process in winter in Jiangsu province.

**Key words:** transformer partial discharge; transmission ratio; vacuum oil filling; discharge quantity

(上接第 9 页)

- [5] 陈闽江. 光伏发电系统的蒙特卡罗序贯仿真和可靠性分析[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2004.
- [6] YANG H X, LU L, BURNETT J. Weather Data and Probability Analysis of Hybrid Photovoltaic - wind Power Generation Systems in Hong Kong [J]. Renewable Energy, 2003, 28 (11): 1813-1824.

### 作者简介:

- 霍雨翀(1989), 男, 江苏溧阳人, 硕士研究生, 从事可再生能源在电力系统中应用以及电网规划研究;
- 范子恺(1993), 男, 江苏徐州人, 东南大学电气工程及其自动化在读。

## A Combination Forecast Method of Wind Speed and Solar Irradiance Based on Advanced Weather Generator

HUO Yu-chong, FAN Zi-kai

(School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** The forecast of wind speed and solar irradiance is very important for the stable and economic operation of grid-connected hybrid photovoltaic-wind power generation systems. The original weather generator is improved to make it more accurate and meet the demand of probabilistic production simulation of power system including hybrid photovoltaic-wind power generation systems. Afterwards, a combination forecast method of wind speed and solar irradiance is proposed. The method models the complementary characteristics of solar irradiance and wind speed based on the historic daily observation data, and then obtains the forecasting result at hourly intervals. The simulation results show that the model can be used to accurately predict and in engineering practice.

**Key words:** weather generator; wind speed; solar irradiance; combination forecast; hybrid photovoltaic-wind power generation