

基于Labview的虚拟风场算法的研究

张兴¹, 司媛媛¹, 张强¹, 李维华¹, 曹仁贤²

(1. 合肥工业大学 电气与自动化工程学院, 安徽 合肥 230009; 2. 合肥阳光电源有限公司, 安徽 合肥 230088)

摘要:在风力发电模拟系统中,风场模拟是一个关键环节,虽然通常认为风场符合Weibull分布,但它并不能很好的反映实际风场;后来提出了四参数混合模型,该模型弥补了Weibull分布的缺点,但其参数的估计计算相当繁琐;针对实验室模拟风场,该文提出了一种计算简便的风速数学模型,该模型将自然风速分为基本风速、阵风、缓慢变化风速和噪声风速4部分组成,而每个部分计算较为简便,并通过LabVIEW语言实现了对风场的模拟,模拟结果较为理想。

关键词:Weibull分布;四参数混合模型;风速数学模型;LabVIEW

中图分类号:TK52 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5060(2005)09-1062-03

Study of the algorithm for the virtual wind field based on Labview

ZHANG Xing¹, SI Yuan-yuan¹, ZHANG Qiang¹, LI Wei-hua¹, CAO Ren-xian²

(1. School of Electric Engineering and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Hefei Sunlight Power Supply Co. Ltd, Hefei 230088, China)

Abstract: Wind speed imitation is a crucial portion in the wind power generation imitation system. Weibull distribution can not reflect factual wind speed regulation very well. The four-parameter mix model is better than Weibull distribution, but it is not fit for laboratory systems because in the model, parameters estimation is considerably complicated. In this paper, a wind speed mathematic model is proposed by which wind speed can be calculated easily. The proposed wind speed mathematic model is composed of the basic wind speed model, the gust wind speed model, the ramp wind speed model and the noisy wind speed model. Based on Labview, the wind power generation imitation scheme proposed in this paper is implemented effectively and the result is satisfactory.

Key words: Weibull distribution; four-parameter mix model; wind speed mathematic model; Labview

0 引言

在风力发电模拟系统中,虚拟风场能否较真实地反映实际风况,直接影响到对整个发电系统的性能检测,因而风场模拟成为风力发电模拟系统中首先需要解决的问题。

多年来一些学者曾建立了几种不同类型的风速统计模型,诸如指数分布、正态分布、偏正态分

布、Weibull分布(双参数^[1,2]三参数)及瑞利分布等^[2]。有选择地选用上述模型拟合不同地域的风况,结果每种模型虽都有其自身的优点,但也跟实际风况存在着差距,而且人们常常要根据地域的不同来选择不同的参数估计方法,这使得上述风场模型不具有通用性。因而又有人提出了四参数混和模型^[3],它是上述几种模型的综合,保留了上述几种模型的长处,因而从理论上讲,四参数混和

收稿日期:2005-06-17

基金项目:安徽省十五科技攻关资助项目(040120564)

作者简介:张兴(1963-),男,上海市人,博士,合肥工业大学教授,硕士生导师。

模型优于上述任何一种模型。但这种模型对参数的估计比较麻烦,需要进行繁琐的概率统计计算,而且还需要大量的风况数据资料,这也给实验室模拟风场带来了不便。

因而本系统采用的风场模拟方法是将自然风速分为基本风速、阵风、缓慢变化风速和噪声风速4部分组成^[4,5],每个部分都能容易地计算出来。本文通过Labview语言^[6~8]实现对风场的模拟,模拟结果也较为理想。

1 风场模拟的基本原理和数学模型

1.1 基于Weibull双参数分布的模拟风场的算法

根据实验测出的风速数据,经过假设检验,得出风速 v 符合Weibull双参数分布,其概率密度为

$$f(v) = \frac{k}{C} \left(\frac{v}{C} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{C} \right)^k} \quad (1)$$

其中, k 为形状参数,是一个无因次量; C 为尺度参数,其量纲与速度相同。

与上式等价的风速的分布函数为

$$F(v) = \int_0^{+\infty} f(v)dv = 1 - e^{-\left(\frac{v}{C} \right)^k} \quad (2)$$

前面已经提到,风速分布服从Weibull双参数分布,将测风仪测得的离散风速数据用函数形式表示出来,有利于进行计算和分析,所以风场模拟的计算可归结为如何从离散数据拟合出理想的能反映真实情况的函数,即求解Weibull函数的尺度系数 C 和形状系数 k 。通常的拟合方法是最小二乘法^[8,9]。

虽然Weibull双参数分布被普遍认为适于对风速作统计描述,但是如果对其做更深入的研究,很容易发现在中风速段和高风速段拟合情况较好,而在低风速段特别在零风速段时,理论数据和实测数据差距较大或甚大,因而提出四参数混合模型,它比通常的Weibull双参数模型更贴近实际的风速情况。

1.2 基于四参数混合模型模拟风场的算法

四参数混和模型在低风速和零风速时指数分布起主要作用,在中风速段和高风速段Weibull分布起主要作用,即

$$f(v) = \frac{a}{b} \exp\left(-\left(\frac{v}{b}\right)\right) + (1-a) \frac{k}{C} \left(\frac{v}{C}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{C}\right)^k\right) \quad (3)$$

其中, $f(v)$ 为混和模型的风速概率密度函数; a 、 b 、 C 、 k 为4个参数; a 、 k 为标量; b 、 C 是与速度纲量相同的参数。

实际上,四参数混和模型是指数分布和Weibull分布的混合, a/b 是零风速概率。显然 a 取值为零时,(3)式简化为Weibull双参数分布; a 取值为1时,(3)式简化为指数分布。

上述2种模拟风速的方法不仅需要大量的实际风场资料,而且估计参数的方法比较麻烦,不具有通用性,通常需要根据不同的地理位置采用不同的方法,这些都不利于实验室风场的模拟,因而提出下面一种模拟风速的模型。

1.3 风速数学模型

为了较精确地描述风能的随机性和间歇性的特点,风速变化的时空模型原则上通常用以下4种成分来模拟:基本风速 V_{wb} 、阵风 V_{wg} 、缓慢变化风速 V_{wr} 和噪声风速 V_{wn} 。

1.3.1 基本风速

它在风力机正常运行过程中一直存在,基本上反映了风电场平均风速的变化,风力发电机向系统输送的额定功率的大小也主要由基本风来决定。可将风电场测风所得的Weibull分布参数近似确定,即

$$V_{wb} = R \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (4)$$

一般认为基本风速不随时间变化,因而可以取常数。

$$V_{wb} = K_b \quad (K_b \text{ 为常数}) \quad (5)$$

1.3.2 阵风

为描述风速突然变化的特性,可用阵风来模拟,在该时间段内风速具有余弦特性,在电力系统动态稳定分析中,特别是在分析风力发电系统对电网电压波动的影响时,通常用它来考核在较大风速变化情况下的动态特性(电压波动特性)。

$$V_{wg} = \begin{cases} 0 & \text{其它} \\ \frac{G_{\max}}{2} \left[1 - \cos 2\pi \left(\frac{t - T_{1g}}{T_g} \right) \right] & T_{1g} < t < T_{1g} + T_g \end{cases} \quad (6)$$

其中, G_{\max} 为阵风峰值; T_g 为阵风周期; T_{1g} 为阵风开始时间; t 为时间。

1.3.3 渐变风速

对风速的渐变变化特性用渐变风来模拟。

$$V_{wr} = \begin{cases} 0 & t < T_{1r} \\ R_{max} \frac{t - T_{1r}}{T_{2r} - T_{1r}} & T_{1r} < t < T_{2r} \\ R_{max} & T_{2r} < t < T_{2r} + T_r \\ 0 & t > T_{2r} + T_r \end{cases} \quad (7)$$

其中, R_{max} 为渐变风最大值; T_{1r} 为风速渐变开始的时间; T_{2r} 为风速渐变结束的时间; T_r 为渐变风保持时间。

1.3.4 噪声风速

为描述在指定相对高度上风速变化的随机特性,可用随机噪声风速来模拟

$$V_{wn} = 2 \sum_{i=1}^n [S_v(\omega_i) \Delta\omega]^{\frac{1}{2}} \cos(2\omega_i t + \phi_i) \quad (8)$$

$$S_v(\omega_i) = \frac{2K_N F^2 |\omega_i|}{\pi^2 \left[1 + \left(\frac{F\omega_i}{\mu\pi} \right)^2 \right]^{\frac{4}{3}}} \quad (9)$$

$$\omega_i = (i - 0.5) \Delta\omega \quad (10)$$

其中, ω_i 是第 i 个分量的角频率; $\Delta\omega$ 为随机分量的离散间距; ϕ_i 为在 $0 \sim 2\pi$ 之间服从均匀概率密度分布的随机变量; K_N 为平面扩张系数; F 为紊流尺度因子; μ 为在参考高度的平均风速; $S_v(\omega_i)$ 为第 i 个随机分量的振幅。

综合上述4种风速描述,由(5)式、(6)式、(7)式、(8)式可建立实际风速模型为

$$V_w = V_{wb} + V_{wg} + V_{wr} + V_{wn} \quad (11)$$

2 采用LV语言实现风场模拟

本文以LabVIEW语言为平台实现风场的模拟。LabVIEW本身是一个功能完整的软件开发环境,同时也是一种功能强大的编程语言。与C、Pascal、Basic等传统编程语言有许多类似的地方,由于LabVIEW采用基于流程图的图形化编程方式,因此也被称为G语言(graphical language)。与其他的编程语言相同,G语言既定义了数据类型、结构类型、语法规则等编程基本要素,也提供了包括断点设置、单步调试和数据探针在内的程序调试工具,在功能完整性和灵活性上不逊于任何高级语言。同时G语言丰富的扩展函数库还为用户编程提供了极大的方便。用LV语

言建立风速数学模型,实现对风速的模拟,模拟风场曲线如图1所示。由图1可知在0~4s是基本风速起主要作用,4~7s是阵风起主要作用,9~12s是渐变风起主要作用,噪声风作用于风速变化的整个过程。由此可见,该方法可以较好地模拟出自然风速情况。

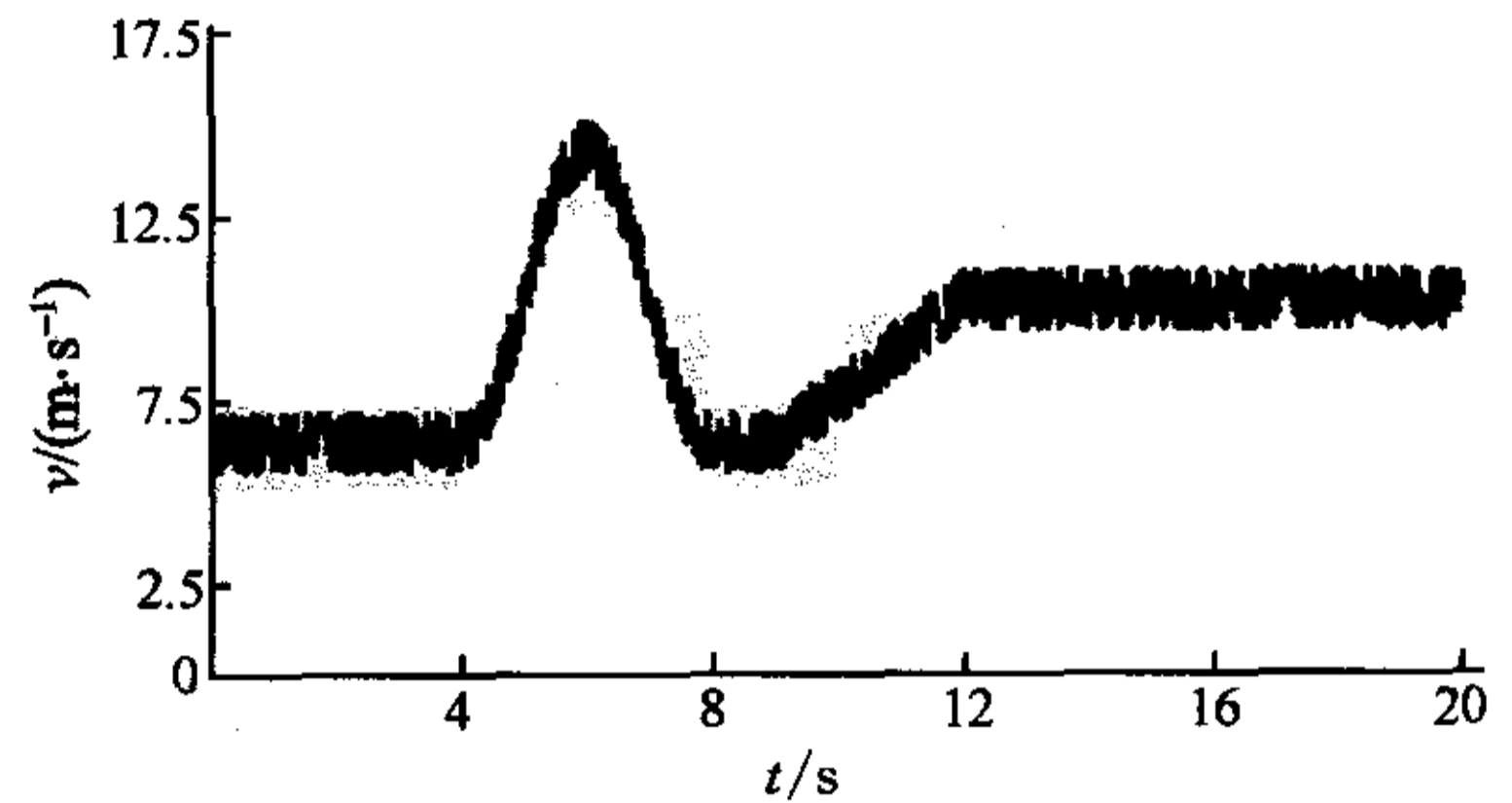


图1 风速模拟曲线

3 结论

本文对几种风场模拟方法进行比较,提出了适合实验室的风场模拟方法,即将自然风速分为基本风速、阵风、缓慢变化风速和噪声风速4部分组成,用LV进行仿真,证明该方法可以较好的反映自然风速情况,为风力发电模拟系统的建立提供了良好的基础。

[参考文献]

- [1] Seguro J V, Lambert T W. Modern estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy analysis[J]. Wind Eng Indus Aerodyn, 2000, 85: 75-84.
- [2] 蒋仁言. 威布尔模型族——特性、参数估计和应用[J]. 北京: 科学出版社, 1998. 40-80.
- [3] 金国骅, 胡文忠. 风速频率分布混和模型的研究[J]. 太阳能学报, 1994, 15(4): 10.
- [4] 沈永欢, 梁在中, 许履瑚, 等. 实用数学手册[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 717-718.
- [5] Anderson P M, Anjan B. Stability simulation of wind turbine systems[J]. IEEE Trans Power Apparatus and Systems, 1983, 102(12): 3 791-3 795.
- [6] 杨乐平, 李海涛. Labview 高级程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003. 25-150.
- [7] 刘君华, 郭会军, 赵向阳, 等. 基于Labview虚拟仪器的设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003. 30-400.
- [8] 张爱平. LabVIEW入门与虚拟仪器[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004. 29-229.

(责任编辑 张 镛)