



基于遗传算法控制器的变速 风机桨距角控制研究

刘 静, 韩亚军, 杨小强

(重庆科创职业学院 机电工程学院, 重庆 永川 402160)

摘 要: 桨距角控制是根据风速变化调节风机气动力矩最常见的方法, 这种方法还可以控制发电机功率, 发电机转速以及风速等各种变量。基此提出了一种基于遗传算法设计的风机控制器, 并通过仿真进行了系统性能的评测。

关键词: 桨距角; 基因算法; 风机控制

中图分类号: TM614

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2016) 01-0074-04

一、引言

风能作为一种可再生能源, 风力发电现在已经成为当今世界最具竞争力的一种新能源技术, 也是替代传统的燃料资源进行发电的最佳选择之一。

风机可在固定转速或可变转速下运行, 近些年来, 在风机上通过安装桨距调节装置改变风机转速已成为主要趋势, 主要有以下原因, 它可以同时减少机械结构应力和噪声, 并且可以通过控制有功功率和无功功率来驱动风机变速运行。

实际上, 变速运行可提高能源效率, 并且降低驱动转矩和电能生产的不稳定性。

在一般的负载状态下, 主要采用变速定桨距控制方式控制, 通过改变电机转速调节风能的利用率, 特殊情况时, 还可以达到获取最大风能利用率的目标。对于每一种风速, 给定风机的功率曲线都会在某个转速下获得最大值。

变速风机通常有两种相互交叉耦合的控制器。

在风速低于额定值时, 速度控制器可以连续调节转子速度, 从而将尖速比保持在能够提供最大风

能利用系数的数值上, 这样风机效率就会大大提高, 利用电力电子设备对发电机进行控制就可以控制转子速度了。在这种方式下, 由于风速变化引起的功率脉动就可以通过改变转子速度或多或少地吸收, 因此, 风能转换以及传动系造成的功率变化就可以减少了。

当风速高于额定值时, 就需要调节桨距角保持转速恒定, 但是很小的桨距角变化也会对功率输出造成很大的影响。

因此, 变速风机的控制系统应该继续改进, 使其更高效, 同时还要采用新技术进行控制, 例如, 采用基于软计算理论的人工智能以及基因算法。

风机的输出功率由下式计算:

$$P_a = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 C_p(\lambda, \beta) v^3 \quad (1)$$

式中: ρ 表示空气密度; πR^2 表示风轮扫掠面积; v 表示风速; C_p 表示风能利用系数。

风能利用系数是一个非线性方程, 取决于叶尖速比 λ 和桨距角 β 。 $C_p = C_p(\lambda, \beta)$ 。

λ 定义为:

收稿日期: 2015-11-25

作者简介: 刘静(1983-), 女, 陕西西安人, 重庆科创职业学院讲师, 研究方向: 电气控制工程。

$$\lambda = \frac{\Omega_i \cdot R}{V_{\text{wind}}} \quad (2)$$

式中: Ω 表示转子的转速; R 表示转子半径; V 表示风速。

风机的输出转矩 T 定义为:

$$T_i = \frac{P_a}{\Omega_i} \quad (3)$$

C_p 值可按照以下方程计算:

$$C_p(\lambda, \beta) = c_1 \left(\frac{c_2}{\lambda_i} - c_3 \cdot \beta - c_4 \right) e^{-\frac{c_5}{\lambda_i}} + c_6 \cdot \lambda \quad (4)$$

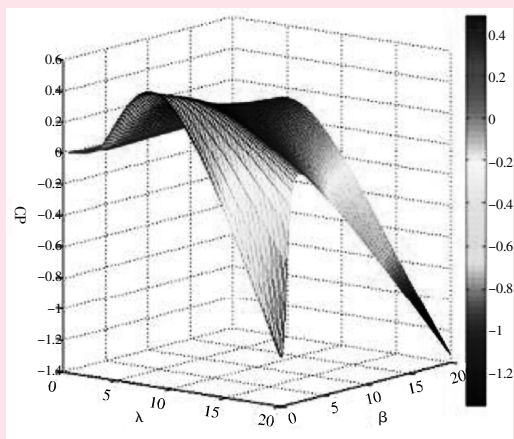


图1 根据叶尖速比和桨距角确定风能利用系数

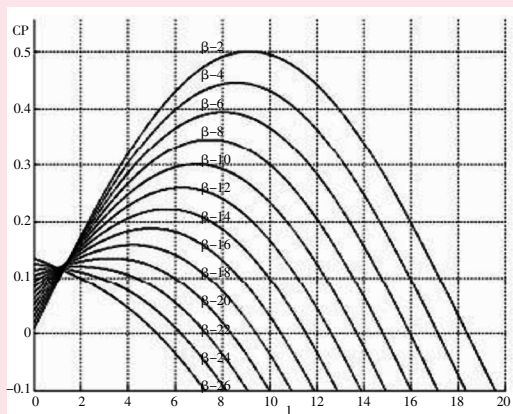


图2 不同桨距角下的风能利用系数

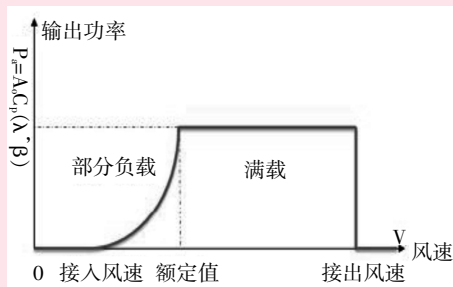


图3 输出功率与风速间的关系特性

$$\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08 \cdot \beta} - \frac{0.035}{1 + \beta^3} \quad (5)$$

式中: $c_1=0.5176$, $c_2=116$, $c_3=0.4$, $c_4=5$, $c_5=21$, $c_6=0.0068$ 。

从图1可看出,平均风能利用系数 C_p 在特定的 λ 值时具有最大值,图2示出了不同桨距角下的风能利用系数。

如图3所示,当风机在接入风速(现代风机通常为3~4m/s)到接出风速(大约25m/s左右)之间运行时,具有不同的动态特性。

在这条功率曲线中,要注意到三个不同的风速点:

接入风速:风机开始输出功率的最低风速;

额定风速:风机产生额定功率对应的风速,该额定功率通常也是风机能产生的最大输出功率;

接出风速:风机停止产生功率时对应的风速,此时要采用自动制动器或叶片变桨装置关闭风机以保护风机避免机械损伤。

二、遗传算法处理器

遗传算法(GA)是一种基于自然选择的鲁棒优化技术。遗传算法的基本目的就是优化适应度。基于遗传算法的控制方法和传统的问题解决方法有以下几点不同之处:

首先,GA采用编码参数进行控制,而不仅仅是参数本身;

其次,GA搜索的是群体而不是个体;

再次,GA使用收益目标函数信息,而不是其他辅助知识;

最后,GA使用概率转换规则,而不是确定性规则。

以上这些特点使GA具有鲁棒性,而且功能更强,数据独立。

简单的遗传算法是从多种群体编码方式中的一种开始的,本文中采用普通的二进制编码。GA利用目标函数确定每个串的大小,并在群体中的某个串上完成三个遗传算子中的一个或多个算子的操作。

图4所示为遗传算法的流程图。

初始化:初始化生成由多个个体组成的初始随机群体,这些个体已用0,1字符串编码。

选择:选择具有合适性能指标的适应度函数,计算出群体内每个字符串的适应度。

复制:基于可行度进行复制,选择成对的个体繁衍出子字符串,适应度更高的个体比适应度低的个体选择性更强。

交叉:将每个父代个体划分成两个或更多的新个体,然后将它们重组成一个新的子字符串,这个子字符串继承了每个父代的部分编码特点。

变异:对可行度较低的后代的编码值做变动。

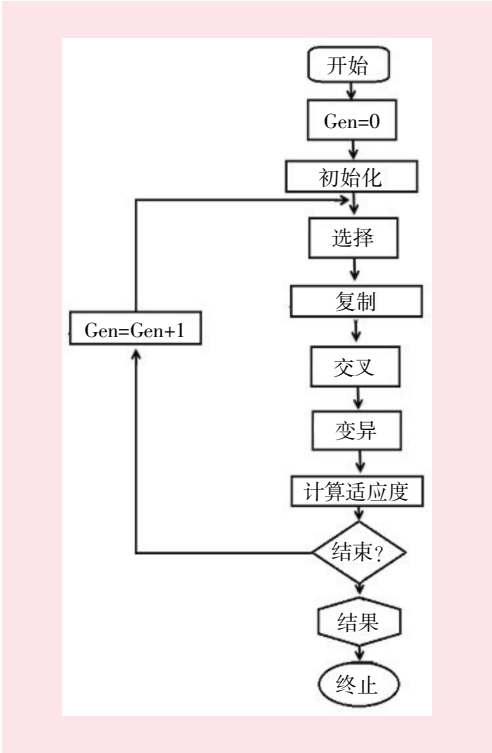


图 4 GA 流程图

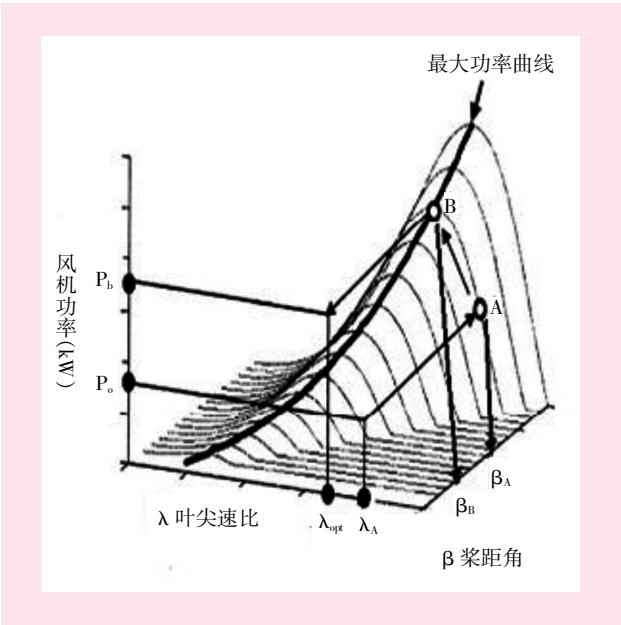


图 5 风机的运行功率曲线

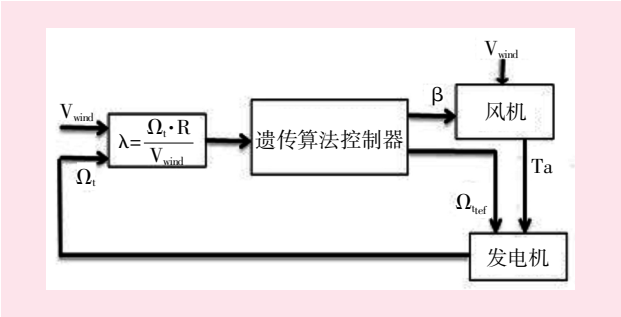


图 6 遗传算法控制器

如果达到了搜索目标,则终止,否则,返回到第 2 步。

可以对遗传算法处理器进行构造, 直接执行遗传算法操作。

三、用于桨距角控制的遗传算法控制器

遗传算法是一种优化技术, 目的是搜索最高质量, 从而优化目标函数。如果我们尝试使目标函数最小化, 那么质量就会达到最高。

本文中采用遗传算法进行控制, 和优化技术又有所不同。考虑到风机的运行功率曲线(图 5 所示), 文中提出了一种遗传算法控制器的控制方法, 如右图 6 所示。

假设风机初始运行在 A 点, 模糊控制系统可以通过测量的叶尖速比 $\lambda_A = \frac{\Omega_{tA} \cdot R}{V_{wind}}$ 、桨距角 β_A 以及风机输出功率 P_A 确定相应的最佳运行点 B, 提供理想转速并发出控制信号。

因此, 根据达到的速度 Ω_{tA} 和 β_A 可以控制发电机的转速, 从而获得最大输出功率 P_b 。

四、仿真结果

可以使用 MATLAB 或 SIMLINK 工具对风机桨距角控制系统进行仿真, 从而检验控制策略并且评价系统性能。

图 7(a)所示为风速在 10m/s 到 18m/s 范围内的变化情况。

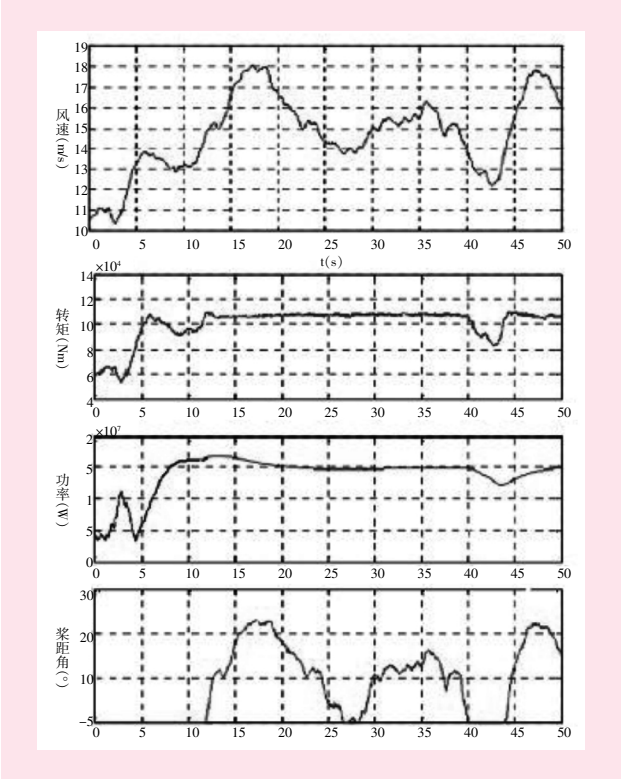


图 7 桨距角控制方案

图 7(b), 7(c) 和 7(d) 分别表示出了转矩、有功功率和桨距角随风速变化的情况。

当风速低于 7m/s 时, 风机运行在最大功率系数下, 转子的旋转速度会随着转矩控制信号而变化。

当风速在 7.6m/s 到 10.4m/s 之间变化时, 风机以恒定转速 350r/m 运行, 叶尖速比会随着风速下降。

在这个运行点时, 功率参考信号达到最大值。

两种情况下, 速度控制器都是被动的, 桨距角保持在最佳值(-5°)。

当风速变化到 10m/s 时, 功率达到额定值, 通过调节桨距角可以控制转子速度。

五、结论

本文提出了一种基于人工智能遗传算法设计的风机控制器。仿真结果表明, 当风速变化时, 这种控制器可以获得恒定的输出功率, 并且保持风机转速恒定, 具有更好的动态特性。

参考文献:

[1] 韩爽, 刘永前, 杨勇平. 三种方法在风速预测中的应用[J].

华北电力大学学报, 2008, 35(3): 57-61.

[2] 刘永前, 韩爽, 杨勇平, 等. 提前三小时风电机组出力组合预报研究[J]. 太阳能学报, 2007, 28(8): 839-843.

[3] 王承煦, 张源. 风力发电[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002: 16-31.

[4] 张志英, 赵萍, 李银凤, 等. 风能与风力发电技术(第二版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 5-14.

[5] 傅荟璇, 赵红. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 19-38.

[6] H. Camblong, I. Martinez de Alegriab, M. Rodriguezc, and G. Abad. Experimental evaluation of wind turbines maximum power point tracking controllers [J]. Energy Convers Manage, 2006, (18-19): 2846-2858.

[7] 中国可再生能源学会风能专业委员会. 2010 年中国风电装机容量统计[EB/OL]. <http://www.cres.org.cn>, 2011-03-31.

[8] 杨秀媛, 肖洋, 陈树勇. 风电场风速和发电功率预测研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(11): 1-5.

[9] 雷英杰, 张善文, 李续武, 等. MATLAB 遗传算法工具箱及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2010.

[责任编辑: 詹华西]

Pitch Angle Control for Variable Speed Wind Turbines Using Genetic Algorithm Controller

LIU Jing, HAN Ya-jun, YANG Xiao-qiang

(School of Machinery and Electronic Technology, Chongqing Creation Vocational College, Chongqing 402160, China)

Abstract: Exercising control over pitch angle is the most common means for adjusting the aerodynamic torque of the wind turbine when we rate wind speed. It can also be used to control such variables as generator power, revolving speed and wind speed. Based on the finding, the paper puts forward a pitch angle control for variable speed wind turbines by genetic algorithm controller. The control performance is simulated and tested.

Key words: pitch angle; genetic algorithm; wind turbine control

(上接第 69 页)

A Parallel Task Scheduling Balancing Algorithm in Cloud Computing Environment

CHEN Ye-en MA Jun-tao MA Jie YAN Li-li

(Hainan College of Software Technology, Qionghai 571400, China)

Abstract: Cloud computing is to provide a parallel dynamic scalability resources with the Internet computing technology under its virtualization technology. This paper presents a parallel task scheduling balancing algorithm based on cloud computing environment. Experimental results show that our method has some potential, because it has better performance in terms of response time and execution time, can effectively meet service level requested by the user.

Key words: cloud computing; clonal selection algorithm; parallel task scheduling; load balancing