

文章编号: 1000-8152(2008)01-0145-03

大型风力发电机组控制器优化设计

姚兴佳, 谢赐骥, 刘颖明, 邵冬

(沈阳工业大学 风力发电研究所, 辽宁 沈阳 110023)

摘要: 风力发电机组是复杂多变量非线性系统, 具有不确定性和多干扰等特点. 目前国内应用的风力发电机组大多采用变桨变速恒频系统, 具有风能利用系数高、安全可靠、改善整机受力等优点, 然而依然面临载荷过大、功率波动大和变桨过于频繁等问题, 因此, 在大型风力发电机组系统中, 选择最适合控制策略的控制器的优化设计就显得尤为重要. 在此提出基于模糊性能评估器的控制方法, 建立非线性控制模型并设计模糊控制器, 介绍了控制器的优化设计步骤, 仿真结果表明了这种方法的有效性.

关键词: 风力发电; 变速恒频; 模糊控制; 模糊性能评估
中图分类号: TM614 文献标识码: A

Optimization design of controller for large-scale wind turbines

YAO Xing-jia, XIE Ci-jian, LIU Ying-ming, SHAO Dong

(Wind Energy Institute, Shenyang University of Technology, Shenyang Liaoning 110023, China)

Abstract: The wind turbine system is a system with nonlinear variables, uncertainties and disturbances. At present, most of the large-scale wind turbines installed in this country are of constant frequency and with adjustable speed and pitch. They are reliable with high values of utilization factor of wind power and desirable stress characteristics of the machine set. However, they are undergoing overloading, variation in power and frequent changes of pitch. To deal with these problems, a new control method is proposed in this paper based on the fuzzy performance evaluator. In this method, a nonlinear control model is built; a fuzzy controller is designed with details described. Simulation shows the effectiveness of the proposed method.

Key words: wind power; variable speed and constant frequency; fuzzy control; fuzzy performance evaluation

1 引言(Introduction)

由于风力发电机组是典型的复杂多变量非线性系统, 这就对控制系统的设计提出了挑战. 本文首先建立风力发电机组的运动方程, 然后针对此对象设计控制器, 应用基于模糊性能评估器的控制系统控制转速, 最后通过仿真验证其控制效果.

2 风力机与机械传动部分模型(Model of wind turbine and mechanical drive)

在对单一的变速和变距进行的实验研究^[1], 结果表明: 在高于额定风速条件下, 加入变桨距调节环节, 显著提高了传动系统的柔性及输出的稳定性, 限制了转速变化的幅度, 当桨距角向增大的方向调整时, 值得到了迅速有效的调整, 从而控制了由转速引起的发电机反力矩及输出电压的变化, 转速与变距双重调节, 可以改善控制系统的动态特性, 是一种理想的控制方案. 为设计好控制器, 建立风力发电机组

的准确的动态模型是必要的前提条件. 通过对各环节模型的分析得到系统的数学模型如下:

$$\begin{cases} \dot{\xi} = n\omega_T - \omega_g, \\ \dot{\omega}_T = \frac{1}{J_T} [T_r(v, \omega_T, \beta) - T_D(\omega_T) - nT_m], \\ \dot{\omega}_g = \frac{1}{J_g} (T_m - T_e), \\ \dot{\beta} = -\frac{1}{\tau_\beta} \beta + \frac{K_\beta}{\tau_\beta} \beta_{ref}, \\ T_m = K_s \xi + B_s \dot{\xi}. \end{cases} \quad (1)$$

其中: ξ 代表增速齿轮箱次传动轴两端的相对位移角, ω_T 为风机角速度, ω_g 为发电机角速度, J_T 为风轮转动惯量, T_r 为风轮吸收的动力矩, T_D 为能量传递装置的全部阻力矩(假定集中在风轮处, n 为齿轮传动比, T_m 为从次传动轴传递给刚性齿轮的扭矩, β 为桨距角, B_s 为转矩阻尼系数, K_s 为转矩柔度系数).

式求解,得到的是最小二乘解,存在误差 σ_m .

取: $u_r = (B^T B)^{-1} [r - (\hat{A}(x) - A_r)x_m]$.
相应的残差为

$$\sigma_m = (\hat{A}(x) - A_r)x_m - r + Bu_r.$$

定义

$$\sigma = \sigma_m = \hat{M}(x)(x - \hat{x}) + d. \quad (9)$$

式(8)可简化为

$$u_f = \sum_{i=1}^L h_i(x)(A_i - BK_{ic})\varepsilon + \sigma. \quad (10)$$

根据以上分析,控制器的设计过程可以概括为以下几步:

步骤1 建立系统模糊状态空间模型;

步骤2 用极点配置方法,将 $A_i - M_i C_i$ 配置到给定的极点,计算参数 M_i ;

步骤3 给定适当 $\gamma > 0$,计算 K_v ;

步骤4 给定一个理想的性能指标 J_s ,进行性能评估,计算 J ,如果 $J_s < J$,返回步骤1重新修订模糊模型和衰减系数.否则,继续计算控制器参数 γ ;

步骤5 给定适当 $\rho > 0$,计算 K_{ic} ;

步骤6 按照式(6),计算控制律.

4 仿真研究及结论(Simulation research and Conclusion)

针对的对象为SUT-1000风力发电机组,首先采用Bladed计算软件进行桨距控制对象的线性化,然后加入模糊控制算法,通过仿真得到控制结果.如

图2所示.

经过理论研究和仿真证明,对于模态线性化抽象出的风力发电机组非线性控制对象,采用动态模糊控制器的设计方法,可以很好的达到控制效果.

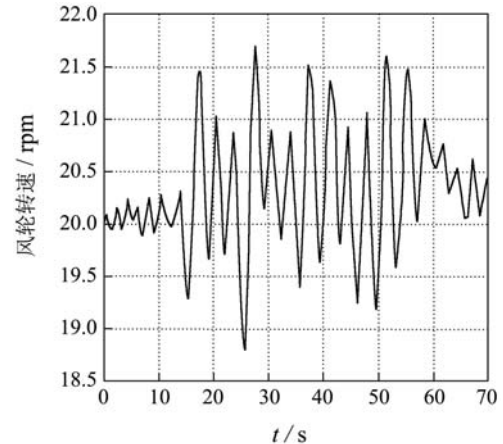


图2 风轮转速曲线

Fig. 2 Rotor speed curve

参考文献(References):

- [1] 刘其辉, 贺益康, 张建华. 交流励磁变速恒频风力发电机的运行控制与建模仿真[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(5): 43 - 50. (LIU Qihui, HE Yikang, ZHANG Jianhua. Operation control and modeling-simulation of AC-excited variable-speed constant-frequency wind power generator[J]. *J of Chinese Electrical Engineering Science*, 2006, 26(5): 43 - 50.)
- [2] LI M, ZHANG H G. Fuzzy robust control for non linear time-delay system via fuzzy performance evaluator[C] // *IEEE Int Conf on Fuzzy Systems*. [S.l.]: [s.n.], 2003: 555 - 560.