

# 风力发电机组核心控制概述与研究

韦永清, 刘建

沈阳华创风能有限公司

Copyright © Universe Scientific Publishing Pte Ltd

DOI: 1.18686/bd.v1i2.107

出版日期: 2017年2月1日

**摘要:** 本文主要以模糊控制器为例, 对风电机组控制器进行了概述和具体分析。

**关键词:** 风电机组; 控制器; 控制系统

## 1 风电机组控制系统

### 1.1 风电机组控制系统的构成

从实现功能角度划分, 控制系统可以分为主控系统、交流控制系统、变桨距控制系统、偏航控制系统、液压控制系统、安全联保护。控制系统主要采用分布式, 其中主控制器只有 1 个, 并且位于地面的塔筒柜里面, 而从控制器有好几个, 这些从控制器之间是通过光纤、工业以太网、Profibus、CANBus 等进行通信的。控制系统的总体结构如图 1 所示。

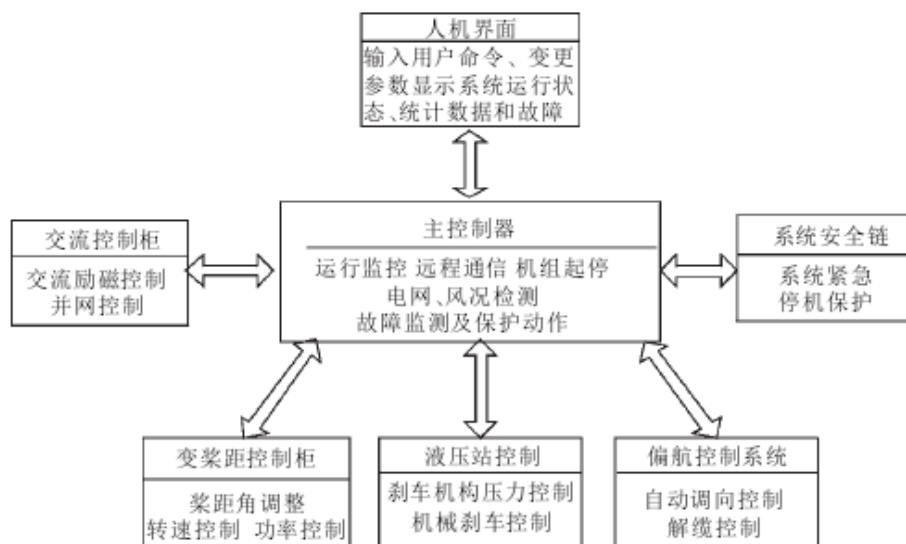


图 1 控制系统的总体结构

### 1.2 风能计算

在单位时间内, 气流以匀速  $v_w$  通过面积  $S$  的横截面, 则能够得到气流的体积  $V$  的表达式, 如公式 1 所示。

$$V = SV_w \quad (\text{公式 1})$$

假设空气密度为  $\rho$ , 那么气流的质量  $m$  的表达式如公式 2 所示。

$$m = \rho V = \rho SV_w \quad (\text{公式 2})$$

由物理知识可知，气流的动能  $E$  的表达式如公式 3 所示。

$$E = \frac{1}{2} mV_w^2 \quad (\text{公式 3})$$

由公式 2 和公式 3 可得气流的动能表达式如公式 4 所示。

$$E = \frac{1}{2} \rho S V_w^3 \quad (\text{公式 4})$$

## 2 风电机组控制器

### 2.1 风电机组主控制器

电控系统的核心是主控制器，想要完成检测和监控风电机组运行参数和状态，必须建立良好的人机交互界面和远程通讯功能。在主控系统硬件上，几乎所有厂家都选择使用 PLC 作为主控制器，其系统构成灵活，扩展容易，具有开关量控制的优势，还能够进行连续过程的 PID 回路控制，并且能够和上位机构成复杂的控制系统，实现生产过程的综合自动化。而且 PLC 控制系统能够适应风电场的恶劣运行环境，可靠性很强，因此完全适用于风电领域。

### 2.2 模糊控制器

#### 2.2.1 模糊控制器的组成

模糊控制器主要有单变量模糊控制器和多变量模糊控制器，两者之间的区别是输入量的个数不同。现阶段在模糊控制系统的设计中，主要采用的是简单模糊控制器。简单模糊控制器主要分为四大部分，即模糊化接口、知识库、推理机、精确化接口，组成原理如图 2 所示。

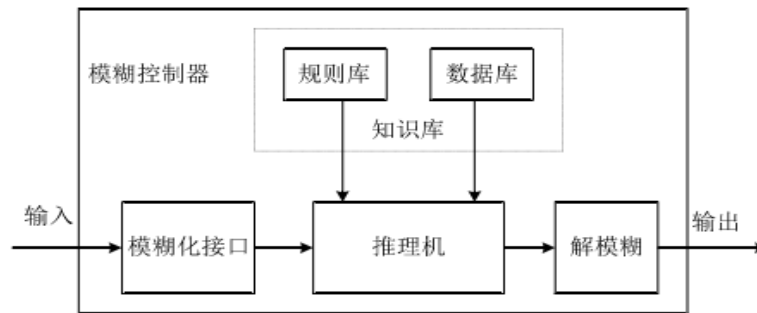


图 2 模糊控制器的组成框架

#### 2.2.2 模糊控制器的设计方案

模糊控制器的工作原理如图 3 所示。据此可得主要分为四个步骤进行控制系统模糊控制器设计。

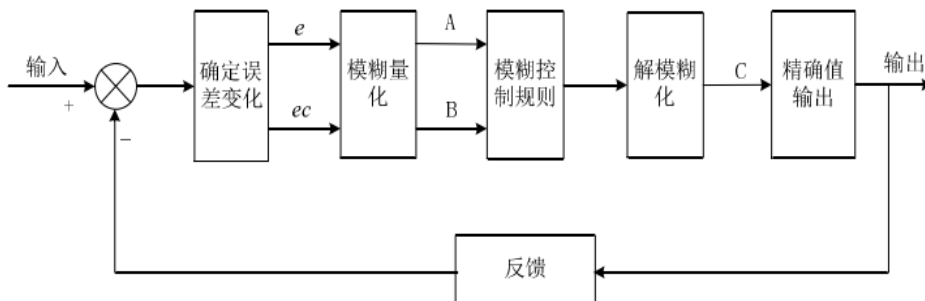


图 3 模糊控制器工作原理图

### (1) 确定误差变化

控制系统将设定值与采集到控制输出值的差值输入到模糊控制器。模糊控制器将误差  $e$  和误差变化率  $ec$  分别分成若干等级, 得到误差论域  $X$  和误差变化率的论域  $Y$ 。对于误差, 取八个语言值为  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 、 $A_7$  和  $A_8$ , 其是论域  $X$  上的模糊集, 分别代表负大 (NB)、负中 (NM)、负小 (NS)、负零 (NZ)、正零 (PZ)、正小 (PS)、正中 (PM) 和正大 (PB), 其中符号用于制定模糊控制规则表。对于误差变化率取七个语言值分别为:  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $B_5$ 、 $B_6$  和  $B_7$ , 其是论域  $Y$  上的模糊集, 分别代表负大 (NB)、负中 (NM)、负小 (NS)、零 (Z)、正小 (PS)、正中 (PM) 和正大 (PB), 其中符号用于制定模糊控制规则表。

### (2) 模糊量化

确定误差  $e$  和误差变化率  $ec$  后, 通过等级划分确定语言值  $A_i$  和  $B_j$  的模糊集, 而确定  $A_i$  和  $B_j$  的隶属函数就是模糊量化的过程。

### (3) 模糊控制规则

模糊控制规则是以模糊数学和专家控制经验为根据制定的。将模糊控制输出量  $C$  分为 13 个等级, 得到控制输出量论域  $Z$ 。如果控制输出量的 7 个语言为  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ ... $C_7$ , 其分别代表负大 (NB)、负中 (NM)、负小 (NS)、零 (ZE)、正小 (PS)、正中 (PM) 和正大 (PB)。在进行模糊控制规则设置时, 一般以 IF...THEN...的形式进行标识。如果模糊控制系统的输入变量  $e$  和  $ec$  的语言值分别是  $A$  为正大和  $B$  为负小, 输出变量  $c$  的语言变量  $C$  为零, 那么就用 IF...THEN...设计模糊控制规则, 即表示为 IF  $E$  IS PB AND  $EC$  IS NS THEN  $U$  IS ZE。

### (4) 解模糊化

解模糊化主要就是根据模糊推理得到的模糊量转化成受控对象的控制量的确切值。主要采用的解模糊化方法主要有三种, 即最大隶属度法、加权平均法、重心法。首先重心法。为了能够获得精确的控制量, 必须采用模糊算法输出精确地隶属度函数曲线和计算结果。将隶属度函数曲线和所在坐标系的横坐标轴围成图形的重心作为解模糊输出值计算出来, 重心法的计算公式如公式 5 所示。其次加权平均法。又称为权系数的加权平均法, 权系数的大小一般根据设计要求和经验进行选择, 加权平均法的计算公式如公式 6 所示。最后最大隶属度法。如果输出量模糊集  $C$  的隶属度函数存在唯一最大值, 那么就选取隶属度函数的最大值  $Z_0$  作清晰值, 计算公式如公式 7 所示。

$$v_0 = \frac{\int_v v\mu(v)dv}{\int_v \mu_v(v)dv} \quad (\text{公式 5})$$

$$Z_0 = \frac{\sum_i C(z_i) \times k_i}{\sum_i k_i} \quad (\text{公式 6})$$

$$C(z_0) = \bigvee_{c \in Z} C(z) \quad (\text{公式 7})$$

## 3 结语

总而言之, 作为未来最重要的清洁能源之一, 风能能够有效环节能源匮乏问题, 具有非常重要的现实意义。伴随着风电机组的不断变化发展, 风电机组控制系统也得以更新发展, 而风电机组控制器对于风电自动化起着非常关键的作用。因此加强对风电控制系统和控制器的研究是非常有必要的。

## 参考文献

- [1] 曹丽敏. PLC 在大型风电控制系统中的应用[D]. 电子科技大学. 2013.
- [2] 郭德森, 吕彦明, 王发成, 魏中兴. 一种大型风力发电机集风整流系统的设计分析[J]. 可再生能源, 2012(4).
- [3] 杨卫民, 王斌, 秦成虎, 董胜刚, 师毓佳. 分布式控制系统在风电机组控制中的应用[J]. 华电技术, 2011(11).