

# 模糊控制系统设计与分析

吕祖强

(新能源科技有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150000)

**摘要:**本文主要介绍了模糊控制系统的理论、系统组成及原理。如模糊控制系统控制器、模糊控制的 PWM 控制原理。

**关键词:**模糊控制系统;模糊控制系统控制器;控制算法

## 1 模糊控制理论概述

模糊控制是以模糊数学为工具,把控制专家和操作技师的经验模拟下来,通过模糊控制软件,将最善于处理模糊概念的人脑思维方法体现出来,作为正确的判断。模糊控制较传统 PID 控制来看有以下两个优点:

1.1 有些时候被控对象数学模型很难建立,而模糊控制可以针对未建模系统某个控制问题的经验进行加工,总结出知识从中提炼出控制规律,实现复杂系统的控制。

1.2 传统控制对参数难以调整,超调量大并带有振荡。与此相反,模糊控制对过程参数改变不灵敏,在所有工作点上都能做到较稳定的控制。

## 2 模糊控制系统组成

模糊控制系统通常由模糊控制器、输入/输出接口、执行机构、被控对象和测量装置等五个部分组成。如图 1 为模糊控制系统框图。

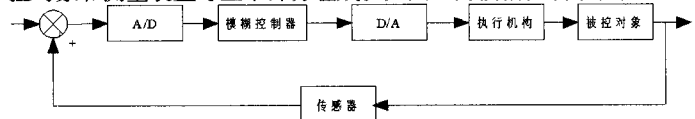


图 1 模糊控制系统结构图

2.1 被控对象。被控对象可以是确定的或模糊的、单变量或多变量的、有滞后或无滞后的、也可以是线性的或非线性的、定常的或时变的,以及具有强耦合和干扰等多种情况。对于那些难以建立精确数学模型的复杂对象,更适宜采用模糊控制。

2.2 执行机构。除了电气的以外,如各类交、直流电动机,伺服电动机,步进电动机等,还有气动的和液压的,如各类气动调节阀和液压马达、液压阀等。

2.3 控制器。控制器是各类自动控制系统中的核心部分。由于被控对象的不同,可以构成各种类型的控制器,如在经典控制理论中,用运算放大器加上阻容网络构成的 PID 控制器和由前馈、反馈环节构成的各种串、并联校正器;在现代控制理论中,设计的有状态观测器、自适应控制器、解耦控制器、鲁棒控制器等。

2.4 输入/输出(I/O)接口。模糊控制系统与通常的全数字控制系统或混合控制系统一样,必须具有模/数(A/D)、数/模(D/A)转换单元,不同的只是在模糊控制系统中,还应该有用适用于模糊逻辑处理的“模糊化”与“解模糊化”环节,这部分通常也被看作是模糊控制器的输入/输出接口。

2.5 测量装置。测量装置是将被控对象的各种非电量,如电流、温度、压力、速度、浓度,转换为电信号的一类装置。

## 3 模糊控制规则及控制算法

3.1 模糊控制规则。模糊控制规则是模糊控制器的核心,必须精心选取这些规则,并考虑下列问题:

3.1.1 选定描述控制器输入和输出的语义词汇。我们称这些语义变量词汇为变量的模糊状态。如果选择比较多的词汇,即用较多的状态来描述每个变量,那么制定规则就比较灵活,形成的规则就比较精确。在实际应用中,通常选取 5 个模糊状态,即正大(PB)、正小(PS)、负小(NS)、负大(NB)和零(ZR)。

3.1.2 规则模糊集。模糊集表示一个模糊状态。在规定模糊集时必须首先考虑模糊集隶属函数曲线的形状。对应于误差 E 的语言变量(模糊状态)A,误差变化 EC 所对应的语言变量 B,模糊控制器通常采用双输入单输出模型,如图 2 所示,它对应于下列语言公式:

IF A AND B THEN C

3.2 模糊控制算法。模糊控制算法的目的,就是从输入的连续精确量中,通过模糊推理的运算过程,求出相应的清晰值的控制量。模

糊控制系统目前采用以下算法:a.CRI 推理的查表法;b.CRI 推理的解析公式法;c.Mamdani 直接推理法;d.后件函数法。

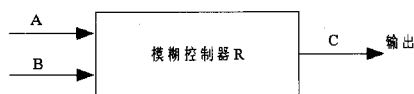


图 2 双输入单输出模糊控制器模型

## 4 模糊控制器

4.1 模糊控制器组成。模糊控制器作用是完成从输入变量到输出变量的映射关系,是模糊控制系统的核心,其结构如图 3,主要包括四个部分:输入量模糊化接口、知识库、模糊推理和输出解模糊接口四个部分。

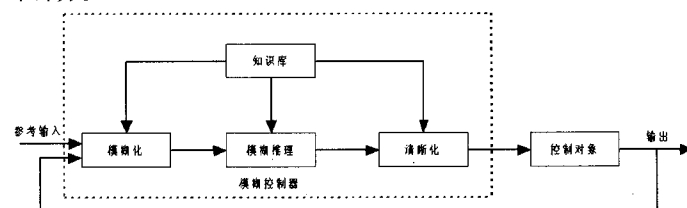


图 3 模糊控制器的结构

4.1.1 模糊化接口。因为从检测装置输入计算机控制器的变量值通常都是清晰值,因此在进行模糊推理之前,需要将这些清晰值转化为模糊推理所处理的模糊集合的形式,模糊化接口就是实现这样的功能。

4.1.2 知识库。模糊控制器的知识库主要包括控制规则库和数据库,数据库中存放的是所有输入、输出变量的全部模糊子集的隶属度矢量值。规则库中的模糊控制规则是按人的直觉推理的一种语言表示形式,是基于专家知识或熟练手动操作人员长期积累的经验。

4.1.3 模糊推理。模糊控制器中的推理是指根据输入模糊量的大小,由模糊控制规则完成模糊推理来求解模糊关系方程,并获得模糊控制量的功能部分。模糊推理由条件聚合,推断和累加三部分组成。

4.1.4 解模糊接口。经过模糊推理得到的是一个输出的模糊集合,将模糊推理得到的结果传递给执行机构之前,必须将推理得到的模糊集合转化成清晰值,这即为解模糊化接口所完成的功能。

4.2 模糊控制的 PWM 控制原理。PWM 控制方法,是把输出电压的半个周期分割成多个脉冲,通过合理地控制其中每个脉冲的宽度,去控制输出电压的波形、频率及其基波幅度。目前应用最多的是正弦波宽度调制控制法(SPWM)。SPWM 控制法就是令 PWM 输出波在每一个特定时间间隔内的能量等效于正弦波所包含的能量。

变频调速控制电路采用的是基于 SPWM 技术的开环控制方式,控制电路的主要任务是实现对逆变器开关的控制,以确定的时间使 6 个功率驱动元件导通,控制开关元件产生一组等幅不等宽的脉冲波形,使整个输出近似等效于正弦波形。PWM 从单片机输出,去控制逆变电路变得容易起来。程序框图如图 4.5 所示。三相波输出模块可产生频率相同的三个独立的 PWM 波形。输出的 PWM 的频率由单片机 PMD 控制寄存器 MDPRD 决定。只要改变 MDPRD 寄存器设置值,可很方便地改变调制波的频率。置入 MDPRD 的值 N 可按下式计算: $N = \text{外部振荡 } f_{\text{OSC}} / (\text{预分频数} * f_{\text{PWM}} * 2)$ ,式中预分频数是为满足不同频率而设置的。设余弦表格中第 n 个数  $D_n$ ,则 PWM 波形中第 n 个脉冲宽度为  $\delta_n = \frac{CM}{\pi f} (D_n - D_{\min})$  而与频率相对应的常数表格的表达

式为  $\frac{CM}{\pi f}$ 。 $\delta_n$  代表脉冲宽度, $t_{\text{on}}$  表示逆变功率的开关时间。 $t_{\text{on}} = \frac{1}{2} (\Delta t - \delta_n)$  在每个 SPWM 周期之前,都由 CPU 经过正弦表查得,并存入这些寄存器中。

(下转 294 页)

在一定的范围之内。

### 1.5 化学反应引起的裂缝及预防

碱骨料反应裂缝和钢筋锈蚀引起的裂缝是钢筋混凝土结构中最常见的由于化学反应而引起的裂缝。

混凝土拌和后会产生一些碱性离子,这些离子与某些活性骨料产生化学反应并吸收周围环境中的水而体积增大,造成混凝土酥松、膨胀开裂。这种裂缝一般出现中混凝土结构使用期间,一旦出现很难补救,因此应在施工中采取有效措施进行预防。主要的预防措施:一是选用碱活性小的砂石骨料。二是选用低碱水泥和低碱或无碱的外加剂。三是选用合适的掺和料抑制碱骨料反应。

### 2 裂缝处理

裂缝的出现不但会影响结构的整体性和刚度,还会引起钢筋的锈蚀、加速混凝土的碳化、降低混凝土的耐久性和抗疲劳、抗渗能力。因此根据裂缝的性质和具体情况我们要区别对待、及时处理,以保证建筑物的安全使用。

混凝土裂缝的修补措施主要有以下一些方法:表面修补法,灌浆、嵌缝封堵法,结构加固法。

#### 2.1 表面修补法

表面修补法是一种简单、常见的修补方法,它主要适用于稳定和对结构承载能力没有影响的表面裂缝以及深进裂缝的处理。通常的处理措施是在裂缝的表面涂抹水泥浆、环氧胶泥或在混凝土表面涂刷油漆、沥青等防腐材料,在防护的同时为了防止混凝土受各种作用的影响继续开裂,通常可以采用在裂缝的表面粘贴玻璃纤维布等措施。

#### 2.2 灌浆、嵌缝封堵法

灌浆法主要适用于对结构整体性有影响或有防渗要求的混凝土裂缝的修补,它是利用压力设备将胶结材料压入混凝土的裂缝中,胶结材料硬化后与混凝土形成一个整体,从而起到封堵加固的目的。常用的胶结材料有水泥浆、环氧树脂、甲基丙烯酸酯、聚氨酯等化学材料。

嵌缝法是裂缝封堵中最常用的一种方法,它通常是沿裂缝凿槽,在槽中嵌填塑性或刚性止水材料,以达到封闭裂缝的目的。常用的塑性材料有聚氯乙烯胶泥、塑料油膏、丁基橡胶等等;常用的刚性止水材料为聚合物水泥砂浆。

### 2.3 结构加固法

当裂缝影响到混凝土结构的性能时,就要考虑采取加固法对混凝土结构进行处理。结构加固中常用的主要有以下几种方法:加大混凝土结构的截面面积,在构件的角部外包型钢、采用预应力法加固、粘贴钢板加固、增设支点加固以及喷射混凝土补强加固。

### 3 结论

裂缝是混凝土结构中普遍存在的一种现象,它的出现不仅会降低建筑物的抗渗能力,影响建筑物的使用功能,而且会引起钢筋的锈蚀,混凝土的碳化,降低材料的耐久性,影响建筑物的承载能力,因此要对混凝土裂缝进行认真研究、区别对待,采用合理的方法进行处理,并在施工中采取各种有效的预防措施来预防裂缝的出现和发展,保证建筑物和构件安全、稳定地工作。

#### 参考文献

- [1]桥梁工程师手册[Z].
- [2]混凝土工[Z].
- [3]桥涵施工规范[S].

(上接 57 页)

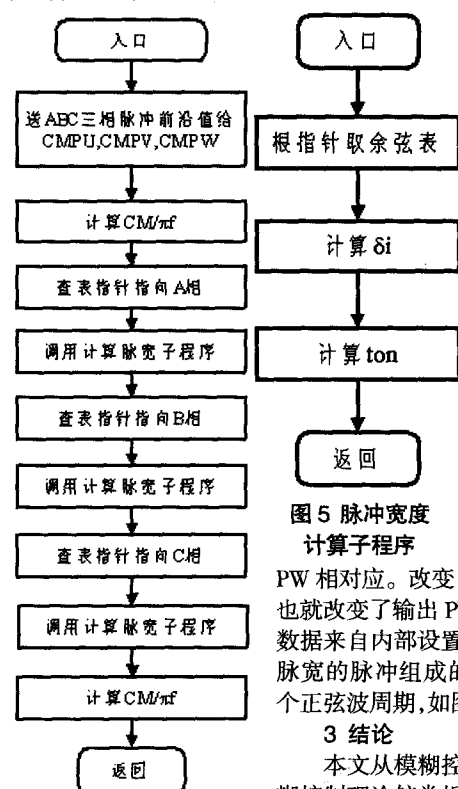


图5 脉冲宽度  
计算子程序

若内部定时器的计数值超过寄存器的值,则对应的输出口被触发,从而输出一组极性相反的PWM矩形波(其占空比取决于比较器中的值)。每次内部定时器反向计数结束时,产生下溢中断请求,开始新一个PWM周期,并在中断服务程序中产生相应参数。对于三相变频压缩机来说,必须供给三相正弦波电流。其脉冲宽度与PMD比较寄存器CMPU, CMPV, CMPW相对应。改变PMD比较寄存器的值,也就改变了输出PWM的脉冲宽度。这些数据来自内部设置的正弦表,若干个不同脉宽的脉冲组成的脉冲链就可以形成1个正弦波周期,如图6所示。

### 3 结论

本文从模糊控制方式出发,探讨了模糊控制理论较常规开关控制的优缺点,可以看出,模糊控制在实际工程中已经有了许多成功的应用范例,是当今智能控制领域中最受关注的研究热点之一。模糊控制无疑为智能控制开创了一条新道路,模糊控制与PID控制、神经网络控制相结合,可以创造出更多类型,性能更好的智能控制系统,应用前景十分广泛。

本人描述的模糊控制器及参数自调整模糊控制器虽然在仿真过程中体现了诸多的优点,但由于时间及条件有限,未投入实际工程验

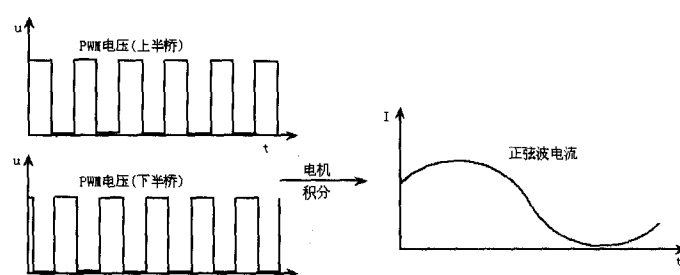


图6 正弦波电流的形成

证,因此本文存在的不足之处,希望各位专家教授以及从事这方面研究的同事给予批评指正。

#### 参考文献

- [1]诸静.模糊控制原理与应用[M].北京:机械工业出版社,1995.
- [2]顾树生,平力.模糊控制系统稳定性分析及控制器设计[J].控制与决策,1991:65-67.
- [3]张文修,梁广锡.模糊控制与系统[M].西安:西安交通大学出版社,1998.
- [4]陈永义.模糊控制技术与应用实例[M].北京:北京师范大学出版社,1993.
- [5]Curtiss P S, Brandemuchl M J, Kreider J F. Energy management in central HVAC plants using neural networks, ASHRAE Trans. 1994: 54-56.
- [6]章卫国,杨向忠.模糊控制理论与应用[M].西安:西北工业大学出版社,1999.
- [7]Darrell D Massie Peter S Curtis, Jan F Kreider. Predicting central plant HVAC equipment performance using neural networks-laboratory system test results, ASHRAE Trans, 1998: 67.
- [8]Curtiss P S, Kreider J F, and Brandemuchl M J. Adaptive control of HVAC processes using predictive neural networks, ASHRAE Trans 1993: 54-56.