

文章编号: 1001-0920(2001)04-0500-04

神经网络模糊控制在交流调速系统中的应用研究

丁科¹, 侯朝桢¹, 梁文林²

(1. 北京理工大学自动控制系, 北京 100081; 2. 洛阳工学院电气系, 河南 洛阳 471039)

摘要: 研究交流调速系统的控制方法, 利用神经网络来实现交流调速系统的模糊控制。通过实际交流变频调速系统的实验表明, 当突然加、减负载时, 神经网络模糊控制与PD控制相比, 具有恢复时间短、超调和振荡小等特点。神经网络模糊控制特别适用于结构复杂、干扰大且控制精度要求高的系统。

关键词: 神经网络; 模糊控制; 交流调速

中图分类号: TP 18 **文献标识码:** A

The Application Research of Neural-network Fuzzy Control in AC Adjustable-speed System with Varying Frequency

DING Ke¹, HOU Chao-zhen¹, LIANG Wen-lin²

(1. Department of Automatic Control, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2. Department of Electrical Engineering, Luoyang Institute of Technology, Luoyang 471039, China)

Abstract: Neural-network is used to realize the fuzzy control in AC adjustable-speed system with varying frequency. Experiments of AC adjustable-speed system with varying frequency show that the resuming time of rotate speed in neural network fuzzy control system is much shorter than that in PD control system and the overshooting and oscillation during the resuming period are also weakened when the loads are suddenly increased or decreased. For systems with complicated structure, under strong disturbances and also with high control accuracy needed, this method works well.

Key words: neural network; fuzzy control; AC adjustable-speed system

1 引言

神经网络具有自学习和大规模并行处理的能力, 比较擅长认知处理。而模糊控制能够充分利用学科领域的知识, 并以较少的规则数来表达知识, 比较擅长技能处理。神经网络和模糊控制这两种技术各有所长, 存在着互补性。因此, 神经网络与模糊控制的结合已引起人们的广泛关注, 神经网络模糊控制也应运而生^[1]。

本文介绍神经网络与模糊控制相结合的一种新

构思, 以及神经网络模糊控制器在交流调速系统中的设计方法。

2 神经网络模糊控制器

神经网络模糊控制是一种模仿人脑的智能控制, 它不需要建立被控对象的精确数学模型, 并且对被控对象的参数变化不敏感, 即具有极强的鲁棒性^[2]。因此本文提出将神经网络模糊控制应用于变压变频的交流调速系统。

收稿日期: 2000-04-14; 修回日期: 2000-07-14

作者简介: 丁科(1973—), 男, 江西于都人, 博士生, 从事智能控制与计算机应用和复杂系统等研究; 侯朝桢(1938—), 男, 四川自贡人, 教授, 从事分布式计算机控制、工业生产控制和综合自动化的研究。

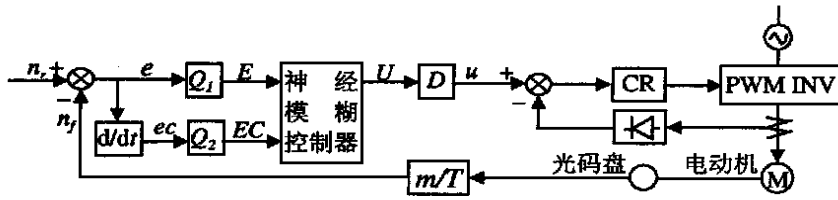


图 1 神经网络模糊控制器交流调速系统结构

系统的结构框图如图 1 所示。其中,外环为转速环,内环为电流环,转速调节器采用神经网络模糊控制器。 u 为神经模糊控制器的输出控制量,CR 为电流调节器, m/T 为计数采样周期内脉冲数, Q_1 和 Q_2 为误差 e 和偏差变化率 ec 的量化因子, D 为控制量 u 的比例因子。

神经网络模糊控制器的目标是控制交流电机转子速度快速跟随给定值,且无超调或超调很小。神经网络模糊控制器的输入定义为

$$e = n_r - n_f, \quad ec = (e_1 - e_2)/T \quad (1)$$

其中, n_r 为速度给定值, n_f 为实际速度反馈值, e_1 为 KT 时刻误差, e_2 为 $(K-1)T$ 时刻误差, T 为采样周期^[3]。

本文采用 3 个 BP 神经网络来模拟模糊模型。神经网络 I 和 II 分别用于生成 E 和 EC 的隶属函数,神经网络 III 用于生成控制输出。

2 1 隶属函数的实现

采用两个相同的 3 层神经网络 I 和 II 来生成转速误差 E 和误差变化率 EC 的隶属度,其结构如图 2 所示。输入层为一个神经元,用于接收误差信号 E 或误差变化率信号 EC 。输出层为 7 个神经元,分别用于生成隶属于 E 和 EC 的模糊子集 {PB, PM, PS, ZO, NS, NM, NB} 的隶属度。隐层采用 8 个神经元,以便 BP 网络能够快速、准确地收敛^[4]。

本文以表 1 的数据为样本进行学习,得到了误差小于给定值的两个 3 层神经网络 I 和 II。

2 2 模糊控制规则的实现及控制信号的形成

采用 3 层神经网络 III 来实现模糊控制规则。输入层对应于神经网络 I 和 II 的输出层,即 14 个神经元;输出层为一个神经元,即控制量输出;隐层采用 7 个神经元。以表 2 提供的经验数据为样本进行学习,即可获得一个神经模糊控制器。

表 1 模糊变量 \tilde{E} 和 \tilde{EC} 的赋值表

| | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | - 1.0 | - 0.8 | - 0.6 | - 0.4 | - 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 |
| PB | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 1.00 |
| PM | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.80 | 0.47 | 0.00 |
| PS | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.47 | 0.80 | 0.04 | 0.00 | 0.00 |
| ZO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 1.00 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| NS | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.80 | 0.47 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| NM | 0.00 | 0.47 | 0.80 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| NB | 1.00 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

表 2 模糊控制规则表

| | | | | | | | |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|----|
| 误差 (E) | 误差变化(EC) | | | | | | |
| | PB | NB | NM | NS | ZO | PS | PM |
| NB | NB | NB | NB | NB | NB | NB | NB |
| NM | NB | NB | NB | NM | NM | NM | NM |
| NS | NB | NM | NM | NS | NS | NS | NS |
| ZO | NB | NM | NM | ZO | PM | PM | PB |
| PS | PS | PS | PS | PS | PM | PM | PB |
| PM | PM | PM | PM | PM | PB | PB | PB |
| PB | PB | PB | PB | PB | PB | PB | PB |

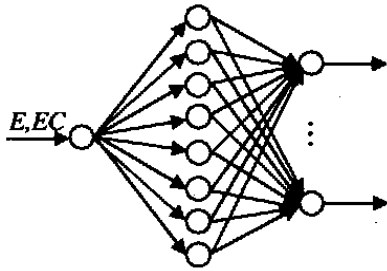


图2 3层神经网络 I 和 II 的结构

3 闭环交流调速系统

为了比较两种控制算法在闭环交流调速实际系统中的运行效果,设计并安装了一整套由 CD750 工业用交流变频调速器和 286PC 计算机等组成的交流变频调速系统,容量为 2.2~7.5kVA。

系统的结构框图如图 3 所示。由计算机设置系统的给定转速 n_r ; 反馈信号采用 OMRON 公司的脉冲编码器产生的转速脉冲,通过计算机接口经脉冲计数板计数后送入计算机;采用发电机带灯箱作为负载,以便调节负载的大小。

实验系统中的变频器型号为 CD750,它采用大规模集成技术,使得设备体积较小。新型电力开关器件 IGBT 工作频率高,电动机和变频器噪声低。系统具有多种保护功能,如欠压、过压、过流、过载等,并设有正、反向控制。

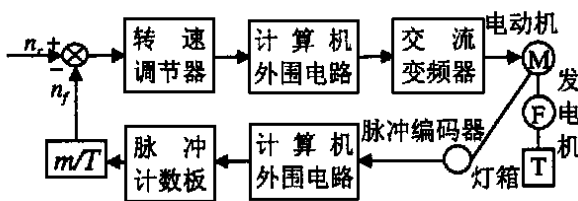


图3 闭环交流调速实验系统框图

在闭环交流调速实验系统中,根据控制算法算出的控制指令(即脉冲数)通过计算机接口板发出脉冲送到变频器的脉冲编码控制端;在系统的速度检测机构中,由速度脉冲编码器发出的脉冲信号由计算机接口通过脉冲计数板计数后送到计算机内。计算机采用 m/T 法,即测量采样周期 T 内速度脉冲发生器发出的脉冲数 m 来计算当前电机的实际转速。电机轴旋转一周,速度脉冲发生器发出 600 个脉冲,可表示为

$$n = 60m / (T \times 600) \quad (\text{r/min}) \quad (2)$$

由此可见,脉冲计数板必须同时具有分频、计数和定时发脉冲的功能。实验系统中的脉冲计数板

采用微型机外围芯片 8253,以用于实时控制。

首先根据转速调节器计算出的转速控制量(即脉冲数)去除 0.5MHz,作为 8253(2)芯片 1 通道的分频系数,而 8253(2)芯片 2 通道的分频系数为 2,1MHz 的时钟经过两级分频后送入变频器的脉冲编码控制端,以实现转速控制。然后通过向 8253(1)芯片 1 通道的定时计数器送初值来设定采样周期 T ,同时采用 8253 芯片的工作方式 4(即软件触发方式),在一个采样周期 T 到来时发出中断请求 RQ3,计算机通过响应中断将 8253(1)芯片 2 通道内速度脉冲编码器发出的速度脉冲数 m 读入计算机(先读低字节,后读高字节),根据公式算出电动机的实际转速,这样就构成了整个交流调速系统的闭环。

在上述闭环交流调速系统中,分别采用 PD 控制和神经网络模糊控制两种控制算法作为转速调节器进行了实验研究。

1) PD 控制

$$u_j = k_p e_j + \frac{T}{T_{i=1}} e_i + \frac{T_d}{T} (e_j - e_{j-1}) \quad (3)$$

式中, u_j 为转速调节器的控制量, k_p 为比例系数, e_j 为当前步的转速误差, T 为采样时间, T_i 为积分时间常数, T_d 为微分时间常数, e_{j-1} 为前一步的转速误差。其中, k_p, T_i, T_d 是在实验中整定出来的较优的控制参数。

2) 神经网络模糊控制

采用上面给出的神经网络模糊控制器进行控制,系统结构框图如图 1 所示。

4 实验结果

分别对上述两种控制算法及系统的开环响应进行实验研究。在突然加、减负载的情况下,考察系统能否快速自行调节,转速能否迅速回到原定值,以及恢复时间的长短。负载为发电机带灯箱,通过开关灯箱内灯泡的个数使电动机的负载变化。这里仅简述其中两种实验结果。

1) 电动机空载起动,待转速达到稳定值后,突加灯箱的全部灯泡,电机的响应曲线如图 4 所示;

2) 电动机带载起动,待转速达到稳定值后,突减灯箱的全部灯泡,电机的响应曲线如图 5 所示。

从实验曲线和实测的各项性能指标可得出以下结论:

1) 在 PD 控制中,当突然加、减负载时,转速最终能恢复到给定值。虽然实验时采用优化整定了

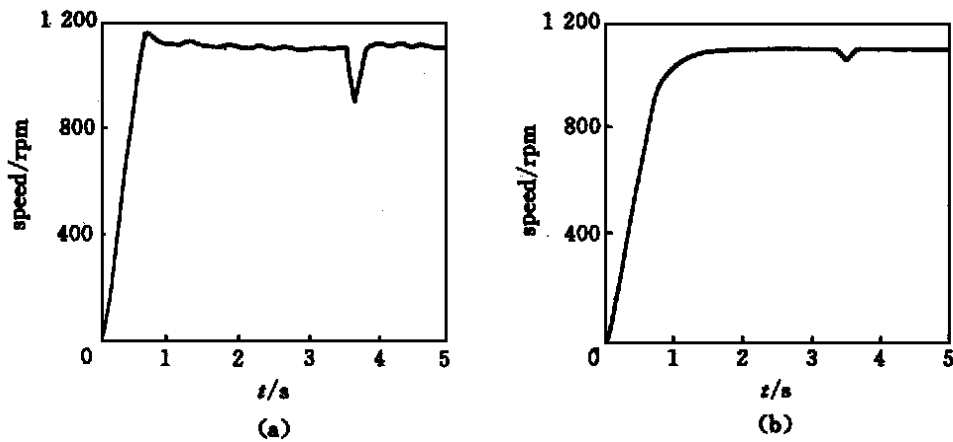


图 4 突加全部灯泡时电机的转速曲线

(a) PD 控制 (b) 神经网络模糊控制

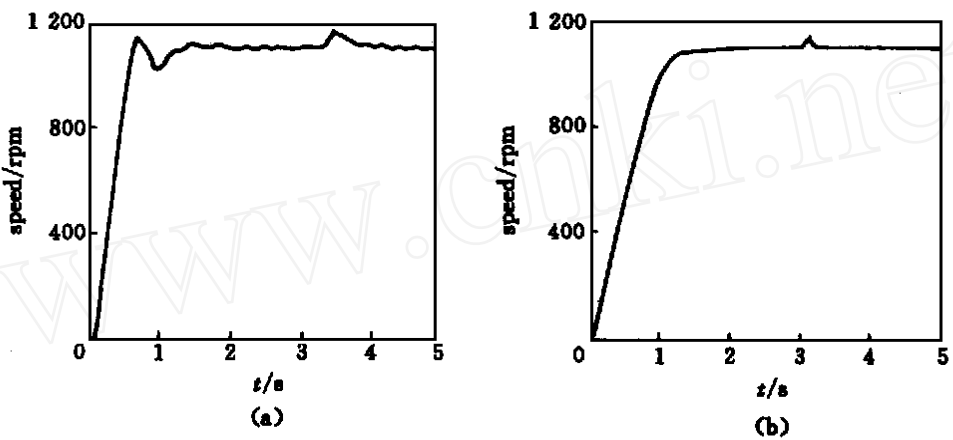


图 5 突减全部灯泡时电机的转速曲线

(a) PD 控制 (b) 神经网络模糊控制

PD 的控制参数, 但系统恢复时间较长, 并且恢复期间有较大超调和振荡现象。这主要是因为 PD 控制参数 (K_p, T_i, T_d) 设定后不能根据系统的误差和误差变化率做相应的调整, 以致于无法满足系统在各种变化情况下对精度的要求。

2) 在神经网络模糊控制中, 当突然加、减负载时, 转速能恢复到给定值, 恢复时间比 PD 控制的恢复时间短, 并在恢复期间削弱了超调和振荡。因此, 神经网络模糊控制能更好地满足系统在各种变化情况下对高精度的要求。

3) 如果能在线提炼出优化的样本供神经网络进行自学习, 解决神经网络自学习的慢速与快速系统控制要求之间的矛盾, 那么神经网络模糊控制将比单纯的神经元控制或模糊控制具有更大的优势。

5 结 语

将神经网络控制与模糊控制有效地结合起来

所构成的神经网络模糊控制器, 不需要被控对象精确的数学模型, 并且可根据控制中的结果进行自学习, 不断提高自身的适应性, 能很好地满足系统的要求。它特别适用于那些系统结构复杂、干扰大且控制精度要求高的场合。神经网络控制与模糊控制的结合, 不但为交流调速系统的发展开辟了一条新的智能化道路, 而且也为智能控制在工业控制领域的广泛应用创造了条件。

参考文献:

- [1] 赵振宇, 徐用懋 模糊理论和神经网络的基础与应用 [M] 北京: 清华大学出版社, 1996
- [2] 隆杰, 毛宗源 利用神经网络进行推理的模糊控制器 [J] 控制理论与应用, 1995, 11(4): 508-512
- [3] 丁科, 李绍滋 基于智能控制的交流变频调速系统仿真 [J] 洛阳工学院学报, 1997, 18(4): 64-68
- [4] Wu Bin, Shen Youting Improved learning algorithm for fuzzy neural network [J] J of Tsinghua University, 1999, 39(10): 31-34