

BP 网络在感应电机逆系统中的模拟与仿真

熊大为,廖冬初,欧文军,别 伟

(湖北工业大学电气与电子工程学院,湖北 武汉 430068)

摘 要:对于一些复杂的非线性系统,传统的解析形式难以实现.本文提出了一种基于 BP 网络的构造方法,以非解析形式实现逆系统,并结合感应电机模型进行 MATLAB 仿真,生成了感应电机的神经网络逆模型,对比结果可知神经网络逆系统输出值误差极小,表明 BP 网络的逆系统构造策略是可行的.

关键词:BP 网络;逆系统;感应电机;MATLAB 仿真

中图分类号:TM343

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2010.05.025

0 引 言

对于复杂的非线性系统,逆系统方法能够起到反馈线性化和多变量解耦的作用,其思路简单易于理解.但是要想得到逆系统的解析实现形式,不仅要依赖于精确的数学模型的解析表达式,还要依赖具体的系统参数,而在具体情况中,许多被控系统耦合性很强,具有很强的非线性特征,难以用精确的解析表达式表示出来,只能用近似的模型来代替.而要创建它的精确数学模型并求解逆系统解析表达式,必须利用许多求解技巧,有时仍然难以实现,而且许多非线性被控系统的内部状态与具体参数是部分可测的,有时甚至是难以获取的^[1,2].另外,在实际过程中系统参数还要受到周围环境变化的影响,这样会引起很大的波动,致使得到的逆系统不能完全确定.由于神经网络具有多输入多输出的特点,且具有自学习能力,能够以任意精度逼近复杂非线性函数,因此,本文引入神经网络来创建非解析实现形式的逆系统,对于感应电机经检验,方法十分有效.

1 BP 网络与神经网络逆系统实现

静态神经网络是由静态神经元构成的网络,其输入与输出是静态非线性映射的关系.静态神经网络有很多种,其中,多层前向网络最为常用.图 1 为一种典型的静态神经网络(三层前向网络).BP(Back Propagation)网络,是一种单向传播的多层前向网络.其学习算法的基本原理是梯度

下降法,这是一种快速有效的学习算法,其基本思想是引用梯度搜索技术,期望通过调整权值减小输出层的实际值与期望值的误差均方值^[3].在其网络学习过程中,误差一边向后传播一边修正权系数.实际上,BP 学习算法包括了两个过程,当它正向传播时,输入信息从隐含层开始逐层处理,最后传到输出层,每一层节点的状态只对一层有影响.假如输出层的输出不尽人意,那么它将会改变各层节点的权值,将误差信号反向传播,逐渐使误差信号最小.只要有充足的隐层与隐层节点,BP 网络就能够逼近任意的非线性函数,然而怎样按照具体的问题来确认网络的结构,至今还没比较好的方法,只能根据经验来试凑,由于 BP 网络的学习算法是通过全局逼近的方式实现的,所以其泛化能力很强,在多层前向网络中,各连接权系数都储存着输入输出关联信息,且连接权的数目不少,一旦个别的节点受到损害,对输入输出关系影响不大,所以 BP 网络具有很好的容错性^[4].

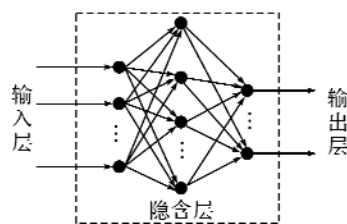


图 1 典型的静态神经网络

Fig.1 Typical static neural network

静态神经网络只能替代静态非线性运算,如果要逼近动态非线性运算就必须引用动态神经网络

收稿日期:2010-03-04

基金项目:湖北省教育厅高新技术项目(J200614001)

作者简介:熊大为(1984-),男,湖北大冶人,硕士研究生.研究方向:电力电子与电力传动.

指导教师:廖冬初,教授,博士,硕士研究生导师.研究方向:电力电子与电力传动.

络.而静态神经网络加上若干积分器就能够组成动态神经网络.图2给出了动态神经网络的一般形式,其中, V_1, V_q 为输入量, u_1, u_q 为神经网络的输出量;系统的动态特性是通过积分器来表示的.动态神经网络不仅具有自我学习和自适应未知系统的特性,而且还有很强的鲁棒性,可以用来逼近动态非线性映射,代表了神经网络动态辨识与控制的发展方向.显然,由动态神经元构成的动态神经网络存在的问题能够被这种各尽其责的结构解决,还有利于神经网络结构的简化,从而使工程实现变得更容易.

从表面上看,神经网络逆系统的构造形式很容易实现,仅仅是用静态神经网络来逼近解析逆系统中的非线性静态映射部分.但也不能简单地认为任意选取一个静态神经网络就可以满足要求,实际上在神经网络逆控制方法中,逆系统的构造有着至关重要的作用,它包括两个方面,其一是神经网络的确定并生成逆系统,其二是训练神经网络逆系统,而后者是关键,训练逆系统在本质上就是训练静态神经网络,使其能够实现逼近非线性系统的效用,而当这一功能被实现时,动态神经

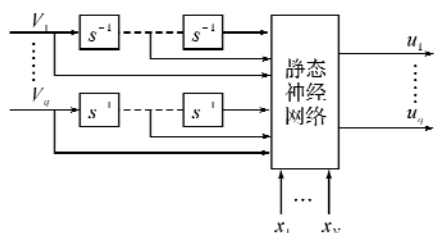


图2 静态神经网络加积分器构成的动态神经网络
Fig.2 Dynamic neural network formed by static neural network with added integrators

网络就完成了对逆系统的辨识过程,实现的逆系统就真正成为被控系统的逆系统.

2 基于感应电机模型的 MATLAB 仿真研究

交流感应电机具有多变量、非线性、强耦合的特性,它的动态特性与直流电机相比要复杂很多.

如果采用神经网络逆方法对非线性系统进行控制,前提是要求受控系统可逆,当然,也并不是一定要求解出其解析逆.事实上,对于感应电机由 Interactor 算法可以得知其逆系统是存在的.由于解析逆系统方法很依赖于电动机的参数,实际应用中,对负载扰动十分敏感,电动机运行时,复合系统的解耦线性化由于工况的变化很难达到要求,最终使系统控制的性能也受到影响.将神经网络引入到逆系统控制方法中,可以解决解析逆系统方法中的以上难题,增强控制系统对未建模动态和参数变化的鲁棒性,提高逆解耦控制系统的抗负载扰动能力.将神经网络与若干积分器构成的逆系统与感应电动机串接成复合系统,可使感应电机这一多变量、强耦合的非线性系统完全线性化为一个输入输出系统^[6].

如图3所示,给感应电机一个正的输入机械转矩 5 N·m,则电机工作于电动机状态,异步电机模型选用 MATLAB 里的 NO. 16 型号 (10HP (7.5 KW), 400 V, 50 Hz, 1 440 RPM), 通过模型的 m 端得到感应电机的参量:在 d, q 轴上的转子电流值 i_d, i_q , d 轴上的定子磁链 ψ , ω 转速.利用 MATLAB 的 newff () 命令建立对应的 BP 神经网络,命名为 net.

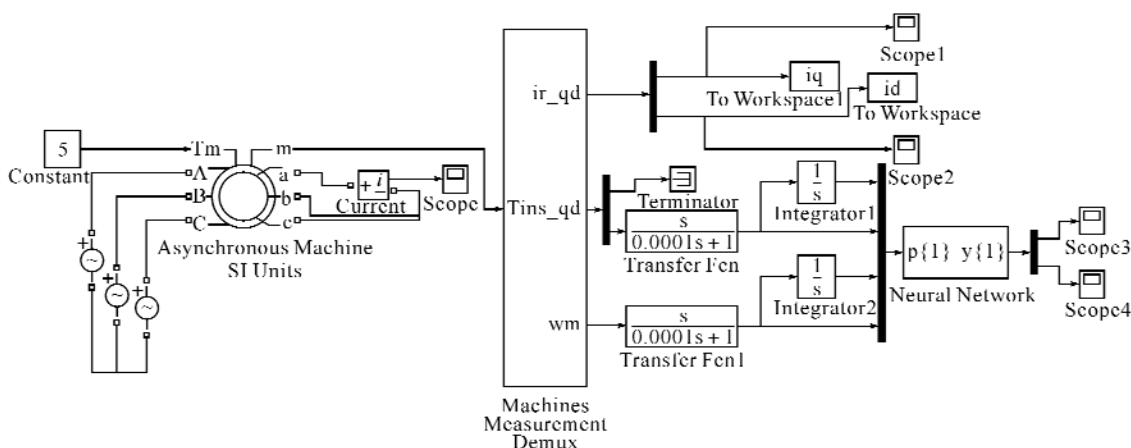


图3 感应电机神经网络逆系统模型

Fig.3 Neural network inverse system model of induction motor

使用 MATLAB 软件构造静态神经网络,选择神经网络的类型为前向网络(BP 网络),隐层节点的数量也对网络有一定的影响,数目太多会造成网络的过

适性,而太少又会引起网络的不适性.将前向网络设计为3层,设置4个输入节点和2个输出节点.

训练神经网络的代码为:

```

strain2 = [f; df;s;ds];
ltrain2 = [d;q];
zz = minmax(strain2); net = newff(zz,[8,9,2],{'tansig','tan-sig','purelin'},'trainbfg');
net.trainParam.epochs = 5000;
net.trainParam.goal = 0.005;
net = train(net,strain2,ltrain2);
gensim(net,-1);
y = sim(net,strain2)

```

其中, f 为定子磁链值, df 为定子磁链一阶导数值, s 转子角速值, ds 转子角速度一阶导数值, d 和 q 分别为转子电流在 d 、 q 轴上的值, 此神经网络模型有 4 个输入参数, 第一层由 10 个神经元构成, 传输函数为 $tansig$, 输出层由两个神经元构成, 传输函数为 $purelin$, 对神经网络逆系统进行学习与训练, 理想的方式是先离线训练再在线调整. 但在大多数过程中, 一是由于在线调整异常困难, 另外就是对在线调整的收敛性比较难以把握. 这里采用神经网络逆系统的离线训练方式.

3 结果

应用函数 $train()$ 对网络进行训练, 训练精度设为 0.005, 最大训练次数设为 5 000, 训练后得到的电机逆系统静态神经网络图如图 4 所示, 感应电机 q 轴与 d 轴上的转子电流分别如图 5 和图 6 所示. 图 7 和图 8 分别为神经网络逆系统得出的感应电机 d 、 q 轴上的转子电流 i'_q 和 i'_d , 通过与图 5 与图 6 进行比较可知, 神经网络逆系统的输出值的误差极小, 且稳定性也相当好.

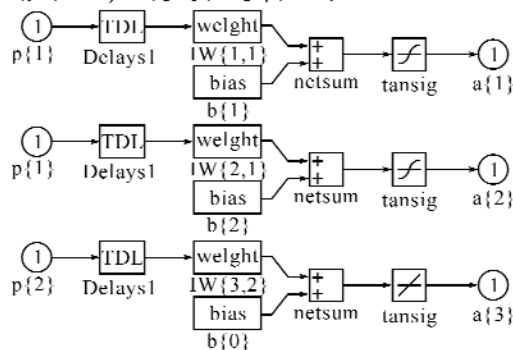


图 4 生成的电机逆系统静态神经网络图

Fig. 4 Static neural network diagram of motor inverse system

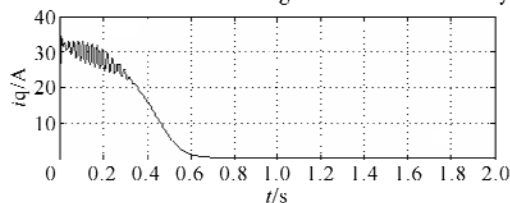


图 5 感应电机 q 轴上的转子电流

Fig. 5 The q -axis rotor current of induction motor

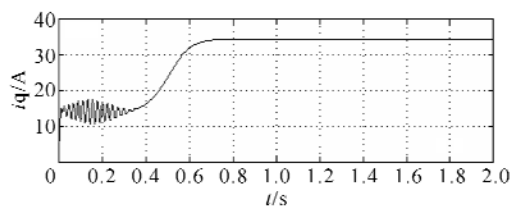


图 6 感应电机 d 轴上的转子电流

Fig. 6 The d -axis rotor current of induction motor

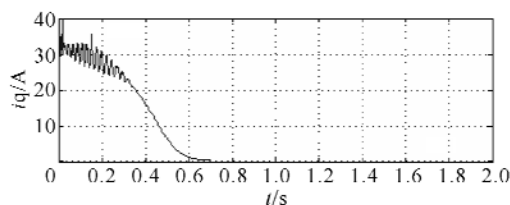


图 7 由神经网络逆系统得出的 q 轴上的转子电流

Fig. 7 The q -axis rotor current derived from the neural network inverse system

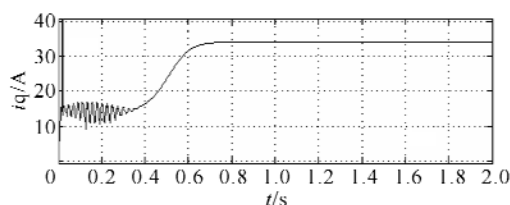


图 8 由神经网络逆系统得出的 d 轴上的转子电流

Fig. 8 The d -axis rotor current derived from the neural network inverse system

4 结语

BP 网络具有很多的优良特性, 与积分器一起组成动态神经网络, 可以逼近复杂的非线性控制系统, 突破了传统的解析逆系统思维, 以非解析形式可使逆系统方法得到更广泛的使用.

参考文献:

- [1] 戴先中. 多变量非线性系统的神经网络逆控制方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [2] 戴先中, 刘国海, 张兴华. 交流传动神经网络逆控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [3] 李国勇. 智能控制及其 MATLAB 实现 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] 高隽. 人工神经网络原理及仿真实例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [5] 戴先中, 张兴华, 刘国海, 等. 感应电机的神经网络逆系统线性化解耦控制 [J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(1): 112-117.
- [6] 杨海燕, 兰宝华. 基于 PSO-WNN 的无刷直流电机转子位置检测方法 [J]. 武汉工程大学学报, 2010, 32(1): 93-96.

(下转第 98 页)

Using Network Coding to improve the neighbor discovery protocol in IPv6 networks

ZHANG Jin-gang^{1,2}, QUAN Yi-ning¹, ZHAO Shou-kai²

(1. School of Computer Science and Technology of Xidian University, Xian 710071, China;

2. Basic Education College of Zhanjiang Normal University, Zhanjiang 524300, China)

Abstract: By the analysis of those algorithms for neighbor discovery protocol based on ICMPv6 packets plays an important role in IPv6 networks. Combined with the basic idea of Network Coding, in order to solve the problem that wide use of the multicast packets can often lead network congestion and reduce link bandwidth utilization, a theoretical improvement approach based on the Network Coding transport model is proposed. And an instance was given to verify its effectiveness.

Key words: Network Coding; IPv6; neighbor discovery; ICMPv6

本文编辑:陈小平

☆

(上接第 93 页)

The simulation and emulation of BP network in induction motor inverse system

XIONG Da-wei, LIAO Dong-chu, OU Wen-jun, BIE Wei

(School of Electrical & Electronic Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

Abstract: For some complex nonlinear systems, it is difficult to achieve by the traditional analytical form. This paper proposes a construction method based on BP network to achieve inverse system with non-analytical form, and combines with induction motor model to produce neural network inverse model of the induction motor by MATLAB simulation. Comparing the results shows that the output error of neural network inverse system is very small, which indicates BP network inverse system construction strategy is feasible.

Key words: BP network; the inverse system; induction motor; MATLAB simulation

本文编辑:陈小平