

文章编号:1671-251X(2013)10-0052-04

DOI:

聂文艳,王仲根. 基于 RBF 神经网络监督的电动机直接转矩控制系统设计[J]. 工矿自动化,2013,39(10): 52-55.

基于 RBF 神经网络监督的电动机 直接转矩控制系统设计

聂文艳¹, 王仲根²

(1. 淮南师范学院 电气信息工程学院, 安徽 淮南 232001;

2. 安徽理工大学 电气与信息工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:针对矿井输送机在低速运行时电动机转矩脉动较大的问题,在传统电动机直接转矩控制系统的基础上,采用 RBF 神经网络监督控制器代替 PID 控制器。仿真结果表明,基于 RBF 神经网络监督的电动机直接转矩控制系统能有效改善磁链波形,降低电动机转矩脉动。

关键词:交流异步电动机;直接转矩控制;转矩脉动;RBF 神经网络监督

中图分类号:TD614 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Design of direct torque control system of motor based on RBF neural network supervision

NIE Wen-yan¹, WANG Zhong-gen²

(1. College of Electrical and Information Engineering, Huainan Normal University, Huainan 232001,

China; 2. School of Electrical and Information Engineering, Anhui University of

Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: In view of problem of big torque ripple of motor when mine belt conveyor runs in low speed, the paper used RBF neural network supervision controller to replace PID controller on the basis of traditional direct torque control system. The simulation results show that direct torque control system of motor based on RBF neural network supervision can effectively improve flux waveform, and reduce torque ripple of motor.

Key words: AC asynchronous motor; direct torque control; torque ripple; RBF neural network supervision

0 引言

矿井输送机在井下起着极其重要的作用。目前,大多数输送机使用交流异步电动机,采用直接转矩控制方法。直接转矩控制相对于矢量控制具有转矩响应快、鲁棒性强等优点。但输送机在低速运行时经常出现电动机转矩脉动较大、死区效应、开关频

繁启动等问题,严重影响了煤矿的安全生产。径向基函数(Radial Basis Function, RBF)神经网络监督控制器相对于其他神经网络控制器来讲结构较为简单,易于计算机实现,并具有在线学习能力。鉴此,笔者设计了一种基于 RBF 神经网络监督的电动机直接转矩控制系统,利用 RBF 神经网络监督控制器代替传统矿井输送机电动机直接转矩控制系统中的

收稿日期:2013-07-08。

基金项目:安徽省高等学校优秀青年人才基金项目(2012SQRL175)。

作者简介:聂文艳(1981—),女,安徽寿县人,讲师,主要从事电气传动自动化及电力系统的教学与科研工作, E-mail: niewenyan5240@163.com。

PID控制器,有效减小输送机在低速运行时的转矩脉动。

1 直接转矩控制原理

直接转矩控制是在定子坐标系下计算与控制电动机的转矩,利用定子的磁场方向和 Band-Band 控制来控制逆变器的开关状态^[1]。一般通过改变磁通角来控制电动机的转矩^[2]。

传统矿井输送机电动机直接转矩控制系统结构如图1所示。系统主要有2个部分:转速、转矩闭环反馈控制部分和磁链闭环反馈控制部分。系统根据检测到的电动机三相电压和电流值,利用转矩计算单元(AMC)计算出电动机的转矩大小,利用磁链模型(AMM)估算出磁链的大小,得出这2个值后分别送入转矩调节器(ATR)和磁链自控单元(DMC),与给定值 $\psi_{\mu g}$ 进行比较,再结合具体的控制要求,合理选择逆变器的开关矢量,最终达到控制电动机转矩的目的。图1中,AZS为零状态选择单元,UCT为坐标变换单元; e_α, e_β 为定子 $\alpha-\beta$ 坐标系上的电压分量, R_s 为定子电阻, T_f 为转矩反馈值, T_g 为PID控制器的输出信号, T_q 为转矩调节器ATR的输出信号; $\Psi_{\beta a}, \Psi_{\beta b}, \Psi_{\beta c}$ 为定子 β 三相坐标系上的3个磁链分量; $\overline{S\Psi_a}, \overline{S\Psi_b}, \overline{S\Psi_c}$ 为3个磁链开关信号;三相磁链开关信号通过开关S换相,得到三相电压开关信号 $\overline{SU_a}, \overline{SU_b}, \overline{SU_c}$;UI为逆变器。

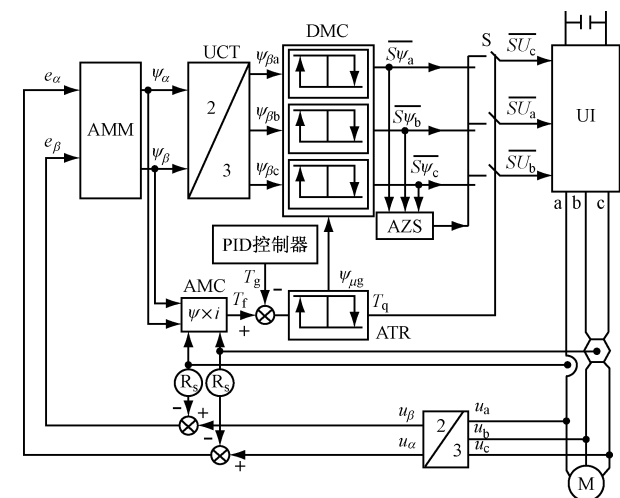


图1 传统矿井输送机电动机直接转矩控制系统结构

2 RBF神经网络监督控制器

RBF神经网络监督控制器实际上就是一个前馈控制器,是被控对象的逆模型^[3-5],其结构如图2所示。RBF神经网络监督控制器的工作原理:通过学习PID控制器的输出结果,自动调整网络的权

值,使反馈控制输入 $u_p(k)$ 的值趋近于零,使目标输出 $u(k) \approx u_n(k)$,从而使RBF神经网络监督控制器逐渐取代原先的PID反馈控制器,在控制系统中占主导地位。同时在系统出现干扰时,PID反馈控制器又将重新启动。

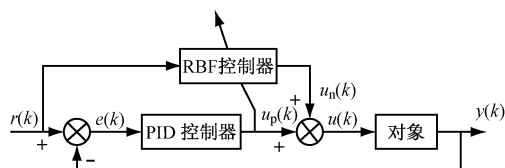


图2 RBF神经网络监督控制器结构

图2中,给定信号 $r(k)$ 为磁通或速度给定值,对象的实际输出 $y(k)$ 为磁通或速度的反馈信号,RBF神经网络的径向基向量为

$$\mathbf{H} = [h_1, h_2, \dots, h_m]^T \quad (1)$$

式中: $h_j (j=1, 2, \dots, m)$ 为高斯基函数, m 为隐层节点数。

RBF神经网络的权向量为

$$\mathbf{W} = [w_1, w_2, \dots, w_m]^T \quad (2)$$

式中: $w_j (j=1, 2, \dots, m)$ 为隐层节点同输出层的连接权值。

RBF神经网络的输出为

$$u_n(k) = h_1 w_1 + h_2 w_2 + \dots + h_m w_m \quad (3)$$

控制率为

$$u(k) = u_p(k) + u_n(k) \quad (4)$$

根据设计要求,为了使RBF神经网络监督控制器在直接转矩控制系统中占主导地位,将RBF神经网络调整的性能指标设为

$$E(k) = \frac{1}{2} [u_n(k) - u(k)]^2 \quad (5)$$

近似取

$$\frac{\partial u_p(k)}{\partial w_j(k)} \approx \frac{\partial u_n(k)}{\partial w_i(k)} \quad (6)$$

由此所产生的不精确通过权值调节来补偿。RBF神经网络权值的调整过程为

$$w_j(k) = w_j(k-1) + \eta [u_n(k) - u(k)] h_j + a [w_j(k-1) - w_j(k-2)] \quad (7)$$

式中: η 为学习速率; a 为动量因子。

3 仿真结果

在Matlab7.4/Simulink仿真平台上构建直接转矩控制系统仿真模型。系统仿真参数:额定电压 $U_n=380$ V,额定功率 $P_n=2.5$ kW,额定频率 $f_n=50$ Hz,极对数 $n_p=2$,转动惯量 $J=0.087$ kg·m²,定子电阻 $R_s=0.43$ Ω,转子电阻 $R_r=0.82$ Ω,定子

电感 $L_s=0.008\text{ H}$, 转子电感 $L_r=0.008\text{ H}$, 互感 $L_m=0.088\text{ 34 H}$, 转矩滞环宽度为 $1\text{ N}\cdot\text{m}$, 磁链滞环宽度为 0.02 Wb ^[7]。仿真结果如图 3—图 6 所示。

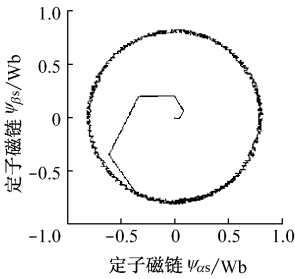


图 3 传统电动机直接转矩控制系统定子磁链轨迹

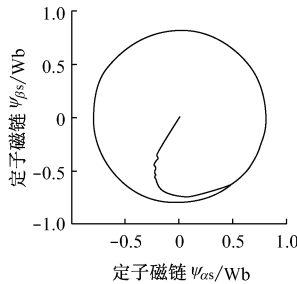


图 4 采用 RBF 神经网络监督控制器的电动机直接转矩控制系统定子磁链轨迹

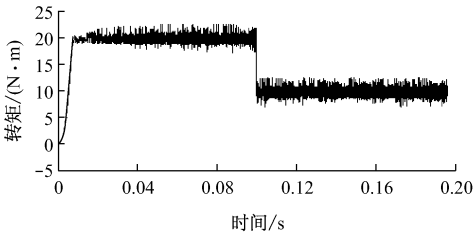


图 5 传统电动机直接转矩控制系统转矩响应波形

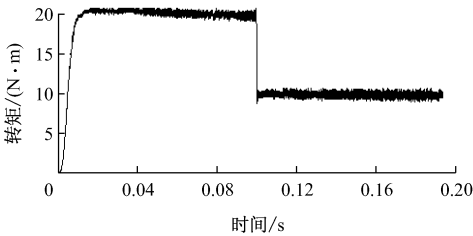


图 6 采用 RBF 神经网络监督控制器的电动机直接转矩控制系统转矩响应波形

从图 3、图 4 可看出, 基于 RBF 神经网络监督控制器的电动机直接转矩控制系统的定子磁链轨迹比传统电动机直接转矩控制系统的定子磁链轨迹更加平滑。从图 5、图 6 可看出, 与传统电动机直接转矩控制系统相比, 基于 RBF 神经网络监督控制器的电动机直接转矩控制系统的转矩波动明显减小。

4 结语

在传统电动机直接转矩控制系统的基础上, 提出采用 RBF 神经网络监督控制器代替 PID 控制器的电动机直接转矩控制系统的设计方案。仿真结果表明, 该系统能有效改善磁链波形, 减小磁链脉动, 尤其是在输送机低速运行时可减少转矩脉动, 改善转矩控制性能, 对电动机参数的依赖性更小, 能更好地控制精度和稳定性。

参考文献:

[1] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统——运动控制系统 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2003.

[2] 胡学芝. 异步电动机直接转矩控制系统仿真及实验研究[J]. 电气传动自动化, 2009, 31(2): 4-7.

[3] 李新兵, 张继勇, 薛丰进. 基于改进控制器的异步电动机直接转矩控制[J]. 机电工程, 2006, 23(12): 24-27.

[4] 王建渊, 钟彦儒, 崇鑫, 等. 合成矢量控制法改善直接转矩控制转矩脉动的研究[J]. 西安理工大学学报, 2008, 24(1): 13-17.

[5] 闵松, 罗慧, 万淑芸. 基于有监督单神经元的交流调速控制算法研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(10): 72-74.