

· 控制理论应用 ·

神经网络在牙轮钻回转控制中的应用

唐建方¹, 刘惠康¹, 王新立², 刘云龙²

(1. 武汉科技大学 信息科学与工程学院, 湖北 武汉 430081; 2. 首钢矿业公司)

摘要:首钢矿业公司水厂铁矿 Y-55 牙轮钻原系统回转部分为两台直流电机串联。本文从全数字化牙轮钻回转控制入手, 对改进后的回转部分两台电机并联方式下的控制方法进行深入分析和研究, 提出了负荷均衡智能控制方案, 使之在满足力矩要求的基础上提高工作效率。

关键词:牙轮钻; 数字化; 负荷均衡; 智能控制

中图分类号:TD42; TP273 **文献标志码:**B **文章编号:**1000-7059(2008)01-0059-03

Application of NN in auger gyre control

TANG Jian-fang¹, LIU Hui-kang¹, WANG Xin-li², LIU Yun-long²

(1. College of Information Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China; 2. Shougang Mining Corporation)

Abstract: Gyre control of Y-55 auger was performed by two motors in series in Water Plant of Shougang Mining Corporation. Based on all digital gyre control of auger, a new gyre control method with two motors in parallel is analyzed and studied deeply. To meet torque requirement and improve working efficiency, a load balance intelligent control scheme is put forward.

Key words: auger; digitalization; load balance; intelligent control

0 概述

首钢矿业公司水厂铁矿 Y-55 牙轮钻机原系统为交流电机 - 直流发电机 - 直流电机, 回转部分由两台直流电机拖动, 老系统为 20 世纪七八十年代技术水平, 系统作业率低、噪音大、维修费用高。武汉科技大学于 2006 年 12 月开始进行全数字化牙轮钻研究, 做出改造方案, 于 2007 年 5 月 18 日对首钢矿业公司牙轮钻电气控制系统进行了改造。经过数据采集和理论分析, 应用神经网络运算方法, 完成负荷均衡计算, 计算结果输出到变频器; 然后对变频器编写第 1 电机和第 2 电机控制程序, 完成输出组合控制。改造后系统采用先进的控制算法和变频器控制程序, 得到合适的输出电流, 两台电机同时工作时性能良好, 自 2007 年 6 月 4 日投入运行以来, 故障率为零, 效率提高一倍, 完全达到了改造目标。

1 牙轮钻回转控制改进设计

原系统回转部分由两台直流电机拖动, 每台电机功率 75 kW, 电机电压 400 V, 转速 1 500 r/min, 电流 201 A, 两台电机串联运行。该方式当钻杆堵转时, 由于间隙、电机参数等差异, 两台电机的传动不可能完全相同, 因此经常有一台电机堵转速度为零, 而另一台速度还比较高, 造成输出电压全加在一台电机上, 烧坏电机; 另外由于调速器电流所限, 回转速度难以提高, 钻杆效率低。

改进后的系统采用交流电机, 回转部分由两台 90 kW 交流电机拖动, 两台交流电机并列运行, 由一台变频器控制, 实现全数字化控制。根据常规控制方法, 一台变频器控制两台电机一般采用 U/f 控制方式, 即电压/频率控制方式, 该方法对于恒力矩负载有一定的局限性。对牙轮钻电气控制系统进行改造时, 首先采用高起动力矩 U/f 控制

收稿日期: 2007-07-24; 修改稿收到日期: 2007-11-15

作者简介: 唐建方 (1984-), 男, 湖北新洲人, 硕士研究生, 研究方向为电气传动和智能控制。

万方数据

方式,发现起动电流大,堵转时克服堵转力矩小,容易烧损变频器及电机,该方式特性曲线参见图1。

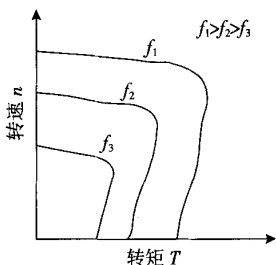


图1 U/f 控制方式特性曲线

Fig 1 U/f control characteristic curve

针对复杂的现场工作情况,如轻载、重载、堵转、钻杆被卡死等,经过理论研究与分析,武汉科技大学采用基于神经网络的智能控制器进行实时控制。该方法可以使系统工作在最优状态下,具体方案如下:采用神经网络算法对两台电机负荷分配进行运算,运算结果作为变频器的输入信号,由变频器实现电机负荷均衡控制。

该方案可达到使被控系统具有良好的静态、动态性能的目的,与 U/f 控制(如图1)相比,具有机械特性比较硬、零频率下 1.5 倍额定力矩输出及堵转时 2 倍额定力矩输出的优点^[1],特性曲线参见图2。

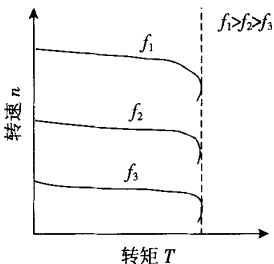


图2 智能控制特性曲线

Fig 2 AI control characteristic curve

2 神经网络控制结构的设计

2.1 神经网络控制结构

首矿水厂铁矿牙轮钻回转智能控制器的核心是,采用对向传播网络(CPN)的基本原理完成负荷均衡计算。CPN 广泛地应用于模式分类、函数近似、统计分析和数据压缩等,网络分为输入层、竞争层和输出层。输入层与竞争层构成 SOM (Self-Organizing Map) 网络,竞争层与输出层构成基本竞争型网络。这一网络既汲取了无教师型网络分类灵活、算法简练的优点,又采纳了有教师型万方数据

网络分类精细、准确的长处^[2]。

创建一个 CPN 网络,其任务是已知电机工作状况和变频器输出的情况下,对变频器的输出安排提出建议。按照工作情况,将电机拖动负载工作状态分为 3 个档次,即拖动轻松、适中、难度大,所对应的量化值分别为 0.0, 0.5 和 1.0;变频器输出也分为 3 个水平,即低、一般和高,所对应的量化值分别为 0.0, 0.5 和 1.0;可选择的变频器输出情况有 5 个:空载、轻载、略重载、重载、堵转。电机工作状况和变频器输出情况一共有 6 种组合,计算模式见表 1。

表 1 计算模式

Tab 1 Calculation mode

工作状况	输出	选择输出	目标输出
拖动轻松 0.0	低 0.0	空载	10000
适中 0.5	低 0.0	空载	10000
拖动轻松 0.0	一般 0.5	轻载	01000
难度大 1.0	高 1.0	略重载	00100
适中 0.5	高 1.0	重载	00010
难度大 1.0	一般 0.5	堵转	00001

网络的输入层设计了 2 个神经元,输出层为 5 个神经元。为了更快更准确地解决问题,将竞争层神经元设置为 18 个。网络结构如图 3 所示。

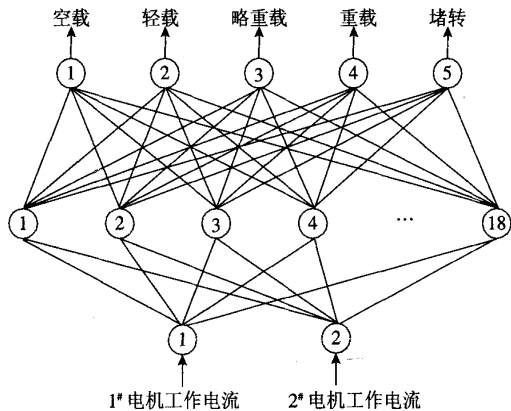


图3 网络结构

Fig 3 Network structure

2.2 网络控制原理

回转控制系统框图如图 4 所示^[3]。系统变频器输出转速由电位计给定,电位计安装在司机室的操作台上,控制器为三菱的可编程控制器,变频器为执行机构,被控对象是三相交流电机。

在可编程控制器中编写神经网络运算程序,两台交流电机的电流反馈给控制器,采用负反馈

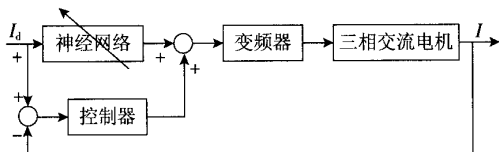


图 4 回转控制系统框图

Fig 4 Gyre control system

闭环控制。控制程序根据电机的反馈电流计算出实际的负荷力矩大小,将其与给定值进行比较,最后根据神经网络运算规则,得出变频器的输出电流大小,将其值传送给执行机构。变频器控制两台电机,当电机输出力矩小于负载力矩的时候,发生堵转;当输出力矩大于负载力矩的时候,电机加速;当两台电机获得合适的电流,电机稳定运行。因此变频器的输出直接影响了回转钻杆工作效率。为了让电机获得合适的电流,对变频器编写第 1 电机和第 2 电机运行程序,程序的输出作为两台电机的运行电流。

神经网络运算的基本思想是,由输入层至输出层,网络按照 SOM 学习规则产生竞争层的获胜神经元,并按这一规则调整相应的输入层至竞争层的连接权;由竞争层到输出层,网络按照基本竞争型网络学习规则,得到各输出神经元的实际输出值,并按照有教师型的误差校正方法,修正由竞争层到输出层的连接权。

3 应用效果

由于两台电机为并联运行,通过变频器输出供电,变频器电压通过交-直-交输出,而直流母线电压由于充电电容的作用大大提高了对电网波动的抗波动能力,其输入电压在 $\pm 25\%$ 以内突变时,不会对牙轮钻的运行产生影响^[4]。可编程控制器的集中控制,减少了所有的中间环节,各部分变得更加协调可靠。

变频器输出采用组合控制,可以使变频器在零频率下一拖二达到 1.5 倍额定输出力矩,堵转

时克服堵转力矩达到 2 倍额定力矩输出,使回转起动电流由 U/f 控制方式的 600 A 降到 200 A 左右,起动时间明显缩短^[5]。连续堵转超过 30 s 自动跳闸,点动起动快,钻杆速度快。系统的应用参数如表 2 所示。

表 2 系统应用参数

Tab 2 System parameter

参 数	老系统	智能控制系统
起动电流	300 A	200 A
零频率工作	0	1.5 倍额定力矩
堵转保护	无	连续堵转超过 30 s 自动跳闸
抗电网波动	不能超过 $\pm 15\%$	输入电压在 $\pm 25\%$ 以内突变,不会对牙轮钻的运行产生影响

4 结论

在矿山开采过程中,牙轮钻作为生产中的第 1 步起着十分重要的作用,回转控制效果直接影响牙轮钻的工作效率,是牙轮钻技术的关键。我们采用神经网络进行负荷分配控制,获得了高精度高质量的控制效果,较好地实现了钻杆工作力矩的均衡,提高了工作效率。改造后其钻杆打洞效率提高一倍,故障率基本为零。实践证明,结合神经网络的创新具有应用价值,在牙轮钻控制中具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 胡崇岳. 现代交流调速技术[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 魏海坤. 神经网络结构设计的理论与方法[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
- [3] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [4] 赵可斌,陈国雄. 电力电子变流技术[M]. 上海:上海交通大学出版社,1993.
- [5] 李永东. 交流电机数字控制系统[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

[编辑:夏 宁]

(上接第 54 页)

另一个需要考虑的问题是介质膨胀系数的修正。常温介质的膨胀系数变化不大,可以不考虑修正;高温介质(例如蒸汽)的膨胀系数变化较大,应须考虑膨胀系数的修正;对精度要求较高的场合也应考虑膨胀系数的修正。提高节流装置流量测量精度这个话题内容很多,在此从略。

需要提醒一下,不要由此就简单地说,节流装置的最小流量为 $1/6$ 。因为管道流速的选择将直接影响测量范围,因此必须通过计算才能决定。必要时,要调整 β 值,甚至要调整管道直径(调整流速)。当然还须选用较高精度的变送器。

[编辑:魏 方]