

双电机比值联动控制系统

杨乐¹, 王惠萌², 边明阳¹

(1. 西北工业大学 自动化学院, 陕西 西安 710129; 2. 西北工业大学 航海学院, 陕西 西安 710129)

摘要: 由于电机加工精度, 工艺等限制, 相同规格的电机性能往往存在不同程度的差异。因此, 在采用多电机联动来获得更大功率时, 需要对电机的控制器进行设计。以双电机联动控制为例, 结合 PID 控制器, 提出了一种新型改进的比值控制器, 并对该控制器的原理及控制过程进行了相应的分析和介绍。通过 matlab 仿真软件对该控制系统进行了仿真实验。仿真表明, 该控制器的稳态性能和瞬态性能较好, 对双电机的同步控制效果优良。

关键词: 电机; 同步联动; 比值控制; PID 控制

中图分类号: TN707

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2014)18-0149-03

Double motor ratio linkage control system

YANG Le¹, WANG Hui-meng², BIAN Ming-yang¹

(1. College of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China;

2. Institute of Marine, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: Different degrees difference exist in the same specification motor performance due to machining precision, technology etc. Therefore, adopting multi-motor linkage to obtain more power, need to design motor controller. In this article, it took double motor linkage control as example, combining with PID controller, a new improved ratio controller was put forward, and the principle and control process of this controller were analyzed and introduced. The simulation experiment for this control system was carried out through matlab simulation software. The result showed that this controller is with better steady-state performance and transient performance, and the synchronous control effect for double motor is good.

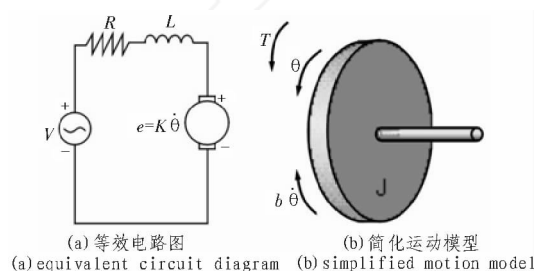
Key words: motor; synchronous linkage; ratio control; PID control

随着伺服系统的发展, 现代伺服系统对功率的需求也在不断的提高, 而单电机的功率通常很难做大^[1], 因此, 就必须采用多电机联动的方式, 来满足系统对大功率的需求, 如动车的电机联动系统等等。由于电机等元器件存在离散性, 即相同标称参数的元器件, 其真实参数不可能完全一致, 因此必须从控制上解决多电机同步联动的问题。已有的方法通常采用差电流负反馈, 通过对电流的均衡控制来实现多电机的同步联动控制^[2-3]。但是, 由于电机参数同样存在离散型, 因而即使相同的控制电流也不一定会使各被控电机的转速相同^[4]。根据检验同步联动电机的控制效果, 即各电机在动态和稳态下转速近似相等, 本文提出了一种改进的比值控制器, 得到了良好的控制效果。

1 电机物理模型的建立

电机等效电路和简化运动模型如图 1 所示^[5]。

假设如下物理参量及条件: ①转子的转动惯量, J ; ②系统的阻尼系数, b ; ③电动势常数, $K_e = K_b = K_t$; ④电机电阻, R ; ⑤电机电感, L ; ⑥输入电源电压, V ; ⑦输出值为电机转角, θ ; ⑧假设没有弹性形变。



(a) 等效电路图 (b) 简化运动模型

(a) equivalent circuit diagram (b) simplified motion model

图 1 电机等效电路和简化运动模型

Fig. 1 Motor equivalent circuit and simplified motion model

电机的转矩 T 与电机的电枢电流 i 成正比, 比值为 K_t 。电机的反电动势 e 和电机的转速有如下关系:

$$T = K_t i \quad (1)$$

$$e = K_e \dot{\theta} \quad (2)$$

式中: T —电机的转矩; i —电枢电流; e —反电动势; $\dot{\theta}$ —电机旋转角速度; K_t, K_e —电动势常数, 在国际单位制中, $K_t = K_e$ 。

综上, 根据牛顿定律和基尔霍夫定理, 可以得到如下关系式:

$$J \ddot{\theta} + b \dot{\theta} = K_t i \quad (3)$$

收稿日期: 2014-08-21

稿件编号: 201408119

作者简介: 杨乐(1992—), 男, 陕西宝鸡人。研究方向: 电气自动化及测量与控制。

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V - K\theta \quad (4)$$

式中: J —电机转子的转动惯量; b —系统的阻尼系数; e —反电动势; L —电机电感; R —电机电阻; V —输入电源电压; θ —电机旋转角速度。

对该微分方程组进行拉普拉斯变换,得到:

$$s(Js+b) \cdot \theta(s) = Ki(s) \quad (5)$$

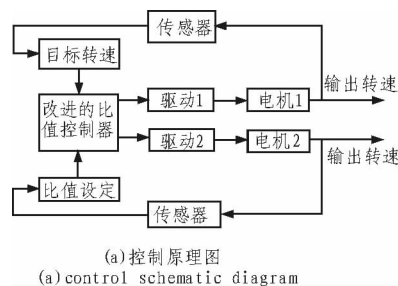
$$(Ls+R) \cdot i(s) = V - Ks \cdot \theta(s) \quad (6)$$

联立上式消除 $i(s)$, 就可以得到如下传递函数:

$$\frac{\theta}{V} = \frac{K}{(Js+b)(Ls+R)+K^2} \quad (7)$$

2 改进的比值控制器原理

实现两个或两个以上参数符合一定比例关系的控制系统,称为比值控制系统。常见的比值控制系统包括:开环比值控制系统,闭环比值控制系统及变比值控制系统。本控制器利用双闭环比值控制系统,对两个电机的转速进行控制,其系统原理和控制框图如图2所示。



在此系统中,电机1为主电机,电机2为从电机。电机1的输入信号由人为设定,电机1的控制系统自身是一个完整的闭环控制回路。因此只要对PID控制器参数进行相应设定^[6-7],电机1就可以快速的达到预期转速。

电机2的输入信号分为两部分:①来自电机1的输出信号 Y_1 ; ②来自电机1当前的误差值 e 。

电机2的控制系统自身同样是一个完整的闭环控制回路,所不同的是,电机2的输入信号来自于电机1。电机2的控制为闭环比值控制器。对PID控制器参数进行相应设定,达到稳定状态时,就可以保证电机2的转速 n_2 与电机1的转速 n_1 比值恒定在 $K_{\text{比值}}$ 。由于传统的比值控制器总会有延迟,从而会使电机2的控制滞后。因此在此进行改进,将电机1当前误差同样作为电机2的输入,并加入修正因子 Q ,很大程度上消除了延迟,改进了系统的瞬态性能。

3 双电机比值联动控制系统的分析

3.1 双电机比值联动控制器的响应过程

在响应初期,电机1的初期瞬态性能主要是由电机1的

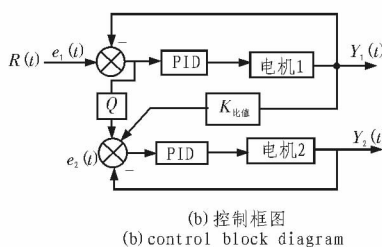


图2 改进的比值控制器原理及控制框图

Fig. 2 Improved ratio controller principle and the control block diagram

PID控制器决定,电机2在初期的输入量主要来源于电机1的误差 e ,而电机1初期的转速较小,因此对电机2的控制影响较小。

在响应的过程中,电机1的误差 e 不断减小,而电机1的转速 n_1 不断增大,电机2的输入量逐渐从由电机1的误差 e 为主导转向由电机1的转速 n_1 为主导。

在响应稳定状态下,电机1的稳态性能主要是由电机1的PID控制器决定,电机2在稳定状态的输入量主要来源于电机1的转速 n_1 ,而电机1的误差由于已经进入稳态,因此近似为零,对电机2的控制影响较小。

3.2 双电机比值联动控制器的特点

1) 将通常用于工业流量控制的比值控制系统应用于电机的控制当中,取得了良好效果。该控制器设计简单,方便实现,因此可以广泛应用于各类多电机联动系统中。

2) 在比值控制的基础上加入了改进项,使得对电机2的控制引入了延时补偿,加快了系统的响应时间,提高了系统的动态性能。

3) 当控制需要一定转速比时,可以对比值进行改变,自由调节两个电机的转速比。

4 电机比值联动控制系统的仿真

4.1 仿真设计

取两组较为相近的传递函数,为模拟同一型号的电机存在的微小差异。

设电机1模型为

$$G_1(s) = \frac{1}{0.005s^2 + 0.15s + 1} \quad (8)$$

电机2模型为

$$G_2(s) = \frac{1}{0.005s^2 + 0.15s + 0.95} \quad (9)$$

取 $K_{\text{比值}}$ 为1,修正因子 Q 为0.8。

利用matlab软件进行仿真,选取合适的PID控制器参数,模拟两个电机在不同的控制器下的控制过程,并对两个电机的转速差进行对比。

4.2 仿真结果

4.2.1 分别用PID的控制系统响应

仅采用PID控制器时,控制系统的仿真结果如图3所示。

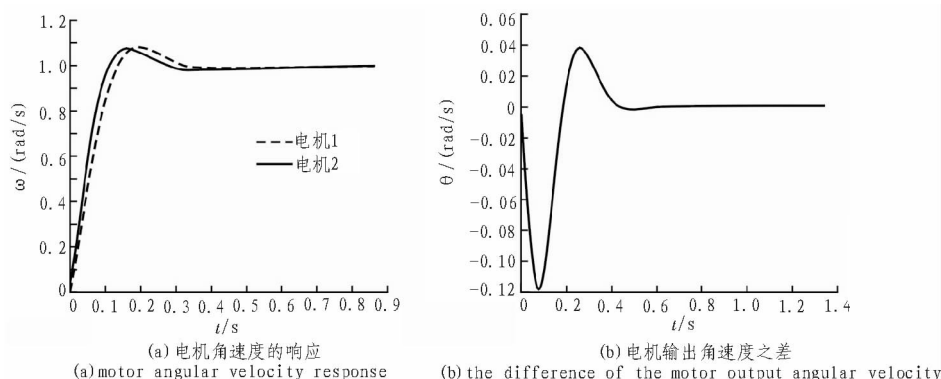


图3 仅采用PID时控制系统仿真结果

Fig. 3 Simulation results of only using PID control system

4.2.2 改进的比值控制系统响应

改进的比值控制系统的仿真结果如图4所示。

由仿真结果可知,分别用两个PID控制器的电机在运行过程中存在较大的转速差,这可能导致联动系统中的传动出

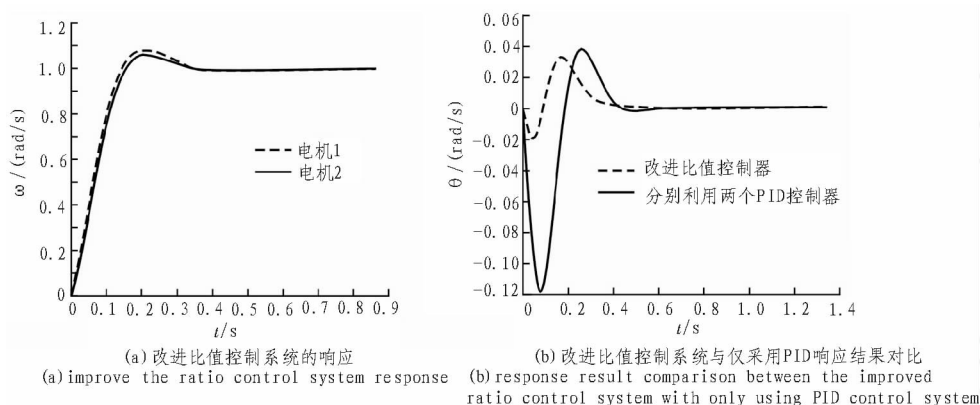


图4 改进的比值控制系统仿真结果及与PID控制系统的对比

Fig. 4 Comparison between the improved ratio control system simulation results with PID control system

现问题。而利用改进的比值控制器后,可以看出,最大转速差降低70.8%,仅为0.035 rad/s。同时,以5%误差带为准,电机1和电机2均可以在0.3 s内达到稳定状态,控制效果优良。

5 结束语

以双电机同步联动系统为例,设计了一种新型改进的比值控制器,并对该控制器进行了相应的分析和介绍。理论分析和仿真结果表明,本研究提出的改进比值控制在对双电机联动系统进行控制时,有较好的瞬态性能和稳态精度,可以较好的满足诸多工程上对大功率多电机联动控制的需要。

参考文献:

- [1] 卢京潮. 自动控制原理[M]. 西安:西北工业大学出版社,2009.
- [2] 李连升. 现代雷达伺服控制[M]. 北京:国防工业出版社,1987.
- [3] 杨晨娜,张怡. 双电机同步控制系统的设计与仿真[J]. 工业控制计算机,2009,22(1):36-37.
YANG Chen-na,ZHANG Yi. Design and simulation of double motor synchronous control system[J]. Industrial Control Computer,2009,22(1):36-37.
- [4] 陈庆伟,郭毓,杨非,等. 双电机同步联动控制系统[J]. 南京理工大学学报,2005,29(S):103-107.
CHEN Qing-wei, GUO Yu, YANG Fei, et al. Double motor synchronous control system[J]. Journal of Nanjing University of Technology, 2005, 29(S): 103-107.
- [5] University Michigan. Control tutorials for matlab and simulink, motor speed [EB/OL]. USA, Michigan: University Michigan. (2014-04-26). <http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=MotorSpeed§ion=SystemModeling>.
- [6] 王锦标. 计算机控制系统[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,2008.
- [7] 刘远东,刘林,张瑞秋. 基于ARM9的直流电机PID控制实验系统[J]. 工业仪表与自动化装置,2011(2):88-90.
LIU Yuan-dong, LIU Lin, ZHANG Rui-qiu. Experimental system of controlling DC motor with PID method based on ARM9[J]. Industrial Instrumentation & Automation, 2011(2): 88-90.