

基于嵌入式单片机的伺服电机转速自适应控制方法

牟立萍 吴天柱

哈尔滨华德学院, 中国·黑龙江 哈尔滨 150025

【摘要】伺服电机转速自适应控制电路, 由于自适应指数的计算错误, 常常导致电机转动惯量数值过大。因此设计基于单片机的伺服电机转速自适应控制方法。根据转速自适应控制器的线性规律, 对伺服电机转速自适应指数进行计算。通过确定伺服电机电路的动态性能, 基于单片机对自适应控制器进行调整。实验结果表明, 传统方法1的转动惯量 $B_1=2.2 \times 10^3$, 传统方法2的转动惯量 $B_1=4.1 \times 10^3$, 基于单片机的伺服电机转速自适应控制方法的转动惯量 $B=1.2 \times 10^2$, 因此基于单片机的伺服电机转速自适应控制方法更佳。

【关键词】单片机; 伺服电机; 转速; 自适应控制

由于国家经济增长的需求, 对工业机器的需求标准也随之提高, 高产能自动化产业逐渐走进人们的视野。为明确工业机械的核心, 首先要对伺服电机的相关部件有所了解, 其精密减速的特性, 使得伺服电机在化工产业中占主导地位。伺服电机具有高性能的伺服机制, 其高性能的控制系统也为机械产能提供了新的发展方向。

1 基于单片机的伺服电机转速自适应控制方法设计

1.1 判断伺服电机转速的扰动参数

由于电机不确定性有时会对电机转速产生干扰, 如电机的电阻、电感、反电势、转矩常数、转动惯量等参数的不确定, 包括负载转矩、测量噪声等。甚至外部环境均会对系统产生扰动, 因此需对伺服电机转速的扰动参数进行判断。伺服电机转速自适应控制周期较短, 反电势在控制周期内可视为常值, 可以计算出交轴电流环电机的传递函数, 选择闭环系统的输出为:

$$i_q(s) = \frac{k_1 k_2}{t_1 s^2 + s + k_1 k_2} - \frac{k_2 s(t_1 s + 1)}{(t_2 s + 1)(t_1 s^2 + s + k_1 k_2)} \quad (1)$$

式中, t_1 、 t_2 为电流反馈滤波时间常数, k_1 、 k_2 为逆变器等效惯性环节时间常数, S 为开关周期。公式表明电流闭环电机在给定作用下表现为典型二阶电机控制函数。

对于采用单片机调制方式的逆变器, t 为开关周期的一半, 利用相电压基值, 采用线性调制方式(无调制)时, 自转速扰动系数选定后将不再改变, 因此 T_1 为定值, 由电气参数决定, 因此可调节参数只控制器中的比例系数。在测量时产生的不确定因素, 通过伺服电机转速的扰动参数判断, 进行统一整理判断, 并用以计算伺服电机转速的自适应指数。

1.2 计算伺服电机转速自适应指数

对伺服电机转速的扰动参数进行判断, 可得到转速自适应指数的具体计算条件, 同时得到电流自适应控制器和转速自适应控制器的线性规律。考虑到控制量饱和产生的非线性影响, 控制器的输出产生饱和, 从而伺服电机退饱和时间较长, 超调量增大。为解决积分饱和问题, 基于单片机的使用, 对转速自适应指数进行计算:

$$\sigma_r = \frac{\Omega}{(i_{q\max} - i_t) k_4} \quad (2)$$

式中, Ω 为伺服电机运行电阻, $i_{q\max}$ 为伺服电机转速最大电流, i_t 为伺服电机测量电流量, k_4 为给定等效惯性环节的时间常数。当阶跃转速电流较大时, 需要对给定电流进行限幅。通过对伺服电机转速自适应指数的计算, 得到构建自适应控制器的性能指标最优数据。

1.3 基于单片机调整自适应控制器

根据伺服电机转速自适应指数, 在测量伺服电机的同步电机的转速时发现, 会经常产生变化的参数, 主要是转动惯量。对于自适应控制器来说, 转动惯量数值过大会导致电机自适应控制性能恶化, 因此需要知道准确的转动惯量, 否则伺服电机电路的动态性能也会受影响。通过对伺服电机外部扰动进行统计, 使得伺服电机的转速自适应, 保证伺服电机在扰动干扰的情况下, 使电机保持运行状态, 避免干扰。

2 实验测试

对比传统方法1和传统方法2与本文研究方法的转动惯量大小, 进行实验分析验证。

2.1 实验准备。对某伺服电机电路进行实验, 采用基于单片机伺服电机转速自适应控制方法与两种传统方法, 不考虑逆变器非线性影响。对电机的极对数和编码器位数设置。为便于控制器参数整定, 设置电流滤波时间常数 $T_1=0.1$ ms, 逆变器开关周期 $Kt=0.2$ ms, 母线电压 $U=150$ V, 电流限幅9A, 转速滤波时间常数为1 ms。状态系数 $l=1$, 控制增益 $n \geq 0.5$, $i_q < 4A$, T_d 转矩为0.41, 已知电机运行稳定状态下转动惯量为 1.3×10^2 , 由公式5对伺服电机转动惯量进行计算。

2.2 对比伺服电机转动惯量。传统方法1对伺服电机转速进行自适应控制, 计算转动惯量 $B_1=2.2 \times 10^3$, 转动惯量大于电机运行稳定状态的惯量常数。传统方法2对伺服电机转速进行自适应控制, 计算转动惯量 $B_1=4.1 \times 10^3$, 转动惯量大于传统方法1电机运行状态的下的惯量常数。根据本文的方法, 进行转动惯量的计算, 得到 $B=1.2 \times 10^2$, 基于本文控制方法下的伺服电机转动惯量, 与电机运行稳定状态下的转动惯量数值相近, 因此基于单片机的伺服电机转速自适应控制方法对电机转速自适应控制影响最小, 因此基于单片机的伺服电机转速自适应控制方法更佳。

3 结束语

本文研究方法对伺服电机转速自适应控制器进行了优化, 减小了伺服电机转速自适应控制对电机的影响, 从而让伺服电机运行状态更好。未来应当对转速伺服电机的调整范围进行研究, 低速和高速时系统的性能尚未验证。低速时光电编码器的精度有限, 转速计算存在较大的误差, 因此有必要对转速计算方法进行分析, 使得电机转速自适应控制方法得到进一步提升。

参考文献:

- [1] 张沫然. 嵌入式单片机系统低能耗技术分析[J]. 现代工业经济和信化, 2020, 10(12): 74-75.
- [2] 张沫然. 嵌入式单片机在电机控制系统中的应用[J]. 现代工业经济和信化, 2020, 10(11): 96-97.
- [3] 梁湛健, 刘佳. 基于嵌入式单片机的步进控制器[J]. 南方农机, 2020, 51(21): 22-23+31.
- [4] 赵兴娜. 基于嵌入式单片机的电机控制系统的设计[J]. 电子技术与软件工程, 2020(15): 87-88.