

直接转矩控制技术及其在捏合机上的应用*

易朋兴 杜润生 华中科技大学机械学院机电信息工程系(430074)

Abstract

Recently, some frequency conversion technologies have been developed, especially, direct torque control (DTC) technology. The DTC is a breakthrough in the area of AC electromotor variable frequency control. During the course of renovation for a large kneading machine in a chemical factory, ACS607 Variable Frequency Driver produced by ABB is used to control the main electromotor. Under the environment of HMI-IPC control system for the kneading machine, control signals for main electromotor are sent out by PLC. Practice shows that good control performance is achieved after applying DTC to adjust the rotate speed of kneading machine.

Keywords: frequency conversion, DTC, kneading machine

摘要

近年来,变频技术得到了迅速的发展,尤其是直接转矩控制(DTC)方式的出现,使交流电动机变频调速控制技术的重大突破。在某化工厂大型捏合设备改造中,选用ABB公司的ACS607变频器,在捏合机HMI-IPC控制系统下通过PLC对主电机进行转速控制,取得了良好的控制效果。

关键词: 变频, DTC, 捏合机

大型立式捏合机是某化工厂生产固体推进剂的关键设备。根据生产工艺需要,桨叶转速大小和方向要在搅拌过程中进行变更,通过对主电机转速进行调节达到此目的。改造过程中,我们采用ABB公司的ACS607型变频器,将其与电磁转差离合器相结合,在捏合机HMI-PLC控制系统下实现主电机远程无级调速,取得良好的控制效果。

1 变频调速原理

大型捏合机主机系统的主电机为三相鼠笼异步交流电动机。近年来,直接转矩控制(DTC)方式的出现,使交流电动机变频调速控制方式获得重大突破。在直接转矩控制(DTC)控制方式下,变频器能够在开环状态下直接转矩控制(DTC),控制精度可以达到闭环矢量控制的精度,并且无超调,具有良好的电机控制特性。

1.1 DTC 调速原理

直接转矩控制(DTC)是德国鲁尔大学的 Depenbrock 教授于 1985 年提出的一种交流变频调速控制技术,它标志着继矢量控制技术之后,交流传动控制技术又发展到一个新的里程碑。DTC 电机控制方式以定子磁通和转矩作为直接控制的主变量。按定子磁场定向分析,则其转矩方程式为:

$$T = \frac{L_m}{\sigma L_r L_s} [\psi_r \psi_s^*] = \frac{L_m}{\sigma L_r L_s} \psi_r \psi_s \sin \varphi \quad (1)$$

式中: L_s 为定子电感; L_r 为转子电感; L_m 为互感; ψ_s 为定子磁链; ψ_r 为转子磁链;

$$\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_r L_s} \text{ 为电机漏磁系数; } | \cdot |^* \text{ 为对复数取虚}$$

部运算; φ 为 ψ_s 与 ψ_r 的夹角。只要控制住定子磁链的幅值以及矢量相对于转子磁链的夹角,就可达到控制转矩的目的,这正是直接转矩控制的关键所在。图 1 所示为按定子磁场控制的 DTC 控制系统。

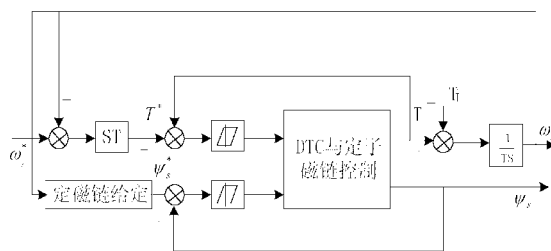


图 1 定子磁场控制的 DTC 系统结构图

由图 1 可知 DTC 控制系统是一种转矩闭环控制系统,它采用空间矢量分析方法,直接在定子坐标系下计算与控制交流电机的转矩,采用定子磁场定向,借助离散的 Band-Band,产生 PWM 信号并直接对逆变器的开关状态进行最佳控制以获得转矩的高动态性能。

1.2 ACS600 变频器 DTC 控制

ABB 公司的 ACS600 系列变频器控制系统采用的 DTC 控制系统中(图 2),逆变器的通断直接控制电机关键的变量为:磁通和转矩。

由图 2 可知,测量的电机电流和电压作为自适应电机模型的输入,每 25 微秒产生一组精确的转矩和磁通的实时值。由于电机状态以及实际值与给定值的比较值不断地更新,使得逆变器的每一次开关状态都是单独确定的,这意味着传动系统可以产生最佳的开关组合并对负载扰动和瞬间掉电等动态变化产生快速

* 本课题得到智能制造技术教育部重点实验室资助

响应,借以优化电动机磁通与负载最佳匹配,达到直接控制力矩的目的。从而使电动机及其传动系统总体效率,在不同负载点上提高 1%~10%。

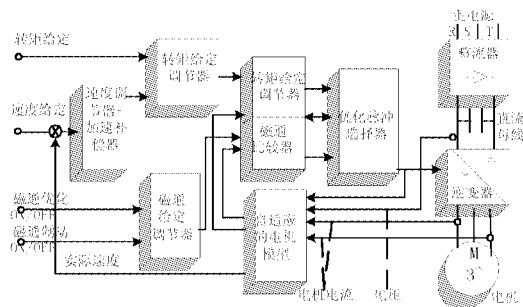


图 2 ACS607DTC 功能模块

2 在捏合机上的应用

2.1 主机变频控制系统

捏合机主机系统由主电机、电磁转差离合器、制动器、减速机、行星齿轮系组成。该混合机采用的主电机为三相鼠笼式电机,原来通过一组电磁转差离合器进行调速。这种调速方式在使用中有以下缺点:高速损失(丢转)较大,低速功耗较多(最高达 15%);启、停车时间长,从生产现状看,每次停车时间要将近 3 分钟,不利于生产效率的提高。

根据以上情况,我们对它进行了变频改造,使电机从零速到额定转速无级调速。这样既能满足工艺要求,又能在捏合机 HMI-IPC 控制系统下通过 PLC 模块对主电机进行远程启动、正反转、速度控制,满足新的生产效率和节能需求,同时实现系统的自动化控制。实施方案见图 3。主电机的正转、反转、转速调节皆由变频器完成。电磁滑差离合器不参与速度的调节,作为软联结当捏合机在捏合过程中出现危险情况可以直接断开齿轮箱与主电机的联结,起安全保护的作用。

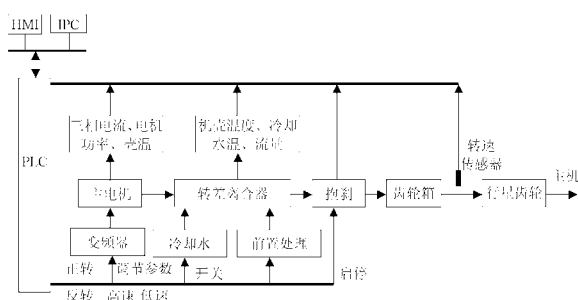


图 3 主电机变频控制系统

2.2 主电机调速远程监控实现

操作者在捏合机 HMI-IPC 控制系统下通过 PLC 的 I/O 模块对主电机进行控制。主要是通过控制室操作台、人机界面(HMI)软按钮以及现场立柱按钮命令,根据主电机设定参数(如转速、捏合时间等),操作主电机,使其实现正转、反转及远程变频调速,并可在紧急情况下对主电机采取紧急停车等措施。

工业控制计算机不直接参与控制,组态软件 FIX7.0 主要用于实时显示运行过程中的相关参数和

有关设备的运行状态,根据现场传送来的实测值动态显示所有测量参数的数据值。监视设备运行的动态过程,显示相关参数。图 4 为主电机监视页面。

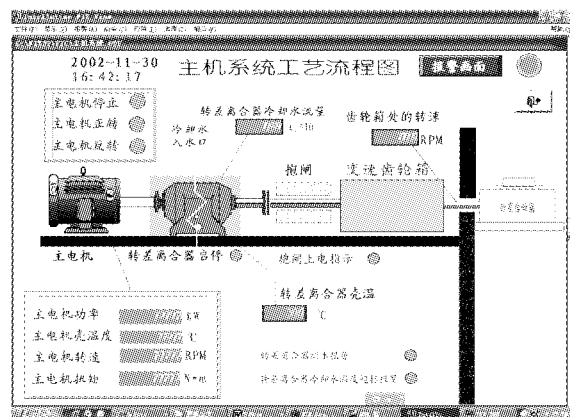


图 4 主电机监控页面

图 5 为 2002 年 10 月投入捏合生产时某一时间段电动机主参数的变化。由图 5 可见,生产过程中,主机运转平稳,转速基本不变,电流、功率波动小,扭矩变化幅度比较小,主电机调速平稳。

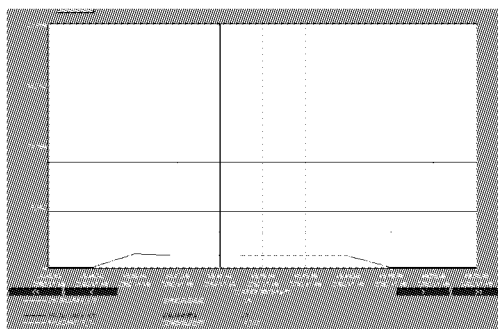


图 5 主电机运转参数的变化

3 结束语

1)变频器通过对电动机模型识别运行及 DTC 磁通优化,主电机起动过程快速平稳,起动电流小(小于 1.1Ie),电机损耗可降低 20%~30%。

2)噪声低。采用直接转矩控制,电机控制平台无需预先确定开关模式(无固定载波频率意味着低噪声),同时输出滤波器消除电机的谐波输入,完全符合电磁兼容性(EMC)规定的要求。

3)节能。通常情况下控制主电机的节电率可达 30%~40%。

4)主机停车时间短。捏合机正、反转器切换时间由原来的 6~8 分钟缩短到 1~2 分钟,从而使整个捏合过程时间减少 25 分钟,大大提高了生产功效。

参考文献

- 1 陈伯时.电力拖动控制系统,北京:机械工业出版社,1992
- 2 袁佑新,卢立殊,等.直接转矩控制在造纸传动上的应用.武汉理工大学学报,2001,23(7):49~52

[收稿日期:2002.12.19]