

文章编号: 1671-251X(2010)09-0074-03

# 机床滚压加工液压同步控制系统的研究

郜立焕, 李建仁, 史小波, 张利娜, 朱建国

(兰州理工大学能源与动力工程学院, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:** 针对机床滚压加工要求较高同步精度的问题, 提出了一种基于闭环控制的机床滚压加工液压同步控制系统的设计方案。该系统采用主从式液压同步控制系统, 即主回路采用一般的液压传动回路, 另一回路采用带有伺服阀的液压控制回路, 带有伺服阀的液压控制回路根据伺服阀和液压缸的传递函数得到从动液压缸的输出位移, 通过与主动液压缸位移的比较得出同步误差, 用同步误差来表征同步精度, 进而分析主从式液压同步系统在机床滚压加工时的动态特性。分析结果表明, 该系统的同步精度为 4%, 满足机床滚压加工的同步精度要求。

**关键词:** 液压系统; 机床滚压加工; 同步控制; 同步精度; 主从式; 伺服阀; 液压缸

**中图分类号:** TD67; TH137      **文献标识码:** A

## 0 引言

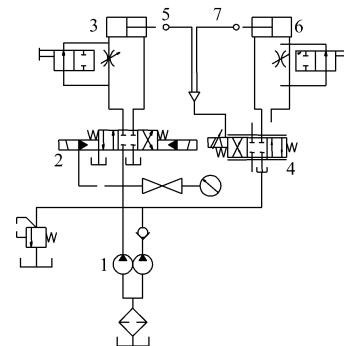
在液压设备中常常需要多个油缸同时动作, 而且需要它们以相同的速度或位移进行运动, 即要求实现同步。随着液压技术的应用领域不断扩大, 多缸同步控制的研究更显重要。实现液压系统同步的方法有多种, 例如采用机械刚性<sup>[1]</sup>连接的同步油缸回路、并联油泵同步回路、分流集流阀同步回路, 这些方法结构简单, 可用于同步精度要求不高的场合, 为开环控制系统; 当同步精度要求很高时, 大多采用闭环控制系统。

机床滚压加工时同步精度要求很高, 采用一般的开环控制系统无法满足其使用要求, 故笔者设计了专门的闭环控制系统来满足同步精度要求<sup>[2,3]</sup>。本设计中要求机床滚压力为 15 000 N, 机床滚压深度为 1.25 mm, 总行程为 160 mm。

## 1 系统结构及原理

机床滚压加工液压同步控制系统采用主从式液压同步控制系统, 即主回路采用一般的液压传动回路, 另一回路采用带有伺服阀的液压控制回路, 跟踪主回路的动作, 其结构如图 1 所示。

主动液压缸的移动由三位四通换向阀控制, 位



1- 双联泵; 2- 三位四通换向阀; 3- 主动液压缸; 4- 伺服阀;  
5、7- 位移传感器; 6- 从动液压缸

图 1 机床滚压加工液压同步控制系统结构

移由安装在其活塞杆上的传感器测定; 从动液压缸的移动由伺服阀控制, 位移也由安装在其活塞杆上的传感器测定。2 个传感器的位移经过比较后输出控制电流信号, 用来控制伺服阀阀芯的位移量, 调节从动液压缸的流量, 从而达到控制从动液压缸与主动液压缸保持同步的目的。

## 2 系统数学模型

机床滚压加工液压同步控制系统中, 主动液压缸采用的液压传动回路可参照一般液压系统的设计方法, 本文主要介绍伺服控制系统的数学模型, 伺服控制系统是随动系统, 要重点关注其动态特性, 即需要建立伺服控制系统中伺服阀和液压缸的数学模型, 根据其传递函数研究系统的动态特性。

### 2.1 液压伺服阀传递函数

伺服控制系统中伺服阀的控制信号为控制电流

收稿日期: 2010-05-24

作者简介: 郜立焕(1950-), 男, 河南沁阳人, 副教授, 主要从事流体传动与控制(液压)、测控技术、在线状态监测与故障诊断方面的教学与科研工作。E-mail: gaolh@lut.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.

<http://www.cnki.net>

$\Delta I$ , 输出为流量  $Q_0$ , 根据伺服阀的各个物理量之间的关系列出函数表达式, 并做拉普拉斯变换, 得到其传递函数<sup>[3]</sup>为

$$\frac{Q_0}{\Delta I} = \frac{K_{sv}}{\frac{S^2}{\omega_h^2} + \frac{2\xi_h}{\omega_h}S + 1}$$

式中:  $K_{sv}$  为伺服阀流量增益;  $\xi_h$  为液压阻尼比;  $\omega_h$  为液压固有频率;  $S$  为拉普拉斯变换的变量名称。

根据机床滚压加工的要求, 从射流管伺服阀样本中选用额定流量为  $q_n = 40 \text{ L/m}$  的伺服阀, 在供油压力  $p_s = 4.2 \text{ MPa}$  时空载流量为

$$q_{0m} | \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)} = 40 \times \sqrt{\frac{4.2 \times 10^6}{7 \times 10^6}} = 0.51 \times 10^{-3}$$

所以伺服阀的额定流量增益为

$$K_{sv} | \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)} = \frac{q_{0m}}{\Delta I_n} = \frac{0.51 \times 10^{-3}}{0.1} = 5.1 \times 10^{-3}$$

液压固有频率为

$$\omega_h | \text{ (r} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} = \sqrt{\frac{4\beta_e A^2}{V_1 m}} = \sqrt{\frac{4 \times 700 \times 10^6 \times (38.5 \times 10^{-4})^2}{1.256 \times 10^{-3} \times 30}} = 1050$$

式中:  $\beta_e = 700 \text{ MPa}$ , 为液压油弹性模数;  $A = 38.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ , 为液压缸无杆腔面积;  $V_1 = A_1 l = 1256 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ , 为液压油压缩体积,  $A_1 = 78.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ , 为液压缸无杆腔面积。

液压阻尼比为

$$\xi_h = \frac{K_{ce}}{A} \sqrt{\frac{\beta_e m}{V}} \quad (1)$$

式中:  $K_{ce}$  为伺服阀的压力-流量系数, 在忽略液压缸漏泄的情况下  $K_{ce} = K_c$ , 而  $K_c = \frac{q_{L_0}}{2(p_s - p_{L_0})}$ 。由该式注意到  $K_c$  最小值发生在  $q_{L_0}$  和  $p_{L_0}$  为最小值的时候, 而低速时  $q_{L_0}$  和  $p_{L_0}$  的值最小, 满足  $K_c$  的最小值存在条件。即

$$q_{L_0} = 11.618 \times 10^{-5} \text{ L/s}$$

$$p_{L_0} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$p_s = 4.2 \text{ MPa}$$

$$K_{cmin} | \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)} = \frac{11.618 \times 10^{-8}}{2 \times (4.2 \times 10^6 - 2.5 \times 10^6)} = 3.4 \times 10^{-14}$$

在忽略漏泄系数的情况下:

$$K_{ce} = K_c = K_{cmin} = 3.4 \times 10^{-14} \text{ m}^3 / (\text{s} \cdot \text{Pa})$$

将上述数值带入式(1), 得

$$\xi_h = \frac{3.4 \times 10^{-14}}{38.5 \times 10^{-4}} \sqrt{\frac{700 \times 10^6 \times 30}{1.256 \times 10^{-6}}} = 0.35 \times 10^{-4}$$

则伺服阀的传递函数为

$$\frac{Q_0}{\Delta I} = \frac{5.1 \times 10^{-3}}{\frac{S^2}{1050^2} + \frac{2 \times 0.35 \times 10^{-4}}{1050} S + 1}$$

## 2.2 液压缸传递函数

在描述液压缸的传递函数时选择流量  $Q_0$  作为输入量, 液压缸位移  $X_p$  作为输出量, 列出液压缸的流量连续性方程和液压缸负载的力平衡方程, 然后做拉普拉斯变换, 可得其传递函数为

$$\frac{X_p}{Q_0} = \frac{I}{AS \left( \frac{S^2}{\omega_h^2} + \frac{2\xi_h}{\omega_h} S + 1 \right)}$$

该式中各个变量为已知, 将变量的值带入其中, 得

$$\frac{X_p}{Q_0} = \frac{1}{3.2 \times 10^{-9} S^3 + 0.25 \times 10^{-9} S^2 + 3.85 \times 10^{-3} S}$$

根据伺服阀和液压缸的传递函数可以得到从动液压缸的输出位移, 通过与主动液压缸位移的比较得出同步误差, 用同步误差来表征同步精度, 进而可分析得出主从式液压同步系统在机床滚压加工时的动态特性。

## 3 同步精度的分析

尽管液压同步控制系统的设计在理论上保持同步, 但由于受到液压缸漏泄、制造精度的影响, 很难保持完全同步, 故采用同步精度来定量描述 2 个液压缸的同步情况, 当液压缸的同步精度在要求的范围内时就认为 2 个液压缸同步。最常用的同步精度的描述方式为速度同步精度和位移同步精度<sup>[4]</sup>。本系统采用位移同步精度来标定系统的同步情况。位移同步精度可用下式表达:

$$\delta = \frac{X_A - X_p}{X_A} \times 100\%$$

式中:  $X_A$  为主动液压缸达到的规定行程;  $X_p$  为从动液压缸的行程。

根据上面的分析可以得到该机床滚压加工液压同步控制系统的同步精度为 4%, 能够满足机床滚压加工同步精度小于 5% 的要求。

## 4 结语

机床滚压加工液压同步控制系统通过检测和比较 2 个液压缸的位移来控制伺服阀开口量, 进而调节从动液压缸的流量, 同步精度高, 能够满足机床滚压加工的同步要求; 而且在设计时选用射流管电液伺服阀, 抗污染能力强。

文章编号: 1671-251X(2010)09-0076-04

# 基于单周期控制的Z源光伏并网逆变器的研究

廖文娟, 宋平岗, 杨志强

(华东交通大学电气与电子工程学院, 江西 南昌 330013)

**摘要:** 针对传统的光伏并网发电系统存在输出电压低且波动范围大, 能耗大, 可靠性差等问题, 提出了一种基于单周期控制的Z源光伏并网逆变器的设计方案, 分析了Z源逆变器的电路结构及特点, 详细介绍了Z源逆变器单周期控制策略的实现, 并采用Matlab/Simulink建立了仿真模型。实验结果表明, Z源逆变器具有良好的升压作用, 降低了对光伏电池电压等级的要求; 采用单周期控制技术能够很好地跟踪电网电压, 从而实现了单位功率因数。

**关键词:** 光伏并网; Z源逆变器; 单周期控制; 直通零状态

**中图分类号:** TD679; TM464 **文献标识码:** A

## Research of Z-source Photovoltaic Grid-connected Inverter Based on One-cycle Control

LIAO Wenjuan, SONG Pinggang, YANG Zhiqiang

(School of Electrical and Electronic Engineering of East China Jiaotong University,  
Nanchang 330013, China)

**Abstract:** In view of the problems existed in traditional photovoltaic grid-connected power system such as low output voltage, big fluctuation range, high energy consumption and bad reliability, the paper proposed a design scheme of Z-source photovoltaic grid-connected inverter based on one-cycle control. It analyzed circuit structure and characteristics of Z-source inverter, introduced implementation of one-cycle control strategy of Z-source inverter in details, and built simulation model with Matlab/Simulink. The experiment result showed that the Z-source inverter has good boost effect which reduces requirement of photovoltaic cells' voltage level, and using one-cycle control technology can track network voltage well which realizes unity power factor.

**Key words:** photovoltaic grid-connected, Z-source inverter, one-cycle control, shoot-through states

## 0 引言

在能源日益紧张的环境下, 太阳能作为一种可再生能源, 不仅是近期急需能源的补充, 也必将是未来再生能源的发展方向<sup>[1]</sup>。由于太阳光照强度的特点限制, 要求能最大限度地应用太阳能, 因此, 对大型光伏并网逆变器的研究具有重要意义。光伏并网发电

收稿日期: 2010-05-05

基金项目: 江西省研究生创新基金(YC09A090)

作者简介: 廖文娟(1986-), 女, 江西赣州人, 华东交通大学电气与电子工程学院在读硕士研究生, 主要研究方向为电力电子与电力传动。E-mail: wjliao1756@163.com

## 参考文献:

- [1] 罗燕营. 液压同步回路及同步控制系统实现的方法[J]. 液压与气动, 2004(4): 65-67.
- [2] 朱发明, 阮健, 李胜, 等. 电液数字伺服双缸同步控制系统[J]. 机床与液压, 2008, 36(10): 49-51.

- [3] 关景泰. 机电液控制技术[M]. 上海: 同济大学出版社, 2003.
- [4] 张新民, 刘志超, 赵铁. 液压同步控制误差分析及方案选择[J]. 平原大学学报, 1999(4): 59-61.
- [5] 苏海东, 韩国惠, 于江华, 等. 液压同步控制系统及其应用[J]. 沈阳工业大学学报, 2005, 27(4): 364-367.