



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107975519 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201610921926.3

审查员 蔡群

(22)申请日 2016.10.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107975519 A

(43)申请公布日 2018.05.01

(73)专利权人 北京精密机电控制设备研究所

地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号

专利权人 中国运载火箭技术研究院

(72)发明人 聂来晓 李钢 盛文巍 沈立

王静 刘睿智

(74)专利代理机构 核工业专利中心 11007

代理人 高尚梅

(51)Int.Cl.

F15B 21/08(2006.01)

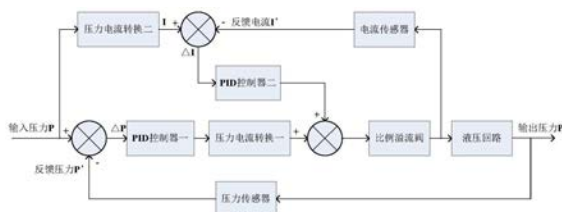
权利要求书2页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法

(57)摘要

本发明属于伺服机构液压能源控制领域,具体涉及一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法。本发明中,输入压力P经过第一个加法器流向PID控制器一,PID控制器一流向压力电流信号转换一,压力电流信号转换一经过第二个加法器后流向比例溢流阀,比例溢流阀流向电流传感器和液压回路,液压回路输出压力P''经过压力传感器后流向第一个加法器;输入压力P流向压力电流信号转换二得到电流I,电流I与电流传感器输出的反馈电流I'经过第三个加法器流向PID控制器二,PID控制器二流向第二个加法器。本发明能够根据液压能源系统工作状态在压力电流双闭环、单独压力闭环和单独电流闭环之间实行自动切换,从而提高伺服液压能源系统控制的速度和可靠性。



1. 一种伺服液压能源双闭环控制系统,其特征在于:包括:压力传感器,电流传感器,压力电流信号转换一、压力电流信号转换二,PID控制器一、PID控制器二,比例溢流阀,液压回路;输入压力P经过第一个加法器流向PID控制器一,PID控制器一的输出量流向压力电流信号转换一,压力电流信号转换一的输出量经过第二个加法器后流向比例溢流阀,比例溢流阀分别连接电流传感器和液压回路,液压回路输出压力P'经过压力传感器后流向第一个加法器;输入压力P流向压力电流信号转换二得到电流I,电流I与电流传感器输出的反馈电流I'经过第三个加法器流向PID控制器二,PID控制器二的输出量流向第二个加法器。

2. 根据权利要求1所述的一种伺服液压能源双闭环控制系统,其特征在于:压力外环包括PID控制器一、压力电流信号转换一、比例溢流阀、液压回路和压力传感器;输入压力P为目标压力,压力传感器采集当前输出压力P'得到反馈压力P',P'与输入压力P作差得到的偏差信号 $\Delta P$ 作为PID控制器一的输入,PID控制器一的输出经过压力电流信号转换一进入加法器。

3. 根据权利要求1所述的一种伺服液压能源双闭环控制系统,其特征在于:电流内环包括压力电流信号转换二、PID控制器二、比例溢流阀和电流传感器,输入压力P进入压力电流信号转换二变成目标电流I,通过电流传感器采集比例溢流阀电流,得到反馈电流I',I'与目标电流I作差得到的偏差信号 $\Delta I$ 作为PID控制器二的输入,PID控制器二的输出进入加法器。

4. 一种伺服液压能源双闭环控制方法,其特征在于:依据一种伺服液压能源双闭环控制系统,包括:压力传感器,电流传感器,压力电流信号转换一、压力电流信号转换二,PID控制器一、PID控制器二,比例溢流阀,液压回路;输入压力P经过第一个加法器流向PID控制器一,PID控制器一的输出量流向压力电流信号转换一,压力电流信号转换一的输出量经过第二个加法器后流向比例溢流阀,比例溢流阀分别连接电流传感器和液压回路,液压回路输出压力P'经过压力传感器后流向第一个加法器;输入压力P流向压力电流信号转换二得到电流I,电流I与电流传感器输出的反馈电流I'经过第三个加法器流向PID控制器二,PID控制器二的输出量流向第二个加法器;

包括如下步骤:

步骤(1)、理论分析或实验得到输入压力P与比例溢流阀控制电流I总的转换关系用于压力电流信号转换一和压力电流信号转换二中;

步骤(2)、输入压力P,在压力外环通过压力传感器采集当前压力值,在电流内环通过电流传感器采集比例溢流阀电流值,判断当前压力传感器和电流传感器工作状态,选择控制方法;

步骤(3)、根据步骤(2)得到的控制方法,提出控制策略;

步骤(4)、在加法器将PID控制器一输出经过压力电流转换与PID控制器二的输出相加后,输入比例溢流阀调节其开度,从而调节液压能源压力值。

5. 根据权利要求4所述的一种伺服液压能源双闭环控制方法,其特征在于:所述步骤(2)中,当压力传感器和电流传感器均正常时,整个液压能源系统采用压力电流双闭环控制;当压力传感器异常电流传感器正常时,采用单独电流闭环控制;当压力传感器正常电流传感器异常时,采用单独压力闭环控制。

6. 根据权利要求5所述的一种伺服液压能源双闭环控制方法,其特征在于:所述步骤

(3) 中,当采用压力电流双闭环控制方法时,压力外环PID控制器一采用积分控制,提高压力调节精度消除偏差,传递函数为 $G_1(s) = \frac{K_i}{s}$ ,其中 $K_i$ 为积分增益, $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta P$ 的减小而增大,电流内环PID控制器二采用比例控制,提高调节速率,传递函数 $G_2(s) = K$ ;当采用单独电流闭环时, $G_1(s) = 0$ ,关闭压力外环闭环控制功能,PID控制器一保持当前输出量, $G_2(s) = \frac{K_i}{s}$ ,同样 $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta I$ 的减小而增大;当采用单独压力闭环时, $G_2(s) = 0$ ,关闭电流内环闭环控制功能,PID控制器二保持当前输出量, $G_1(s) = \frac{K_i}{s}$ ,同样 $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta P$ 的减小而增大。

## 一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于伺服机构液压能源控制领域,具体涉及一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法。

### 背景技术

[0002] 伺服机构是我国对运载火箭飞行控制执行机构子系统的统称。伺服液压能源是伺服机构的重要组成部分,为伺服机构提供稳定的压力输出,具有大功率、高响应等特点。伺服液压能源压力主要由比例溢流阀开度调节控制,传统的控制方法有人工调节控制和压力反馈闭环自动控制。人工调节控制通过操作旋钮或按键等方式,具有人工成本高,容易误操作等特点,压力闭环自动控制通过压力传感器将能源压力采集反馈给计算机或嵌入式控制系统,由计算机或嵌入式控制系统处理后,经过信号转换调节比例溢流阀直至能源压力达到目标值,解决了人工调节控制的缺点,但存在响应速度慢、在大功率、强电磁干扰环境下可靠性不足的特点。

### 发明内容

[0003] 本发明解决的技术问题:针对现有技术的不足,提供一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法,能够根据液压能源系统工作状态在压力电流双闭环、单独压力闭环和单独电流闭环之间实行自动切换,从而提高伺服液压能源系统控制的速度和可靠性。

[0004] 本发明采用的技术方案:

[0005] 一种伺服液压能源双闭环控制系统,包括:压力传感器,电流传感器,压力电流信号转换一、压力电流信号转换二,PID控制器一、PID控制器二,比例溢流阀,液压回路;输入压力P经过第一个加法器流向PID控制器一,PID控制器一的输出量流向压力电流信号转换一,压力电流信号转换一的输出量经过第二个加法器后流向比例溢流阀,比例溢流阀分别连接电流传感器和液压回路,液压回路输出压力P”经过压力传感器后流向第一个加法器;输入压力P流向压力电流信号转换二得到电流I,电流I与电流传感器输出的反馈电流I’ 经过第三个加法器流向PID控制器二,PID控制器二的输出量流向第二个加法器。

[0006] 压力外环包括PID控制器一、压力电流信号转换一、比例溢流阀、液压回路和压力传感器;输入压力P为目标压力,压力传感器采集当前输出压力P”得到反馈压力P’, P’ 与输入压力P作差得到的偏差信号 $\Delta P$ 作为PID控制器一的输入,PID控制器一的输出经过压力电流信号转换一进入加法器。

[0007] 电流内环包括压力电流信号转换二、PID控制器二、比例溢流阀和电流传感器,输入压力P进入压力电流转换二变成目标电流I,通过电流传感器采集比例溢流阀电流,得到反馈电流I’, I’ 与目标电流值I作差得到的偏差信号 $\Delta I$ 作为PID控制器二的输入,PID控制器二的输出进入加法器;

[0008] 一种伺服液压能源双闭环控制方法,包括如下步骤:

[0009] 步骤1、理论分析或实验得到输入压力P与比例溢流阀控制电流I总的转换关系用

于压力电流信号转换一和压力电流信号转换二中；

[0010] 步骤2、输入压力P,在压力外环通过压力传感器采集当前压力值,在电流内环通过电流传感器采集比例溢流阀电流值,判断当前压力传感器和电流传感器工作状态,选择控制方法；

[0011] 步骤3、根据步骤2得到的控制方法,提出控制策略；

[0012] 步骤4、在加法器将PID控制器一输出经过压力电流转换、PID控制器二的输出相加后,输入比例溢流阀调节其开度,从而调节液压能源压力值。

[0013] 所述步骤2中,当压力传感器和电流传感器均正常时,整个液压能源系统采用压力电流双闭环控制；当压力传感器异常电流传感器正常时,采用单独电流闭环控制；当压力传感器正常电流传感器异常时,采用单独压力闭环控制。

[0014] 所述步骤3中,当采用压力电流双闭环控制方法时,压力外环PID控制器一采用积分控制,提高压力调节精度消除偏差,传递函数为 $G_1(s) = \frac{K_i}{s}$ ,其中 $K_i$ 为积分增益, $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta P$ 的减小而增大,电流内环PID控制器二采用比例控制,提高调节速率,传递函数 $G_2(s) = K$ ；当采用单独电流闭环时, $G_1(s) = 0$ ,关闭压力外环闭环控制功能,PID控制器一保持当前输出量, $G_2(s) = \frac{K_i}{s}$ ,同样 $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta I$ 的减小而增大；当采用单独压力闭环时, $G_2(s) = 0$ ,关闭电流内环闭环控制功能,PID控制器二保持当前输出量, $G_1(s) = \frac{K_i}{s}$ ,同样 $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta P$ 的减小而增大。

[0015] 本发明的有益效果：

[0016] (1) 本发明提供了一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法,在压力闭环的基础上,引入电流内环实施双闭环控制,有效提高了整个能源系统尤其是大功率液压能源系统控制的可靠性；

[0017] (2) 本发明提供了一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法,控制器采用变参数PID控制,在保证控制精度的同时提高了控制的速度,更好的满足响应快慢要求；

[0018] (3) 本发明提供了一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法的实现同样适应于工业控制领域压力、温度、流量和液位四大参数的自动化控制。

## 附图说明

[0019] 图1为伺服液压能源控制系统及方法原理图。

## 具体实施方式

[0020] 下面结合附图和具体实施例对本发明提供了一种伺服液压能源双闭环控制系统及方法作进一步详细说明。

[0021] 如图1所示,本发明提供了一种伺服液压能源双闭环控制系统,包括:压力传感器,电流传感器,压力电流信号转换一、压力电流信号转换二,PID控制器一、PID控制器二,比例溢流阀,液压回路；

[0022] 输入压力P经过第一个加法器流向PID控制器一,PID控制器一的输出量流向压力电流信号转换一,压力电流信号转换一的输出量经过第二个加法器后流向比例溢流阀,比

例溢流阀分别连接电流传感器和液压回路,液压回路输出压力 $P''$ 经过压力传感器后流向第一个加法器;输入压力 $P$ 流向压力电流信号转换二得到电流 $I$ ,电流 $I$ 与电流传感器输出的反馈电流 $I'$ 经过第三个加法器流向PID控制器二,PID控制器二的输出量流向第二个加法器。

[0023] 压力外环包括PID控制器一、压力电流信号转换一、比例溢流阀、液压回路和压力传感器;输入压力 $P$ 为目标压力,压力传感器采集当前输出压力 $P''$ 得到反馈压力 $P'$ , $P'$ 与输入压力 $P$ 作差得到的偏差信号 $\Delta P$ 作为PID控制器一的输入,PID控制器一的输出经过压力电流信号转换一进入加法器;

[0024] 电流内环包括压力电流信号转换二、PID控制器二、比例溢流阀和电流传感器,输入压力 $P$ 进入压力电流转换二变成目标电流 $I$ ,通过电流传感器采集比例溢流阀电流,得到反馈电流 $I'$ , $I'$ 与目标电流 $I$ 作差得到的偏差信号 $\Delta I$ 作为PID控制器二的输入,PID控制器二的输出进入加法器;

[0025] 加法器的输出 $I$ 总作为比例溢流阀的输入,比例溢流阀的输出作为液压回路的输入。

[0026] 一种伺服液压能源双闭环控制方法,包括如下步骤:

[0027] 步骤1、理论分析或实验得到输入压力 $P$ 与比例溢流阀控制电流 $I$ 总的转换关系用于压力电流信号转换一和压力电流信号转换二中;

[0028] 步骤2、输入压力 $P$ ,在压力外环通过压力传感器采集当前压力值,在电流内环通过电流传感器采集比例溢流阀电流值,判断当前压力传感器和电流传感器工作状态,当压力传感器和电流传感器均正常时,整个液压能源系统采用压力电流双闭环控制;当压力传感器异常电流传感器正常时,采用单独电流闭环控制;当压力传感器正常电流传感器异常时,采用单独压力闭环控制;

[0029] 步骤3、本实例中具体控制方法:当采用压力电流双闭环控制方法时,压力外环PID控制器一采用积分控制,提高压力调节精度消除偏差,传递函数为 $G_1(s) = \frac{K_i}{s}$ ,其中 $K_i$ 为积分增益, $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta P$ 的减小而增大,电流内环PID控制器二采用比例控制,提高调节速率,传递函数 $G_2(s) = K$ 。当采用单独电流闭环时, $G_1(s) = 0$ ,关闭压力外环闭环控制功能,PID控制器一保持当前输出量, $G_2(s) = \frac{K_i}{s}$ ,同样 $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta I$ 的减小而增大。当采用单独压力闭环时, $G_2(s) = 0$ ,关闭电流内环闭环控制功能,PID控制器二保持当前输出量, $G_1(s) = \frac{K_i}{s}$ ,同样 $K_i$ 采用分段策略,随着偏差信号 $\Delta P$ 的减小而增大。比例调节P具有响应速度快、调节迅速的优点,积分调节I可以消除余差,微分调节D可以根据偏差信号变化,提前动作,在工程实践中,可以根据实际系统的情况选择合适的PID控制策略。

[0030] 步骤4、在加法器将PID控制器一输出经过压力电流转换、PID控制器二的输出相加后,输入比例溢流阀调节其开度,从而调节液压能源压力值。

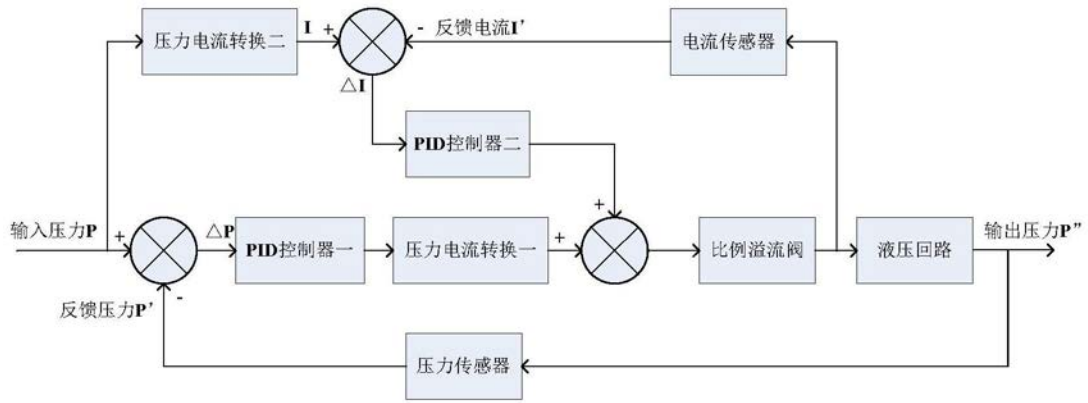


图1