



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113687618 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 23

(21) 申请号 202110985943.4

(22) 申请日 2021.08.26

(71) 申请人 北京泓慧国际能源技术发展有限公司

地址 101300 北京市顺义区马坡镇聚源西路26号

(72) 发明人 李树胜 王佳良 李光军 汪大春

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务所(特殊普通合伙) 11463

代理人 徐丽

(51) Int. Cl.

G05B 19/042 (2006.01)

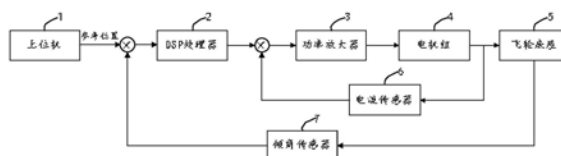
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

### (54) 发明名称

飞轮底座水平度控制系统和方法

### (57) 摘要

本发明提供了飞轮底座水平度控制系统和方法,包括DSP处理器、倾角传感器、飞轮底座、电机组和上位机,电机组包括多个电机;倾角传感器、电机组和上位机分别与DSP处理器相连接,电机组和倾角传感器分别与飞轮底座相连接;倾角传感器采集飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将角度信息发送DSP处理器;DSP处理器根据角度信息得到第一角度值和第二角度值;根据第一角度值和第二角度值确定电机的初始基准点;接收上位机发送的调平指令;根据调平指令和电机的初始基准点确定每个电机的调平位置,在底座与安装平面加装以多个电机为执行机构的调平装置,通过多个电机完成飞轮底座的水平面调节,确保系统运行的可靠性和可操作性。



1. 一种飞轮底座水平度控制系统,其特征在于,所述系统包括:DSP处理器、倾角传感器、飞轮底座、电机组和上位机,所述电机组包括多个电机;

所述倾角传感器、所述电机组和所述上位机分别与所述DSP处理器相连接,所述电机组和所述倾角传感器分别与所述飞轮底座相连接;

所述倾角传感器,用于采集所述飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将所述角度信息发送给所述DSP处理器;

所述DSP处理器,用于根据所述角度信息得到第一角度值和第二角度值;根据所述第一角度值和所述第二角度值确定所述电机的初始基准点;接收所述上位机发送的调平指令;根据所述调平指令和所述电机的初始基准点确定每个电机的调平位置。

2. 根据权利要求1所述的飞轮底座水平度控制系统,其特征在于,所述DSP处理器,用于当所述第一角度值大于0,且所述第二角度值大于0时,将第一电机作为所述初始基准点;当所述第一角度值大于0,且所述第二角度值小于0时,将第三电机作为所述初始基准点;当所述第一角度值小于0,且所述第二角度值大于0时,将第二电机作为所述初始基准点;当所述第一角度值小于0,且所述第二角度值小于0时,将第四电机作为所述初始基准点。

3. 根据权利要求1所述的飞轮底座水平度控制系统,其特征在于,所述DSP处理器,用于根据所述初始基准点进行X水平度调节,自锁第一电机和第三电机;再进行Y水平度调节,自锁第二电机和第四电机。

4. 根据权利要求3所述的飞轮底座水平度控制系统,其特征在于,所述DSP处理器,用于当所述第一电机为所述初始基准点时,所述第一电机的调平位置为当前位置;如果所述当前位置满足期望调平位置,则将所述第一电机自锁;

将所述第三电机和所述第四电机进行X水平度调节,当所述飞轮底座在X轴的水平度达到调平精度要求时,将所述第三电机自锁;

将所述第二电机和所述第四电机进行Y水平度调节,当所述飞轮底座在Y轴的水平度达到所述调平精度要求时,将所述第二电机和所述第四电机自锁。

5. 根据权利要求1所述的飞轮底座水平度控制系统,其特征在于,所述系统还包括CAN总线;

所述CAN总线,用于接收所述上位机发送的指令信息和参数设置信息;

其中,所述指令信息包括启动指令、停机指令和调平指令,所述参数设置信息包括PID设置参数、水平度调节量和电机系统保护参数。

6. 根据权利要求1所述的飞轮底座水平度控制系统,其特征在于,所述系统还包括功率放大器和电流传感器,所述功率放大器包括IGBT;

所述功率放大器,分别与所述DSP处理器、所述电流传感器和所述电机相连接,用于将所述DSP处理器发送的控制信号转化为功率开关信号,通过所述功率开关信号驱动所述IGBT的开通和断开,从而控制所述电机;

所述电流传感器,用于采集所述电机的电流信息;

所述DSP处理器,用于根据所述电流信息控制所述电机的电流参量。

7. 一种飞轮底座水平度控制方法,其特征在于,应用于权利要求1至6任一项所述的飞轮底座水平度控制系统,所述飞轮底座水平度控制系统包括DSP处理器、倾角传感器、飞轮底座、电机组和上位机,所述电机组包括多个电机;所述方法包括:

所述倾角传感器采集所述飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将所述角度信息发送给所述DSP处理器;

所述DSP处理器根据所述角度信息得到第一角度值和第二角度值;

所述DSP处理器根据所述第一角度值和所述第二角度值确定所述电机的初始基准点;

所述DSP处理器接收所述上位机发送的调平指令;

所述DSP处理器根据所述调平指令和所述电机的初始基准点确定每个电机的调平位置。

8. 根据权利要求7所述的飞轮底座水平度控制方法,其特征在于,所述DSP处理器根据所述第一角度值和所述第二角度值确定所述电机的初始基准点,包括:

当所述第一角度值大于0,且所述第二角度值大于0时,将第一电机作为所述初始基准点;

当所述第一角度值大于0,且所述第二角度值小于0时,将第三电机作为所述初始基准点;

当所述第一角度值小于0,且所述第二角度值大于0时,将第二电机作为所述初始基准点;

当所述第一角度值小于0,且所述第二角度值小于0时,将第四电机作为所述初始基准点。

9. 一种电子设备,包括存储器、处理器,所述存储器上存储有可在所述处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述权利要求7或8所述的方法。

10. 一种具有处理器可执行的非易失的程序代码的计算机可读介质,其特征在于,所述程序代码使所述处理器执行所述权利要求7或8所述的方法。

## 飞轮底座水平度控制系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及控制技术领域,尤其是涉及飞轮底座水平度控制系统和方法。

### 背景技术

[0002] 飞轮储能本体的安装环境通常包括两种,一是集装箱内安装,二是户外安装。无论何种安装环境,都需要有特定的安装平面度要求。但是在实际应用场景中,飞轮系统需要适应各种复杂应用工况,包括沙漠地带、高海拔地区、海岛、车载和机载等场合,现场安装平面很难保证平整度要求;即使在一次施工后满足倾角要求,更换场地仍然需要重新调整安装平面,对现场施工带来一定难度。因此,如何在不增加过多成本和体积条件下,保证飞轮本体自身的水平度要求,同时飞轮底座具备较高的刚性指标,是飞轮储能本体需要解决的重要问题。

[0003] 目前磁悬浮储能飞轮本体的底座都是直接固定安装在连接件上,一次施工后飞轮底座保持静止状态,不具备调整飞轮底座倾角的功能。而市面上有一定的调平设备,大多采用整体式调平装置或液压系统,成本高,复杂性较大,而且并不能对底座倾角进行实时调整,移植性较差。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供飞轮底座水平度控制系统和方法,在底座与安装平面加装以多个电机为执行机构的调平装置,通过多个电机完成飞轮底座的水平面调节,从而确保系统运行的可靠性和可操作性。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了飞轮底座水平度控制系统,所述系统包括:DSP处理器、倾角传感器、飞轮底座、电机组和上位机,所述电机组包括多个电机;

[0006] 所述倾角传感器、所述电机组和所述上位机分别与所述DSP处理器相连接,所述电机组和所述倾角传感器分别与所述飞轮底座相连接;

[0007] 所述倾角传感器,用于采集所述飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将所述角度信息发送给所述DSP处理器;

[0008] 所述DSP处理器,用于根据所述角度信息得到第一角度值和第二角度值;根据所述第一角度值和所述第二角度值确定所述电机的初始基准点;接收所述上位机发送的调平指令;根据所述调平指令和所述电机的初始基准点确定每个电机的调平位置。

[0009] 进一步的,所述DSP处理器,用于当所述第一角度值大于0,且所述第二角度值大于0时,将第一电机作为所述初始基准点;当所述第一角度值大于0,且所述第二角度值小于0时,将第三电机作为所述初始基准点;当所述第一角度值小于0,且所述第二角度值大于0时,将第二电机作为所述初始基准点;当所述第一角度值小于0,且所述第二角度值小于0时,将第四电机作为所述初始基准点。

[0010] 进一步的,所述DSP处理器,用于根据所述初始基准点进行X水平度调节,自锁第一电机和第三电机;再进行Y水平度调节,自锁第二电机和第四电机。

[0011] 进一步的,所述DSP处理器,用于当所述第一电机为所述初始基准点时,所述第一电机的调平位置为当前位置;如果所述当前位置满足期望调平位置,则将所述第一电机自锁;

[0012] 将所述第三电机和所述第四电机进行X水平度调节,当所述飞轮底座在X轴的水平度达到调平精度要求时,将所述第三电机自锁;

[0013] 将所述第二电机和所述第四电机进行Y水平度调节,当所述飞轮底座在Y轴的水平度达到所述调平精度要求时,将所述第二电机和所述第四电机自锁。

[0014] 进一步的,所述系统还包括CAN总线;

[0015] 所述CAN总线,用于接收所述上位机发送的指令信息和参数设置信息;

[0016] 其中,所述指令信息包括启动指令、停机指令和调平指令,所述参数设置信息包括PID设置参数、水平度调节量和电机系统保护参数。

[0017] 进一步的,所述系统还包括功率放大器和电流传感器,所述功率放大器包括IGBT;

[0018] 所述功率放大器,分别与所述DSP处理器、所述电流传感器和所述电机相连接,用于将所述DSP处理器发送的控制信号转化为功率开关信号,通过所述功率开关信号驱动所述IGBT的开通和断开,从而控制所述电机;

[0019] 所述电流传感器,用于采集所述电机的电流信息;

[0020] 所述DSP处理器,用于根据所述电流信息控制所述电机的电流参量。

[0021] 第二方面,本发明实施例提供了飞轮底座水平度控制方法,应用于如上所述的飞轮底座水平度控制系统,所述飞轮底座水平度控制系统包括DSP处理器、倾角传感器、飞轮底座、电机组和上位机,所述电机组包括多个电机;所述方法包括:

[0022] 所述倾角传感器采集所述飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将所述角度信息发送给所述DSP处理器;

[0023] 所述DSP处理器根据所述角度信息得到第一角度值和第二角度值;

[0024] 所述DSP处理器根据所述第一角度值和所述第二角度值确定所述电机的初始基准点;

[0025] 所述DSP处理器接收所述上位机发送的调平指令;

[0026] 所述DSP处理器根据所述调平指令和所述电机的初始基准点确定每个电机的调平位置。

[0027] 进一步的,所述DSP处理器根据所述第一角度值和所述第二角度值确定所述电机的初始基准点,包括:

[0028] 当所述第一角度值大于0,且所述第二角度值大于0时,将第一电机作为所述初始基准点;

[0029] 当所述第一角度值大于0,且所述第二角度值小于0时,将第三电机作为所述初始基准点;

[0030] 当所述第一角度值小于0,且所述第二角度值大于0时,将第二电机作为所述初始基准点;

[0031] 当所述第一角度值小于0,且所述第二角度值小于0时,将第四电机作为所述初始基准点。

[0032] 第三方面,本发明实施例提供了电子设备,包括存储器、处理器,所述存储器上存

储有可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现如上所述的方法。

[0033] 第四方面,本发明实施例提供了具有处理器可执行的非易失的程序代码的计算机可读介质,所述程序代码使所述处理器执行如上所述的方法。

[0034] 本发明实施例提供了飞轮底座水平度控制系统和方法,包括DSP处理器、倾角传感器、飞轮底座、电机组和上位机,电机组包括多个电机;倾角传感器、电机组和上位机分别与DSP处理器相连接,电机组和倾角传感器分别与飞轮底座相连接;倾角传感器,用于采集飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将角度信息发送给DSP处理器;DSP处理器,用于根据角度信息得到第一角度值和第二角度值;根据第一角度值和第二角度值确定电机的初始基准点;接收上位机发送的调平指令;根据调平指令和电机的初始基准点确定每个电机的调平位置,在底座与安装平面加装以多个电机为执行机构的调平装置,通过多个电机完成飞轮底座的水平面调节,从而确保系统运行的可靠性和可操作性。

[0035] 本发明的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

[0036] 为使本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合所附附图,作详细说明如下。

## 附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0038] 图1为本发明实施例一提供的飞轮底座水平度控制系统示意图;

[0039] 图2为本发明实施例二提供的飞轮底座水平度控制方法流程图;

[0040] 图3为本发明实施例三提供的主程序流程图;

[0041] 图4为本发明实施例四提供的DSP调平控制算法流程图。

[0042] 图标:

[0043] 1-上位机;2-DSP处理器;3-功率放大器;4-电机组;5-飞轮底座;6-电流传感器;7-倾角传感器。

## 具体实施方式

[0044] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0045] 飞轮储能本体包括结构件部分、电机系统、轴承及磁轴承系统、壳体及底座等分系统,这些组成部分互为依靠,并通过连接件环节组成一个整体系统,对外表现为飞轮完整的单机系统。由于飞轮转子采用电磁悬浮轴承进行支撑,磁轴承定子和转子之间存在一定的

间隙,磁悬浮轴承即依靠定子和转子之间的间隙完成悬浮过程,保证飞轮转子在高速旋转过程中处于全悬浮状态。在实际运行过程中,飞轮壳体部分要求处于静止状态,同时壳体安装平面相对于当地地垂线保持一致,如果壳体安装平面相对于当地地垂线存在一定的夹角,则磁悬浮在控制过程中会引入较大的偏置力,从而降低磁悬浮系统的控制裕度和动态性能。但是飞轮的使用环境复杂,既有室内安装,又有户外(荒漠、高海拔等)使用,很难保证飞轮安装平面的平整度要求。因此,为了保证磁悬浮系统的稳定性和控制性能,需要在飞轮底座与安装平面之间增加底座调平装置,无论在任何安装环境下(角度不应超过限幅值)均可以使飞轮底座保持水平,即与当地地垂线保持一致。

[0046] 为实现飞轮底座的调平性能,需在底座与安装平面加装以四组电机为执行机构的调平装置,由四组电机完成飞轮底座的水平面调节,四组电机两两工作可以完成X和Y两个坐标轴的角度调节。但是,由于四组电机调平位置不同,同时飞轮底座的初始安装平面未知,如何对四组电机进行位置控制是比较困难的,需要非常精确的水平角度分解和电机控制算法,根据执行算法分别完成底座在X和Y两个坐标轴的水平度控制,三组电机即可控制一个平面,第四电机用于初始基准点定位。

[0047] 飞轮底座进行水平度调节过程需要准确的角度数据,即采用倾角传感器测量出飞轮底座相对于当地地垂线的角度,该角度直接关系着电机控制性能,对倾角传感器数据进行采集、解析和存储,属于本系统的关键内容之一。本系统需要配置UART总线,程序执行时不受其它程序影响,同时具备高效、无延迟数据采集、同步解析和使用。

[0048] 本系统同时配置了其它总线结构,与上位机和客户端进行通信工作,包括CAN总线、SPI总线、I/O接点等方式,用于接收控制指令,回传状态数据。同样这部分程序不应影响其它程序执行,并不过多占用总线时间,多方面、多数据融合形式维护系统可靠运行,保证飞轮系统的可靠水平度调节。

[0049] 为便于对本实施例进行理解,下面对本发明实施例进行详细介绍。

[0050] 实施例一:

[0051] 飞轮底座水平度控制系统的主要功能是充分利用TI系列DSP处理器TMS320F28335数字信号控制器实现飞轮底座水平度检测、水平度自动控制、四组电机电压控制和电机自锁死等过程,并实时将倾角传感器测量得到的飞轮底座双轴水平度数据、电机运行状态、电机丝杠行程等信息进行采集、记录、存储和回传。

[0052] DSP控制器(Digital Signal Process,数字信号处理器),是一种特别适合于进行数字信号处理运算的微处理器,其主要应用是实时快速地实现各种数字信号处理算法。根据数字信号处理的要求,DSP控制器一般具有如下主要特点:在一个指令周期内可完成一次乘法和一次加法;程序和数据空间分开,可以同时访问指令和数据片内具有快速RAM(random access memory,随机存取存储器),通常可通过独立的数据总线在两块中同时访问;具有低开销或无开销循环及跳转的硬件支持;快速的中断处理和硬件I/O(input/output,输入/输出)支持;具有在单周期内操作的多个硬件地址产生器;可以并行执行多个操作;支持流水线操作,使取指、译码和执行等操作可以重叠执行。

[0053] TMS320F28335型数字信号处理器是TI(Texas Instruments,德州仪器)公司的一款TMS320C28X系列浮点DSP控制器。与以往的定点DSP相比,该器件的精度高,成本低,功耗小,性能高,外设集成度高,数据以及程序存储量大,A/D转换更精确快速等。TMS320F28335

具有150MHz的高速处理能力,具备32位浮点处理单元,6个DMA(Direct Memory Access,直接存储器访问)通道支持ADC、McBSP(multichannel buffered serial port,多通道缓冲串行口)和EMIF(External Memory Interface,外部存储器接口),有多达18路的PWM输出,其中有6路为TI特有的更高精度的PWM(Pulse width modulation,脉冲宽度调制)输出(HRPWM),12位16通道ADC。得益于其浮点运算单元,用户可快速编写控制算法而无需在处理小数操作上耗费过多的时间和精力,与前代DSP相比,平均性能提高50%,并与定点C28x控制器软件兼容,从而简化软件开发,缩短开发周期,降低开发成本。

[0054] TMS320F28335控制时钟系统具有片上振荡器,看门狗模块,支持动态PLL调节,内部可编程锁相环,通过软件设置相应寄存器的值改变CPU的输入时钟频率;8个外部中断,相对于TMS320F2812X系列的DSP无专门的中断引脚,GPI00~GPI063连接到该中断,GPI000~GPI031连接到XINT1、XINT2及XNMI外部中断,GPI032~GPI063连接到XINT3-XINT7外部中断。同时,支持58个外设中断的外设中断扩展控制器PIE,管理片上外设和外部你叫引起的中断请求;符合IEEE 1149.1标准的片内扫描仿真接口JTAG。

[0055] 图1为本发明实施例一提供的飞轮底座水平度控制系统示意图。

[0056] 参照图1,飞轮底座水平度控制系统包括:DSP处理器2、倾角传感器7、飞轮底座5、电机组4和上位机1,电机组4包括多个电机;

[0057] 倾角传感器7、电机组4和上位机1分别与DSP处理器2相连接,电机组4和倾角传感器7分别与飞轮底座5相连接;

[0058] 倾角传感器7,用于采集飞轮底座5在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将角度信息发送给DSP处理器2;

[0059] DSP处理器2,用于根据角度信息得到第一角度值和第二角度值;根据第一角度值和第二角度值确定电机的初始基准点;接收上位机1发送的调平指令;根据调平指令和电机的初始基准点确定每个电机的调平位置;

[0060] 这里,参考位置信号通常设置为零,由上位机1给定;电机组4包括多个电机,此处以四个电机为例进行说明,分别为第一电机、第二电机、第三电机、第四电机,分置于飞轮底座5的四个角;倾角传感器7为安装在飞轮底座5的角度传感器,实时获取飞轮底座5在X和Y两个坐标轴的角度信息;

[0061] DSP处理器2是工业级浮点处理器,其资源丰富、接口多,运算能力强大,可靠性高,且成本低。

[0062] 进一步的,系统还包括功率放大器3和电流传感器6,功率放大器3包括IGBT;

[0063] 功率放大器3,分别与DSP处理器2、电流传感器6和电机相连接,用于将DSP处理器2发送的控制信号转化为功率开关信号,通过功率开关信号驱动IGBT的开通和断开,从而控制电机;

[0064] 电流传感器6,用于采集电机的电流信息;

[0065] DSP处理器2,用于根据电流信息控制电机的电流参量;

[0066] 这里,功率放大器3采用基于IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor,绝缘栅双极型晶体管)的功率单元系统;电流传感器6采用霍尔电流传感器,实时采集电机中的电流信息,用于DSP处理器2的电流闭环控制,达到控制电机电流参量的目的。

[0067] 进一步的,DSP处理器2,用于当第一角度值大于0,且第二角度值大于0时,将第一

电机作为初始基准点;当第一角度值大于0,且第二角度值小于0时,将第三电机作为初始基准点;当第一角度值小于0,且第二角度值大于0时,将第二电机作为初始基准点;当第一角度值小于0,且第二角度值小于0时,将第四电机作为初始基准点。

[0068] 进一步的,DSP处理器2,用于根据初始基准点进行X水平度调节,自锁第一电机和第三电机;再进行Y水平度调节,自锁第二电机和第四电机。

[0069] 进一步的,DSP处理器2,用于当第一电机为初始基准点时,第一电机的调平位置为当前位置;如果当前位置满足期望调平位置,则将第一电机自锁;

[0070] 将第三电机和第四电机进行X水平度调节,当飞轮底座在X轴的水平度达到调平精度要求时,将第三电机自锁;

[0071] 将第二电机和第四电机进行Y水平度调节,当飞轮底座在Y轴的水平度达到调平精度要求时,将第二电机和第四电机自锁。

[0072] 进一步的,系统还包括CAN总线;

[0073] CAN总线,用于接收上位机1发送的指令信息和参数设置信息;

[0074] 其中,指令信息包括启动指令、停机指令和调平指令,参数设置信息包括PID设置参数、水平度调节量和电机系统保护参数。

[0075] 本发明实施例提供了飞轮底座水平度控制系统,包括DSP处理器、倾角传感器、飞轮底座、电机组和上位机,电机组包括多个电机;倾角传感器、电机组和上位机分别与DSP处理器相连接,电机组和倾角传感器分别与飞轮底座相连接;倾角传感器,用于采集飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将角度信息发送给DSP处理器;DSP处理器,用于根据角度信息得到第一角度值和第二角度值;根据第一角度值和第二角度值确定电机的初始基准点;接收上位机发送的调平指令;根据调平指令和电机的初始基准点确定每个电机的调平位置,从而确保系统成本低,可实时进行倾角调节,运行具有可靠性、可操作性和可移植性。

[0076] 实施例二:

[0077] 图2为本发明实施例二提供的飞轮底座水平度控制方法流程图。

[0078] 参照图2,应用于飞轮底座水平度控制系统,飞轮底座水平度控制系统包括:DSP处理器、倾角传感器、飞轮底座、电机组和上位机,电机组包括多个电机;该方法包括以下步骤:

[0079] 步骤S101,倾角传感器采集飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将角度信息发送给DSP处理器;

[0080] 步骤S102,DSP处理器根据角度信息得到第一角度值和第二角度值;

[0081] 这里,DSP处理器检测到X轴有两个值分别为沿X轴正方向的角度 $X_+$ 和沿X轴负方向的角度 $X_-$ ,得到X轴第一角度值为 $X = X_+ - X_-$ ;Y轴有两个值分别为Y轴正方向的角度 $Y_+$ 和沿Y轴负方向的角度 $Y_-$ ,得到Y轴第二角度值为 $Y = Y_+ - Y_-$ 。

[0082] 步骤S103,DSP处理器根据第一角度值和第二角度值确定电机的初始基准点;

[0083] 步骤S104,DSP处理器接收上位机发送的调平指令;

[0084] 步骤S105,DSP处理器根据调平指令和电机的初始基准点确定每个电机的调平位置。

[0085] 进一步的,步骤S103包括:

[0086] 当第一角度值大于0,且第二角度值大于0时,将第一电机作为初始基准点;

[0087] 当第一角度值大于0,且第二角度值小于0时,将第三电机作为初始基准点;

[0088] 当第一角度值小于0,且第二角度值大于0时,将第二电机作为初始基准点;

[0089] 当第一角度值小于0,且第二角度值小于0时,将第四电机作为初始基准点。

[0090] 具体地,当 $X>0, Y>0$ 时,将第一电机作为初始基准点;当 $X>0, Y<0$ 时,将第三电机作为初始基准点;当 $X<0, Y>0$ 时,将第二电机作为初始基准点;当 $X<0, Y<0$ 时,将第四电机作为初始基准点。

[0091] 本发明实施例提供了飞轮底座水平度控制方法,包括:倾角传感器采集飞轮底座在水平方向的两个坐标轴上的角度信息,将角度信息发送给DSP处理器;DSP处理器根据角度信息得到第一角度值和第二角度值;根据第一角度值和第二角度值确定电机的初始基准点;接收上位机发送的调平指令;根据调平指令和电机的初始基准点确定每个电机的调平位置,从而确保系统成本低,可实时进行倾角调节,运行具有可靠性、可操作性和可移植性。

[0092] 实施例三:

[0093] 图3为本发明实施例三提供的主程序流程图。

[0094] 参照图3,主程序流程图包括:

[0095] 步骤S201,主程序入口包括:主程序和中断服务程序;

[0096] 步骤S202,根据主程序对程序头文件进行引用;

[0097] 步骤S203,根据头文件中的引用信息,对宏定义,并对函数进行声明;

[0098] 步骤S204,对程序中变量进行初始化设置,对系统进行初始化设置;

[0099] 这里,对系统的初始化设置包括寄存器初始化、GPIO的I/O配置、PID参数设置等;

[0100] 具体地,GPIO的I/O配置有输入干接点和输出干接点两种,分别用于接收上位机的允许启动和紧急停机等信号,并输出上电指示、状态指示和故障指示等指示信号。

[0101] 步骤S205,中断映射;

[0102] 这里,中断映射包括DSP定时器中断、AD中断、UART中断、CAN总线接收中断;ADC中断等;

[0103] 具体地,DSP定时器中断有三部分功能:一是定时通过UART总线采集倾角传感器数据,给倾角传感器发送时钟和控制字信号,并实时接收回传数据字和解析出实际角度信息;二是定时将所有运行状态与数据信息通过CAN总线传送给上位机显示,包括四组电机的运行数据、倾角传感器的双轴角度数据、变频器运行状态等;三是定时进行调平控制算法的执行,由四组电机初始状态得到所要调节的电机幅值,分步执行角度比较器、电压控制器和PWM生成器等控制算法,分别得到四组电机的控制电压和PWM调节信号,完成整个飞轮底座水平度调节过程;

[0104] AD中断获取电机转速、电压、电流信息和保护信息;UART中断接收角度数据;PWM中断用于完成PWM调制比换算和输出电机PWM调制信号,停止PWM中断即可停止控制信号输出;CAN总线接收中断用于实时接收上位机系统指令和参数设置,包括启动指令、停机指令、调节水平度控制指令、PID设置参数、水平度调节量、电机系统保护参数等;ADC中断主要用于程序以固定频率进行模拟电压信号采集(包括变频器直流母线电压、直流母线电流、电机相电流、开关管温度信息等)、光电编码器角度和转速信号触发信号、保护逻辑判断(过压、过流、过温、欠压、缺相、通信故障等保护)等,实时获取电机转速、角位置、转速、电压和电流信

息等。

[0105] 步骤S206,开中断;

[0106] 这里,采用分时的方法。

[0107] 步骤S207,进入主循环;

[0108] 步骤S208,判断当前是否有中断,如果没有,则重复步骤S207;如果有,则执行步骤S209;

[0109] 步骤S209,中断服务子程序;

[0110] 这里,在执行完步骤S209后,再重复步骤S207。

[0111] 实施例四:

[0112] 图4为本发明实施例四提供的DSP调平控制算法流程图。

[0113] 参照图4,DSP调平控制算法包括:

[0114] 步骤S301,DSP上电状态查询;

[0115] 这里,系统给电机控制板和驱动板等供电,DSP指示灯常亮表示供电正常,DSP完成变量初始化定义、寄存器初始化、中断开启和上电自检等过程。

[0116] 步骤S302,判断倾角传感器及电机组是否正常,如果倾角传感器及电机组不正常,则重新执行步骤S301;

[0117] 这里,DSP判断与倾角传感器及电机组能否正常通信,并检测与上位机通信正常;待系统自检正常后,DSP通过CAN总线实时给上位机发送倾角传感器及电机组的运行状态及数据信息;上位机检测到DSP发送的数据后,分别读取倾角传感器在X轴和Y轴上的角度信息。

[0118] 步骤S303,如果角传感器及电机组正常,则DSP接收上位机调平控制指令;

[0119] 步骤S304,判断DSP是否接收到调平控制指令,如果没有接收到,则继续等待上位机调平控制指令;

[0120] 这里,DSP在初始化操作中记录电机组的初始基准点,并通过CAN总线给上位机回传已找到初始基准点信息;上位机检测到DSP已找到初始基准点后,等待发送启动调平指令;

[0121] 步骤S305,如果DSP接收到调平控制指令,则初始基准点定位,并确定电机组各电机调平位置;

[0122] 这里,DSP进入自动调平控制函数,根据调平指令和电机的初始基准点确定每个电机的调平位置。

[0123] 步骤S306,对飞轮底座X轴水平调节;

[0124] 步骤S307,判断X轴水平调节是否完成,如果未完成,则重复执行步骤S306;

[0125] 步骤S308,如果X轴水平调节完成,则自锁第一电机和自锁第三电机,启动Y轴水平度调节;

[0126] 步骤S309,判断Y轴水平调节是否完成,如果未完成,则重复执行步骤S308;

[0127] 步骤S310,如果Y轴水平度调节完成,则自锁第二电机和自锁第四电机,调平控制结束;

[0128] 具体地,假定DSP已确定第一电机作为初始基准点,则第一电机的调平位置即为当前位置,第一电机查询当前位置已满足期望调平位置,则第一电机启动自锁;DSP查询到第

一电机自锁完成后,首先进入第三电机和第四电机的调平控制,第三电机和第四电机同时以 $X=0$ 为调平控制指令,驱动信号完全一致,直至飞轮底座在X轴的水平度达到调平精度要求,DSP查询到X轴达到调平位置时,对第三电机进行自锁,至此飞轮底座X轴调平控制已经完成,同时启动飞轮底座Y轴调平控制;DSP进入Y轴调平控制算法,同时启动第二电机和第四电机以 $Y=0$ 为调平控制指令,驱动信号完全一致,直至飞轮底座在Y轴的水平度达到调平精度要求,DSP查询到Y轴达到调平位置时,对第二电机和第四电机同时进行自锁,此时飞轮底座在Y轴的调平控制已经完成;飞轮底座调平控制算法完成;

[0129] 进一步的,DSP调平控制算法的应答机制程序包括:

[0130] 通过UART总线接收子函数;接收角度传感器数据并进行解析;通过UART系统发送子函数;

[0131] 这里,UART总线用于完成与倾角传感器数据交互,包括同步时钟信号、控制字信号和数据字信号等,信号发送程序在定时器中执行,信号接收程序依靠UART接收中断自动完成,同时发送主程序的死循环中运行外部按键查询、标志位查询及复位、系统延时等程序必备子函数。

[0132] 本发明实施例提供了DSP调平控制算法,通过DSP控制四组电机,用于进行飞轮底座的实时倾角调节,并使用倾角传感器实时采集飞轮底座的水平度,当水平度达到一定要求时电机停止出力,电机可本地锁死,当水平度降低后仍可充分通过控制电机进行飞轮倾角调节,简单方便,可保证系统运行的可靠性和可操作性。

[0133] 本发明实施例还提供一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,处理器执行计算机程序时实现上述实施例提供的飞轮底座水平度控制方法的步骤。

[0134] 本发明实施例还提供一种具有处理器可执行的非易失的程序代码的计算机可读介质,计算机可读介质上存储有计算机程序,计算机程序被处理器运行时执行上述实施例的轮底座水平度控制方法的步骤。

[0135] 本发明实施例所提供的计算机程序产品,包括存储了程序代码的计算机可读存储介质,所述程序代码包括的指令可用于执行前面方法实施例中所述的方法,具体实现可参见方法实施例,在此不再赘述。

[0136] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统 and 装置的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0137] 另外,在本发明实施例的描述中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0138] 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。

而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0139] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0140] 最后应说明的是:以上所述实施例,仅为本发明的具体实施方式,用以说明本发明的技术方案,而非对其限制,本发明的保护范围并不局限于此,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改或可轻易想到变化,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改、变化或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

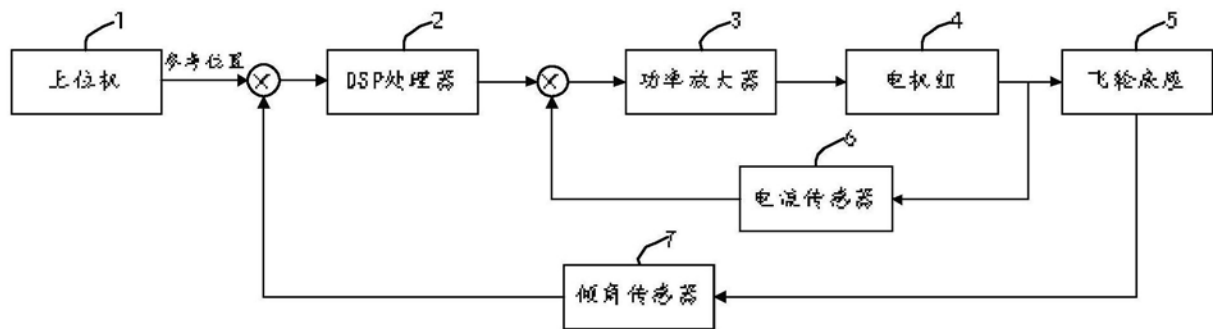


图1

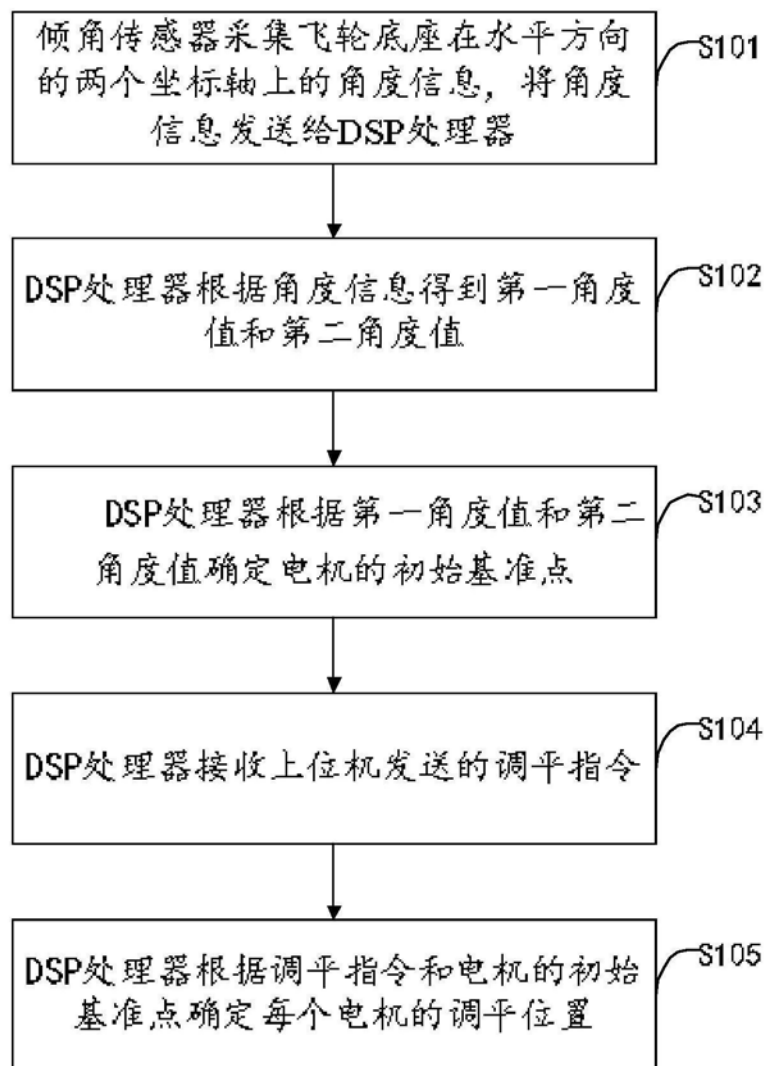


图2

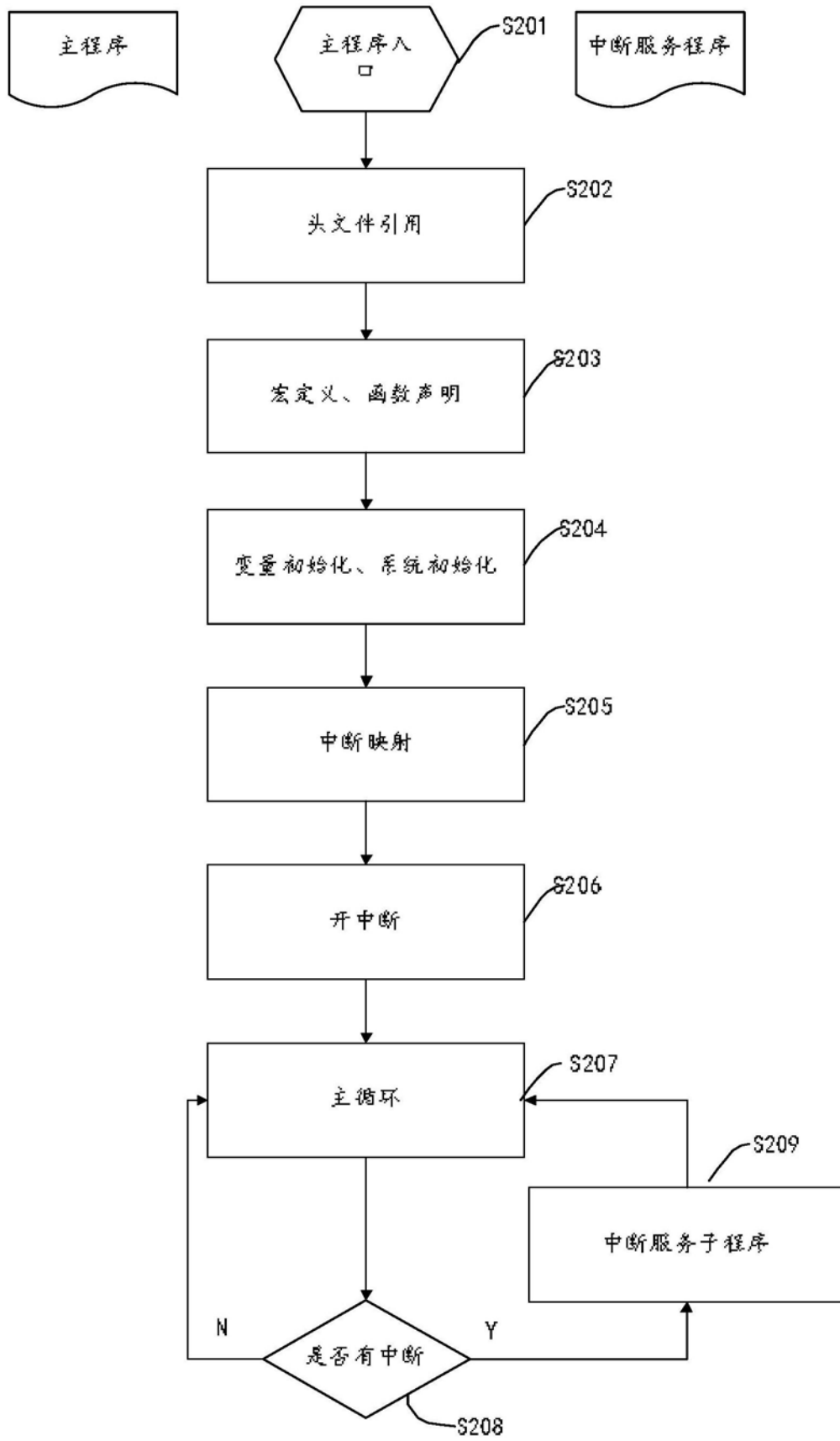


图3

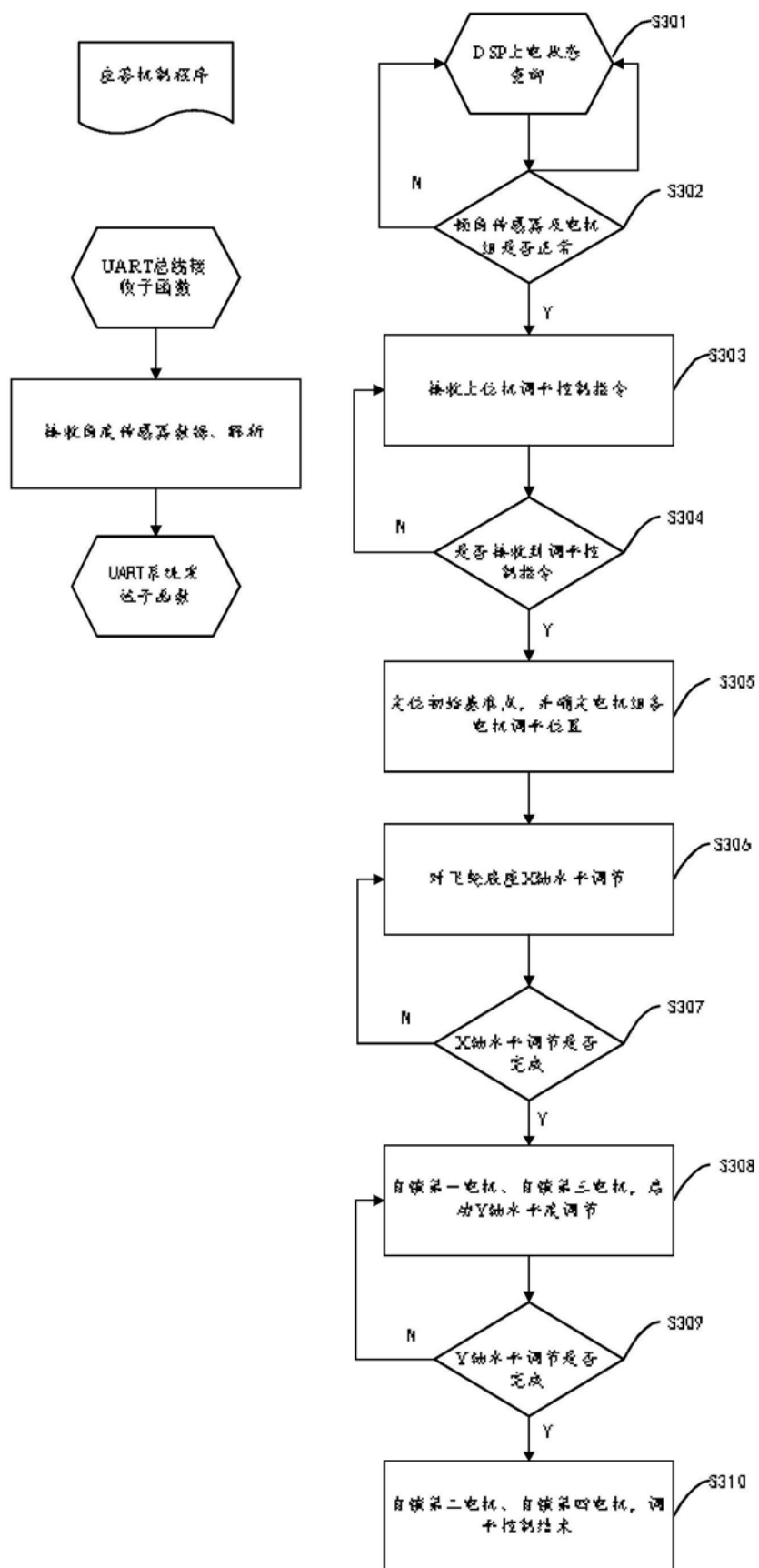


图4