



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109019341 B

(45)授权公告日 2020.07.28

(21)申请号 201810921731.8

B66C 23/84(2006.01)

(22)申请日 2018.08.14

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 102780449 A, 2012.11.14, 全文.

申请公布号 CN 109019341 A

审查员 孙一旻

(43)申请公布日 2018.12.18

(73)专利权人 苏州汇川技术有限公司

地址 215000 江苏省苏州市吴中区吴中经济开发区旺山工业园友翔路北侧

(72)发明人 邱志红

(74)专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理

有限公司 44217

代理人 陆军 张蓉

(51)Int.Cl.

B66C 13/22(2006.01)

B66C 13/30(2006.01)

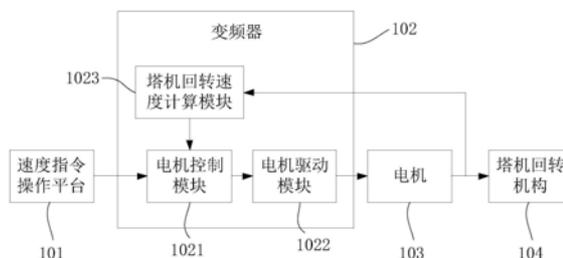
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

塔式起重机回转控制系统以及方法

(57)摘要

本发明公开了一种塔式起重机回转控制系统以及方法,系统包括:电机,用于驱动塔式起重机中的塔机回转机构运行;变频器,用于驱动所述电机运行,并根据电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度,以及根据输入的给定速度和所述塔机回转速度,调整所述电机运行速度,以使所述塔机回转速度达到所述给定速度。本发明控制平稳,效率高,不需要涡流制动器辅助调速,成本低;而且由于只有普通变频器及电机,器件少,故障点少。



1. 一种塔式起重机回转控制系统,其特征在于,包括:

电机,用于驱动塔式起重机中的塔机回转机构运行;

变频器,用于驱动所述电机运行,并根据电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度,以及根据输入的给定速度和所述塔机回转速度,调整所述电机运行速度,以使所述塔机回转速度达到所述给定速度。

2. 根据权利要求1所述的塔式起重机回转控制系统,其特征在于,所述预设的估算模型为:

$$\omega_d = \frac{\frac{r_1}{r_2 K_1}}{1 + J_d \frac{r_1}{r_2} s^2} \omega_m$$

其中, r_2 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的大齿轮的半径, r_1 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的小齿轮的半径, K_1 为所述塔机回转机构中的减速机的减速比, J_d 为大臂惯量, ω_d 为所述塔机回转速度, ω_m 为所述电机运行速度, s 代表微分。

3. 根据权利要求1所述的塔式起重机回转控制系统,其特征在于,所述变频器包括:

塔机回转速度计算模块,用于根据所述电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度;

电机控制模块,用于从塔机回转速度计算模块获取所述塔机回转速度,并根据所述塔机回转速度和所述给定速度生成电机速度指令,以使所述塔机回转速度达到所述给定速度;

电机驱动模块,用于根据所述电机速度指令生成对应的输出频率、电压控制信号以驱动所述电机运行。

4. 根据权利要求3所述的塔式起重机回转控制系统,其特征在于,所述电机控制模块包括电机控制模型,所述电机控制模型的反馈为所述塔机回转速度,所述电机控制模型的输入为所述给定速度,所述电机控制模型的输出为所述电机速度指令。

5. 根据权利要求1所述的塔式起重机回转控制系统,其特征在于,还包括:

速度指令操作平台,用于根据用户的操作,生成对应的所述给定速度下发给所述变频器。

6. 根据权利要求1所述的塔式起重机回转控制系统,其特征在于,所述塔机回转机构包括减速机和塔机大臂驱动齿轮,所述变频器的输出连接所述电机的输入,所述减速机由所述电机的转轴带动运行,所述塔机大臂驱动齿轮由所述减速机带动转动。

7. 根据权利要求1所述的塔式起重机回转控制系统,其特征在于,所述电机为异步电机。

8. 一种塔式起重机回转控制方法,所述塔式起重机的塔机回转机构由电机驱动运行,且所述电机由变频器驱动转动;其特征在于,所述方法包括:

根据电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度;

根据输入的给定速度和所述塔机回转速度,调整所述电机运行速度,以使所述塔机回转速度达到所述给定速度。

9. 根据权利要求8所述的塔式起重机回转控制方法,其特征在于,所述预设的估算模型

为：

$$\omega_d = \frac{\frac{r_1}{r_2 K_1}}{1 + J_d \frac{r_1}{r_2} s^2} \omega_m$$

其中， r_2 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的大齿轮的半径， r_1 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的小齿轮的半径， K_1 为所述塔机回转机构中的减速机的减速比， J_d 为大臂惯量， ω_d 为所述塔机回转速度， ω_m 为所述电机运行速度， s 代表微分。

10. 根据权利要求8所述的塔式起重机回转控制方法，其特征在于，所述的根据输入的给定速度和所述塔机回转速度，调整所述电机运行速度，包括：

根据所述塔机回转速度和所述给定速度生成电机速度指令，以使所述塔机回转速度达到所述给定速度；

根据所述电机速度指令生成对应的输出频率、电压控制信号以驱动所述电机运行。

塔式起重机回转控制系统以及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机械控制领域,尤其涉及一种塔式起重机回转控制系统以及方法。

背景技术

[0002] 塔式起重机的回转机构由于塔臂的大惯量、塔身的扭曲形变以及驱动机构的大减速比,一直以来是塔机控制的难点。回转机构用于带动重物进行旋转运动,如果控制不好,会导致所吊重物的摇晃,轻则影响工作效率,重则会产生安全事故。

[0003] 目前塔式起重机的回转控制方案主要有以下三种:第一种方案是,RVC控制器驱动力矩运行,同时通过涡流控制器进行辅助调速;第二种方案是,通过切电阻的方式控制绕线电机,同时通过液力耦合器进行辅助调速;第三种方案是,通过普通变频器驱动普通异步电机,同时通过涡流控制器进行辅助调速。

[0004] 上述第一种方案需要采用力矩电机,同时需要配备涡流制动器,驱动力矩电机采用RVC控制器,驱动涡流制动器采用涡流驱动器,该方案力矩电机成本较高(一般力矩电机价格是普通电机的1.5~2倍),同时力矩电机由于需要独立风道散热,导致防护等级不够,经常出现绝缘受损,电机发热严重等情况,不宜应用于沿海等场合。而且由于额外需要RVC控制器、涡流制动器、涡流控制模块,导致故障点非常多,成本很高。

[0005] 上述第二种方案电气比较简单,但是该方案抗风性能差,同时液力耦合器经常出现漏油等情况,目前该方案基本已经被市场淘汰。

[0006] 上述第三种方案采用变频器驱动技术,可以实现无级调速,但是由于普通异步电机的特性比较硬,加之普通变频器没有考虑到塔机回转机构本身的特性,导致实际控制效果不好,回转机构经常出现走走停停、对位不稳、停机大臂回弹等问题,虽然通过涡流制动器可以改善部分问题,但是在抗风性能,控制的稳定性上面,还达不到理想效果。

发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述控制不稳、成本较高的缺陷,提供一种塔式起重机回转控制系统以及方法。

[0008] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种塔式起重机回转控制系统,包括:

[0009] 电机,用于驱动塔式起重机中的塔机回转机构运行;

[0010] 变频器,用于驱动所述电机运行,并根据电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度,以及根据输入的给定速度和所述塔机回转速度,调整所述电机运行速度,以使所述塔机回转速度达到所述给定速度。

[0011] 可选的,所述预设的估算模型为:

$$[0012] \quad \omega_d = \frac{\frac{r_1}{r_2 K_1}}{1 + J_d \frac{r_1}{r_2} s^2} \omega_m$$

[0013] 其中, r_2 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的大齿轮的半径, r_1 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的小齿轮的半径, K_1 为所述塔机回转机构中的减速机的减速比, J_d 为大臂惯量, ω_d 为所述塔机回转速度, ω_m 为所述电机运行速度, s 代表微分。

[0014] 可选的, 所述变频器包括:

[0015] 塔机回转速度计算模块, 用于根据所述电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度;

[0016] 电机控制模块, 用于从塔机回转速度计算模块获取所述塔机回转速度, 并根据所述塔机回转速度和所述给定速度生成电机速度指令, 以使所述塔机回转速度达到所述给定速度;

[0017] 电机驱动模块, 用于根据所述电机速度指令生成对应的输出频率、电压控制信号以驱动所述电机运行。

[0018] 可选的, 所述电机控制模块包括电机控制模型, 所述电机控制模型的反馈为所述塔机回转速度, 所述电机控制模型的输入为所述给定速度, 所述电机控制模型的输出为所述电机速度指令。

[0019] 可选的, 还包括:

[0020] 速度指令操作平台, 用于根据用户的操作, 生成对应的所述给定速度下发给所述变频器。

[0021] 可选的, 所述塔机回转机构包括减速机和塔机大臂驱动齿轮, 所述变频器的输出连接所述电机的输入, 所述减速机由所述电机的转轴带动运行, 所述塔机大臂驱动齿轮由所述减速机带动转动。

[0022] 可选的, 所述电机为异步电机。

[0023] 本发明还要求保护一种塔式起重机回转控制方法, 所述塔式起重机的塔机回转机构由电机驱动运行, 且所述电机由变频器驱动转动; 所述方法包括:

[0024] 根据电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度;

[0025] 根据输入的给定速度和所述塔机回转速度, 调整所述电机运行速度, 以使所述塔机回转速度达到所述给定速度。

[0026] 可选的, 所述预设的估算模型为:

$$[0027] \quad \omega_d = \frac{r_1}{r_2 K_1} \frac{\omega_m}{1 + J_d \frac{r_1}{r_2} s^2}$$

[0028] 其中, r_2 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的大齿轮的半径, r_1 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的小齿轮的半径, K_1 为所述塔机回转机构中的减速机的减速比, J_d 为大臂惯量, ω_d 为所述塔机回转速度, ω_m 为所述电机运行速度, s 代表微分。

[0029] 可选的, 所述的根据输入的给定速度和所述塔机回转速度, 调整所述电机运行速度, 包括:

[0030] 根据所述塔机回转速度和所述给定速度生成电机速度指令, 以使所述塔机回转速度达到所述给定速度;

[0031] 根据所述电机速度指令生成对应的输出频率、电压控制信号以驱动所述电机运

行。

[0032] 本发明的塔式起重机回转控制系统以及方法,具有以下有益效果:本发明的变频器为普通变频器,变频器自身可计算所述塔机回转机构的塔机回转速度,并将所述塔机回转速度作为速度反馈值,根据给定速度和速度反馈值驱动所述电机运行,本发明控制平稳,效率高,不需要涡流制动器辅助调速,成本低;而且由于只有普通变频器及电机,器件少,故障点少;进一步地,电机可以采用普通异步电机,防护等级高,可应用各种环境下。

附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例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,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,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,还可以根据提供的附图获得其他的附图:

[0034] 图1是本发明塔式起重机回转控制系统的结构示意图;

[0035] 图2是塔机回转机构的等效图;

[0036] 图3是利用变频器驱动电机运行的方法流程图。

具体实施方式

[0037] 为了便于理解本发明,下面将参照相关附图对本发明进行更全面的描述。附图中给出了本发明的典型实施例。但是,本发明可以以许多不同的形式来实现,并不限于本文所描述的实施例。相反地,提供这些实施例的目的是使对本发明的公开内容更加透彻全面。

[0038] 需要说明的是,词语“相连”或“连接”,不仅仅包括将两个实体直接相连,也包括通过具有有益改善效果的其他实体间接相连。

[0039] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的,不是旨在于限制本发明。

[0040] 本发明总的思路是:利用变频器驱动电机,电机驱动塔机回转机构,由于变频器的控制对象是电机,所以一般是以电机运行速度作为速度反馈值,以速度反馈值达到给定速度给目标进行反馈控制。而本发明的给定速度是代表的塔机回转机构要达到的速度,为此,本发明根据电机运行速度(电机旋转角速度)和预设的估算模型计算所述塔机回转机构的塔机回转速度,将速度反馈值调整为所述塔机回转速度,如此相当于将变频器的控制对象从电机改为塔机回转机构,所以本发明可以利用普通的变频器和电机,来驱动塔机回转机构运行达到给定速度。

[0041] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合说明书附图以及具体的实施方式对上述技术方案进行详细的说明,应当理解本发明实施例以及实施例中的具体特征是对本申请技术方案的详细的说明,而不是对本申请技术方案的限定,在不冲突的情况下,本发明实施例以及实施例中的技术特征可以相互组合。

[0042] 实施例一

[0043] 本实施例公开了一种塔式起重机回转控制系统,用于驱动塔机回转机构104运行,塔机回转机构104包括减速机和塔机大臂驱动齿轮。本实施例的回转控制系统包括速度指

令操作平台101、变频器102、电机103。其中,所述速度指令操作平台101的输出连接变频器102的输入,变频器102的输出连接所述电机103的输入,所述减速机由所述电机103的转轴带动运行,所述塔机大臂驱动齿轮由所述减速机带动转动。其中:

[0044] 速度指令操作平台101,用于根据用户的操作,生成对应的所述给定速度下发给所述变频器102。

[0045] 变频器102,用于驱动所述电机运行,并根据电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度,以及根据输入的给定速度和所述塔机回转速度,调整所述电机运行速度,以使所述塔机回转速度达到所述给定速度。比如,给定速度为100r/s,则意味着通过变频器102的控制后,最终会使得塔机回转速度(也即速度反馈值)为100r/s,而最终的电机运行速度有可能是110r/s。

[0046] 其中,所述电机运行速度可以根据电机电流等状态参数计算得到,此为技术领域已有技术,此处不再赘述。当然所述电机运行速度也可以编码器直接采集反馈的,对此并不做限制。

[0047] 电机103,用于驱动塔机回转机构104运行。

[0048] 具体的,所述塔机回转速度估算模型为:

$$[0049] \quad \omega_d = \frac{\frac{r_1}{r_2 K_1}}{1 + J_d \frac{r_1}{r_2} s^2} \omega_m \quad (1)$$

[0050] 其中, r_2 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的大齿轮的半径, r_1 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的小齿轮的半径, K_1 为所述塔机回转机构中的减速机的减速比, J_d 为大臂惯量, ω_d 为所述塔机回转速度, ω_m 为所述电机运行速度, s 代表微分。

[0051] 该塔机回转速度估算模型的具体推导过程如下:

[0052] 参考图2,100代表塔机大臂,200代表塔身,300代表塔机大臂驱动齿轮中的小齿轮。高速轴电机满足如下计算式:

$$[0053] \quad \begin{cases} T_m - T_{mf} = J_m \frac{d\omega_m}{dt} \\ T_{mf} = \frac{T_1}{K_1} \end{cases} \quad (2)$$

[0054] 其中, T_m 为电机输出的电磁力矩, T_{mf} 为受到的传动阻力, J_m 为电机轴惯量, ω_m 为电机运行速度, K_1 为所述塔机回转机构中的减速机的减速比。

[0055] 电机的低速轴满足如下计算式:

$$[0056] \quad \begin{cases} T_1 \approx T_t \\ \omega_1 = \frac{\omega_m}{K_1} \end{cases} \quad (3)$$

[0057] 其中, T_1 为小齿轮的驱动力矩, T_t 为塔身的弹性力矩, ω_1 为经过减速比后的电机运行速度。

[0058] 塔身满足如下计算式:

$$[0059] \quad \begin{cases} T_t = K_t \varphi_2 \\ \varphi_2 = \int_0^t \left(\frac{r_1}{r_2} \omega_1 - \omega_d \right) dt \end{cases} \quad (4)$$

[0060] 其中, T_t 为塔身的弹性转矩, K_t 为塔身抗扭曲刚度, φ_2 为塔身形变角度, r_2 、 r_1 为塔机大臂驱动齿轮中的大、小齿轮的半径。

[0061] 塔机大臂满足如下计算式:

$$[0062] \quad \begin{cases} T_d = J_d \frac{d\omega_d}{dt} \\ T_d = T_t \frac{r_2}{r_1} \end{cases} \quad (5)$$

[0063] 其中, T_d 为大齿轮的驱动力矩, J_d 为大臂惯量, ω_d 为大臂旋转角速度, 也即本发明所提到的塔机回转速度。

[0064] 综合以上计算式 (2) - (5), 可推导获得关于 ω_d 和 ω_m 的计算式 (1)。

[0065] 更进一步的, 继续参考图1, 本实施例的变频器102包括:

[0066] 塔机回转速度计算模块1023, 用于根据所述电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度;

[0067] 电机控制模块1021, 用于从塔机回转速度计算模块1023获取所述塔机回转速度, 并根据所述塔机回转速度和所述给定速度生成电机速度指令, 以使所述塔机回转速度达到所述给定速度。

[0068] 电机驱动模块1022, 用于根据所述电机速度指令生成对应的输出频率、电压控制信号以驱动所述电机运行。

[0069] 具体的, 所述电机控制模块1021包括电机控制模型, 所述电机控制模型的反馈为所述塔机回转速度, 所述电机控制模型的输入为所述给定速度, 所述电机控制模型的输出为所述电机速度指令。可以理解的是, 电机控制模型为普通变频器中已有的任何电机控制模型, 并不做限制。本实施例中, 所述电机控制模型为PID控制模型。

[0070] 优选的, 所述电机可以普通异步电机, 防护等级高, 可应用各种环境下。

[0071] 需要指出的是, 上文对各种模块的描述中, 分割成这些模块, 是为了说明清楚。然而, 在实际实施中, 各种模块的界限可以是模糊的。例如, 本文中的任意或所有功能性模块可以共享各种硬件和/或软件元件。比如塔机回转速度计算模块1023、电机控制模块1021可以共同集成在一个PID控制器中, 又例如, 本文中的任何和/或所有功能模块可以由共有的处理器执行软件指令来全部或部分实施。另外, 由一个或多个处理器执行的各种软件子模块可以在各种软件模块间共享。相应地, 除非明确要求, 本发明的范围不受各种硬件和/或软件元件间强制性界限的限制。

[0072] 实施例二

[0073] 基于同一发明构思, 本实施例公开了一种塔式起重机回转控制方法, 用于驱动塔机回转机构运行。塔机回转机构包括减速机和塔机大臂驱动齿轮。本实施例的方法需要依赖变频器、电机实现。

[0074] 方法包括: 利用变频器驱动电机运行, 并通过所述电机驱动所述塔式起重机中的

塔机回转机构运行。

[0075] 优选的,所述电机可以普通异步电机,防护等级高,可应用各种环境下。

[0076] 参考图3,其中,塔式起重机的塔机回转机构由电机驱动运行,电机则由变频器驱动运行,该方法具体包括:

[0077] S201、根据所述电机运行速度和预设的估算模型确定所述塔机回转机构的塔机回转速度;

[0078] S202、根据输入的给定速度和所述塔机回转速度,生成电机速度指令,以使所述塔机回转速度达到所述给定速度;

[0079] S203、根据所述电机速度指令生成对应的输出频率、电压控制信号以驱动所述电机运行,回转至步骤S201。

[0080] 其中,输入到变频器的所述给定速度,是由速度指令操作平台下发的,速度指令操作平台可以根据用户的操作,生成对应的所述给定速度下发给所述变频器。

[0081] 更具体的,步骤S202可以利用电机控制模型实现,所述电机控制模型的反馈为所述塔机回转速度,所述电机控制模型的输入为所述给定速度,所述电机控制模型的输出为所述电机速度指令。可以理解的是,电机控制模型为普通变频器中已有的任何电机控制模型,并不做限制。本实施例中,所述电机控制模型为PID控制模型。

[0082] 其中,所述塔机回转速度估算模型为:

$$[0083] \quad \omega_d = \frac{\frac{r_1}{r_2 K_1}}{1 + J_d \frac{r_1}{r_2} s^2} \omega_m \quad (6)$$

[0084] 其中, r_2 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的大齿轮的半径, r_1 为所述塔机回转机构中的塔机大臂驱动齿轮中的小齿轮的半径, K_1 为所述塔机回转机构中的减速机的减速比, J_d 为大臂惯量, ω_d 为所述塔机回转速度, ω_m 为所述电机运行速度, s 代表微分。

[0085] 综上所述,本发明的塔式起重机回转控制系统以及方法,具有以下有益效果:本发明的变频器为普通变频器,变频器自身可计算所述塔机回转机构的塔机回转速度,并将所述塔机回转速度作为速度反馈值,根据给定速度和速度反馈值驱动所述电机运行,本发明控制平稳,效率高,不需要涡流制动器辅助调速,成本低;而且由于只有普通变频器及电机,器件少,故障点少;进一步地,电机可以采用普通异步电机,防护等级高,可应用各种环境下。

[0086] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,这些均属于本发明的保护之内。

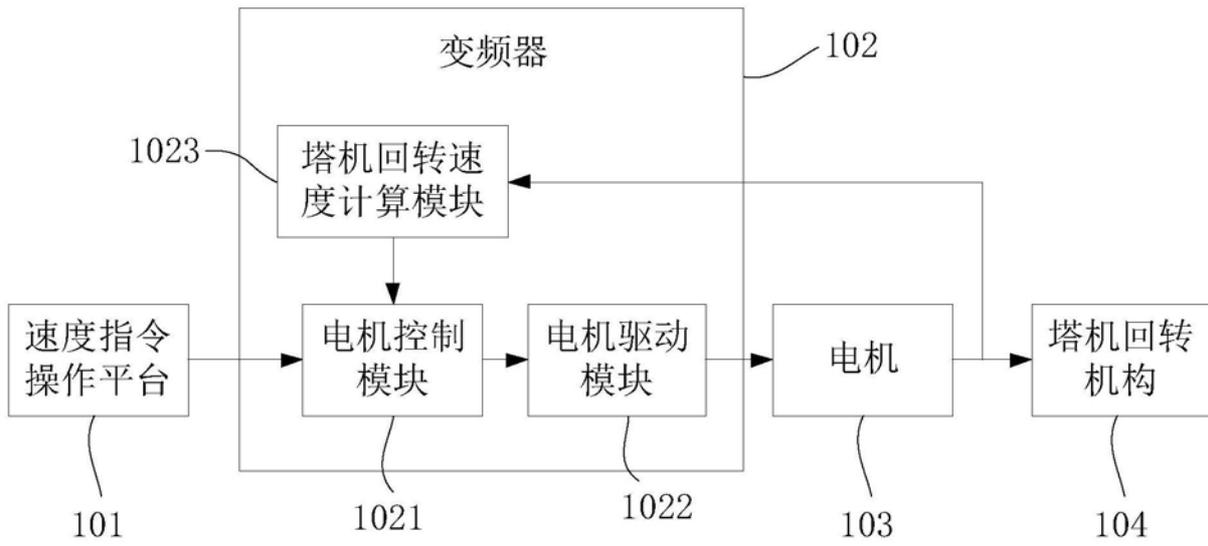


图1

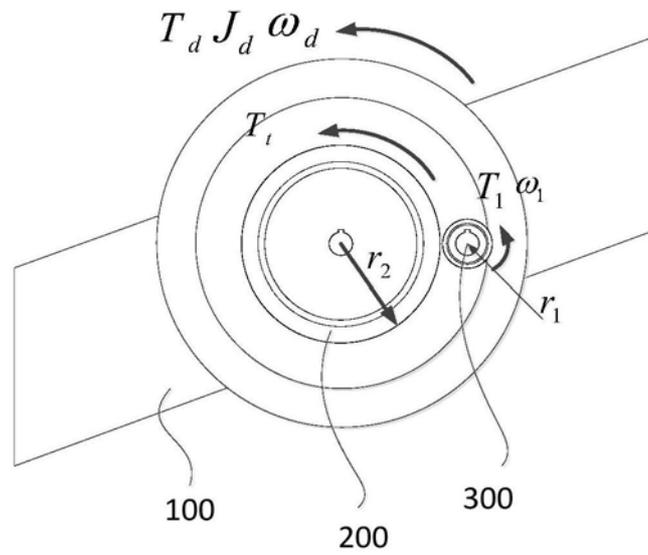


图2

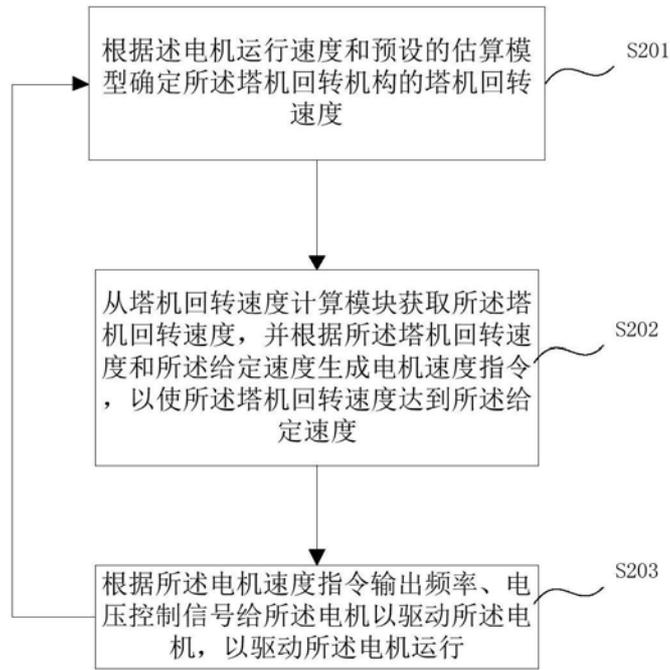


图3