



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107443381 A

(43)申请公布日 2017. 12. 08

(21)申请号 201710792078.5

(22)申请日 2017.09.05

(71)申请人 中科新松有限公司

地址 201206 上海市浦东新区金藏路351号
11幢西101室

(72)发明人 杨跃 冷正飞 李庚益 彭放
苗燕楠

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

代理人 孟金喆

(51) Int. Cl.

B25J 9/16(2006.01)

B25J 13/08(2006.01)

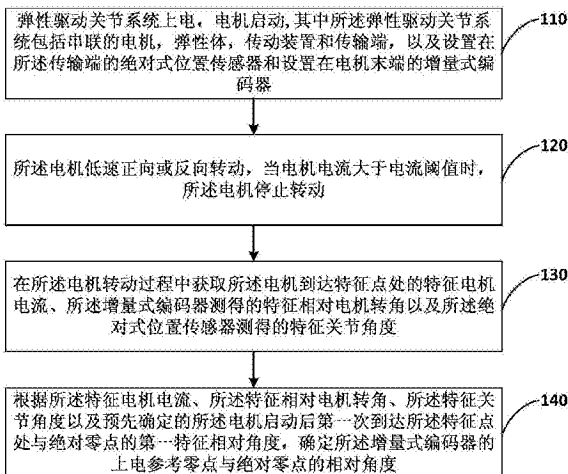
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种弹性驱动关节的力矩寻零方法

(57)摘要

本发明公开了一种弹性驱动关节的力矩寻零方法。该方法包括：弹性驱动关节系统上电，电机启动；电机低速正向或反向转动，当电机电流大于电流阈值时，电机停止转动；在电机转动过程中获取电机到达特征点处的特征电机电流、增量式编码器测得的特征相对电机转角以及绝对式位置传感器测得的特征关节角度；根据特征电机电流、特征相对电机转角、特征关节角度以及预先确定的电机启动后第一次到达所述特征点处与绝对零点的第一特征相对角度，确定增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度。本发明实现了增量式编码器的寻零，使得增量式编码器可以用于测量弹性体变形量，并且简化了SEA关节结构，降低了生产成本。



1. 一种弹性驱动关节的力矩寻零方法,其特征在于,包括:

弹性驱动关节系统上电,电机启动,其中所述弹性驱动关节系统包括串联的电机,弹性体,传动装置和传输端,以及设置在所述传输端的绝对式位置传感器和设置在电机末端的增量式编码器;

所述电机低速正向或反向转动,当电机电流大于电流阈值时,所述电机停止转动;

在所述电机转动过程中获取所述电机到达特征点处的特征电机电流、所述增量式编码器测得的特征相对电机转角以及所述绝对式位置传感器测得的特征关节角度;

根据所述特征电机电流、所述特征相对电机转角、所述特征关节角度以及预先确定的所述电机启动后第一次到达所述特征点处与绝对零点的的第一特征相对角度,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据所述特征电机电流、所述特征相对电机转角、所述特征关节角度以及预先确定的所述电机启动后第一次到达所述特征点处与绝对零点的的第一特征相对角度,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,包括:

依据所述特征电机电流确定所述电机到达所述特征点处的特征弹性体变形量的整圈数;

依据所述特征关节角度、所述第一特征相对角度和所述特征弹性体变形量的整圈数,确定所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数;

依据所述特征关节角度、所述第一特征相对角度和所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数,确定所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量;

依据所述特征关节角度、所述特征相对电机转角以及所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,依据所述特征关节角度、所述第一特征相对角度和所述特征弹性体变形量的整圈数,确定所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数,包括:

依据如下公式确定所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数:

$$r = \left[\frac{j - s}{2\pi} \right] - x$$

其中r是所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数,j是所述特征关节角度,s是所述第一特征相对角度,是所述特征弹性体变形量的整圈数。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,依据所述特征关节角度、所述第一特征相对角度和所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数,确定所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量,包括:

依据如下公式确定所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量:

$$d = j - s - 2\pi r$$

其中d是所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,依据所述特征关节角度、所述特征相对电机转角以及所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,包括:

依据如下公式确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度：

$$q = j - p - d$$

其中 q 是所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度， p 是所述特征相对电机转角。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的方法，其特征在于，确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度之后，还包括：

在所述电机转动到目标位置处，获取所述增量式编码器测得的目标相对电机转角以及所述绝对式位置传感器测得的目标关节角度；

依据所述目标相对电机转角，所述目标关节角度，所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度，确定所述目标位置处的弹性体变形量；

依据所述目标位置处的弹性体变形量，以及弹性体刚度确定所述目标位置处的关节力矩。

7. 根据权利要求1-5任一项所述的方法，其特征在于，

所述特征点是在所述电机转动过程中，所述增量式编码器产生脉冲信号处于上升沿位置处；或者，

所述特征点是在所述电机转动过程中，所述增量式编码器产生脉冲信号处于下降沿位置处。

8. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，若所述绝对零点为所述电机启动后第一次到达的所述特征点，则所述第一特征相对角度取值为零。

一种弹性驱动关节的力矩寻零方法

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及关节驱动技术,尤其涉及一种弹性驱动关节的力矩寻零方法。

背景技术

[0002] 关节仿生驱动技术已经成为机器人领域中的一个重要研究方向,而作为一种具有柔性驱动和仿生驱动能力的力输出驱动装置,串联弹性驱动器(Series Elastic Actuator,SEA)在机器人领域中被广泛应用。

[0003] 当SEA关节需要同时具有力矩反馈和双闭环布置时,一般需要三个位置传感器:一个增量式编码器用于测量电机速度,两个绝对式位置传感器分别用于测量关节转角和弹性体变形量。

[0004] 有些情况下,可以用一个绝对式位置传感器代替增量式编码器,从而省去了一个增量式编码器,使得仅利用两个绝对式位置传感器就能够实现力矩测量和双闭环布置的目的。但是,当电机转速高时,由于绝对式位置传感器的最高转动速度相对较小,所以绝对式位置传感器无法满足高速度需求。而且绝对式位置传感器的价格要比增量式编码器的高,从而也增加了生产成本。

发明内容

[0005] 本发明提供一种弹性驱动关节的力矩寻零方法。以实现双闭环布置和力矩测量的目的,使得SEA关节的结构简单化,降低生产成本。

[0006] 本发明实施例提出了一种弹性驱动关节的力矩寻零方法,包括:

[0007] 弹性驱动关节系统上电,电机启动,其中所述弹性驱动关节系统包括串联的电机,弹性体,传动装置和传输端,以及设置在所述传输端的绝对式位置传感器和设置在所述电机末端的增量式编码器;

[0008] 所述电机低速正向或反向转动,当电机电流大于电流阈值时,所述电机停止转动;

[0009] 在所述电机转动过程中获取所述电机到达特征点处的特征电机电流、所述增量式编码器测得的特征相对电机转角以及所述绝对式位置传感器测得的特征关节角度;

[0010] 根据所述特征电机电流、所述特征相对电机转角、所述特征关节角度以及预先确定的所述电机启动后第一次到达所述特征点处与绝对零点的的第一特征相对角度,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度。

[0011] 进一步的,根据所述特征电机电流、所述特征相对电机转角、所述特征关节角度以及预先确定的所述电机启动后第一次到达所述特征点处与绝对零点的的第一特征相对角度,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,包括:

[0012] 依据所述特征电机电流确定所述电机到达所述特征点处的特征弹性体变形量的整圈数;

[0013] 依据所述特征关节角度、所述第一特征相对角度和所述特征弹性体变形量的整圈数,确定所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数;

[0014] 依据所述特征关节角度、所述第一特征相对角度和所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数,确定所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量;

[0015] 依据所述特征关节角度、所述特征相对电机转角以及所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度。

[0016] 进一步的,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度之后,还包括:

[0017] 在所述电机转动到目标位置处,获取所述增量式编码器测得的目标相对电机转角以及所述绝对式位置传感器测得的目标关节角度;

[0018] 依据所述目标相对电机转角,所述目标关节角度,所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,确定所述目标位置处的弹性体变形量;

[0019] 依据所述目标位置处的弹性体变形量,以及弹性体刚度确定所述目标位置处的关节力矩。

[0020] 本发明实施例通过标定电机启动后第一次到达的特征点与绝对零点的所述第一特征相对角度,计算出了特征点处的弹性体变形量,从而确定了增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,实现了增量式编码器的寻零,使得增量式编码器可以用于测量弹性体变形量,从而实现了仅利用一个绝对式位置传感器和一个增量式编码器就能够使得SEA关节同时具有力矩反馈和双闭环布置的效果,并且简化了SEA关节的结构,以及降低了生产成本。

附图说明

[0021] 图1是本发明实施例一中的一种弹性驱动关节的力矩寻零方法的流程图。

[0022] 图2是本发明实施例二中的一种弹性驱动关节的力矩寻零方法用于测量关节力矩的流程图。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对本发明的限定。另外还需要说明的是,为了便于描述,附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0024] 实施例一

[0025] 图1为本发明实施例一提供的一种弹性驱动关节的力矩寻零方法的流程图,本实施例可适用于测量关节力矩的情况,该方法可以由SEA关节来执行,具体包括如下步骤:

[0026] 步骤110、弹性驱动关节系统上电,电机启动,其中所述弹性驱动关节系统包括串联的电机,弹性体,传动装置和传输端,以及设置在所述传输端的绝对式位置传感器和设置在电机末端的增量式编码器;

[0027] 其中,弹性驱动关节系统可以是直线型或旋转型,旋转型的弹性驱动关节系统也可以是圆盘式、圆筒式等;电机是弹性驱动关节系统的驱动源,并且电机可以在任意位置处启动;弹性体可以是利用旋转传递能量的扭簧,也可以是利用压缩或拉伸传递能量的弹簧等;绝对式位置传感器可以是直线位移传感器、绝对式编码器等;对于绝对式位置传感器设置在传输端和增量式编码器设置在电机末端,这种传感器的布置构成了一个双闭环布置。

[0028] 步骤120、所述电机低速正向或反向转动,当电机电流大于电流阈值时,所述电机停止转动;

[0029] 其中,电流阈值是指弹性体变形量超过一圈时或者达到最大变形量的一半时对应的电流值。

[0030] 步骤130、在所述电机转动过程中获取所述电机到达特征点处的特征电机电流、所述增量式编码器测得的特征相对电机转角以及所述绝对式位置传感器测得的特征关节角度;

[0031] 其中,电机每转动一圈,增量式编码器产生一个脉冲信号,并且脉冲信号的上升沿或者下降沿均在相同位置处产生。所以,特征点是在电机转动过程中,增量式编码器产生脉冲信号处于上升沿位置处;或者特征点是在电机转动过程中,增量式编码器产生脉冲信号处于下降沿位置处。若绝对式位置传感器测得的特征关节角度是低速端的特征关节角度,增量式编码器测得的特征相对电机转角是高速端的特征相对电机转角,则需要根据传动装置的传动比换算成相同一端的特征关节角度和特征相对电机转角。

[0032] 步骤140、根据所述特征电机电流、所述特征相对电机转角、所述特征关节角度以及预先确定的所述电机启动后第一次到达所述特征点处与绝对零点的第一特征相对角度,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度;

[0033] 进一步的,步骤140包括:

[0034] 依据所述特征电机电流确定所述电机到达所述特征点处的特征弹性体变形量的整圈数;

[0035] 具体的,电机电流与弹性体变形量近似正相关,依据特征电机电流判断出特征弹性体变形量的整圈数对本领域的技术人员来说不存在技术障碍。

[0036] 依据所述特征关节角度、所述第一特征相对角度和所述特征弹性体变形量的整圈数,确定所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数;

[0037] 具体的,依据如下公式确定所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数:

$$[0038] \quad r = \left[\frac{j - s}{2\pi} \right] - x$$

[0039] 其中r是所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数,j是所述特征关节角度,s是所述第一特征相对角度,x是所述特征弹性体变形量的整圈数;

[0040] 依据所述特征关节角度、所述第一特征相对角度和所述电机到达所述特征点处的电机转动圈数,确定所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量;

[0041] 具体的,依据如下公式确定所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量:

$$[0042] \quad d = j - s - 2\pi r$$

[0043] 其中d是所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量。

[0044] 需要注意的是,电机启动后第一次到达的特征点与绝对零点的第一特征相对角度s可以人为标定为任意固定值,但为了便于计算,可以将电机启动后第一次到达的特征点视为绝对零点,即第一特征相对角度取值为零。

[0045] 依据所述特征关节角度、所述特征相对电机转角以及所述电机到达所述特征点处的弹性体变形量,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度;

[0046] 具体的,依据如下公式确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对

角度：

$$[0047] \quad q = j - p - d$$

[0048] 其中 q 是所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度, p 是所述特征相对电机转角。

[0049] 步骤140的计算原理如下：

[0050] 在弹性驱动关节系统中,电机到达特征点处的特征关节角度 j 等于特征点处的电机转角 m 和特征点处的弹性体变形量 d 之和,即 $j = m + d$;

[0051] 特征点处的电机转角 m 可以利用增量式编码器测得的特征相对电机转角 p 和增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度 q 表示,即: $m = p + q$;还可以利用电机启动后第一次到达的所述特征点与绝对零点的第一特征相对角度 s 和所述特征点处的电机转动圈数 r 表示,即: $m = s + 2\pi r$,且 r 是整数;

[0052] 特征点处的弹性体变形量 d 可以利用特征点处的特征弹性体变形量的整圈数 x 和变化不到整圈的角度 y 表示,即: $d = y + 2\pi x$;

[0053] 将 $m = s + 2\pi r$ 和 $d = y + 2\pi x$ 代入到 $j = m + d$ 中可以得到: $j = s + y + 2\pi(r + x)$,由于无法判断 $s + y$ 是否为小于一圈的角度,所以 j 应当首先减去 s ,然后再除以 2π ,从而保证 $j - s$ 除以 2π 的整数部分为 $r + x$,所以 r 等于 j 减去 s 后除以 2π 取整后再减去 x ,即 $r = \left[\frac{j - s}{2\pi} \right] - x$;

[0054] 将 $m = s + 2\pi r$ 代入到 $j = m + d$ 中可以得到: $j = s + 2\pi r + d$,由于 j 、 s 、 r 都是已知量,所以可以利用 $d = j - s - 2\pi r$ 计算得到 d ;

[0055] 将 $m = p + q$ 代入到 $j = m + d$ 中可以得到: $j = p + q + d$,由于 j 、 p 、 d 都是已知量,所以可以利用 $q = j - p - d$ 计算得到 q 。

[0056] 本实施例的技术方案,通过标定电机启动后第一次到达的特征点与绝对零点的第一特征相对角度,计算出了特征点处的弹性体变形量,从而确定了增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,实现了增量式编码器的寻零,使得增量式编码器可以用于测量弹性体变形量,从而实现了仅利用一个绝对式位置传感器和一个增量式编码器就能够使得SEA关节同时具有力矩反馈和双闭环布置的效果并且简化了SEA关节的结构,以及降低了生产成本。

[0057] 实施例二

[0058] 图2为本发明实施例二提供了一种弹性驱动关节的力矩寻零方法用于测量关节力矩的流程图。本实施例在上述各实施例的基础上进行优化,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度之后,还包括,在所述电机转动到目标位置处,获取所述增量式编码器测得的目标相对电机转角以及所述绝对式位置传感器测得的目标关节角度;依据所述目标相对电机转角,所述目标关节角度,所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,确定所述目标位置处的弹性体变形量;依据所述目标位置处的弹性体变形量以及弹性体刚度确定所述目标位置处的关节力矩。

[0059] 优化后,一种弹性驱动关节的力矩寻零方法用于测量关节力矩的具体步骤如下:

[0060] 步骤210、弹性驱动关节系统上电,电机启动,其中所述弹性驱动关节系统包括串联的电机,弹性体,传动装置和传输端,以及设置在所述传输端的绝对式位置传感器和设置在所述电机末端的增量式编码器;

[0061] 步骤220、所述电机低速正向或反向转动,当电机电流大于电流阈值时,所述电机停止转动;

[0062] 步骤230、在所述电机转动过程中获取所述电机到达特征点处的特征电机电流、所述增量式编码器测得的特征相对电机转角以及所述绝对式位置传感器测得的特征关节角度;

[0063] 步骤240、根据所述特征电机电流、所述特征相对电机转角、所述特征关节角度以及预先确定的所述电机启动后第一次到达所述特征点处与绝对零点的的第一特征相对角度,确定所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度。

[0064] 步骤250、在所述电机转动到目标位置处,获取所述增量式编码器测得的目标相对电机转角以及所述绝对式位置传感器测得的目标关节角度;

[0065] 其中,所述目标位置可以为电机在转动过程中的任意位置,只要在不断电的情况下,电机可以从任意起始位置转动到目标位置处。

[0066] 步骤260、依据所述目标相对电机转角,所述目标关节角度,所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,确定所述目标位置处的弹性体变形量;

[0067] 具体的,依据如下公式确定目标位置处的弹性体变形量:

$$[0068] \quad d_m = j_m - p_m - q$$

[0069] 其中 d_m 是目标位置处的弹性体变形量, j_m 是目标关节角度, p_m 是目标相对电机转角, q 是所述增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度。

[0070] 步骤270、依据所述目标位置处的弹性体变形量,以及弹性体刚度确定所述目标位置处的关节力矩;

[0071] 具体的,依据如下公式确定目标位置处的关节力矩:

$$[0072] \quad t = d_m \times k$$

[0073] 其中 t 是目标位置处的关节力矩, k 是弹性体刚度。

[0074] 需要注意的是,在确定增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度之后,必须在不断电的情况下,继续获取电机转动到目标位置处的目标相对电机转角和目标关节角度,以保证增量式编码器的上电参考零点不变,从而使得增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度不变;若是在获取目标相对电机转角和目标关节角度的过程中发生了断电,则需要再次上电后重新确定增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,然后再利用重新确定的增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度来计算目标位置处的弹性体变形量,从而得到目标位置处的关节力矩。

[0075] 本实施例的技术方案,通过测量增量式编码器的上电参考零点与绝对零点的相对角度,从而得到了弹性体变形量以及关节力矩,解决了测量关节力矩还需要额外增加一个绝对式位置传感器的问题,实现了仅利用一个绝对式位置传感器和一个增量式编码器就能够使得SEA关节同时具有力矩反馈和双闭环布置的效果,并且简化了SEA关节的结构,以及降低了生产成本。

[0076] 注意,上述仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解,本发明不限于这里所述的特定实施例,对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此,虽然通过以上实施例对本发明进行了较为详细的说明,但是本发明不仅仅限于以上实施例,在不脱离本发明构思的情况下,还

可以包括更多其他等效实施例,而本发明的范围由所附的权利要求范围决定。

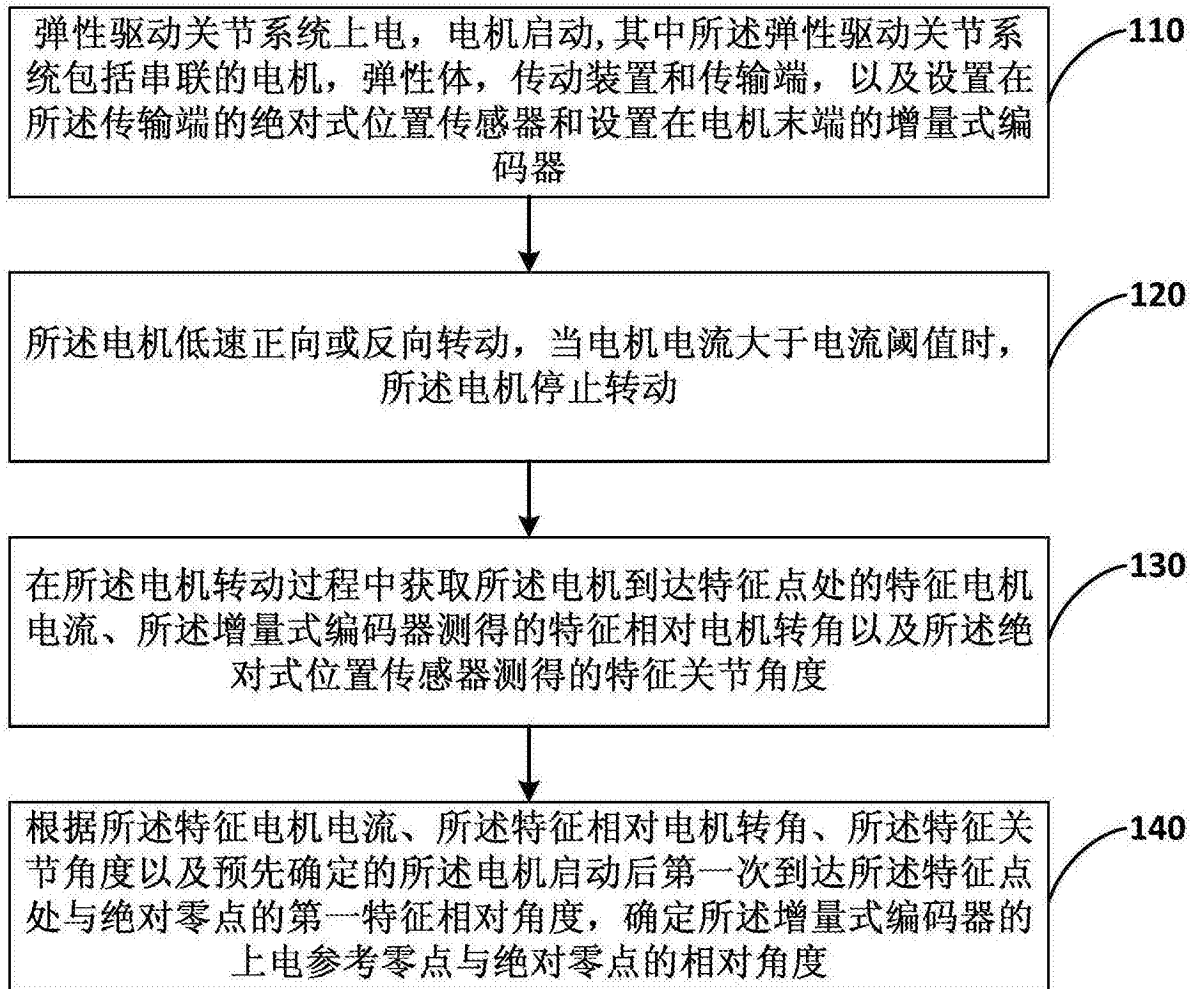


图1

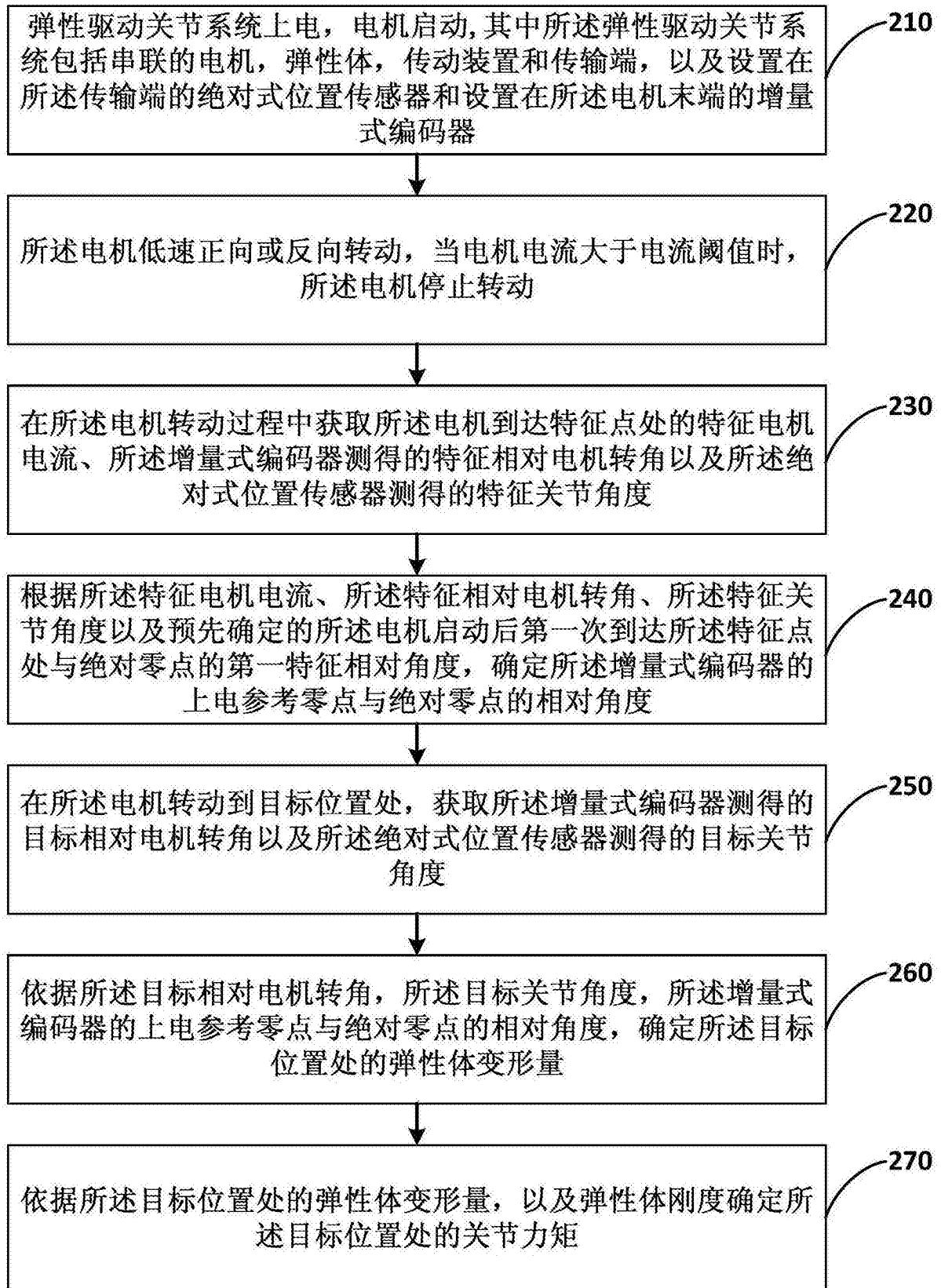


图2