



(10) 授权公告号 CN 117190847 B

(45) 授权公告日 2025. 01. 28

(21) 申请号 202311178067.X

(22) 申请日 2023.09.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117190847 A

(43) 申请公布日 2023.12.08

(73) 专利权人 郑州恺德尔科技发展有限公司

地址 450000 河南省郑州市高新技术产业

开发区西三环289号大学科技园(东

区)9号楼8层37号

专利权人 河南恺立智能装备有限公司

(72) 发明人 张运良 武欢欢 冯旭辉 席军辉

(74) 专利代理机构 深圳海豚知识产权代理事务

所(普通合伙) 44952

专利代理师 何智超

(51) Int.Cl.

G01B 7/30 (2006.01)

G01R 31/34 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 110686587 A, 2020.01.14

审查员 许静

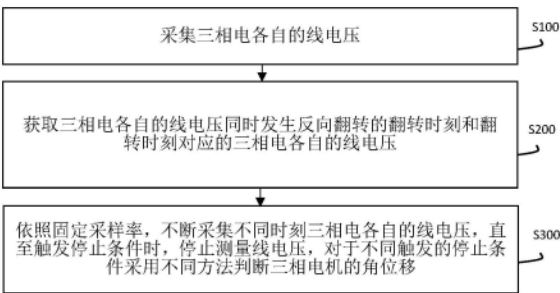
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种测量三相电机停车制动角位移的方法

(57) 摘要

本发明涉及角位移测量技术领域,具体涉及一种测量三相电机停车制动角位移的方法。该方法首先采集三相电各自的线电压;获取三相电各自的线电压同时发生反向翻转的翻转时刻和翻转时刻对应的三相电各自的线电压;依照固定采样率,不断采集不同时刻三相电各自的线电压,直至触发停止条件时,停止测量线电压,对于不同触发的停止条件采用不同方法判断三相电机的角位移。本发明提高了关于事件沿的捕获和相应物理量本身的测量的精度。



1. 一种测量三相电机停车制动角位移的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

采集三相电各自的线电压;

获取三相电各自的线电压同时发生反向翻转的翻转时刻和翻转时刻对应的三相电各自的线电压;

依照固定采样率,不断采集不同时刻三相电各自的线电压,直至触发停止条件时,停止测量线电压,对于不同触发的停止条件采用不同方法判断三相电机的角位移;

其中,当触发的停止条件为三相电的所有线电压均小于预设电压阈值时,根据开始采集时和最后采集时的相邻时刻的三相电各自的线电压矢量和的幅角,确定从制动到停车的角位移;

其中,根据开始采集时和最后采集时的相邻时刻的三相电各自的线电压矢量和的幅角,确定从制动到停车的角位移,包括:

获取最后三次采集得到的三组线电压中两两相邻的三相电各自的线电压的差值组;获取最开始采集时的前三次采集得到的三组线电压中两两相邻的三相电各自的线电压的差值组;计算最开始采集时的前三次采集对应的差值组内线电压的电压和矢量,并计算电压和矢量对应的幅角;计算最后三次采集对应的差值组内线电压的电压和矢量,并计算该电压和矢量对应的幅角;根据电压和矢量对应的幅角确定三相电机的角位移。

2. 根据权利要求1所述的一种测量三相电机停车制动角位移的方法,其特征在于,所述触发停止条件,包括:

当最后采集时刻与最初采集时刻的差值大于预设时间阈值时,则停止测量线电压;

当三相电各自的线电压在此发生相位反转时,则停止测量线电压;

当三相电所有的线电压均小于预设电压阈值时,则停止测量线电压。

3. 根据权利要求2所述的一种测量三相电机停车制动角位移的方法,其特征在于,所述对于不同触发的停止条件采用不同方法判断三相电机的角位移,包括:

当最后采集时刻与最初采集时刻的差值大于预设时间阈值时,判定三相电机的角位移为无穷大;

当三相电各自的线电压在此发生相位反转时,输出故障提示;

当三相电所有的线电压均小于预设电压阈值时,根据开始采集时和最后采集时的相邻时刻的三相电各自的线电压矢量和的幅角,确定角位移。

4. 根据权利要求1所述的一种测量三相电机停车制动角位移的方法,其特征在于,所述根据电压和矢量对应的幅角确定三相电机的角位移,包括:

$$\theta = [(360 * \text{Count}_{\text{cycle}}) + (\theta_{\text{end}} - \theta_{\text{start}})] / N$$

其中, $\theta$ 为三相电机的角位移; $\theta_{\text{end}}$ 为最后一次的三相电各自的线电压的电压和矢量对应的幅角; $\theta_{\text{start}}$ 为最开始一次的三相电各自的线电压的电压和矢量对应的幅角; $N$ 为电机极对数; $\text{Count}_{\text{cycle}}$ 为周期计数值。

5. 根据权利要求4所述的一种测量三相电机停车制动角位移的方法,其特征在于,所述周期计数值的获取方法为:

在持续测量三相电各自的线电压的跟踪测量过程中,记起始时刻时三相电的各自线电压的测量值为各自的相位零点,进行周期计数,当有过相位零点的事件发生时,对周期计数值加1,其中,在起始时刻周期计数值为0。

## 一种测量三相电机停车制动角位移的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及角位移测量技术领域,具体涉及一种测量三相电机停车制动角位移的方法。

### 背景技术

[0002] 三相电机停车后,因为负载惯性,会在电源切断后,电机仍然沿既有方向旋转。在很多场合,这会造成一些不期望出现的后果。比如车辆刹车距离过长、起重机吊具在制动时发生了溜钩等极端的情形,会造成安全事故。所以,需要一种能够检测或实时监测从电机制动到停车完成的角位移,最终换算出设备从电机制动到最终停转,所发生的线位移的方法。

[0003] 目前,常见的方法是会直接对线位移或者角位移本身进行测量。采样直接测量,问题在于事件沿的捕获和相应物理量本身的测量,都无法达到很高的精度。

[0004] 如果关注刹车片磨损或者其他制动器具的疲劳度。这种测量手段,可以将结果直接反馈给用户和相关监管机构,提醒评估设备及相关零部件的疲劳程度,以便于有针对性地进行处理,比如采取中修、大修程序,或者仅仅是委派技术人员进行刹车系统调校。

### 发明内容

[0005] 为了解决对接线位移或者角位移本身进行测量时,关于事件沿的捕获和相应物理量本身的测量的精度均较低的技术问题,本发明的目的在于提供一种测量三相电机停车制动角位移的方法,所采用的技术方案具体如下:

[0006] 采集三相电各自的线电压;

[0007] 获取三相电各自的线电压同时发生反向翻转的翻转时刻和翻转时刻对应的三相电各自的线电压;

[0008] 依照固定采样率,不断采集不同时刻三相电各自的线电压,直至触发停止条件时,停止测量线电压,对于不同触发的停止条件采用不同方法判断三相电机的角位移;

[0009] 其中,当触发的停止条件为三相电的所有线电压均小于预设电压阈值时,根据开始采集时和最后采集时的相邻时刻的三相电各自的线电压矢量和的幅角,确定从制动到停车的角位移。

[0010] 优选的,所述触发停止条件,包括:

[0011] 当最后采集时刻与最初采集时刻的差值大于预设时间阈值时,则停止测量线电压;

[0012] 当三相电各自的线电压在此发生相位反转时,则停止测量线电压;

[0013] 当三相电所有的线电压均小于预设电压阈值时,则停止测量线电压。

[0014] 优选的,所述对于不同触发的停止条件采用不同方法判断三相电机的角位移,包括:

[0015] 当最后采集时刻与最初采集时刻的差值大于预设时间阈值时,判定三相电机的角位移为无穷大;

- [0016] 当三相电各自的线电压在此发生相位反转时,输出故障提示;
- [0017] 当三相电所有的线电压均小于预设电压阈值时,根据开始采集时和最后采集时的相邻时刻的三相电各自的线电压矢量和的幅角,确定角位移。
- [0018] 优选的,所述根据开始采集时和最后采集时的相邻时刻的三相电各自的线电压矢量和的幅角,确定从制动到停车的角位移,包括:
- [0019] 获取最后三次采集得到的三组线电压中两两相邻的三相电各自的线电压的差值组;
- [0020] 获取最开始采集时的前三次采集得到的三组线电压中两两相邻的三相电各自的线电压的差值组;
- [0021] 计算最开始采集时的前三次采集对应的差值组内线电压的电压和矢量,并计算电压和矢量对应的幅角;计算最后三次采集对应的差值组内线电压的电压和矢量,并计算该电压和矢量对应的幅角;
- [0022] 根据电压和矢量对应的幅角确定三相电机的角位移。
- [0023] 优选的,所述根据电压和矢量对应的幅角确定三相电机的角位移,包括:
- [0024]  $\theta = [(360 * \text{Count}_{\text{cycle}}) + (\theta_{\text{end}} - \theta_{\text{start}})] / N$
- [0025] 其中, $\theta$ 为三相电机的角位移; $\theta_{\text{end}}$ 为最后一次的三相电各自的线电压的电压和矢量对应的幅角; $\theta_{\text{start}}$ 为最开始一次的三相电各自的线电压的电压和矢量对应的幅角; $N$ 为电机极对数; $\text{Count}_{\text{cycle}}$ 为周期计数值。
- [0026] 优选的,所述周期计数值的获取方法为:
- [0027] 在持续测量三相电各自的线电压的跟踪测量过程中,记起始时刻时三相电的各自线电压的测量值为各自的相位零点,进行周期计数,当有过相位零点的事件发生时,对周期计数值加1,其中,在起始时刻周期计数值为0。
- [0028] 本发明实施例至少具有如下有益效果:
- [0029] 本发明针对电源输入线电压或者线电流直接测量;转速本身因为极对数的因素,一定低于电源震荡频率。掉电事件,最早也反映在相电压和相电流上,所以,可以通过最高频率和停车事件发生的源头,来进行采集测量,这种测量也不需要额外安装其他的传感设备。无传感设备的安装、维护、校准的额外开销,也没有长时间运行而导致出现累计误差以及可能失效的隐患,提高了关于事件沿的捕获和相应物理量本身的测量的精度。

## 附图说明

- [0030] 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和优点,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的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其它附图。
- [0031] 图1为本发明一个实施例所提供的一种测量三相电机停车制动角位移的方法的方法流程图。

## 具体实施方式

- [0032] 为了更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效,以下结

合附图及较佳实施例,对依据本发明提出的一种测量三相电机停车制动角位移的方法,其具体实施方式、结构、特征及其功效,详细说明如下。在下述说明中,不同的“一个实施例”或“另一个实施例”指的不一定是同一实施例。此外,一或多个实施例中的特定特征、结构或特点可由任何合适形式组合。

[0033] 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。

[0034] 本发明实施例提供了一种测量三相电机停车制动角位移的方法的具体实施方式,该方法适用于停车制动角位移测量场景。该场景下为了解决直接对线位移或者角位移本身进行测量时,关于事件沿的捕获和相应物理量本身的测量的精度均较低的问题。本发明针对电源输入线电压或者线电流直接测量;转速本身因为极对数的因素,一定低于电源震荡频率。掉电事件,最早也反映在相电压和相电流上,所以,可以通过最高频率和停车事件发生的源头,来进行采集测量,这种测量也不需要额外安装其他的传感设备。无传感设备的安装、维护、校准的额外开销,也没有长时间运行而导致出现累计误差以及可能失效的隐患。

[0035] 下面结合附图具体的说明本发明所提供的一种测量三相电机停车制动角位移的方法的具体方案。

[0036] 请参阅图1,其示出了本发明一个实施例提供的一种测量三相电机停车制动角位移的方法的步骤流程图,该方法包括以下步骤:

[0037] 步骤S100,采集三相电各自的线电压。

[0038] 常见的功率型三相电机大多是异步电机,故以异步电机为例,来说明在制动到停车这个过程中。

[0039] 整个制动停车过程会分为如下几个阶段:

[0040] Stage1:当接触器开关动作时,因为弹簧断开触点需要时间,所以,三相电没有立即切断。仍在以正弦波震荡。

[0041] Stage2:当接触器簧片最终断开后,因为输入电压瞬间撤除,此时,磁场仍在,转子回路闭合,所以,转子回路的电流持续,在定子线圈上激发的感生电动势表现为一个与撤除时的定子相电流反向的感生电动势。这个时候,即使有刹车片存在,转子仍然依照惯性旋转,所以,会在不同相电流回路里各自激发出一个仍然保持规则的120度相位差,但转速越来越慢的感生电流。

[0042] Stage3:如果不是自由停车,最终转子停转时,转子回路的感生电流仍未消失,此时,三相电路仍会因为转子电流逐渐衰减,因为有变化的电流,所以产生磁通量的变化,仍然会激发出一个逐渐衰减的感生电动势。

[0043] 需要说明的是,无论刹车的速度有多快,Stage2和Stage3所激发出的感生电动势,是不同的。在Stage2里,因为是旋转磁场切割空间位置摆放不一致的定子线圈。任意两个定子线圈回路的电流或端电压的变化率 $\delta I/\delta t$ 或 $\delta U/\delta t$ ,也即电压或电流曲线的导数间,彼此会以可变的相位关系,有所变化。一旦停转,进入Stage3,此时转子磁场的方向,或者说转子本身的角度已经指向某个特定方向。所以,此时感生电压或者电流仍在发生变化,但是此时,三个相电压关联的线圈,因为空间位置不同,虽然彼此的实时电压,或者电流不同,但是,彼此衰减的速度是同步的。

[0044] 利用相电压和相电流,在断电停车时的这种特性,可以判断电机何时真正停转。此

外,因为旋转磁场的磁通与三相线圈的线电压和线电流之间,有规则的对应关系,在三相电外部供电切断时,三相电线电压会有一个瞬态的反向相位切换。这个时刻很容易捕获。并且,在相位切换发生后,相电流或者相电压的瞬时采样值,可以表征出此时旋转磁场的指向。此时因为定子外接电源已经断开,但接触器触点部分会引入等效电容。定子转子电路的等效电路参数会发生变化,但是等效电路的基本特征还在,因为定子转子磁场的耦合产生的互感作用仍在,原本描述三相电机的电路参数的T型等效电路,仍适用。所以,由三相电路的线电流可以推导出旋转磁场此时的磁通的指向。

[0045] 上述对比停车过程中Stage2和Stage3。在制动机存在的情况下,因为迅速抱闸,第二个沿,也就是相电压电流的导数,从彼此不一致,到相位关系固定,这个实际停车的沿儿,我们同样能够捕获到。所以,电机在这个制动到停车完毕的过程中:

[0046] 制动起始状态:磁通的指向已知。

[0047] 停车完成:磁通的指向仍然已知。

[0048] 则从制动起始到停车完成,电机转过的角位移就可以测得。角位移已知,则停车时设备最终的制动距离就很容易得到——电机运转过程中的设备的实时转差率,同样可以由电机电流实时测得。

[0049] 上述推论对永磁电机仍然适用。唯一的区别是永磁电机不存在Stage3。在转子停转时,因为并不存在感生电流的逐渐衰减,所以,定子感生电流在随之消失时,最终测得的磁通的指向可能不够准确。这种方法,对三相异步电机最适宜。

[0050] 三相异步电机极对数与磁场的理论旋转速度有规则的倍数关系,折算的三相电单匝线圈磁通的幅角,换算为实际磁场磁通的角度,只要除以极对数即可得到。所以上述方法,同样适用于双速电机。附带变频器的电机,因为上述停车时所涉及到的电学特性分析不涉及变频特性,仍适用。

[0051] 具体的过程为首先持续采集三相电各自的线电压 $V_a, V_b, V_c$ 。采样率的配置,较停车时的电源频率当高出10倍时,最大角位移测量精度可以达到1/10;较停车时的电源频率高出100倍时,最大角位移测量精度可以达到1/100,其采样率可由实施者根据实际情况进行调整。

[0052] 步骤S200,获取三相电各自的线电压同时发生反向翻转的翻转时刻和翻转时刻对应的三相电各自的线电压。

[0053] 当三相电各自的线电压 $V_a, V_b, V_c$ 同时发生反相翻转时,记下该时刻为起始时刻 $T_{start}$ ,同时记下 $V_a, V_b, V_c$ 的此时测量值 $[V_{a_{start}}, V_{b_{start}}, V_{c_{start}}]$ 。也即获取三相电各自的线电压同时发生反向翻转的翻转时刻混合翻转时刻对应的三相电各自的线电压。

[0054] 步骤S300,依照固定采样率,不断采集不同时刻三相电各自的线电压,直至触发停止条件时,停止测量线电压,对于不同触发的停止条件采用不同方法判断三相电机的角位移。

[0055] 然后记下该时刻发生后,依照固定采样率,采集到的第二组测量值 $[V_{a_{start+1}}, V_{b_{start+1}}, V_{c_{start+1}}]$ 。

[0056] 持续测量三相电各自的线电压 $V_a, V_b, V_c$ ,直到触发停止条件时,停止测量线电压,也即不断采集不同时刻的三相电各自的线电压,直至触发停止条件时,停止测量线电压。

[0057] 其中,触发停止条件,包括:

[0058] (1) 当最后采集时刻与最初采集时刻的差值大于预设时间阈值时,则停止测量线电压。

[0059] (2) 当三相电各自的线电压在此发生相位反转时,则停止测量线电压。

[0060] (3) 当三相电所有的线电压均小于预设电压阈值时,则停止测量线电压。

[0061] 任一事件发生,记录此时最后一笔有效测量值 $[V_{a_{end}}, V_{b_{end}}, V_{c_{end}}]$ ,倒数第二组测量值 $[V_{a_{end-1}}, V_{b_{end-1}}, V_{c_{end-1}}]$ ,倒数第三组测量值 $[V_{a_{end-2}}, V_{b_{end-2}}, V_{c_{end-2}}]$ 。然后,退出测量过程。在持续测量三相电各自的线电压的跟踪测量过程中,记起始时刻 $T_{start}$ 时三相电的各自线电压的测量值为各自的相位零点,进行周期计数,如发现有过相位零点的事件发生,则记: $Count_{cycle} = Count_{cycle} + 1$ ;在步骤S200,  $T_{start}$ 时刻,将该周期计数值初始化为0。将 $Count_{cycle}$ 记为周期计数值。也即为在持续测量三相电各自的线电压的跟踪测量过程中,记起始时刻时三相电的各自线电压的测量值为各自的相位零点,进行周期计数,当有过相位零点的事件发生时,对周期计数值加1,其中,在起始时刻周期计数值为0。

[0062] 在触发停止条件之后,对于不同触发的停止条件采用不同方法判断三相电机的角位移。

[0063] (1) 当最后采集时刻与最初采集时刻的差值大于预设时间阈值时,判定三相电机的角位移为无穷大,也即为输出角位移为无穷大。

[0064] (2) 当三相电各自的线电压在此发生相位反转时,输出故障提示。

[0065] (3) 当三相电所有的线电压均小于预设电压阈值时,根据开始采集时和最后采集时的相邻时刻的三相电各自的线电压矢量和的幅角,确定从制动到停车的角位移。进入后续的计算角位移的步骤。

[0066] 求得最终测得的三组线电压的两组变化量 $[\Delta Va1, \Delta Vb1, \Delta Vc1]$ 、 $[\Delta Va2, \Delta Vb2, \Delta Vc2]$ ,该变化量也即为差值组。也即为获取最后三次采集得到的三组线电压中两两相邻的三相电各自的线电压的差值组 $[\Delta Va1, \Delta Vb1, \Delta Vc1]$ 和 $[\Delta Va2, \Delta Vb2, \Delta Vc2]$ 。将这两组差值组分别作为倒数第一组差值组和倒数第二组差值组。

[0067] 其中, $\Delta Va1 = V_{a_{end}} - V_{a_{end-1}}$ ,其中, $V_{a_{end}}$ 为最后一次测得的三相电中线电压中Va的取值; $V_{a_{end-1}}$ 为倒数第二次测得的三相电中线电压中Va的取值; $\Delta Va2 = V_{a_{end-1}} - V_{a_{end-2}}$ ,其中, $V_{a_{end-1}}$ 为倒数第二次测得的三相电中线电压中Va的取值; $V_{a_{end-2}}$ 为倒数第三次测得的三相电中线电压中Va的取值,依次类推得到 $\Delta Vb1, \Delta Vc1, \Delta Vb2, \Delta Vc2$ 。

[0068] 获取最开始采集时的前三次采集得到的三组线电压中两两相邻的三相电各自的线电压的差值组。将这两组差值组分别作为第一组差值组和第二组差值组。

[0069] 依据三通道的相位各相差120度的相位关系,计算第一组差值组、第二组差值组,以及倒数第一组差值组、倒数第二组差值组,四次测量值的三相电压合,记作 $[SumV_{start}, SumV_{start+1}, SumV_{end-1}, SumV_{end}]$ 。

[0070] 得到四次测量值的幅角,分别记作 $[\theta_{start}, \theta_{start+1}, \theta_{end-1}, \theta_{end}]$ ,也即获取电压矢量和的幅角。

[0071] 最后求差值 $[\Delta_{start}, \Delta_{end}]$ ,也即求第一组差值组和第二组差值组的幅角的差值,求第三组差值组和第四组差值组的幅角的差值。

[0072] 其中, $\Delta_{start} = \theta_{start+1} - \theta_{start}$ ;  $\Delta_{end} = \theta_{end} - \theta_{end-1}$ 。

[0073] 此时必有: $(\Delta Va2 / \Delta Va1) = (\Delta Vb2 / \Delta Vb1)$ 时,表示最终电机已经停转,角位移的

测量遵循如下公式：

[0074] 从电源断电到电机停转,电机转子转过的相对角位移为：

$$[0075] \quad \theta = [(360 * \text{Count}_{\text{cycle}}) + (\theta_{\text{end}} - \theta_{\text{start}})] / N$$

[0076] 其中, $\theta$ 为三相电机的角位移; $\theta_{\text{end}}$ 为最后一次的三相电各自的线电压的电压和矢量对应的幅角; $\theta_{\text{start}}$ 为最开始一次的三相电各自的线电压的电压和矢量对应的幅角; $N$ 为电机极对数; $\text{Count}_{\text{cycle}}$ 为周期计数值。

[0077] 本发明的核心在于利用相位翻转的时刻识别到制动起始点的时刻;跟踪线电压的差值,来识别停转时刻,在实施例中可用电压的一个衰减阈值来做替换;最后利用线电压矢量和的幅角,计算制动到停车的角位置。综上所述,本发明首先采集三相电各自的线电压;获取三相电各自的线电压同时发生反向翻转的翻转时刻和翻转时刻对应的三相电各自的线电压;依照固定采样率,不断采集不同时刻三相电各自的线电压,直至触发停止条件时,停止测量线电压,对于不同触发的停止条件采用不同方法判断三相电机的角位移;其中,当触发的停止条件为三相电的所有线电压均小于预设电压阈值时,根据开始采集时和最后采集时的相邻时刻的三相电各自的线电压的差异,确定角位移。这种测量也不需要额外安装其他的传感设备。无传感设备的安装、维护、校准的额外开销,也没有长时间运行而导致出现累计误差以及可能失效的隐患。

[0078] 需要说明的是:上述本发明实施例先后顺序仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。在附图中描绘的过程不一定要求示出的特定顺序或者连续顺序才能实现期望的结果。在某些实施方式中,多任务处理和并行处理也是可以的或者可能是有利的。

[0079] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。

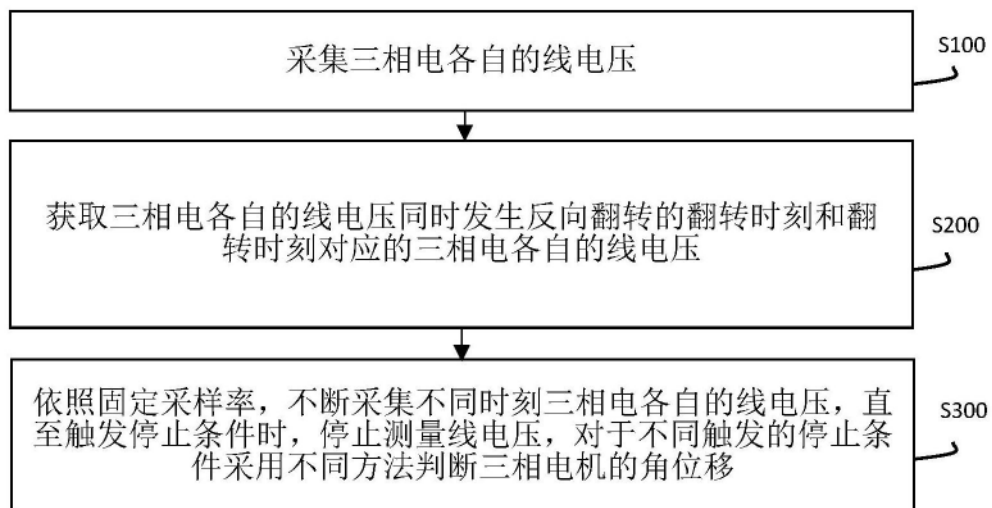


图1