



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115173753 A

(43) 申请公布日 2022. 10. 11

(21) 申请号 202210673482.1

(22) 申请日 2022.06.14

(71) 申请人 中国北方车辆研究所  
地址 100072 北京市丰台区槐树岭四号院

(72) 发明人 盖江涛 李训明 马长军 袁艺  
曾根 郭磊 李欢欢 生辉  
孙占春 赵富强 张楠 朱炳先

(74) 专利代理机构 北京艾纬铂知识产权代理有  
限公司 16101

专利代理师 高会允

(51) Int. Cl.

H02P 6/08 (2016.01)

H02P 29/024 (2016.01)

H02P 29/032 (2016.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

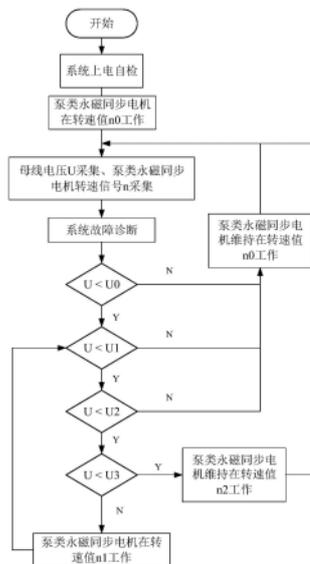
(54) 发明名称

一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法

(57) 摘要

本发明提供一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,通过检测电驱车辆母线电压实际值,对泵类永磁同步电机转速进行实时调整,具体的,在转速调整过程中,通过设置电驱车辆母线电压临界值交叉地带,在母线电压的下降阶段和上升阶段,只有母线电压低于或者高于设定电压值时才进行转速的切换,可有效避免泵类永磁同步电机转速在电压临界值附近出现转速不稳、振荡以及转速频繁切换的现象,还能够在满足电驱动系统功能需求的前提下,避免电驱车辆泵类永磁同步电机欠压故障时,出现系统冷却不足、关键电气部件过温故障、制动系统压力缺失、传动系统润滑不足、甚至变速器脱挡等严重故障,以及其他关联性问题。

CN 115173753 A



1. 一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,其特征在于,通过检测电驱动车辆母线电压 $U$ 的大小来对泵类永磁同步电机的转速进行实时调整,以此实现对泵类永磁同步电机的欠压故障处理;

其中,当母线电压 $U$ 不小于设定值 $U_0$ 时,泵类永磁同步电机维持在额定转速值 $n_0$ 工作;当母线电压 $U$ 降低至小于设定值 $U_0$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_1$ 的大小,若母线电压 $U$ 不小于 $U_1$ ,则泵类永磁同步电机继续维持在额定转速值 $n_0$ 工作,其中, $U_1 < U_0$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于设定值 $U_1$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_2$ 的大小,若母线电压 $U$ 不小于 $U_2$ ,泵类永磁同步电机继续维持在额定转速值 $n_0$ 工作,其中, $U_2 < U_1$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于 $U_2$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_3$ 的大小,其中, $U_3 < U_2$ ,若母线电压值 $U$ 不小于 $U_3$ ,泵类永磁同步电机维持在设定的最低转速值 $n_1$ 工作,并持续与设定值 $U_1$ 比较,当母线电压 $U$ 高于 $U_1$ 时,泵类永磁同步电机的转速才恢复至额定转速值 $n_0$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于 $U_3$ 时,泵类永磁同步电机停止工作。

2. 如权利要求1所述的一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,其特征在于,当泵类永磁同步电机在电驱动车辆上用于驱动变速箱油泵时,根据变速箱油泵流量与转速之间的关系曲线确定泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ ;根据变速箱液压系统的最低流量需求确定泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 。

3. 如权利要求1所述的一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,其特征在于,当泵类永磁同步电机在电驱动车辆上用于驱动制动器油泵时,根据制动器制动压力所需求的液压系统流量确定泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ ;根据制动器液压系统的最低流量需求确定泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 。

4. 如权利要求1所述的一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,其特征在于,当泵类永磁同步电机在电驱动车辆上用于驱动冷却水循环泵时,根据冷却水循环泵流量与转速之间的关系曲线,确定泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ ;根据电驱动车辆上需要冷却的零部件的最低流量需求,确定泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 。

5. 如权利要求1~4任一权利要求所述的所述的一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,其特征在于,设定值 $U_0$ 为泵类永磁同步电机的正常母线电压值,且 $U_0$ 根据电驱动车辆所采用的电压体制确定;设定值 $U_1$ 为泵类永磁同步电机正常工作的最低电压值,且 $U_1$ 根据泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ 的反电势来确定;设定值 $U_2$ 根据泵类永磁同步电机的反电势以及泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 来确定;设定值 $U_3$ 根据泵类永磁同步电机控制器IGBT的能力确定。

## 一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于车用永磁同步电机的故障处理控制技术领域,尤其涉及一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法。

### 背景技术

[0002] 电机及其控制系统是电驱车辆的关键零部件,其控制算法及故障应急保护策略对车辆的性能产生直接的影响。永磁同步电机控制技术是电驱车辆核心技术之一,永磁同步电机因其特有的性能优势以及我国永磁体原材料储量丰富,因此永磁同步电机的研究以及在电驱车辆系统中的应用越来越广泛。

[0003] 车用泵类永磁同步电机的应用场景是驱动发动机、变速箱、制动器等油泵、水泵等关键设备工作,泵类电机出现故障时立刻停止工作会导致油泵、水泵等设备迅速停转,将会导致车辆系统冷却不足、关键电气部件过温故障、制动系统压力缺失、传动系统润滑不足、甚至变速器脱挡等严重故障,以及其他关联性问题,因此车用泵类永磁同步电机的故障处理控制技术非常重要。

[0004] 泵类永磁同步电机欠压故障时一般处理方式是关闭IGBT,电机停止工作,防止电流过大导致控制器故障。电驱车辆电子元器件较多,电子元器件对温度比较敏感,变速箱换挡也严重依赖泵类永磁同步电机驱动油泵来建立油压,而泵的特性是随着转速降低负载转矩降低,由于泵电机负载大,降速时间较短,一旦油泵、水泵停止工作,电驱车辆的冷却系统、液压系统随即停止工作,容易引发电驱车辆严重故障,因此传统的车辆用泵类永磁同步电机欠压故障处理方式不适合于电驱车辆用泵类永磁同步电机。

### 发明内容

[0005] 为解决上述问题,本发明提供一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,通过设置电驱车辆母线电压临界值交叉地带,可有效避免泵类永磁同步电机转速在电压临界值附近出现转速不稳、振荡以及转速频繁切换的现象。

[0006] 一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,通过检测电驱车辆母线电压 $U$ 的大小来对泵类永磁同步电机的转速进行实时调整,以此实现对泵类永磁同步电机的欠压故障处理;

[0007] 其中,当母线电压 $U$ 不小于设定值 $U_0$ 时,泵类永磁同步电机维持在额定转速值 $n_0$ 工作;当母线电压 $U$ 降低至小于设定值 $U_0$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_1$ 的大小,若母线电压 $U$ 不小于 $U_1$ ,则泵类永磁同步电机继续维持在额定转速值 $n_0$ 工作,其中, $U_1 < U_0$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于设定值 $U_1$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_2$ 的大小,若母线电压 $U$ 不小于 $U_2$ ,泵类永磁同步电机继续维持在额定转速值 $n_0$ 工作,其中, $U_2 < U_1$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于 $U_2$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_3$ 的大小,其中, $U_3 < U_2$ ,若母线电压值 $U$ 不小于 $U_3$ ,泵类永磁同步电机维持在设定的最低转速值 $n_1$ 工作,并持续与设定值 $U_1$ 比较,当母线电压 $U$ 高于 $U_1$ 时,泵类永磁同步电机的转速才恢复至额定转速值 $n_0$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于 $U_3$ 时,

泵类永磁同步电机停止工作。

[0008] 进一步地,当泵类永磁同步电机在电驱车辆上用于驱动变速箱油泵时,根据变速箱油泵流量与转速之间的关系曲线确定泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ ;根据变速箱液压系统的最低流量需求确定泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 。

[0009] 进一步地,当泵类永磁同步电机在电驱车辆上用于驱动制动器油泵时,根据制动器制动压力所需求的液压系统流量确定泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ ;根据制动器液压系统的最低流量需求确定泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 。

[0010] 进一步地,当泵类永磁同步电机在电驱车辆上用于驱动冷却水循环泵时,根据冷却水循环泵流量与转速之间的关系曲线,确定泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ ;根据电驱车辆上需要冷却的零部件的最低流量需求,确定泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 。

[0011] 进一步地,设定值 $U_0$ 为泵类永磁同步电机的正常母线电压值,且 $U_0$ 根据电驱车辆所采用的电压体制确定;设定值 $U_1$ 为泵类永磁同步电机正常工作的最低电压值,且 $U_1$ 根据泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ 的反电势来确定;设定值 $U_2$ 根据泵类永磁同步电机的反电势以及泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 来确定;设定值 $U_3$ 根据泵类永磁同步电机控制器IGBT的能力确定。

[0012] 有益效果:

[0013] 1、本发明提供一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,通过检测电驱车辆母线电压实际值,对泵类永磁同步电机转速进行实时调整,具体的,在转速调整过程中,通过设置电驱车辆母线电压临界值交叉地带,在母线电压的下降阶段和上升阶段,只有母线电压低于或者高于设定电压值时才进行转速的切换,可有效避免泵类永磁同步电机转速在电压临界值附近出现转速不稳、振荡以及转速频繁切换的现象,还能够在满足电驱系统功能需求的前提下,避免电驱车辆泵类永磁同步电机欠压故障时,出现系统冷却不足、关键电气部件过温故障、制动系统压力缺失、传动系统润滑不足、甚至变速器脱挡等严重故障,以及其他关联性问题。

[0014] 2、本发明提供一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,根据泵类永磁同步电机在电驱车辆上的用途来确定泵类永磁同步电机额定转速值 $n_0$ 、泵类永磁同步电机最低转速值 $n_1$ ,能够更好的解决不同的工况下的电驱车辆泵类永磁同步电机欠压故障。

[0015] 3、本发明提供一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,对泵类永磁同步电机母线电压进行分级,并给出了各分级电压临界值的确定方法,能够更好的解决不同的工况下的电驱车辆泵类永磁同步电机欠压故障。

## 附图说明

[0016] 图1为本发明提供的一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法的流程图;

[0017] 图2为本发明提供的母线电压临界值交叉地带的转速变换示意图;

[0018] 图3为本发明提供的泵类永磁同步电机转速恢复控制方法示意图。

## 具体实施方式

[0019] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请方案,下面将结合本申请实施例中的

附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0020] 本发明提供一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,旨在满足电驱动系统功能需求的前提下,降低泵类永磁同步电机工作能力,尽可能的避免电驱车辆泵类永磁同步电机欠压故障时,出现系统冷却不足、关键电气部件过温故障、制动系统压力缺失、传动系统润滑不足、甚至变速器脱挡等严重故障,以及其他关联性问题。

[0021] 具体的,如图1所示,一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,包括以下步骤:

[0022] 首先,泵类永磁同步电机及其控制系统上电自检;

[0023] 自检完成无误后,泵类永磁同步电机在电驱车辆正常母线电压 $U_0$ 状态下工作,泵类永磁同步电机转速维持在 $n_0$ ;

[0024] 泵类永磁同步电机控制系统循环采集电驱车辆母线电压信号、泵类永磁同步电机转速信号,并做系统故障诊断;

[0025] 也就是说,本发明通过检测电驱车辆母线电压 $U$ 的大小来对泵类永磁同步电机的转速进行实时调整,以此实现对泵类永磁同步电机的欠压故障处理;

[0026] 其中,如图2所示,当母线电压 $U$ 不小于设定值 $U_0$ 时,泵类永磁同步电机维持在额定转速值 $n_0$ 工作;当母线电压 $U$ 降低至小于设定值 $U_0$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_1$ 的大小,若母线电压 $U$ 不小于 $U_1$ ,则泵类永磁同步电机继续维持在额定转速值 $n_0$ 工作,其中, $U_1 < U_0$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于设定值 $U_1$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_2$ 的大小,若母线电压 $U$ 不小于 $U_2$ ,泵类永磁同步电机继续维持在额定转速值 $n_0$ 工作,其中, $U_2 < U_1$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于 $U_2$ 时,再次判断母线电压 $U$ 与设定值 $U_3$ 的大小,其中, $U_3 < U_2$ ,若母线电压值 $U$ 不小于 $U_3$ ,泵类永磁同步电机维持在设定的最低转速值 $n_1$ 工作,并持续与设定值 $U_1$ 比较,当母线电压 $U$ 高于 $U_1$ 时,泵类永磁同步电机的转速才恢复至额定转速值 $n_0$ ;当母线电压 $U$ 降低至小于 $U_3$ 时,泵类永磁同步电机停止工作。

[0027] 需要说明的是,本发明采用电压设定值 $U_0$ 、 $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$ 来实现对泵类永磁同步电机母线电压的分级,其中,本发明根据电驱车辆所采用的电压体制确定泵类永磁同步电机正常母线电压值 $U_0$ ;根据泵类永磁同步电机的额定转速值 $n_0$ 的反电势来确定正常工作的最低电压值 $U_1$ ,一般要求电机反电势设计值不大于母线电压的正常波动值;电压值 $U_2$ 根据泵类永磁同步电机的反电势以及泵类永磁同步电机的最低转速值 $n_1$ 来确定;电压值 $U_3$ 根据泵类永磁同步电机控制器IGBT的能力确定。

[0028] 下面介绍如何获取额定转速值 $n_0$ 、最低转速值 $n_1$ 以及泵类永磁同步电机停止工作时的转速值 $n_2$ 。

[0029] 根据泵类永磁同步电机在电驱车辆上的用途确定泵类永磁同步电机额定转速值 $n_0$ 、泵类永磁同步电机最低转速值 $n_1$ ,泵类永磁同步电机停止工作转速值 $n_2$ ,需要说明的是,泵类永磁同步电机停止工作时,停止工作转速值 $n_2$ 通常为0。

[0030] 第一种用途:泵类永磁同步电机在电驱车辆上用于驱动变速箱油泵时,根据满足变速箱建立挡位需求的液压系统压力、满足变速箱润滑需求的液压系统流量、以及满足变速箱其他需求的油泵的流量,结合油泵自身流量与转速关系曲线确定泵类永磁同步电机额定转速值 $n_0$ ;根据满足变速箱液压系统最低流量需求确定泵类永磁同步电机最低转速值 $n_1$ 。

[0031] 第二种用途:泵类永磁同步电机在电驱动车辆上用于驱动制动器油泵时,根据满足制动器制动压力需求的液压系统流量确定泵类永磁同步电机额定转速值 $n_0$ ;根据满足制动器液压系统最低流量需求确定泵类永磁同步电机最低转速值 $n_1$ 。

[0032] 第三种用途:泵类永磁同步电机在电驱动车辆上用于驱动冷却水循环泵时,根据满足电驱动车辆上发动机、电机、电机控制器、动力电池以及其他需要冷却的部件的循环水流量,结合水泵流量与转速关系曲线,确定泵类永磁同步电机额定转速值 $n_0$ ;根据电驱动车辆上需要冷却的零部件最低流量需求,确定泵类永磁同步电机最低转速值 $n_1$ 。

[0033] 需要说明的是,本发明通过检测电驱动车辆母线电压实际值,对泵类永磁同步电机转速进行实时调整,尽可能的避免电驱动车辆泵类永磁同步电机欠压故障时,出现系统冷却不足、关键电气部件过温故障、制动系统压力缺失、传动系统润滑不足、甚至变速器脱挡等严重故障,以及其他关联性问题。

[0034] 当检测到电驱动车辆母线电压为电压值 $U_0$ 时,泵类永磁同步电机在转速值 $n_0$ 工作;在母线电压的持续降低阶段,当电驱动车辆母线电压降低到电压值 $U_1$ 前,泵类永磁同步电机转速维持在转速值 $n_0$ ,不对泵类永磁同步电机转速进行干预,直到电驱动车辆母线电压降低至电压值 $U_2$ 时,泵类永磁同步电机转速才降低至转速值 $n_1$ ;当电驱动车辆母线电压降低至电压值 $U_3$ 时,关闭泵类永磁同步电机控制器IGBT,泵类永磁同步电机停止工作,泵类永磁同步电机转速降低至转速值 $n_2$ ,也即转速为0。

[0035] 进一步地,当电驱动车辆母线电压低于正常电压值 $U_0$ 时,按照前述方法对泵类永磁同步电机进行欠压故障处理。为了不影响电驱动车辆液压系统、冷却系统正常工作,当电驱动车辆母线电压恢复至正常电压值 $U_0$ 时,泵类永磁同步电机转速也应该恢复至额定转速值 $n_0$ 。当电驱动车辆母线电压处于临界值,也即电压设定值 $U_0$ 、 $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$ 时,泵类永磁同步电机转速可能会随着电压的小幅度波动而出现转速不稳与振荡现象、甚至出现转速频繁切换的现象。

[0036] 为了防止该现象出现,设置电驱动车辆母线电压临界值交叉地带,母线电压交叉地带范围为 $[U_2, U_1]$ ,如图2所示。当电驱动车辆母线电压处于范围 $[U_2, U_0]$ 时,泵类永磁同步电机在转速值 $n_0$ 工作;当电驱动车辆母线电压处于范围 $[U_1, U_3]$ 时,泵类永磁同步电机在转速值 $n_1$ 工作;当电驱动车辆母线电压低于电压值 $U_3$ 时,泵类永磁同步电机在转速值 $n_2$ 工作。需要说明的是,在母线电压的下降阶段,当电驱动车辆母线电压低于电压值 $U_2$ 时,泵类永磁同步电机转速才会降低至 $n_1$ ,在母线电压的升高阶段,当电驱动车辆母线电压高于电压值 $U_1$ 时,泵类永磁同步电机转速才会恢复至 $n_0$ ,当电驱动车辆母线电压低于电压值 $U_3$ 时,泵类永磁同步电机转速不能恢复。

[0037] 综上,如图3所示,本发明具体给出了泵类永磁同步电机的转速确定方法、母线电压分级放放、欠压故障处理方法以及转速恢复控制方法,与现有技术相比,本发明提供一种泵类永磁同步电机的母线电压降低处理方法,当电驱动车辆母线电压低于正常工作电压时,本发明通过检测电驱动车辆母线电压实际值,对泵类永磁同步电机转速进行实时调整,降低泵类永磁同步电机工作能力,在满足电驱动系统功能需求的前提下,避免电驱动车辆泵类永磁同步电机欠压故障时,出现系统冷却不足、关键电气部件过温故障、制动系统压力缺失、传动系统润滑不足、甚至变速器脱挡等严重故障,以及其他关联性问题。当电驱动车辆母线电压恢复时,通过本发明提供的泵类永磁同步电机转速恢复控制方法,实现泵类永

磁同步电机转速恢复至正常工作状态。本发明通过设置电驱车辆母线电压临界值交叉地带,可有效避免泵类永磁同步电机转速在电压临界值附近出现转速不稳、振荡以及转速频繁切换的现象。

[0038] 当然,本发明还可有其他多种实施例,在不背离本发明精神及其实质的情况下,熟悉本领域的技术人员当然可根据本发明作出各种相应的改变和变形,但这些相应的改变和变形都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

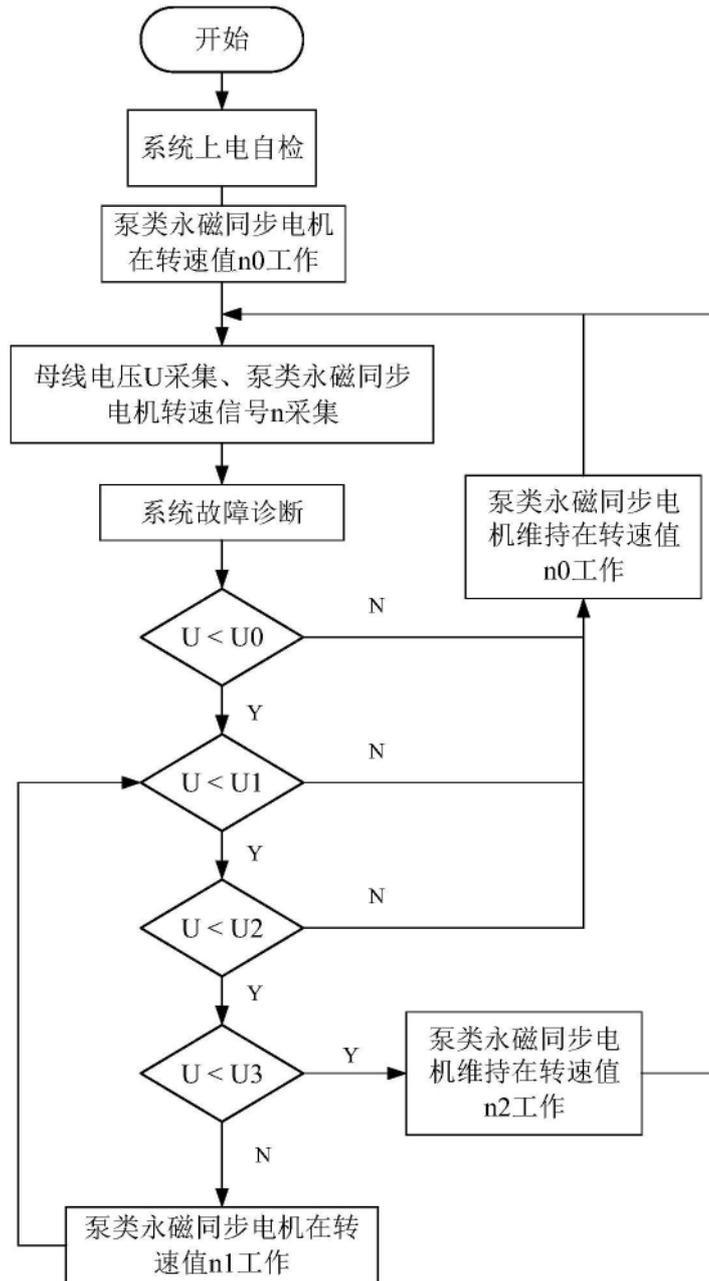


图1

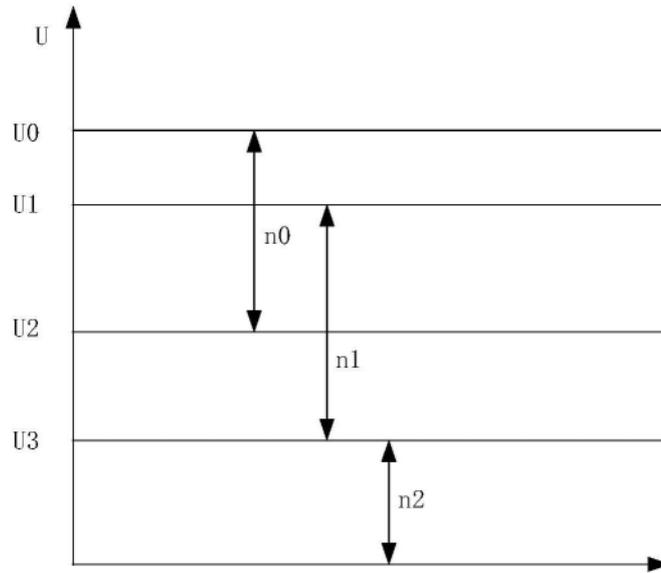


图2

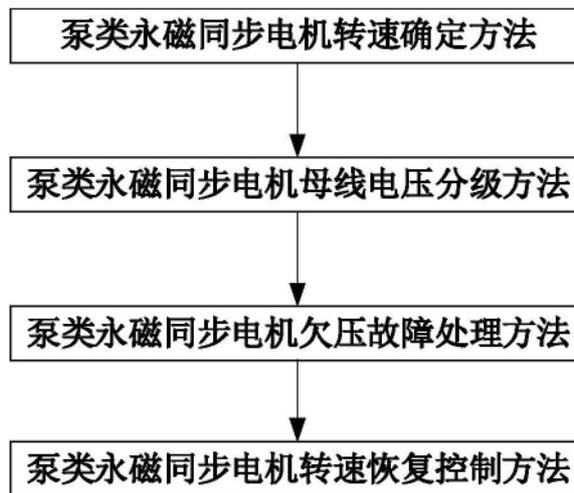


图3