



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107733173 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(21)申请号 201711159523.0

(22)申请日 2015.08.24

(62)分案原申请数据

201510522795.7 2015.08.24

(71)申请人 陈国栋

地址 213000 江苏省常州市新北区晋陵北路
路河海大学

(72)发明人 陈国栋

(51)Int.Cl.

H02K 11/33(2016.01)

H02K 1/14(2006.01)

H02K 1/24(2006.01)

H02P 9/08(2006.01)

H02P 9/04(2006.01)

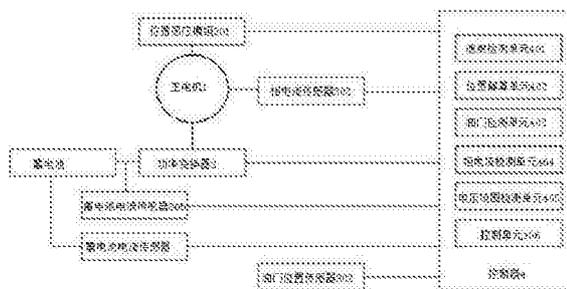
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

可实现精密控制的汽车用起动发电机

(57)摘要

本发明提供了一种可实现精密控制的汽车用起动发电机。本发明所述的起动发电机采用了非永磁体和无绕组的转子结构以及多相绕组的定子结构,基于控制器对各相绕组的同步精确开关控制实现具有电动模式和发电模式的起动发电机,可实现初始起动、稳定助力状态以及发电等多种工作状态。由于采用了电动模式和发电模式均全程分段可调节的绕组控制技术,能够有效控制两种工作模式下的输出功率,有效解决了现有技术当中起动过程和发电过程功率不匹配的难题。



1. 一种起动发电机,其特征在于,起动发电机的改进结构包括:主电机、功率变换器、传感模组、控制器;所述主电机包括定子和转子,二者均为非永磁体的凸极结构;所述定子包括多相绕组,其中每一相绕组由在定子的径向相对的凸极之上的一对绕组线圈构成;

所述功率变换器为定子上的每一相中的两个绕组分别提供一个由主开关管和续流二级管构成的开关电路;

所述传感模组用于检测多类型的状态参数;

所述控制器用于基于所述状态参数,控制起动发电机多个工作状态之间的切换,以及在每个工作状态下通过对功率变换器中各个主开关管接通和断开的状态的控制,决定各相绕组的运行状态以及执行保护控制;

其中,所述起动发电机的多个工作状态包括初始起动状态、稳定助力状态以及发电状态,所述控制器依据传感模组提供的发动机转速参量、蓄电池系统状态参量以及油门状态参量,确定起动发电机的当前工作状态;

并且,所述控制器在当前工作状态下确定控制功率变换器中各个主开关管的状态的控制方式。

2. 根据权利要求1所述的起动发电机,其特征在于,所述控制器判断转子转速是否达到预定的发动机怠速转速,如果未达到则确定当前工作状态为初始起动状态;如果转子转速达到预定的发动机怠速转速,所述控制器基于蓄电池系统状态参量,判断蓄电池系统处于允许助力范围还是允许发电范围;在所述允许助力范围,控制器根据所述油门状态参量判断是否处于油门到底,在处于油门到底状态下控制起动发电切入稳定助力状态,否则保持停机等待模式;在所述允许发电范围,控制器根据所述油门状态参量判断是否处于油门到底,在非处于油门到底状态下控制起动发电机进入发电状态,在处于油门到底状态下控制起动发电机进入停机等待模式。

3. 根据权利要求2所述的起动发电机,其特征在于,所述控制器根据开通角、关断角和电流斩波阈值控制功率变换器中各个主开关管的状态,所述定子的任一相绕组相对于转子轴线的角度在开通角和关断角之间,控制器控制功率变换器中与该相绕组对应的主开关管导通;并且控制器根据相电流或是否达到电流斩波阈值,控制功率变换器中与该相绕组对应的主开关管导通和断开。

4. 根据权利要求3所述的起动发电机,其特征在于,在所述初始起动状态下,所述控制器确定所述控制方式为电流斩波控制方式;在电流斩波控制方式中,在转子轴线的角度在开通角和关断角之间时,控制器判断相电流是否大于或等于相电流斩波阈值,当相电流处于大于或等于相电流斩波阈值的状态下时,则控制器控制关断功率变换器中与该相绕组对应的主开关管。

可实现精密控制的汽车用起动发电机

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车技术,更具体地,涉及一种可实现精密控制的汽车用起动发电机。

背景技术

[0002] 基于燃油经济性、降低有害气体排放和产业大规模应用成本等多种因素,混合动力汽车成为目前汽车新技术的发展方向,业界相信在未来不长的时间内就会取代传统动力汽车而成为市场主流产品。

[0003] 混合动力汽车拥有燃油发动机和电动一发电机两组动力源,通过智能化的控制和输出分配,电动一发电机可以作为燃油发动机的起动机,在初始起动过程中克服发动机的阻力转矩,使发动机达到足够的起动转速;起动后电动一发电机可以视情况为燃油发动机提供辅助动力,也可以在适当状态下完全关闭发动机,单纯依靠电动一发电机提供动力。另外,电动一发电机具有能量转换的可逆性,即可以实现从机械能到电能的逆向转换,因此在汽车减速制动过程中可以将发动机的机械能生成电能,通过逆变器存储于汽车蓄电池内。因此,在混合动力汽车中电动一发电机系统一般被称之为起动发电机。

[0004] 发动机与起动发电机的动力耦合方式包括双轴皮带传动动力混合以及单轴扭矩叠加动力混合。在双轴皮带传动动力混合方式中,起动发电机与发动机通过皮带传动实现双轴并联。发动机作为整车动力源,起动发电机能够实现发动机快速启动。因此,汽车在运行过程中遇到各种需要短时停车的情况,发动机可以关闭,关闭期间的油耗、废气、噪声都可以降至最低;而需要再度起动时,起动发电机系统使发动机由停机至达到怠速以上的起动期间仅为数百毫秒;另外,在汽车减速制动过程中,起动发电机利用发动机输出的机械能实现对蓄电。双轴皮带传动动力混合受到皮带传动效率的制约,电动系统的功率比较低,而且性能存在不稳定,必将会逐渐被更先进的技术所替代。单轴扭矩叠加动力混合方式将发动机和电动系统的扭矩进行直接叠加,能够实现发动机和电动系统多种形式的工况复合。在初始起动时,电动系统为发动机提供初始转矩以便使发动机快速进入工作状态;在行车加速时,电动系统实现助力,弥补发动机扭矩不足;在减速制动过程中,电动系统实现能量回收,对蓄电池进行充电;在停车状态下关闭发动机,降低排放和油耗。单轴扭矩叠加动力混合方式是目前综合性能最完善的混合动力解决方案,具有广阔的发展空间。

[0005] 现有技术中,单轴扭矩叠加动力混合方式存在多种实现方式,图1是目前技术水平最为先进的混联方式,如图1所示,混合动力系统包括发动机、起动发电机、离合器、传动系统、电池以及综合控制单元。其中,起动发电机用于起动发动机,以及将发动机的输出转换为电能从而对电池充电;起动发电机和发动机在综合控制单元的协调下以不同的动力模式运行,包括完全使用电动输出动力进行行驶的电动模式,以发动机的输出作为主要动力并且以电动提供辅助动力的混动模式,以及在刹车和制动过程中通过起动发电机回收能量并向电池充电的再生模式等。其中发动机、起动发电机以及离合器同轴安装,通过单轴扭矩复合形成混合动力。

[0006] 在单轴扭矩叠加动力混合方式中,起动发电机直接集成在发动机的主轴上。一般

采用盘式永磁体同步起动发电机。永磁体同步起动发电机包括携带永磁体的转子以及带有线圈绕组的定子；其中转子集成在发动机的主轴上，而定子一般固定于发动机壳体的配套支撑结构上。在起动过程中，通过定子的绕组励磁而驱动转子转动；而在发电过程中，转子的磁通作用于定子的绕组而实现发电。

[0007] 永磁体同步起动发电机体积和质量较小，能够提供大起动转矩，具有高发电效率，运行可靠性好。但是其主要缺陷是由于转子采用了永磁体，导致其产生的磁通量不可调节。而起动发电机在起动过程和发电过程二者当中所需的磁通量存在很大差异，前者的磁通量明显大于后者。因而为了满足起动过程的需要而设置的转子磁通量，在发电运行中就会因磁通量过高而产生过高的功率和电压输出。为了应对这一情况，现有技术中不得不采用能够工作于高压状态下的功率转换电路对起动发电机的输出进行调节。现有技术中的另一种解决方案是开发磁通量可调节的永磁体同步起动发电机，该解决方案是在永磁体转子产生的磁通量之上叠加由转子的线圈绕组产生的可调节磁通量，从而在起动过程和发电过程中应用不同的磁通量，然而这一解决方案使转子构造复杂度明显提高，转子设计加工中需要考虑的影响因素过多，同样增加了设备的成本，而且降低了能量效率。

发明内容

[0008] 根据现有技术中的上述缺陷，本发明提供了一种起动发电机改进结构。本发明所述的起动发电机采用了非永磁体和无绕组的转子结构以及多相绕组的定子结构，基于控制器对各相绕组的同步精确开关控制实现具有电动模式和发电模式的起动发电机，可实现初始起动、稳定助力状态以及发电等多种工作状态。由于采用了电动模式和发电模式均全程分段可调节的绕组控制技术，能够有效控制两种工作模式下的输出功率，有效解决了现有技术当中起动过程和发电过程功率不匹配的难题。

[0009] 本发明所述的起动发电机改进结构，其特征在于，包括：主电机、功率变换器、传感模组、控制器；所述主电机包括定子和转子，二者均为非永磁体的凸极结构；所述定子包括多相绕组，其中每一相绕组由在定子的径向相对的凸极之上的一对绕组线圈构成；

所述功率变换器为定子上的每一相中的两个绕组分别提供一个由主开关管和续流二级管构成的开关电路；

所述传感模组用于检测多类型的状态参数；

所述控制器用于基于所述状态参数，控制起动发电机多个工作状态之间的切换，以及在每个工作状态下通过对功率变换器中各个主开关管接通和断开的状态的控制，决定各相绕组的运行状态以及执行保护控制；

其中，所述起动发电机的多个工作状态包括初始起动状态、稳定助力状态以及发电状态，所述控制器依据传感模组提供的发动机转速参量、蓄电池系统状态参量以及油门状态参量，确定起动发电机的当前工作状态；

并且，所述控制器在当前工作状态下确定控制功率变换器中各个主开关管的状态的控制方式。

[0010] 优选的是，所述控制器判断转子转速是否达到预定的发动机怠速转速，如果未达到则确定当前工作状态为初始起动状态；如果转子转速达到预定的发动机怠速转速，所述控制器基于蓄电池系统状态参量，判断蓄电池系统处于允许助力范围还是允许发电范围；

在所述允许助力范围,控制器根据所述油门状态参量判断是否处于油门到底,在处于油门到底状态下控制起动发电切入稳定助力状态,否则保持停机等待模式;在所述允许发电范围,控制器根据所述油门状态参量判断是否处于油门到底,在非处于油门到底状态下控制起动发电机进入发电状态,在处于油门到底状态下控制起动发电机进入停机等待模式。

[0011] 优选的是,所述控制器根据开通角、关断角和电流斩波阈值控制功率变换器中各个主开关管的状态,所述定子的任一相绕组相对于转子轴线的角度在开通角和关断角之间,控制器控制功率变换器中与该相绕组对应的主开关管导通;并且控制器根据相电流或是否达到电流斩波阈值,控制功率变换器中与该相绕组对应的主开关管导通和断开。

[0012] 优选的是,在所述初始起动状态下,所述控制器确定所述控制方式为电流斩波控制方式;在电流斩波控制方式中,在转子轴线的角度在开通角和关断角之间时,控制器判断相电流是否大于或等于相电流斩波阈值,当相电流处于大于或等于相电流斩波阈值的状态下时,则控制器控制关断功率变换器中与该相绕组对应的主开关管。

[0013] 优选的是,在稳定助力状态下,所述控制器根据转子的转速,确定所述控制方式在电流斩波控制方式和角度位置控制方式之间切换;当转子的转速低于电动控制方式切换阈值时,控制器确定采用电流斩波控制方式;在电流斩波控制方式中,在转子轴线的角度在开通角和关断角之间时,控制器判断相电流是否大于或等于相电流斩波阈值,当相电流处于大于或等于相电流斩波阈值的状态下时,则控制器控制关断功率变换器中与该相绕组对应的主开关管;当转子的转速高于电动控制方式切换阈值时,控制器确定采用角度位置控制方式;在角度位置控制方式中,控制器根据转速以及蓄电池电压调整所述开通角和关断角。

[0014] 优选的是,在发电模式下,所述控制器根据转子转速,确定所述控制方式在电流斩波与角度控制复合控制方式以及角度位置控制方式之间切换;当转子的转速低于发电控制方式切换阈值时,控制器确定采用电流斩波与角度控制复合控制方式;在电流斩波与角度控制复合控制方式中,控制器根据转速和输出电压调整所述开通角和关断角,并且控制器判断励磁电流是否大于或等于励磁电流斩波阈值;当励磁电流处于大于或等于励磁电流斩波阈值的状态下时,则控制器控制关断功率变换器中与该相绕组对应的主开关管;当转子的转速高于发电控制方式切换阈值时,控制器确定采用角度位置控制方式;在所述角度位置控制方式中,控制器根据输出功率选取固定的最优化关断角,并且根据转速和输出功率调整开通角。

[0015] 优选的是,所述传感模组包括:位置感应模组,用于检测主电机当中定子的各相绕组相对于转子轴线的角度;油门位置传感器,用于提供油门位置信号,获得驾驶操作中的油门状态参量;相电流传感器,用于检测主电机定子的各相绕组的电流信号;以及,蓄电池电压传感器,用于检测蓄电池的输入及输出电压信号;蓄电池电流传感器,用于检测蓄电池的输入及输出电流信号。

[0016] 优选的是,所述位置感应模组为光学位置传感开关,所述光学位置传感开关包括齿盘和光学感应器,所述传感器固定在主电机的机壳上,而所述齿盘与转子同轴安装,所述齿盘齿数与转子的凸极数相同。

[0017] 优选的是,所述位置感应模组为相电感感应装置,包括与定子的各相绕组同绕地设置电感测试线圈,根据所述电感测试线圈的电感值检测转子位置。

[0018] 优选的是,所述控制器包括:速度检测单元,用于根据位置感应模组检测的转子位

置判断主电机的转速；位置解算单元，用于根据位置感应模组的检测结果解算转子的位置；油门检测单元，用于根据油门位置传感器的信号确定当前驾驶操作下的油门状态；相电流检测单元，用于根据相电流传感器提供的信号，确定主电机各相绕组的相电流状态；电压范围检测单元根据蓄电池电压传感器的信号提取电压范围；控制单元，根据检测结果生成向功率变换器输出的驱动信号，从而控制功率变换器中各相开关的开通和关断。

[0019] 可见，本发明取代现有永磁体同步起动发电机，采用了非永磁体和无绕组的转子结构以及多相绕组的定子结构，基于控制器对各相绕组的同步精确开关控制实现具有电动模式和发电模式的起动发电机，可实现初始起动、稳定助力状态以及发电等多种工作状态。由于取代了不可控的永磁体转子，而采用了电动模式和发电模式均全程分段可调节的绕组控制技术，能够有效控制两种工作模式下的输出功率，有效解决了现有技术当中起动过程和发电过程功率不匹配的难题，并且，本发明针对起动发电机不同状态下的转速、蓄电池电流及电压、油门位置等运行参数，设置了多状态下的分时复合控制策略和控制方式，使系统的效率达到最优化，并且通过映射机制解决了控制过程中的非线性问题。通过本发明实现的混合动力汽车起动发电机改进结构，具有多方面的优点，表现为：转子不附加绕组和永磁体，机械结构简单，易于加工制造；定子各相绕组在物理上和电磁上彼此隔离，降低了相间故障的概率，具有更高的容错能力；由于定子的绕组直接连接功率变换器，起动发电机不需要附加过多的外围电路即可以实现双向能量传输；能够达到较大的起动转矩，并且在低速运行和高速运行条件下通过复合的控制方式均可以达到理想性能。通过本发明的结构所实现的起动发电机集成度高，实现精密控制，体积和重量较小，具备广阔的应用前景。

附图说明

[0020] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明：

图1是现有技术中的混合动力系统结构示意图；

图2是本发明实施例的起动发电机整体结构示意图；

图3是本发明实施例的主电机定子、转子及绕组结构示意图；

图4是本发明实施例的主电机工作原理示意图；

图5是本发明实施例的传感模组与控制器结构示意图；

图6、图7、图8是本发明实施例的起动发电机工作状态切换流程图。

具体实施方式

[0021] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明的技术方案，并使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合实施例及实施例附图对本发明作进一步详细的说明。

[0022] 图2是本发明实施例的起动发电机整体结构示意图。所述起动发电机包括主电机1、功率变换器2、传感模组3、控制器4。

[0023] 主电机是由定子和转子共同组成的用于实现机械能和电能的双向转换的部件，其集成到混合动力汽车的燃油发动机的主轴，以上述单轴扭矩叠加的方式实现动力混合。在起动过程中，主电机向发动机输出转矩，而在发动机完成起到而达到预定转速以上后，主电机进入发电过程，产生输送至蓄电池的电能。功率变换器连接主电机的线圈绕组以及混合

动力汽车的蓄电池系统,当起动发电机作为动力输出设备时,功率变换器使用蓄电池系统提供的能量馈送到主电机,相反,当起动发电机进入到发电过程,功率变换器将主电机内产生的能量反馈至蓄电池系统。控制器通过对功率变换器当中开关部件的导通和断开状态进行调节,控制主电机分时工作于所述起动过程和发电过程,并且提供设备保护功能,控制器是起动发电机的中枢单元。控制器的功能实现需要依靠传感模组检测起动发电机运行的各类型状态参数,在状态参数的基础上执行相应的调节操作。

[0024] 主电机的结构如图3所示,包括具有定子101和转子102,二者均为凸极结构,可通过硅钢片叠压形成定子和转子的凸极。转子102非永磁体材料制作,并且不带有绕组。定子101包括多相绕组,其中每一相绕组由在定子101的径向相对的凸极之上的一对绕组线圈串联或者并联构成。定子101包含的相数多则能够减小转矩脉动,但是相数多也会使电路结构更为复杂并且增加功率变换器中的开并器件。因此,如图3所示,定子101采用六相12/10极结构,六相12/10极结构可以支持两相/三相混和起动,采用两相及两相以上的起动方式增大了起动发电机起动过程中的负载能力,因而具有更好的起动性能。

[0025] 主电机在起动过程的工作原理可参见图4加以解释。为了简明,图4以定子101的其中一相绕组为例,示出了该相绕组及相应的功率变换器电路结构。当图4中的B相绕组的径向轴线与转子极轴线重合时,闭合第一开关S1和第二开关S2,使定子A相绕组通电,从而由A相绕组提供磁通量。A相绕组生成的磁力线沿A相定子极-气隙-转子极-铁心-转子极-气隙-A相定子极的方向延伸构成回路。由于此时A相绕组的径向轴线与转子极的轴线不重合,转子将受到气隙中弯曲的磁力线的拉力转矩作用,这样使转子极向着A相绕组的径向轴线运动。当转子极轴线转至与A相绕组的径向轴线重合时,停止对A相绕组的供电,转而向C相绕组供电,继续驱动转子极向着C相绕组的径向轴线转动,直至转子极与C相绕组的径向轴线重合时,将供电切换至由B相绕组提供磁通量。如此以A-B-C-B-A的顺序控制各定子绕组的供电和切断,从而保持转子连续运行。

[0026] 在发电过程中,发动机提供的转矩驱动主电机的转子,随着转子位置的改变,各相绕组的电感也随之而改变;当一相绕组的径向轴线与转子的轴线重合时,该相绕组的电感为最小值,当绕组的径向轴线与转子的轴线呈45度角时,该相绕组的电达到最大值。可见,随着转子位置变化,一相绕组的电感处于上升和下降交替变化之中。当一相绕组的电感处于下降阶段时,将产生负转矩,此时处于发电状态,将克服负转矩的机械能转化为电能输出。此时控制功率变换器的开关接通该相绕组,使该相绕组输出相电流,从而向与起动发电机连接的蓄电池系统馈送电能。因此,在发电过程中,需要对功率变换器的开关接通和断开的阶段进行控制,保证开关接通阶段总体上处于绕组电感的下降期间内。

[0027] 可见,不论是起动过程还是发电过程中,都需要根据定子的各相绕组相对于转子轴线的角度,控制该相绕组在功率变换器中相对应的开关的打开和关断。下面将会介绍,由控制器通过传感模检测转子轴线的所述角度,当所述角度达到对应的开通角时,控制器打开功率变换器中相对应的开关,在开通角和关断角之间,控制器保持所述开关的导通;而随着转子运行,所述角度达到关断角时,控制器关断功率变换器中相对应的开关。

[0028] 功率变换器为每一相中的两个绕组各提供一个由主开关管和续流二极管构成的开关电路,如上文所介绍的,在起动过程和发电过程中都需要在适当的时刻针对每一相的绕组接通和断开所述主开关管。

[0029] 控制器通过对功率变换器中各个主开关管接通和断开的状态调节,实现以下几个方面的控制功能:首先,在起动发电机的起动过程和发电过程中,分时进行多种工作状态之间的切换;其次,在各工作状态下,实现对各相绕组的输入输出功率等运行状态的控制;第三,提供过压、过流、欠压等各种保护控制。控制器实现控制功能,首先需要传感模组提供表示起动发电机的运行状态的状态参数。下面将结合控制器与传感模组两部分内容进行详细说明。

[0030] 图5示出了起动发电机的传感模组与控制器结构示意图。通过传感模组中的位置感应模组301可以检测主电机当中定子的各相绕组相对于转子轴线的角度,从而供控制器判断各相是否达到所述开通角及关断角;所述位置感应模组可用光学位置传感开关,所述光学位置传感开关包括齿盘和光学感应器,所述传感器固定在主电机的机壳上,而所述齿盘与转子同轴安装,所述齿盘齿数与转子的凸极数相同。所述位置感应模块还可以采用相电感感应装置,与定子的各相绕组同绕地设置电感测试线圈,由于测试线圈的电感值受到转子产生的磁通量的影响,可以根据各线圈的电感值来检测转子位置。通过传感模组中的油门位置传感器302,可以提供油门位置信号,用于获得驾驶操作中的油门状态;通过传感模组的相电流传感器303,可检测主电机各相绕组的相电流信号;并且,通过蓄电池电压传感器304以及蓄电池电流传感器305,获得用于判断蓄电池的充放电状况以及防止过流、过压、欠压的蓄电池电流信号及蓄电池电压信号。所述控制器4包括:速度检测单元401,用于根据位置感应模组检测的转子位置判断主电机的转速;位置解算单元402,用于根据位置感应模组的检测结果解算转子的位置;油门检测单元403,用于根据油门位置传感器的信号确定当前驾驶操作下的油门状态;相电流检测单元404,用于根据相电流传感器提供的信号,确定主电机各相绕组的相电流状态;电压范围检测单元405根据蓄电池电压传感器的信号提取电压范围;控制单元406,根据检测结果生成向功率变换器输出的驱动信号,从而控制功率变换器中各相开关的开通和关断。

[0031] 起动发电机在从起动过程至发电过程的运行过程中,可视情况切入不同的工作状态,一般可分为初始起动状态、稳定助力状态以及发电状态,图6-图8是起动发电机状态切换流程图。不同的工作状态下要求控制器采用不同的控制策略和控制方法。控制器确定所切入工作状态依据的参量包括发动机转速、蓄电池系统状态以及油门状态。在起动过程中,转子使发动机的转速从零开始迅速提升,在转子达到预定的发动机怠速转速(一般800r/min)之前始终处于初始起动状态。控制器控制起动发电机在整个初始起动状态中均处于电动模式,作为对外输出转矩的起动机工作;当发动机的转速升至怠速以上时,控制器可以基于蓄电池系统状态以及驾驶操作状态参量,控制分别切入稳定助力状态或者是发电状态,在稳定助力状态中起动发电机处于电动模式,而在发电状态下起动发电机运行在发电模式,作为发电机向蓄电池系统提供能量。

[0032] 在初始起动状态、稳定助力状态以及发电状态三种工作状态下,控制器进而针对各相开关导通和关断的运行状态以及防止过压、过流、欠压进行控制。控制器在各种工作状态下可以控制的运行状态参量包括上面所述的开通角和关断角,以及电流斩波阈值。

[0033] 在初始起动状态下,由于转子转速很低,反电动势基本为零,各相绕组的电流上升仅受到绕阻自身电阻和自感的限制,呈现相电流过大的趋势。因此需要控制相电流不超过阈值上限,从而避免起动过程中过大的冲击转矩。此时控制器采用电流斩波控制方式调节

相电流。在电流斩波控制方式中,在转子位置处于开通角和关断角之间时,控制器使功率变换器中的开关导通,从而相电流上升至电流斩波限附近,在相电流大于或等于电流斩波限,则关断所述功率变换器中的开关,使相电流下降,直至相电流低于电流斩波限后再重新打开该开关。这样使相电流保持在所述电流斩波限附近。

[0034] 当起动发电机的转速超过发动机怠速转速后,则控制器根据蓄电池系统状态以及驾驶操作状态参量,分时在稳定助力状态和发电状态下切换。其中,根据检测的蓄电池电压大小,判断其处于允许助力范围还是允许发电范围。当处于允许助力范围内时,此时蓄电池的能量储存允许起动发电机为发动力提供助力转矩输出,此时根据油门状态,判断是否处于油门到底;在处于油门到底的状态下,则控制器控制起动发电机处于电动模式,从而提供助力,而未处于油门到底状态时,起动发电机进入停机等待模式。相反,当蓄电池处于允许发电范围,则根据油门状态,在油门未到底时控制起动发电机进入发电模式,而在油门到底时,为了保证发动机的动力输出,控制起动发电机处于停机等待模式。

[0035] 在稳定助力状态下,控制器根据转子的转速是否超过控制方式切换阈值,在电流斩波控制方式和角度位置控制方式之间执行切换。当转子的转速低于电动控制方式切换阈值时,为了避免产生过高的相电流而造成电路损坏,仍然采用上面介绍的电流斩波控制方式控制功率变换器中的开关导通和闭合,从而将相电流大小保持在一个预定的安全值范围内。而随着转子的转速提高至高于电动控制方式切换阈值后,由于相电流周期缩短和运动电动势的加大,相电流峰值下降,不再需要执行电流斩波控制方式,而是需要增大有效的相电流以便提高电动模式下的出力,故转而采用角度控制方式。角度控制方式下,控制器调整所述开通角和关断角实现对绕组相电流大小的控制,进而控制输出功率。通过将所述开通角提前,延长了开通周期,从而增大相电流的峰值,从而提高了相电流的有效值。而对于关断角来说,随着关断角的增加,会影响进入电感下降区的电流大小,在电感下降区相电流的变化率为负,会产生负转矩,降低系统出力。为了确定最优化的开通角和关断角,控制器预先设定转速、蓄电池电压以及开通角、关断角角度的映射值对,根据检测到的当前转速和蓄电池电压,查询所述映射值对确定当前采用的开通角、关断角角度,并应用所确定的开通角、关断角控制功率变换器中开关的导通和断开。

[0036] 发电模式下,由于存在发动机输入转速范围宽以及负载变化明显的物点,本发明同样采用了分段切换的控制方式。在发动机转速低于发电控制方式切换阈值时,可采用电流斩波与角度控制复合控制方式。其中电流斩波控制能够在保证功率变换器充分、可靠工作的同时,减少相电流的冲击作用,而角度控制能够调节相电流和输出电压。电流斩波与角度控制复合控制方式根据转速、输出电压与开通角、关断角的映射值对,选取优化的开通角和关断角区间,并且使用励磁斩波阈值控制励磁电流的大小,使得励磁电流不超过可承受的预定范围,从而达到控制发电输出的目标。而当发动机输入转速高于或等于发电控制方式切换阈值之后,由于转速的升高,运动电势的影响逐渐明显,并且励磁时间缩短,导致励磁电流的峰值达不到斩波限,因此为了保证发电功率的稳定,控制器转而切换为角度位置控制模式,通过调节开通角和关断角的大小来调节输出功率。在发电过程中,在特定的输出功率之下,关断角的最优化值与转速变化的关系不明显,因而在角度位置控制模式当中可以根据输出功率选取并保持一特定的固定最优化关断角。而开通角与输出功率呈现比较好的线性关系,因此控制器在确定最优化关断角之后,可以根据转速以及输出功率查询映

射值对而实时调节最优化的开通角,控制器根据固定的最优化关断角和实时调节的最优化开通角来控制功率变换器中各相开关。

[0037] 可见,本发明取代现有永磁体同步起动发电机,采用了非永磁体和无绕组的转子结构以及多相绕组的定子结构,基于控制器对各相绕组的同步精确开关控制实现具有电动模式和发电模式的起动发电机,可实现初始起动、稳定助力状态以及发电等多种工作状态。由于取代了不可控的永磁体转子,而采用了电动模式和发电模式均全程分段可调节的绕组控制技术,能够有效控制两种工作模式下的输出功率,有效解决了现有技术当中起动过程和发电过程功率不匹配的难题,并且,本发明针对起动发电机不同状态下的转速、蓄电池电流及电压、油门位置等运行参数,设置了多状态下的分时复合控制策略和控制方式,使系统的效率达到最优化,并且通过映射机制解决了控制过程中的非线性问题。通过本发明实现的混合动力汽车起动发电机改进结构,具有多方面的优点,表现为:转子不附加绕组和永磁体,机械结构简单,易于加工制造;定子各相绕组在物理上和电磁上彼此隔离,降低了相间故障的概率,具有更高的容错能力;由于定子的绕组直接连接功率变换器,起动发电机不需要附加过多的外围电路即可以实现双向能量传输;能够达到较大的起动转矩,并且在低速运行和高速运行条件下通过复合的控制方式均可以达到理想性能。通过本发明的结构所实现的起动发电机集成度高,实现精密控制,体积和重量较小,具备广阔的应用前景。

[0038] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,本发明还可以应用在其它设备中;以上描述中的尺寸和数量均仅为参考性的,本领域技术人员可根据实际需要选择适当的应用尺寸,而不脱离本发明的范围。本发明的保护范围并不局限于此,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,可轻易想到的变化或替换,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该以权利要求所界定的保护范围为准。

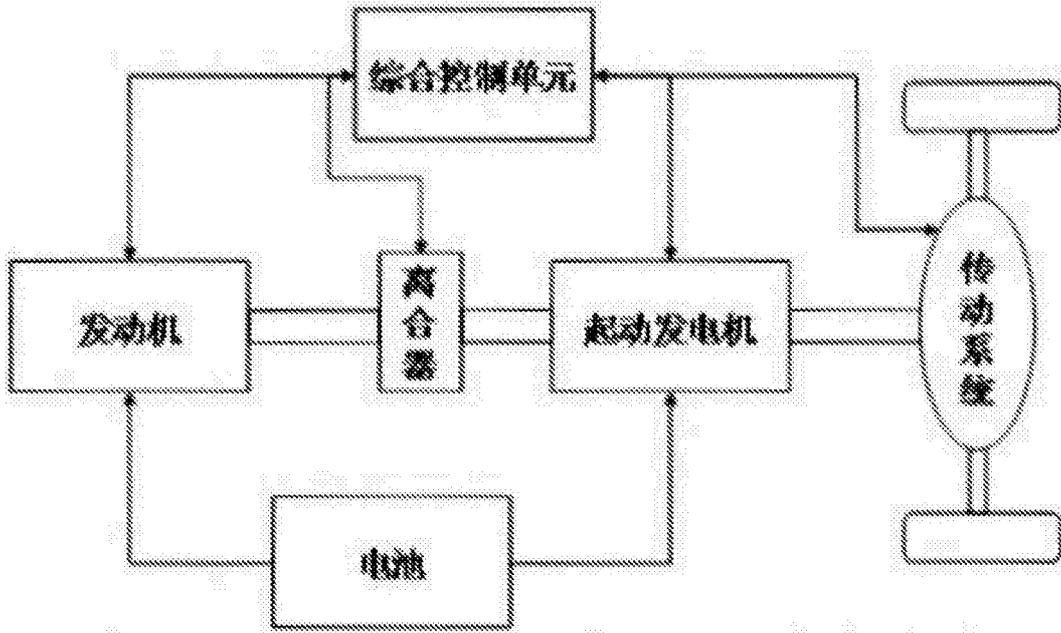


图1

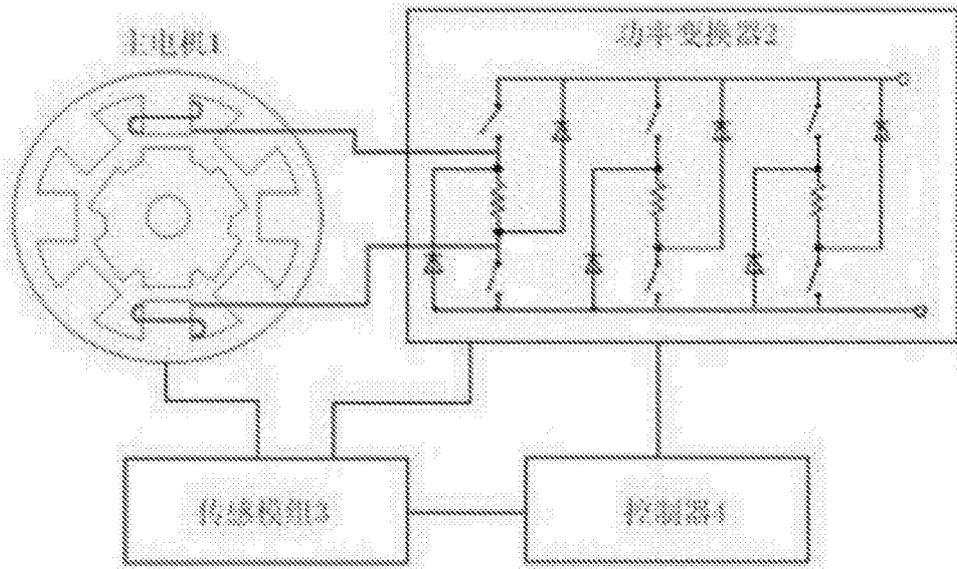


图2

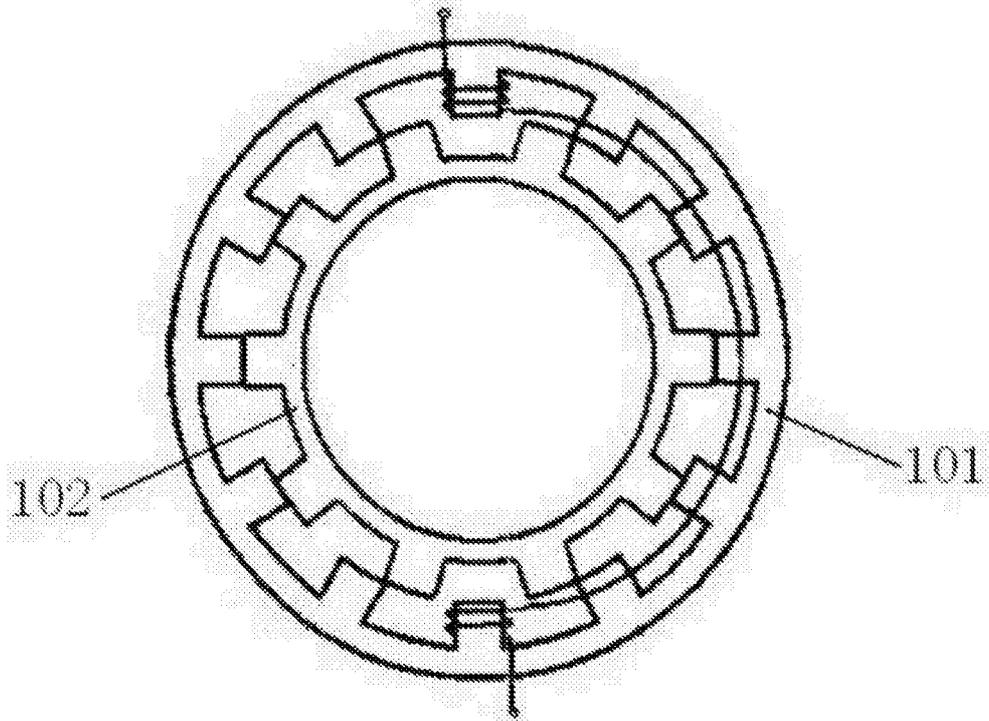


图3

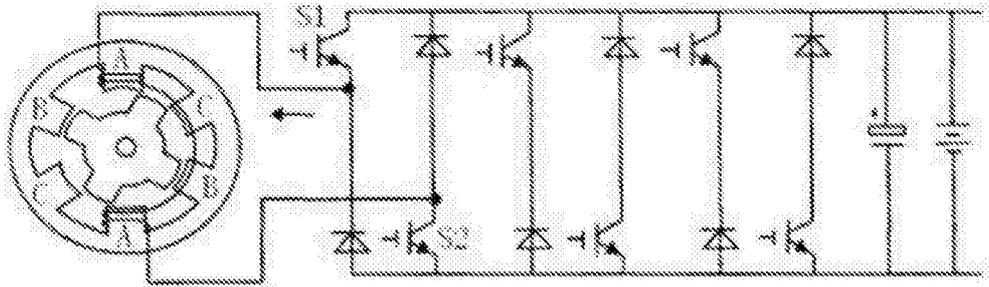


图4

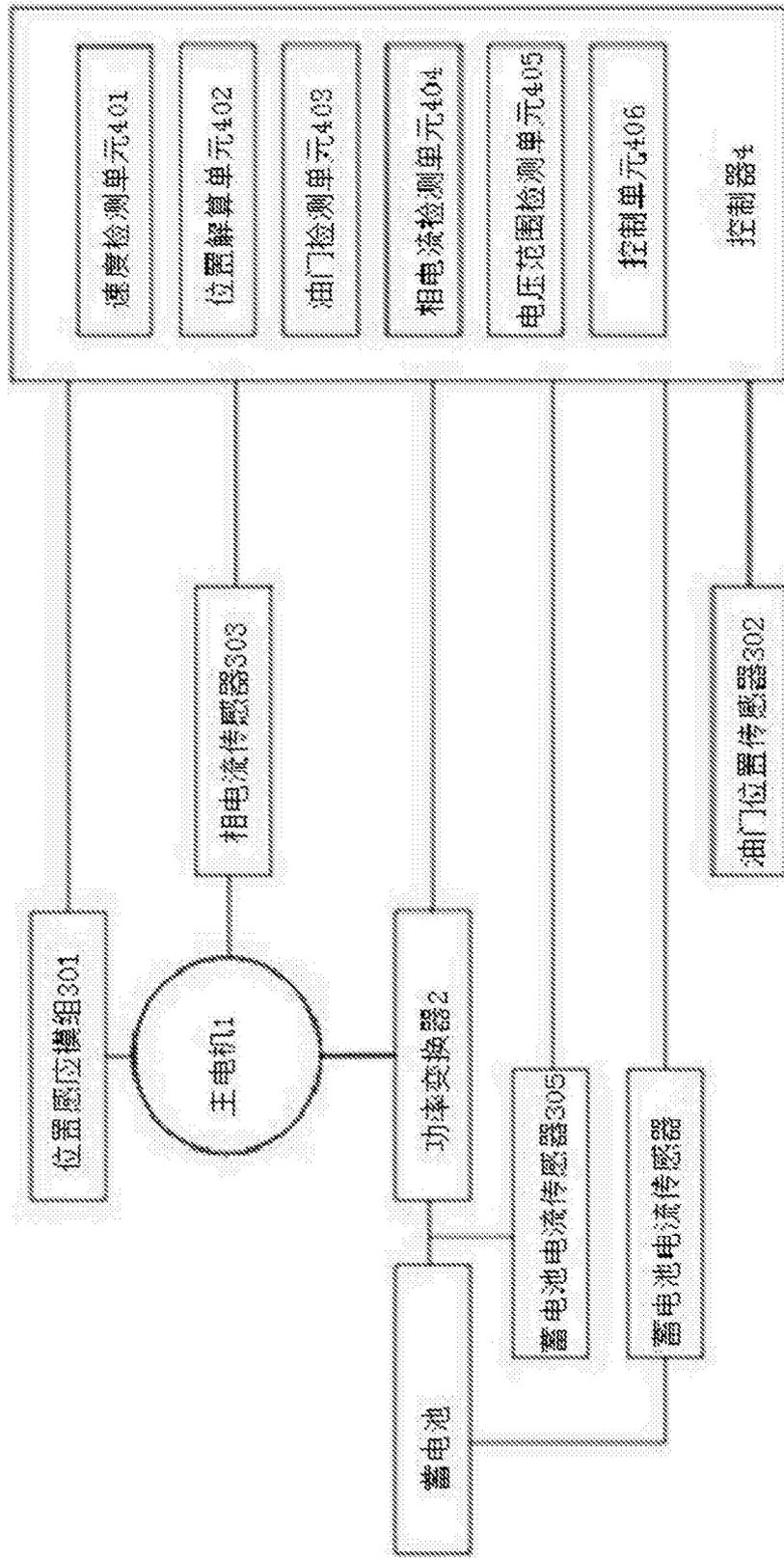


图5

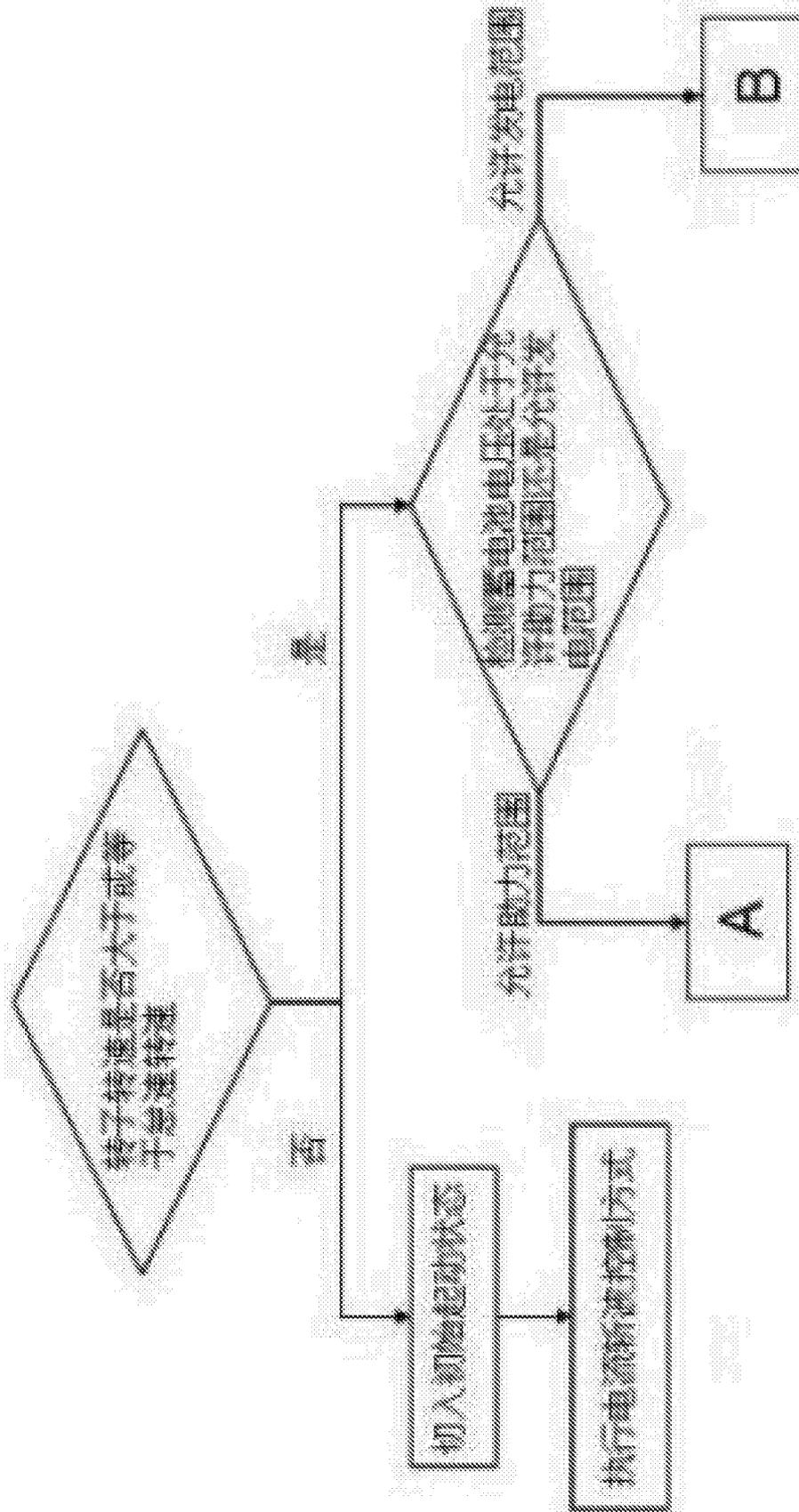


图6

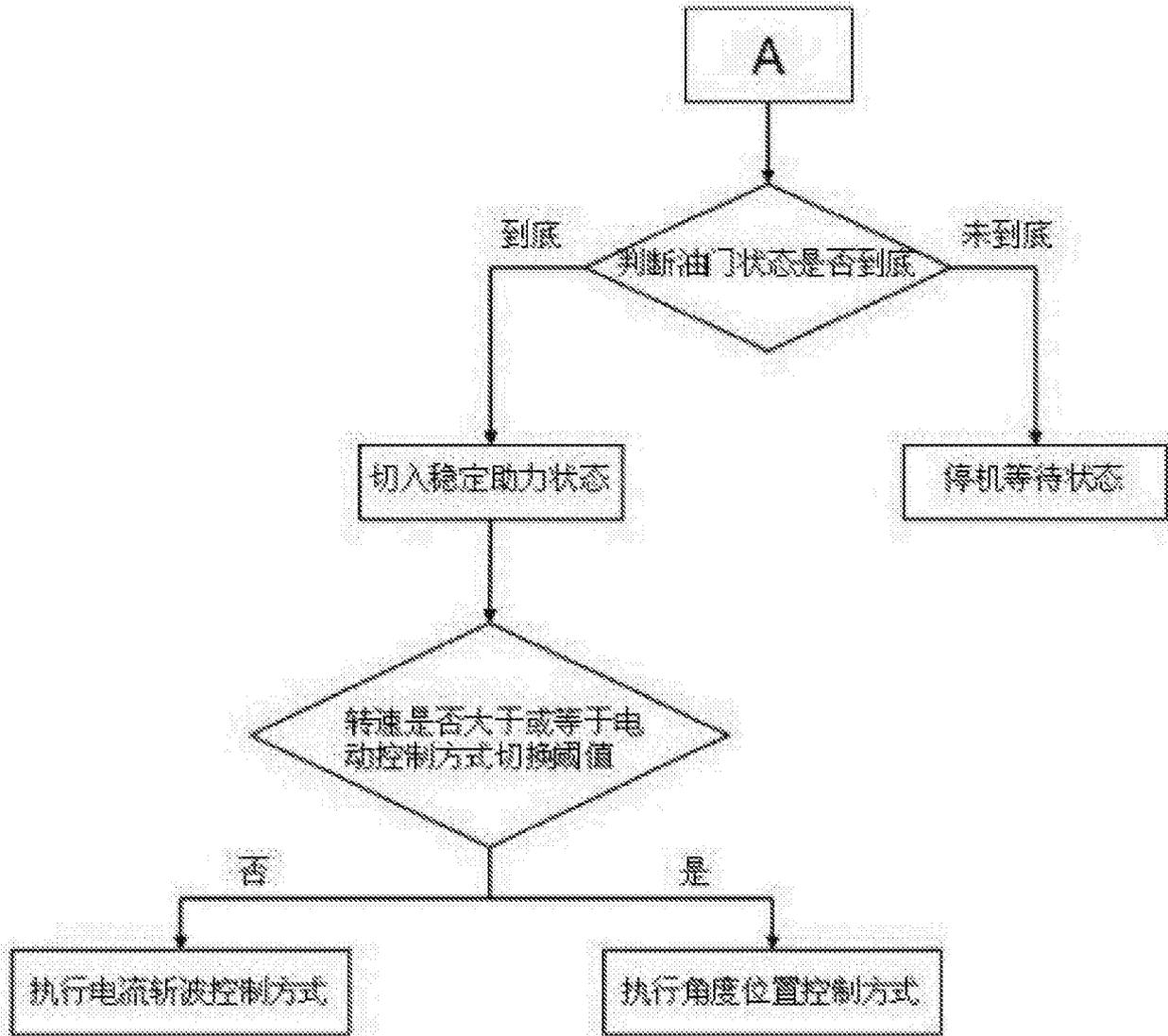


图7

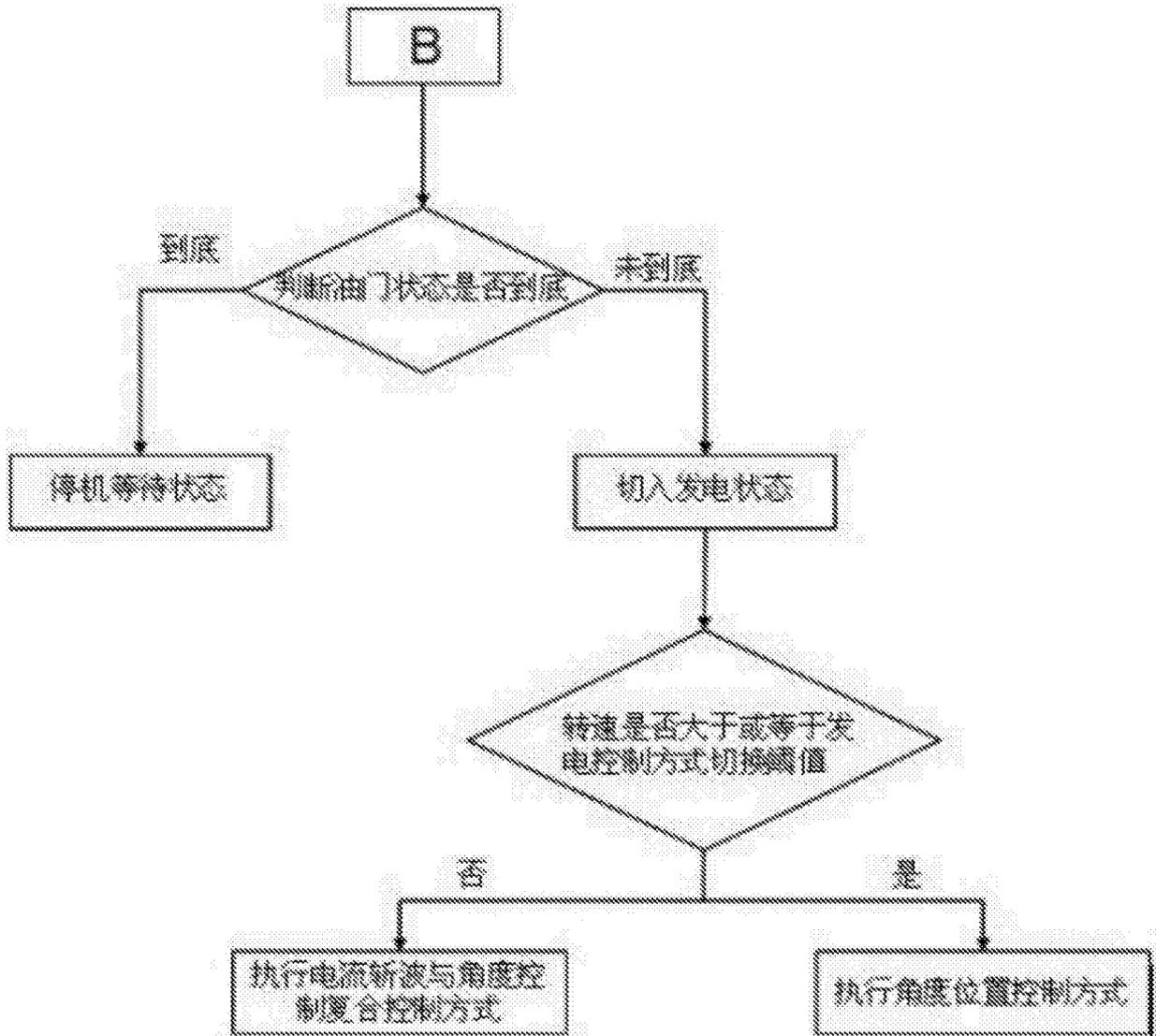


图8