



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112977094 B

(45) 授权公告日 2021.09.03

(21) 申请号 202110455207.8

(22) 申请日 2021.04.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112977094 A

(43) 申请公布日 2021.06.18

(73) 专利权人 比亚迪股份有限公司
地址 518118 广东省深圳市坪山区比亚迪路3009号

(72) 发明人 廉玉波 凌和平 潘华 张宇昕
谢朝

(51) Int. Cl.
B60L 15/20 (2006.01)

审查员 段丽丽

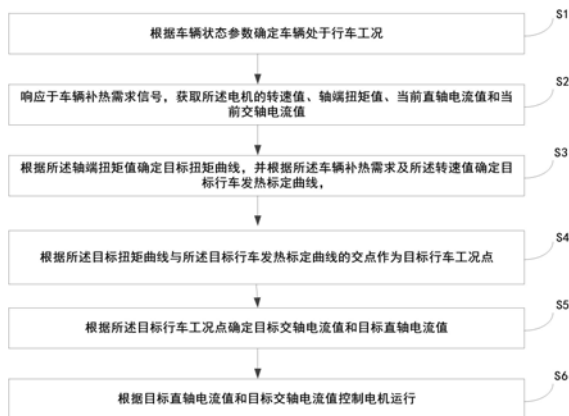
权利要求书3页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

电驱动系统控制方法、电驱动系统及车辆

(57) 摘要

本发明公开了一种电驱动系统控制方法、电驱动系统及车辆,方法包括:根据车辆状态参数确定车辆处于行车工况;响应于车辆补热需求信号,获取电机的转速值、轴端扭矩值、当前直轴电流值和当前交轴电流值;根据轴端扭矩值确定目标扭矩曲线,并根据所述车辆补热需求及所述转速值确定目标行车发热标定曲线;根据目标扭矩曲线与目标行车发热标定曲线的交点作为目标行车工况点;根据目标行车工况点确定目标交轴电流值和目标直轴电流值,其中,目标交轴电流值和目标直轴电流值的合成电流矢量幅值大于当前交轴电流值和当前直轴电流值的合成电流矢量幅值;根据目标直轴电流值和目标交轴电流值控制电机运行。



1. 一种电驱动系统控制方法,其特征在于,所述电驱动系统控制方法应用于车辆的电驱动系统,所述电驱动系统包括电机和电机控制器,方法包括:

根据车辆状态参数确定车辆处于行车工况;

响应于车辆补热需求信号,获取所述电机的转速值、轴端扭矩值、当前直轴电流值和当前交轴电流值;

根据所述轴端扭矩值确定目标扭矩曲线,并根据车辆补热需求及所述转速值确定目标行车发热标定曲线,其中,所述目标扭矩曲线为以所述电机的直轴电流值及所述电机的交轴电流值表征轴端扭矩值的曲线,所述目标行车发热标定曲线为以所述电机的直轴电流值及所述电机的交轴电流值表征电驱动系统发热量的曲线;

将所述目标扭矩曲线与所述目标行车发热标定曲线的交点作为目标行车工况点;

根据所述目标行车工况点确定目标交轴电流值和目标直轴电流值,其中,所述目标交轴电流值和所述目标直轴电流值的合成电流矢量幅值大于所述当前交轴电流值和所述当前直轴电流值的合成电流矢量幅值;

根据所述目标直轴电流值和所述目标交轴电流值控制所述电机运行。

2. 根据权利要求1所述的电驱动系统控制方法,其特征在于,所述目标行车发热标定曲线对应的电驱动系统发热量等于车辆补热需求量,所述根据所述目标行车工况点确定目标交轴电流值和目标直轴电流值包括:

所述目标交轴电流值和所述目标直轴电流值为与所述目标行车工况点对应的交轴电流值和直轴电流值。

3. 根据权利要求1所述的电驱动系统控制方法,其特征在于,所述目标行车发热标定曲线对应的电驱动系统发热量小于车辆补热需求量,

所述根据所述目标行车工况点确定目标交轴电流值和目标直轴电流值包括:

获取与所述目标行车工况点对应的基点直轴电流值;

根据所述目标行车发热标定曲线对应的电驱动系统发热量与车辆补热需求量的差值确定预设变化频率以及电流调节幅值;

控制基点直轴电流值以预设变化频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值;

根据所述目标直轴电流值和所述电机的轴端扭矩值获得目标交轴电流值。

4. 根据权利要求3所述的电驱动系统控制方法,其特征在于,控制基点直轴电流值以预设变化频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值包括:

根据所述基点直轴电流值获得第一直轴电流值和第二直轴电流值,所述目标直轴电流值以所述基点直轴电流值为基准值,所述第一直轴电流值为波峰,所述第二直轴电流值为波谷,并按照预设变化频率周期性变化,其中,所述第一直轴电流值为所述基点直轴电流值与所述电流调节幅值的和值,所述第二直轴电流值为所述基点直轴电流值与所述电流调节幅值的差值。

5. 根据权利要求3所述的电驱动系统控制方法,其特征在于,所述根据所述目标行车发热标定曲线对应的电驱动系统发热量与车辆补热需求量的差值确定预设变化频率以及电流调节幅值包括:

当所述差值越大时,所述电流调节幅值越大。

6. 根据权利要求1所述的电驱动系统控制方法,其特征在于,所述根据车辆补热需求及

所述转速值确定目标行车发热标定曲线包括：

根据车辆补热需求获得目标行车发热标定曲线组，以及根据所述转速值从所述目标行车发热标定曲线组中确定出目标行车发热标定曲线。

7. 根据权利要求6所述的电驱动系统控制方法，其特征在于，根据车辆补热需求获得目标行车发热标定曲线组，以及根据所述转速值从所述目标行车发热标定曲线组中确定出目标行车发热标定曲线，包括：

根据所述车辆补热需求获得第一行车发热标定曲线和第二行车发热标定曲线，所述第一行车发热标定曲线及所述第二行车发热标定曲线组成所述目标行车发热标定曲线组；

所述转速值大于转速阈值，确定所述第一行车发热标定曲线为所述目标行车发热标定曲线，其中，所述第一行车发热标定曲线上，直轴电流值小于零，交轴电流值大于零；

所述转速值小于或等于所述转速阈值，确定所述第二行车发热标定曲线为所述目标行车发热标定曲线，其中，所述第二行车发热标定曲线上直轴电流值大于零，交轴电流值大于零。

8. 根据权利要求1-7任一项所述的电驱动系统控制方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述电机控制器包括功率开关器件，当所述目标直轴电流值大于限值时，所述功率开关器件的载频在预定范围内波动。

9. 根据权利要求1所述的电驱动系统控制方法，其特征在于，所述方法还包括：

根据所述车辆状态参数确定车辆处于驻车工况；

响应于车辆补热需求信号，根据车辆补热需求量确定驻车发热曲线上的目标驻车工况点，其中，所述目标驻车工况点对应的直轴电流值大于零且对应的交轴电流值大于或等于第一电流阈值且小于第二电流阈值。

10. 根据权利要求1所述的电驱动系统控制方法，其特征在于，获取电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值，包括：

获取电机的三相电流值及位置值；

根据所述三相电流值和所述位置值进行Clark变换以将所述三相电流值转换为两相静止电流值；

通过Park变换将所述两相静止电流值转换为两相旋转电流值，其中，所述两相旋转电流值包括所述当前交轴电流值和所述当前直轴电流值。

11. 一种电驱动系统，其特征在于，包括：

电机和电机控制器；

电流传感器，用于采集所述电机的三相电流值；

位置传感器，用于采集所述电机的位置值；

处理器，所述电流传感器、所述位置传感器及所述电机控制器均与所述处理器连接，所述处理器用于执行权利要求1-10任一项所述的电驱动系统控制方法。

12. 一种车辆，其特征在于，包括：

加热需求系统和整车控制器，所述整车控制器用于在确定所述加热需求系统有补热需求时发送车辆补热需求信号；及

权利要求11所述的电驱动系统，所述电驱动系统与所述整车控制器连接，所述电驱动

系统与所述加热需求系统形成导热回路。

电驱动系统控制方法、电驱动系统及车辆

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆技术领域,尤其是涉及一种电驱动系统控制方法、电驱动系统和车辆。

背景技术

[0002] 相关技术中,有关采用电驱动系统来提升加热效果的方案,对于电机余热热量大小不可控,若在环境温度非常低的工况下,存在电机余热利用效果差的情况,或者,主要应用在车辆静止状态,应用场合受限。

发明内容

[0003] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本发明的一个目的在于提出一种电驱动系统控制方法,该控制方法可以实现对电机余热热量大小控制以及可以应用行车状态。

[0004] 本发明的第二个目的在于提出一种电驱动系统。

[0005] 本发明的第三个目的在于提出一种车辆。

[0006] 为了达到上述目的,本发明第一方面实施例的电驱动系统控制方法,其中,所述电驱动系统控制方法应用于车辆的电驱动系统,所述电驱动系统包括电机和电机控制器,方法包括:

[0007] 根据车辆状态参数确定车辆处于行车工况;

[0008] 响应于车辆补热需求信号,获取所述电机的转速值、轴端扭矩值、当前直轴电流值和当前交轴电流值;

[0009] 根据所述轴端扭矩值确定目标扭矩曲线,并根据所述车辆补热需求及所述转速值确定目标行车发热标定曲线,其中,所述目标扭矩曲线为以所述电机的直轴电流值与所述电机的交轴电流值表征轴端扭矩值的曲线,所述目标行车发热标定曲线为以所述电机的直轴电流值与所述电机的交轴电流值表征电驱动系统发热量的曲线;

[0010] 确定所述目标扭矩曲线与所述目标行车发热标定曲线的交点以作为目标行车工况点;

[0011] 根据所述目标行车工况点确定目标交轴电流值和目标直轴电流值,其中,所述目标交轴电流值和所述目标直轴电流值的合成电流矢量幅值大于所述当前交轴电流值和所述当前直轴电流值的合成电流矢量幅值;

[0012] 根据所述目标直轴电流值和所述目标交轴电流值控制所述电机运行。

[0013] 根据本发明实施例的电驱动系统控制方法,在车辆处于行车工况时,根据电机的轴端扭矩值确定目标扭矩曲线,并根据所述车辆补热需求及所述转速值确定目标行车发热标定曲线,确定目标扭矩曲线与目标行车发热标定曲线的交点以作为目标行车工况点,根据目标行车工况点确定目标交轴电流值和目标直轴电流值,根据目标直轴电流值和目标交轴电流值控制电机运行,实现行车工况下动态调节电驱动系统的发热量,并且根据电机转

速限定目标发热标定曲线,可以满足不同转速工况范围内的驾乘感受,应用范围广泛,并且,本发明实施例的控制方法无需更改电驱动系统硬件拓扑即可实现,易于推广,成本低。

[0014] 在一些实施例中,所述目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量等于车辆补热需求量,所述根据所述目标行车工况点获得目标交轴电流值和目标直轴电流值包括:

[0015] 所述目标交轴电流值和所述目标直轴电流值为与所述目标行车工况点对应的交轴电流值和直轴电流值。

[0016] 在一些实施例中,所述目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量小于车辆补热需求量,

[0017] 所述根据所述目标行车工况点获得目标直轴电流值和目标交轴电流值包括:

[0018] 获取与所述目标行车工况点对应的基点直轴电流值;

[0019] 根据所述目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量与车辆补热需求量的差值确定预设变化频率以及电流调节幅值;

[0020] 控制基点直轴电流值以预设变化频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值;

[0021] 根据所述目标直轴电流值和所述电机轴端扭矩获得目标交轴电流值。

[0022] 在一些实施例中,控制基点直轴电流值以预设变化频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值包括:

[0023] 根据所述基点直轴电流值获得第一直轴电流值和第二直轴电流值,所述目标直轴电流值以所述基点直轴电流值为基准值,所述第一直轴电流值为波峰,所述第二直轴电流值为波谷,并按照预设变换频率周期性变化,其中,所述第一直轴电流值为所述基点直轴电流值与所述电流调节幅值的和值,所述第二直轴电流值为所述基点直轴电流值与所述电流调节幅值的差值。

[0024] 在一些实施例中,所述根据所述目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量与车辆补热需求量的差值确定预设变化频率以及电流调节幅值包括:

[0025] 当所述差值越大时,所述电流调节幅值越大。

[0026] 在一些实施例中,所述根据车辆补热需求及转速值确定目标行车发热标定曲线包括:

[0027] 根据车辆补热需求获得目标行车发热标定曲线组,以及根据所述转速值从所述目标行车发热标定曲线组中确定出目标行车发热标定曲线。

[0028] 在一些实施例中,所述根据发热需求及转速值确定目标行车发热标定曲线包括:

[0029] 根据发热需求获得目标行车发热标定曲线组,以及根据所述转速值从所述目标行车发热标定曲线组中确定出目标行车发热标定曲线。

[0030] 在一些实施例中,根据车辆补热需求获得目标行车发热标定曲线组,以及根据所述转速值从所述目标行车发热标定曲线组中确定出目标行车发热标定曲线,包括:

[0031] 根据所述车辆补热需求获得第一行车发热标定曲线和第二行车发热标定曲线,所述第一行车发热标定曲线及所述第二行车发热标定曲线组成所述目标行车发热标定曲线组;

[0032] 所述转速值大于转速阈值,确定所述第一行车发热标定曲线为所述目标行车发热标定曲线,其中,所述第一行车发热标定曲线上,直轴电流值小于零,交轴电流值大于零;

[0033] 所述转速值小于或等于所述转速阈值,确定所述第二行车发热标定曲线为所述目标行车发热标定曲线,其中,所述第二行车发热标定曲线上直轴电流值大于零,交轴电流值大于零。

[0034] 在一些实施例中,所述方法还包括:所述电机控制器包括功率开关器件,当所述目标直轴电流值大于限值时,所述功率开关器件的载频在预定范围内波动。

[0035] 在一些实施例中,所述方法还包括:

[0036] 根据所述车辆状态参数确定车辆处于驻车工况;

[0037] 响应于车辆补热需求信号,根据车辆补热需求量确定驻车发热曲线上的目标驻车工况点,其中,所述目标驻车工况点对应的直轴电流值大于零且对应的交轴电流值大于或等于第一电流阈值且小于第二电流阈值。

[0038] 在一些实施例中,获取电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值,包括:

[0039] 获取电机的三相电流值及位置值;

[0040] 根据所述三相电流值和所述位置值进行Clark变换以将所述三相电流值转换为两相静止电流值;

[0041] 通过Park变换将所述两相静止电流值转换为两相旋转电流值,其中,所述两相旋转电流值包括所述当前交轴电流值和所述当前直轴电流值。

[0042] 为了达到上述目的,本发明第二方面实施例的电驱动系统,包括:电机和电机控制器;电流传感器,用于采集所述电机的三相电流值;位置传感器,用于采集所述电机的位置值;处理器,所述电流传感器、所述位置传感器及所述电机控制器均与所述处理器连接,所述处理器用于执行所述的电驱动系统控制方法。

[0043] 根据本发明实施例的电驱动系统,在车辆处于行车工况时,通过处理器执行上面实施例的电驱动系统控制方法,根据电机的轴端扭矩值确定目标扭矩曲线,并根据所述车辆补热需求及所述转速值确定目标行车发热标定曲线,确定目标扭矩曲线与目标行车发热标定曲线的交点以作为目标行车工况点,根据目标行车工况点确定目标交轴电流值和目标直轴电流值,根据目标直轴电流值和目标交轴电流值控制电机运行,实现行车工况下动态调节电驱动系统的发热量,并且根据电机转速限定目标发热标定曲线,可以满足不同转速工况范围内的驾乘感受,应用范围广泛,并且,本发明实施例的控制方法无需更改电驱动系统硬件拓扑即可实现,易于推广,成本低。

[0044] 为了达到上述目的,本发明第三方面实施例的车辆,包括:加热需求系统和整车控制器,所述整车控制器用于在确定所述加热需求系统有补热需求时发送车辆补热需求信号;上述的电驱动系统,所述电驱动系统与所述整车控制器连接,所述电驱动系统与所述加热需求系统形成导热回路。

[0045] 根据本发明实施例的车辆,通过采用上面实施例的电驱动系统,可以实现行车工况下动态调节电驱动系统的发热量,并且根据电机转速限定目标发热标定曲线,可以满足不同转速工况范围内的驾乘感受,应用范围广泛,并且,本发明实施例的控制方法无需更改电驱动系统硬件拓扑即可实现,易于推广,成本低。

[0046] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0047] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0048] 图1是根据本发明的一个实施例的电驱动系统控制方法的流程图;

[0049] 图2是根据本发明的一个实施例的电机交直流组合控制的示意图;

[0050] 图3是根据本发明的另一个实施例的电机交直流组合控制的示意图;

[0051] 图4是图3所示的实施例对应的直轴电流值的变化图;

[0052] 图5是根据本发明的一个实施例的电驱动系统控制拓扑图;

[0053] 图6是根据本发明的一个实施例的电驱动系统控制方法的流程图;

[0054] 图7是根据本发明的一个实施例的电机定转子磁场简要示意图;

[0055] 图8是根据本发明的一个实施例的功率器件的载频随时间的变化图;

[0056] 图9是根据本发明的一个实施例的电驱动系统的加热回路的示意图;

[0057] 图10是根据本发明的一个实施例的电驱动系统的框图;

[0058] 图11是根据本发明的一个实施例的车辆的框图。

具体实施方式

[0059] 下面详细描述本发明的实施例,参考附图描述的实施例是示例性的,下面详细描述本发明的实施例。

[0060] 为了解决电驱动系统余热加热量不可控或主要应用于车辆静止状态下的问题,本发明第一方面实施例提出一种电驱动系统控制方法,该控制方法可以在满足车辆正常行驶的前提下,动态可调电驱动系统的发热量,快速升温车辆的升温需求系统例如乘员舱温度、动力电池及其他整车零部件,并且本发明实施例的控制方法,无需更改通用的电驱动系统硬件拓扑即可实现,易于推广实现。

[0061] 下面参考图1-图6描述根据本发明的电驱动系统控制方法。

[0062] 图1是根据本发明的一个实施例的电驱动系统控制方法的流程图,如图1所示,本发明实施例的控制方法至少包括以下步骤S1-S6。

[0063] S1,根据车辆状态参数确定车辆处于行车工况。

[0064] 在一些实施例中,车辆状态参数可以包括车辆档位、油门信息、方向盘信息等整车信息,整车控制器基于整车信息确定车辆运行工况例如行车工况或驻车工况等。

[0065] 整车在未进入电驱动系统发热调节时,整车运行在能耗标定曲线P1的工况点A,不同的工况点对应不同的直轴电流值和交轴电流值的组合。

[0066] 其中,能耗标定曲线为以电机的直轴电流值及电机的交轴电流值表征能耗的最优曲线,如图2所示,其中,横坐标为电机的直轴电流,纵坐标为电机的交轴电流值,P1为输出同等扭矩时能耗最低的点的集合。

[0067] S2,响应于车辆补热需求信号,获取电机的转速值、轴端扭矩值、当前直轴电流值和当前交轴电流值。

[0068] 具体地,整车控制器根据车辆的加热需求系统例如电池系统、空调系统、乘员舱等的情况确定有车辆补热需求时,则发送车辆补热需求信号至电驱动系统,电机控制器获取电机的转速值、轴端扭矩值、当前直轴电流值和当前交轴电流值。其中,可以通过转速传感

器检测电机的转速值、通过扭矩传感器直接检测轴端扭矩值或者基于整车需求扭矩分配至电机的扭矩情况来获得轴端扭矩值,以及可以通过电流传感器采集电机的三相电流值,以及通过位置传感器采集电机的位置值,然后再根据三相电流值和位置值得电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值。

[0069] 其中,电机的三相电流值和位置值对应时空坐标系采集,可以通过坐标系坐标变换来获得对应的直轴电流值和交轴电流值。

[0070] 在一些实施例中,根据三相电流值和位置值进行Clark变换以将三相电流值转换为两相静止电流值;通过Park变换将两相静止电流值转换为两相旋转电流值,其中,两相旋转电流值包括当前交轴电流值和当前直轴电流值。

[0071] S3,根据轴端扭矩值确定目标扭矩曲线,并根据车辆补热需求及转速值确定目标行车发热标定曲线。

[0072] 其中,目标扭矩曲线为以电机的直轴电流值及电机的交轴电流值表征轴端扭矩值的曲线,行车发热标定曲线为以电机的直轴电流值及电机的交轴电流值表征电驱动系统发热量的曲线。

[0073] 具体地,如图2所示,曲线C1、C2和C3均为扭矩曲线,即同一曲线上任一点的交直轴电流组合均可以输出相同的电机轴端扭矩,不同扭矩曲线代表不同的电机轴端扭矩值,曲线越靠近零点的数值越小,远离零点的数值越大,例如图2中扭矩曲线C1对应的电机轴端扭矩值>扭矩曲线C2对应的电机轴端扭矩值>扭矩曲线C3对应的电机轴端扭矩值。扭矩曲线可以事先标定并保存,因而,在进行电驱动系统调节时,可以基于电机的轴端扭矩值确定电机运行于哪条扭矩曲线即目标扭矩曲线。

[0074] 在实施例中,在根据车辆补热需求及转速值确定目标行车发热标定曲线时,根据车辆补热需求获得目标行车发热标定曲线组,以及根据转速值从目标行车发热标定曲线组中确定出目标行车发热标定曲线。

[0075] 在本发明实施例中,标定出多个行车发热曲线并进行预存,在行车工况下,不同的电驱动系统发热量对应不同的行车标定曲线组,根据不同的转速值选取不同的行车发热标定曲线,以满足不同转速例如高速或低速工况范围的驾乘感受。

[0076] 例如,在一些实施例中,设定转速阈值以限定高速和低速工况下对应的不同的行车发热曲线。如图2所示,M1为第一行车发热标定曲线,M2为第二行车发热标定曲线,第一行车发热标定曲线及第二行车发热标定曲线组成行车发热标定曲线组,行车发热标定曲线可在台架或整车进行标定获取。M1和M2为某一电驱动系统发热量对应的行车发热标定曲线组,实际上应该存在多组类似M1和M2组成的行车发热标定曲线组,其中行车发热标定曲线组中的两条行车发热标定曲线对应的电驱动系统发热量相同。其中,当转速值大于转速阈值时确定车辆处于高速工况,则确定第一行车发热标定曲线M1为目标行车发热标定曲线,其中,第一行车发热标定曲线M1上的直轴电流值小于零,第一行车发热标定曲线M1的交轴电流值大于零;当转速值小于或等于转速阈值时确定车辆处于低速工况,则确定第二行车发热标定曲线M2为目标行车发热标定曲线,其中,第二行车发热标定曲线M2上的直轴电流值大于零,第二行车发热标定曲线M2上的交轴电流值大于零。

[0077] S4,根据目标扭矩曲线与目标行车发热标定曲线的交点作为目标行车工况点。

[0078] 如图2所示,行车工况时,在电驱动系统处于非加热状态时,车辆行驶在能耗标定

曲线P1的某个工况点例如图2中的工况点A,当车辆有补热需求时,为了保证车辆运行平稳,则保持电机输出的轴端扭矩值保持不变,目标扭矩曲线与目标行车发热标定曲线的交点即为既可以保持电机当前轴端扭矩又可以满足车辆补热需求的工况点,例如工况点B或F,进入电驱动系统加热,控制电机从工况点A沿目标扭矩曲线向交点B或F运行,即进入步骤S5。

[0079] 在其他实施例中,在当前电驱动系统处于加热状态时,车辆行驶在偏离能耗标定曲线的一点,该方法同样适用,当前直轴电流值和交轴电流值可以由电机三相电流值和位置值确定。

[0080] S5,根据目标行车工况点确定目标交轴电流值和目标直轴电流值。

[0081] 其中,目标交轴电流值和目标直轴电流值的合成电流矢量幅值大于当前交轴电流值和当前直轴电流值的合成电流矢量幅值,即进入电驱动系统加热,增大电机的合成电流矢量幅值,提升了电驱动系统的发热量。

[0082] 其中,在一些实施例中,车辆补热需求量等于电驱动系统量,也就是说,车辆补热需求全部由电驱动系统的发热来完成,如图2所示,目标交轴电流值和目标直轴电流值为与目标行车工况点对应的交轴电流值和直轴电流值,由此,采用该目标交轴电流值和目标直轴电流值来控制电机产热以满足车辆补热需求。

[0083] 在另一些实施例中,如图3及图4所示,若目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量小于车辆补热需求量,根据目标行车工况点获得目标直轴电流值和目标交轴电流值包括:获取与目标行车工况点对应的基点直轴电流值;根据目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量与车辆补热需求量的差值确定预设变化频率以及电流调节幅值;控制基点直轴电流值以预设变化频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值;根据目标直轴电流值和电机轴端扭矩获得目标交轴电流值。此时,除了直轴电流值振荡产生的电驱动系统发热量之外,由于直轴电流值振荡,流经动力电池自身的电流也会产生振荡,能够加速动力电池自身发热速率,使电池自产热,从而使得电池产生的热量及电驱动系统产生的热量能够满足车辆补热需求。此方法适用于电池及乘员舱均需要加热的工况,尤其是电池需要快速达到某种工作温度的工况,这样,电池的自身发热可以快速地提高温度。

[0084] 如图3所示,先根据车辆补热需求确定电驱动系统的发热量及电池发热量的比例,根据电驱动系统的发热量及转速值确定目标行车发热标定曲线M11,此时目标行车发热标定曲线M11对应的电驱动系统的发热量小于车辆补热需求量,根据目标行车发热标定曲线M11及目标扭矩曲线C2确定基点直轴电流值D1,然后根据目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量与车辆补热需求量的差值确定预设变化频率以及电流调节幅值,使直轴电流值在D1、D2、D3之间振荡,从而增加电驱动系统发热量及电池发热量。

[0085] 在同样的车辆补热需求下,如果电池处于适宜温度,可以直接将车辆补热需求量确定为电驱动系统发热量,从而根据车辆补热需求量及转速值确定目标行车发热曲线M1,根据目标行车发热标定曲线M1及目标扭矩曲线C2确定基点直轴电流值A1。

[0086] 根据目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量与车辆补热需求量的差值确定预设变化频率以及电流调节幅值,其中,当该差值越大时,电流调节幅值越大,反之,当该差值越小时,电流调节幅值越小;控制基点直轴电流值以预设变化频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值;以及,根据目标直轴电流值和电机轴端扭矩获得目标交轴电流值。

[0087] 其中,控制基点直轴电流值以预设变化频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴

电流值包括:根据基点直轴电流值获得第一直轴电流值和第二直轴电流值,目标直轴电流值以基点直轴电流值为基准值,第一直轴电流值为波峰,第二直轴电流值为波谷,并按照预设变换频率周期性变化,其中,第一直轴电流值为基点直轴电流值与电流调节幅值的和值,第二直轴电流值为基点直轴电流值与电流调节幅值的差值。

[0088] 以正弦波为例,如图4所示,目标直轴电流值为以基点直轴电流值D1为基准值,第一直轴电流值D2为波峰,第二直轴电流值D3为波谷,即,目标直轴电流值为以基点直轴电流值为基准值以预设变换频率及电流调节幅值振荡的有效值。可以理解的是,控制基点直轴电流值以预设变化频率以及电流调节幅值振荡作形成的可以为正弦波也可以为方形波或者其它以此方式振动可形成的波形。

[0089] 举例说明,若与目标行车工况点对应的基点直轴电流值为K1,确定预设变化频率为f1以及电流调节幅值 ΔK ,则第一直轴电流值 $K11=K1+\Delta K$,第二直轴电流值 $K12=K1-\Delta K$,目标直轴电流值将以K1为基准,并以f1为变换频率以及以 $K1\rightarrow K11\rightarrow K1\rightarrow K12\rightarrow K1$ 作为一个周期,如此周期性变换。从而,可以加速调节电驱动系统所发热量及电池的发热量,使该车辆电驱动系统能够适用于寒冷地区,以及电驱动系统的热量还可以应用于整车的热管理。

[0090] 其中,在根据目标行车发热曲线对应的电驱动系统发热量与车辆补热需求量的差值变大时,可以调节电流调节幅值 ΔK 增大,反之,差值变小,则调节电流调节幅值 ΔK 减小,并以调整后的电流调节幅值获得K11和K12,以及继续按照上述方式周期性地获得目标直轴电流值,以满足电驱动系统发热调节需求量。

[0091] S6,根据目标直轴电流值和目标交轴电流值控制电机运行。

[0092] 在一些实施例中,在获得电机的目标直轴电流值和目标交轴电流值后,通过与电机的当前直流电流值和当前交轴电流值进行比较,进而进行PI调节和前馈解耦获得两项电压信号,并通过坐标变换和脉宽调制来获得驱动电路的开关信号,将开关信号发送给电机控制器以控制电机运行,从而使得电机保持当前轴端扭矩不变的情况下,增大电机的合成电流矢量幅值,增加电机产热,提升电驱动系统的发热量。

[0093] 具体地,将目标直轴电流值与当前直轴电流值进行求差运算以获得直轴电流差值,以及将目标交轴电流值与当前交轴电流值进行求差运算以获得交轴电流差值;根据直轴电流差值和交轴电流差值进行电流闭环调节,以获得直轴电压值和交轴电压值;通过TPark变换将直轴电压值和交轴电压值转换为两相静止电压值;获取电驱动系统的母线电压值;根据母线电压值和两相静止电压值进行脉宽调制以获得电机驱动信号。

[0094] 从而,在满足车辆正常行驶的前提下,动态调节电驱动系统的发热量,达到快速升温车辆加热需求模块例如乘员舱温度、车辆动力电池或整车其他零部件的需求。

[0095] 在本发明的一些实施例中,根据车辆当前运行工况获得电驱动系统的当前发热功率可以根据当前车辆不同转速下的电机的合成电流矢量变化量,查表求得当前发热功率。该表根据该电驱动系统在台架事先模拟标定,从而减小了在实际控制过程中所需的计算时间。

[0096] 图5是根据本发明一个实施例的电驱动系统控制拓扑图,本发明实施例的方法无需更改电驱动系统硬件拓扑。下面对本发明实施例的控制方法的过程进行描述,具体来说,可以通过电流传感器7采集流经电机控制器5和电机6之间的三相电流值,位置传感器8采集电机6的实时转子位置与转速,通过路径①传递至坐标变换处理模块3,电机控制器5同步采

集电驱动系统的电控直流端的母线电压值,通过路径②传递至脉宽调制处理模块4。坐标变换模块3通过Clark变换, Park变换,将实时三相静止电流转换为实时两相旋转电流即 $I_{abc} \rightarrow I_{dq}$,通过路径③与驾乘感受优化策略1输出的目标交直流电流值即dq轴电流进行比较以获得两项旋转电流差值,其中,驾乘感受优化策略1即执行上面的步骤S1-S6,将获得两项旋转电流差值通过路径④传递至电流闭环调节模块2进行PI调节和前馈解耦控制,控制的输出量即两项旋转电压值例如直轴电压值和交轴电压值通过路径⑤传递至坐标变换模块3,通过TPark变换,将两相旋转电压转换至两相静止电压即 $U_{dq} \rightarrow U_{\alpha\beta}$,通过路径⑥传递至脉宽调制模块4,脉宽调制模块4将生成的开关信号通过路径⑦传递至电机控制器5,控制电机驱动电路中的功率开关器件导通关断以控制电机运行,上述为电驱动系统进行加热时电机控制器执行的单个运行周期内的执行步骤,实际运行过程中,上述周期可以重复进行,从而使得电机的交直流电流组合从未进入加热时耗能曲线上的某个工况点逐渐调节至目标行车工况点,增加电机产热,提升电驱动系统发热量,满足电驱动系统加热需求,提升驾乘感受。

[0097] 在上面电驱动系统控制过程的基础上,本发明实施例的控制方法主要通过驾乘感受优化策略1来实现对电驱动系统加热量提升,如图2所示,在整车未进入电驱动系统发热调节需求时,整车运行在能耗标定曲线上的某个工况点,若此时整车根据其他模块例如电池、空调系统的需求判断需要进入电驱动系统发热调节功能,则当前车辆运行所在的工况点,开始沿着目标扭矩曲线,朝直轴电流减小、交轴电流减小的方向移动,即交直流电流值均减小,合成电流矢量幅值增加;或者,电机电流朝直轴电流增大、交轴电流增大的方向移动,即交直流电流值均增大,合成电流矢量幅值增加,直至当前电驱动系统的发热量达到目标值,满足电驱动系统加热调节需求。

[0098] 在一些实施例中,检测到电机的轴端扭矩发生变化,根据变化后的电机的轴端扭矩重新确定目标扭矩曲线;获得重新确定的目标扭矩曲线与目标行车发热标定曲线的交点以作为新的目标行车工况点;获得新的目标行车工况点的交轴电流值和直轴电流值以作为目标交轴电流值和目标直轴电流值,并按照上述过程生成驱动电机的开关信号,以控制电机运行,实现电驱动系统动态调节至新的目标行车工况点。

[0099] 参照图2所示,举例说明,正常行车工况下,当电驱动系统的处理器接收到进入车辆补热需求信号时,会判断当前车辆是驻车工况还是行车工况,若为行车工况,处理器执行驾乘感受优化策略1,判断当前电机转速是否大于转速阈值,转速阈值表征了当前交直流电流组合可以落于哪一条行车发热曲线,例如,若当前电机转速值不大于转速阈值,可以落于第一行车发热标定曲线M2,若当前电机转速值大于转速阈值仅可以落于第二行车发热标定曲线M1。假定当前车辆运行在能耗曲线P1上的A工况点,且当前电机转速值不大于转速阈值,处理器执行驾乘感受优化策略1以开始调节交直流电流组合,使其落点沿着扭矩曲线C3,从A工况点,朝着B工况点移动,即增加直轴电流值和交轴电流值。若此时整车轮端需求扭矩增加,对应电机轴端扭矩需求值增大例如为扭矩曲线1的值,且仍需要进行电驱动系统发热调节,则处理器执行驾乘感受优化策略1以控制交直流电流组合从B工况点沿着第二行车发热标定曲线M2移至C工况点。若当前电机转速值大于转速阈值,即交直流电流组合落点已无法运行在第二行车发热标定曲线M2上,处理器执行驾乘感受优化策略1以开始调节交直流电流组合,使其落点沿着扭矩曲线C1,从C工况点,经过D工况点,朝着E工况点移动。若此时整车轮端需求扭矩减小,对应电机轴端扭矩需求值为扭矩曲线C3的值,且仍需要

继续进行电驱动系统发热调节,则处理器执行驾乘感受优化策略1以控制交直流电流组合从E工况点沿着第一行车发热曲线M1移至F工况点。从而实现在行车工况下对电驱动系统发热量的动态调节,满足车辆加热需求模块的需求。

[0100] 在另一些实施例中,本发明实施例的控制方法对车辆处于静止状态时电驱动系统加热进行优化,具体地,根据车辆状态参数确定车辆处于驻车工况;响应于车辆补热需求信号,根据目标电驱动发热量确定驻车发热曲线上的目标驻车工况点,其中,目标驻车工况点对应的直流电流值大于零且对应的交轴电流值大于或等于第一电流阈值且小于第二电流阈值。

[0101] 其中,在实施例中,满足以下至少一项时确定车辆处于驻车工况:车辆档位为P档;电子驻车制动系统启用;车辆处于不复用电驱动系统进行充电的整车驻车充电工况;电机的直流电流值和交轴电流值的合成矢量电流为零;车辆档位为D档,但车辆通过驾驶人员踩制动踏板而无法移动。

[0102] 参照图2具体说明,若确定车辆处于驻车工况,此时需要进行电驱动系统发热调节,处理器执行驾乘感受优化策略1控制交直流电流组合沿着直流电流正半轴,从零点0移至G工况点,即第一电流阈值为零。或者,交轴电流值大于0且小于第二电流阈值,即控制交直流电流组合沿与直流电流间隔一定距离的平行线,间隔距离即第二电流阈值对应为一较小的交轴电流值,该值不足以使得车辆移动,仅使得电机输出轴给传动机构输出一个预紧力,消除啮合间隙,防止车辆发生抖动,但不能驱动车辆。需求的电驱动系统发热量越大,交直流电流组合的落点离零点0越远,如图2所示,即运行在I工况点的电驱系统发热量>运行在H工况点的电驱系统发热量>运行在G工况点的电驱系统发热量。车辆实际行驶过程较为复杂,交直流电流组合所在运行工况点会根据当前整车行驶扭矩的需求及电驱动系统发热调节需求等进行综合选取与动态调节。

[0103] 基于上面实施例的说明,图6是根据本发明的一个实施例的电驱动系统控制方法的流程图,如图6所示,包括以下步骤。

[0104] S100,判断车辆是否为驻车工况,若是,进入步骤S140,若否,即处于行车工况,进入步骤S110。

[0105] S110,判断电机转速值是否大于转速阈值,若是,进入步骤S120,若否,进入步骤S130。

[0106] S120,交直流电流移动至第一行车发热标定曲线与当前扭矩曲线的交点处运行,并进入步骤S150。

[0107] S130,交直流电流移动至第二行车发热标定曲线与当前扭矩曲线的交点处运行,并进入步骤S150。

[0108] S140,设定直流电流为一正值,交轴电流为零或仅提供预紧力但不能驱动车辆的较小值,并进入步骤S150。

[0109] S150,判断是否存在故障或无继续加热需求,若是则结束,若否,返回步骤S100。

[0110] 需要说明的是,当前电机转速不大于转速阈值时,在满足相同电驱动系统发热调节需求基础上,第一行车发热标定曲线1或第二行车发热标定曲线2上均有可用的交直流电流组合,处理器执行驾乘感受优化策略1优选的会控制交直流电流组合落于第二行车发热标定曲线2上。

[0111] 具体原因可以参照图7说明,对于直轴电流矢量的传统控制方式为控制其为一负值,这样做的考虑是削弱定子磁通,进而削弱合成气隙磁通,使得永磁同步电机可以运行在更高的转速,即可以简单的理解为定子磁场方向与转子磁场方向相对,永磁体N极所代表的转子磁场方向如下方箭头J1所示,电机定子磁场方向如左上方箭头J2所示,两者间的力是相互作用的。若车辆处于低速工况,此时电机不需要运行在高速区间,若根据电驱动系统发热需求控制交直轴电流组合落于第一行车发热标定曲线1上,即与电机转子磁场方向相对的励磁分量较大,电机转矩的控制分量较小,电机易发生抖动;若根据电驱动系统发热需求控制交直轴电流组合落于第二行车发热标定曲线2上,此时电机转子磁场方向如图7中右上方箭头J3所示,方向与转子磁场方向一致,即与电机转子磁场方向相对的励磁分量较小,电机转矩的控制分量较大,电机不易发生抖动。

[0112] 在一些实施例中,电机控制器包括功率开关器件,当目标直轴电流值大于限值时,功率开关器件的载频在预定范围内波动。

[0113] 发明人发现,当载频不变时,电机在载频 f_N 及整数倍频率处出现集中的谐波电压和谐波电流,进而产生电磁干扰和高频噪声。如图8所示,可以理解的是,功率开关器件根据电机驱动信号开启或关闭,功率开关器件前一次开启到下一次开启的时间为一个周期,载频为该周期的倒数,预定范围为90%当前载频到110%当前载频之内波动。使用该载频控制策略,可以有效地将谐波电压分散到更宽范围的频谱上,减小电机振动和噪声,优化整车NVH性能。

[0114] 综上,本发明实施例的控制方法,基于如图5所示的电驱动硬件拓扑,通过修改软件控制策略,即图2的直轴电流正反向过渡控制,使得新能源整车在正常行驶过程中,对于电驱动系统的发热量可调,且可以优化整车处于驻车工况及低速行车工况下的驾乘感受。

[0115] 在实施例中,如图9所示的电驱动系统发热的导热流向的示意图,车辆的导热回路将整车可能需要热量的模块进行连通,导热介质及导热回路结构在此不做限制,较为常见的模块有车用动力电池以及整车其他模块,其他模块包括但不限于整车驾乘乘员舱、空调系统等。在整车对电驱动系统提出发热需求时,电驱动系统在本专利的软件控制策略控制下进行发热,热量通过导热回路,优选的或同时将热量带给整车其他模块或车用动力电池,具体导热流向根据整车各模块实际情况进行判断。

[0116] 基于上面实施例的电驱动系统控制方法,本发明第二方面实施例提出了电驱动系统。如图9所示,本发明实施例的电驱动系统10包括电机6、电机控制器5、电流传感器7、位置传感器8和处理器9。

[0117] 其中,电流传感器7用于采集电机6的三相电流值;位置传感器8用于采集电机6的位置值。

[0118] 电流传感器7、位置传感器8及电机控制器5均与处理器9连接,处理器9用于执行上面实施例的电驱动系统控制方法,其中,电驱动系统控制方法的实现过程可以参照上面实施例的说明,在此不再赘述。

[0119] 根据本发明实施例的电驱动系统10,在车辆处于行车工况时,通过处理器9执行上面实施例的电驱动系统控制方法,根据电机的轴端扭矩值确定目标扭矩曲线,并根据车辆补热需求及电机6的转速值确定目标行车发热标定曲线,确定目标扭矩曲线与目标行车发热标定曲线的交点以作为目标行车工况点,根据目标行车工况点获得目标交轴电流值和目

标直轴电流值,根据目标直轴电流值和目标交轴电流值控制电机运行,实现行车工况下动态调节电驱动系统的发热量,并且根据电机转速限定目标发热标定曲线,可以满足不同转速工况范围内的驾乘感受,应用范围广泛,并且,本发明实施例的控制方法无需更改电驱动系统硬件拓扑即可实现,易于推广,成本低。

[0120] 如图10所示,本发明第三方面实施例的车辆100包括加热需求系统20、整车控制器30和上面实施例的电驱动系统10,整车控制器30用于在确定加热需求系统20例如动力电池或者其他车辆模块例如空调系统、乘员舱等有电驱动系统发热调节需求时发送车辆补热需求信号;电驱动系统10与整车控制器30连接,电驱动系统10与加热需求系统20形成导热回路,如图11所示。

[0121] 根据本发明实施例的车辆100,通过采用上面实施例的电驱动系统10,可以实现行车工况下动态调节电驱动系统的发热量,并且根据电机转速限定目标发热标定曲线,可以满足不同转速工况范围内的驾乘感受,应用范围广泛,并且,本发明实施例的控制方法无需更改电驱动系统硬件拓扑即可实现,易于推广,成本低。

[0122] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示意性实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。

[0123] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

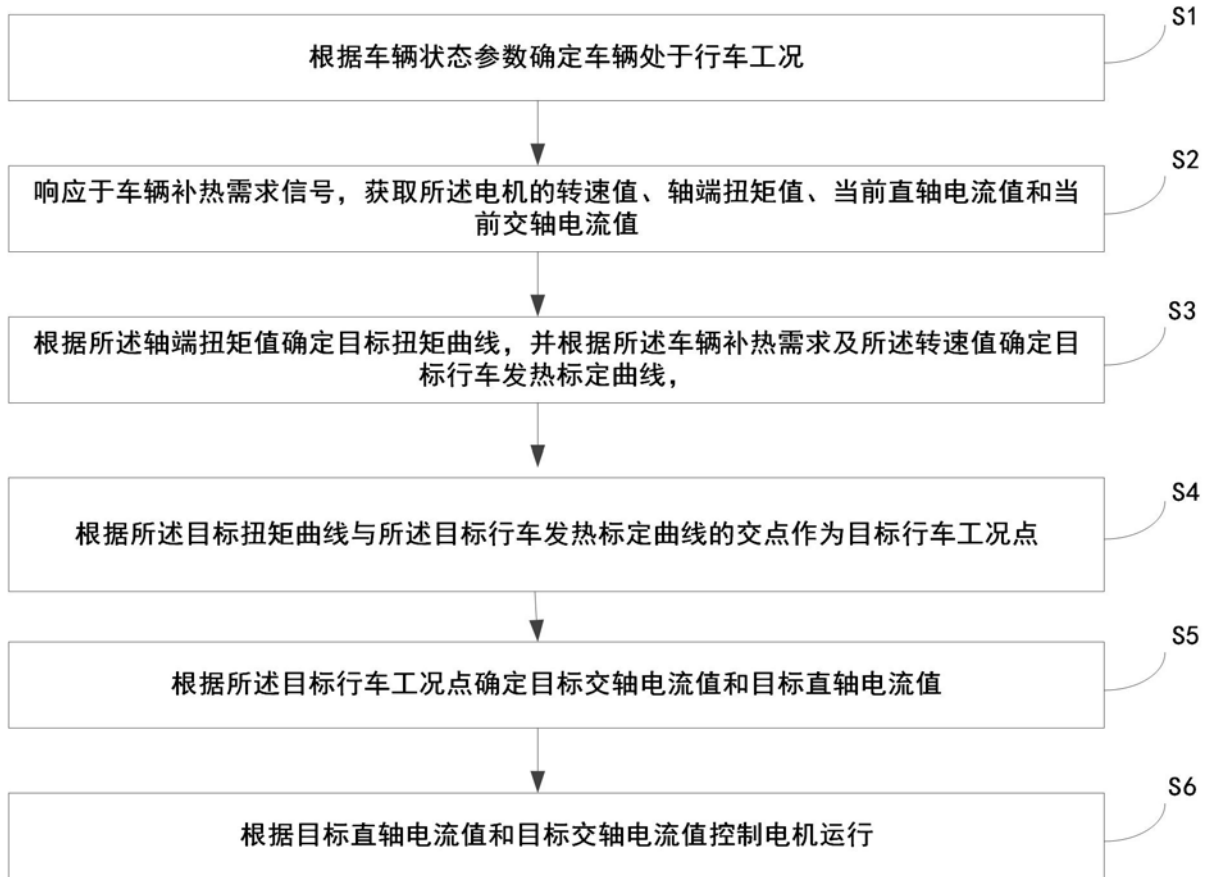


图1

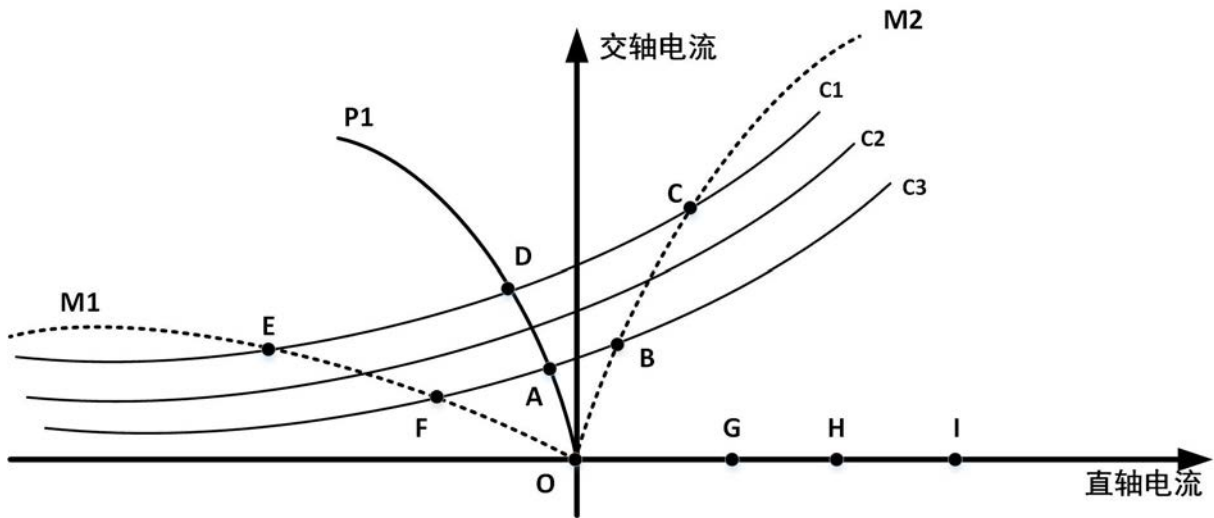


图2

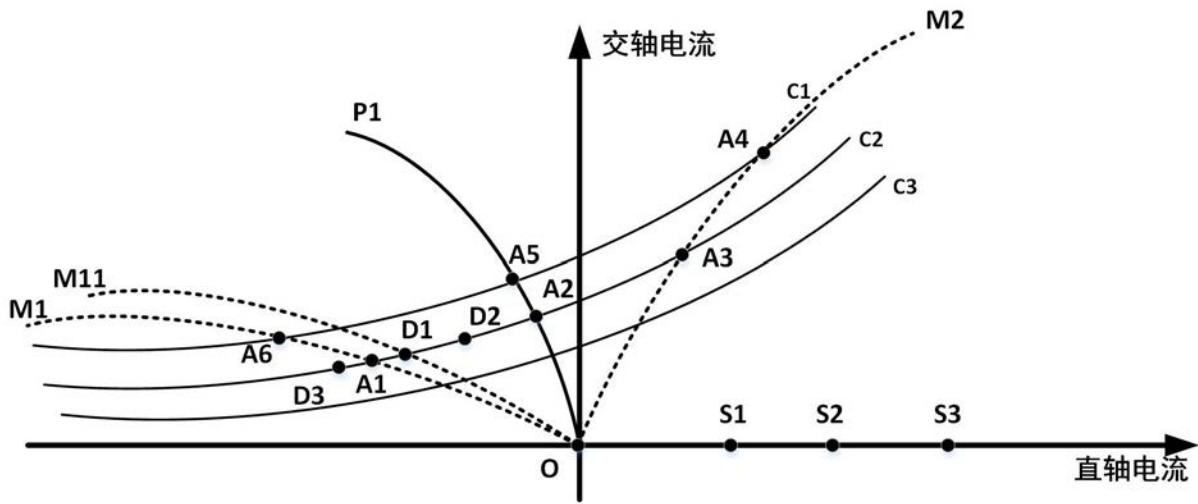


图3

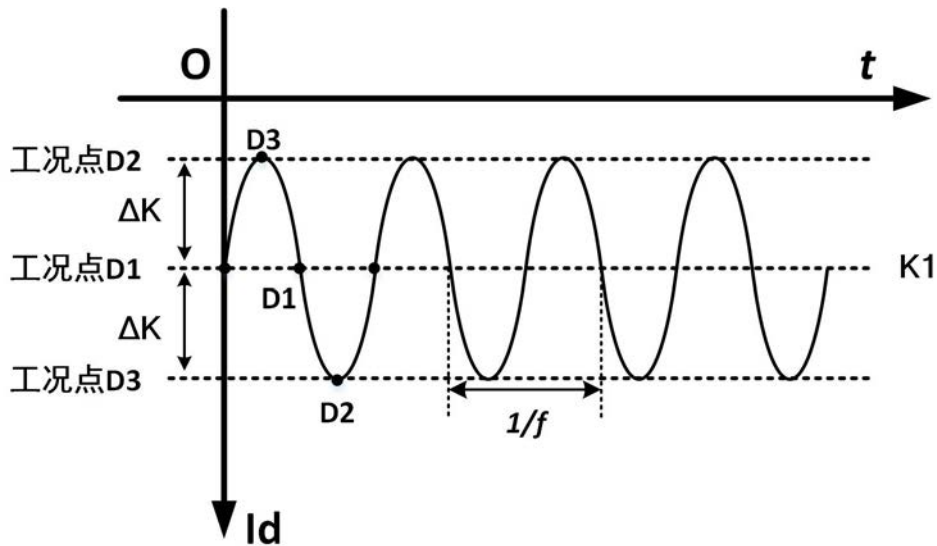


图4

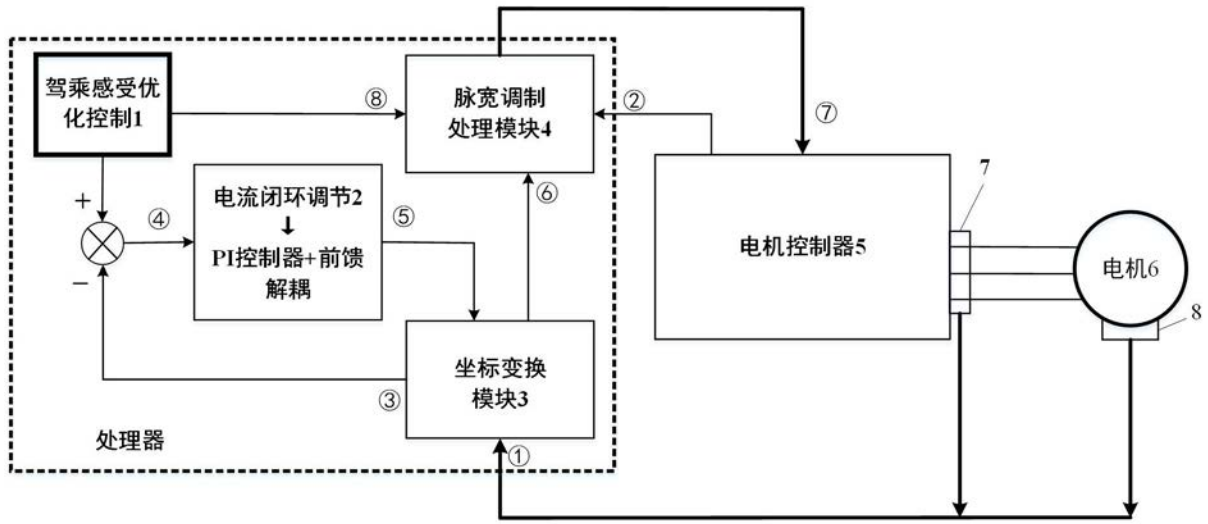


图5

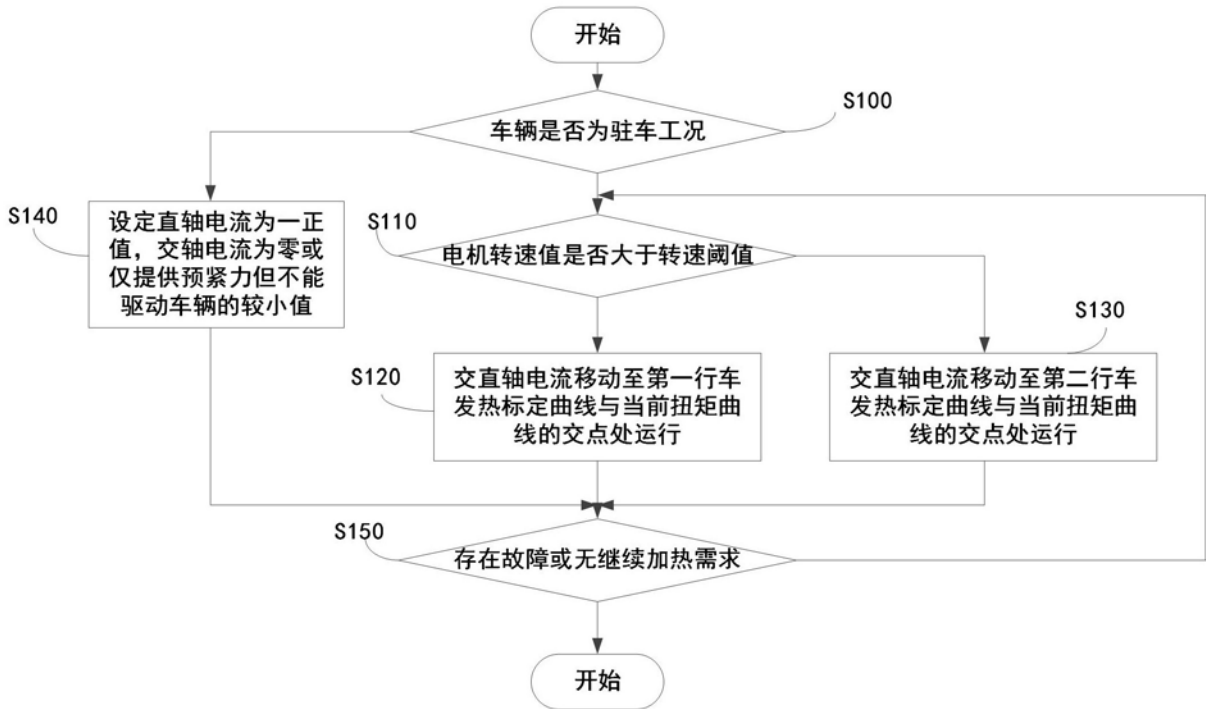


图6

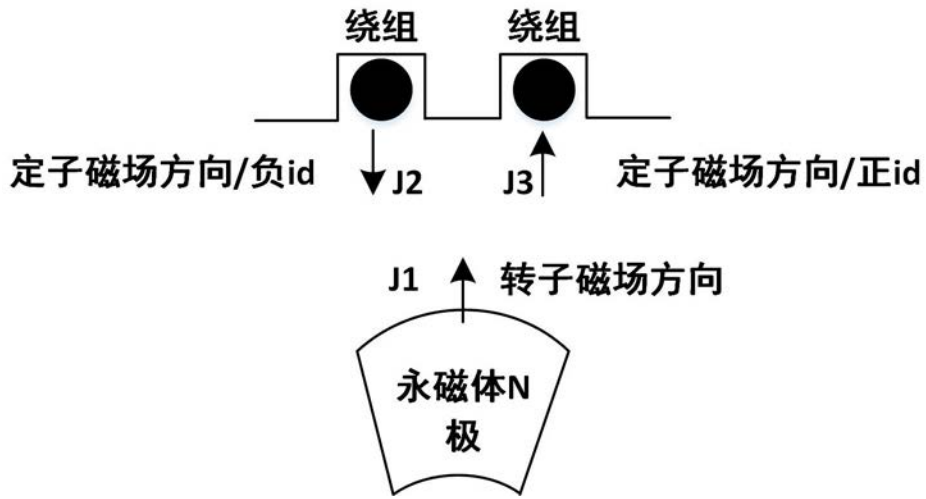


图7

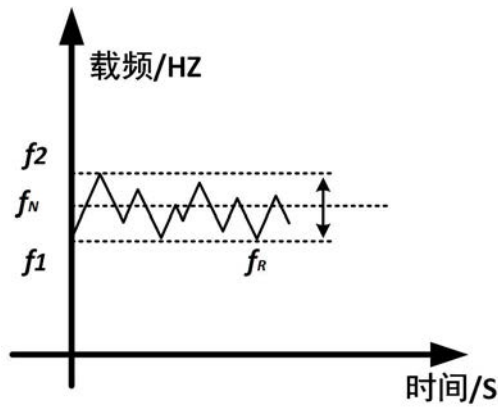


图8

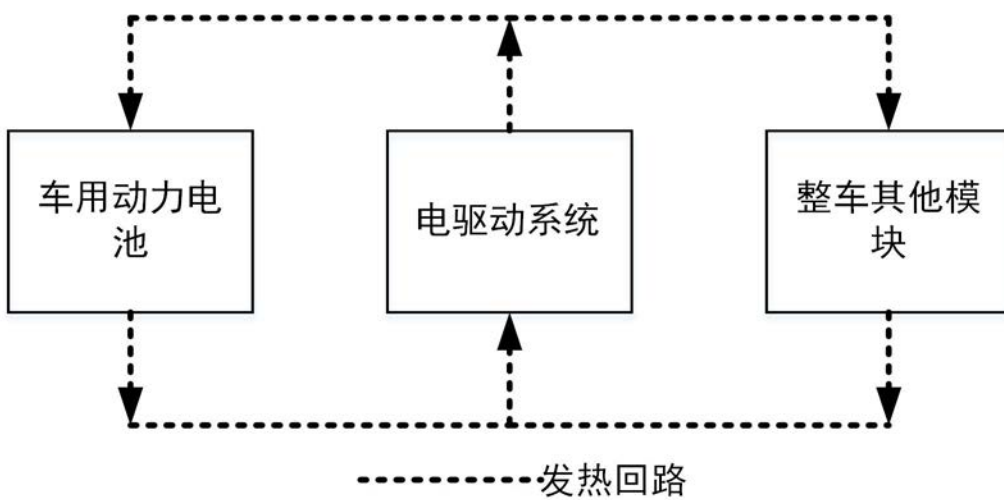


图9

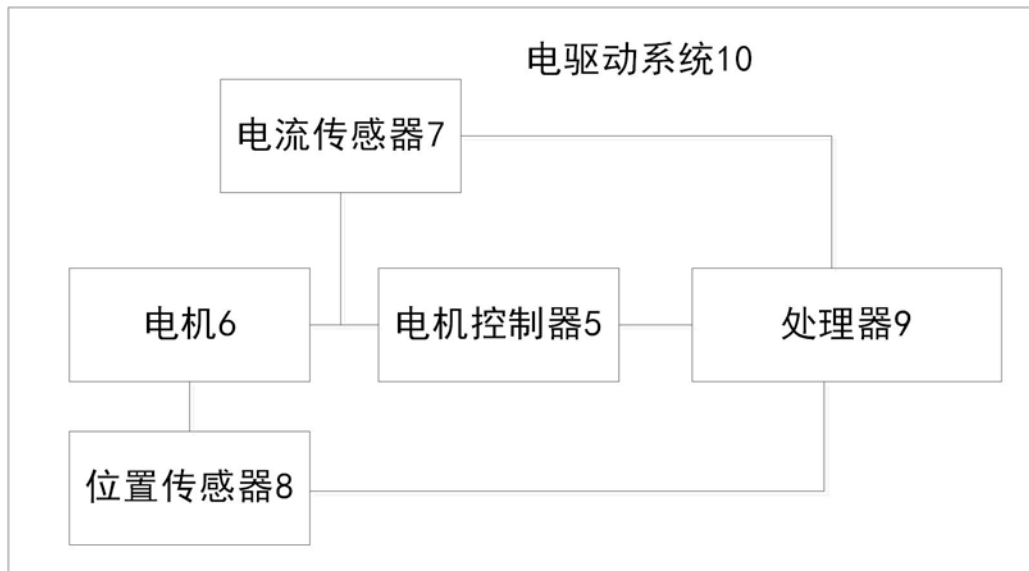


图10



图11