

车辆电驱动系统控制方法、电驱动系统和车辆

相关申请的交叉引用

本公开要求于 2021 年 03 月 31 日提交的申请号为 202110351040.0、名称为“车辆电驱动系统控制方法、电驱动系统和车辆”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本公开中。

技术领域

本公开涉及车辆技术领域，尤其是涉及一种车辆电驱动系统控制方法、电驱动系统和车辆。

背景技术

新能源车辆在寒冷地区或严寒工况下，车用动力电池受低温影响而导致的充放电能力受限，进而影响整车性能表现。

为此，在相关技术中，提出了一种利用电机余热来提升采暖效果的方法。该技术采用电池冷却器并利用电机余热，提高热泵采暖性能和用于外置冷凝器的化霜，但是该技术中对电机余热热量大小不可控，且在环境温度非常低时，电机余热利用效果差。

在相关技术中，还提出了一种车辆及其动力电池加热装置与方法。该技术在需要对动力电池加热时，控制三相交流电机产生热量以对流经动力电池的冷却液进行加热，在加热过程中根据预设直轴电流和预设交轴电流对三相交流电机的相电流进行调节，使得电机轴输出无法使得车辆移动，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。该技术虽然对于电驱系统发热热量可控，但仅能在车辆静止状态时使用，应用场合受限。

发明内容

本公开提出了一种车辆电驱动系统控制方法、电驱动系统和车辆，以通过调节电机的直轴电流值和交流电流值，使得电驱动系统发热以及动力电池自身发热速率加速，进而使上述热量能够应用于整车的管理，使该车辆电驱动系统能够适用于寒冷地区。

第一方面，本公开提出了一种车辆电驱动系统控制方法，所述电驱动系统包括电机和电机控制器，方法包括：

响应于整车加热需求信号，获取电机轴端扭矩和车辆当前运行工况点；

根据所述车辆当前运行工况点获得所述电驱动系统的当前发热功率；

根据整车所需加热功率和所述当前发热功率确定电流调节幅值；

获取所述电机的三相电流值和位置值，根据所述三相电流值和所述位置值获得在所述车辆当前运行工况点下电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值；

控制当前直轴电流值以预设变换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轴端扭矩获得目标交轴电流值；

根据所述目标直轴电流值和所述目标交轴电流值以及所述当前直轴电流值和所述当前交轴电流值获得电机驱动信号；

将所述电机驱动信号发送给所述电机控制器，以控制所述电机运行。

根据本公开实施例的车辆电驱动系统控制方法，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，即在车辆运行状态下，保证车辆电机轴端扭矩不变，避免车辆产生振动不适，以及控制目标直轴电流值以一定的电流调节幅值和预设变换频率振荡，进而使得电驱动系统发热，且流经动力电池自身的电流振荡，能够加速动力电池自身发热速率，从而使该车辆电驱动系统能够适用于寒冷地区，且动力电池自身发热及电驱动系统的热量还可以应用于整车的热管理。另外，该车辆电驱动系统控制方法仅对软件进行改进，无需改变硬件架构，成本低，易于推广。

第二方面，本公开提出了一种电驱动系统，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，所述处理器与所述电机控制器、所述电流传感器和所述位置传感器分别连接，所述处理器用于执行上面任一项实施例所述的车辆电驱动系统控制方法。

根据本公开实施例的电驱动系统，可采用通用的电驱动系统硬件，通过处理器执行上面任一项实施例的车辆电驱动系统控制方法，控制目标直轴电流值以一定的电流调节幅值和预设变换频率振荡，使得电驱动系统发热，且使流经动力电池自身的电流振荡，提升动力电池自身发热速率，从而使该车辆电驱动系统能够适用于寒冷地区，且动力电池自身发热及电驱动系统的热量还可以应用于整车的热管理。另外，该车辆电驱动系统控制方法仅对软件进行改进，无需改变硬件架构，成本低，易于推广。

第三方面，本公开提出了一种车辆，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加热需求时发送整车加热需求信号；上面实施例所述的电驱动系统，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。

根据本公开实施例的车辆，导热回路将车辆可能需要热量的模块如动力电池等进行连通，当对电驱动系统提出发热需求时，整车控制器接收到加热需求信号，通过采用上面任一项实施例的车辆电驱动系统控制方法，控制交直轴电流值以一定的电流调节幅值和预设

变换频率振荡，电机控制器控制电机运转，在车辆任意工况下均可动态调节电驱动系统发出热量，快速升温车辆的动力电池温度及其他整车零部件温度。

本公开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，或通过本公开的实践了解到。

附图说明

本公开的上述和/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：

- 图 1 是本公开一个实施例的车辆电驱动系统控制方法的流程图；
- 图 2 是本公开一个实施例的交直流电流组合的运行轨迹示意图；
- 图 3 是本公开实施例的一个直流电流值周期性振荡的示意图；
- 图 4 是本公开另一个实施例的车辆电驱动系统控制方法的流程图；
- 图 5 是本公开又一个实施例的车辆电驱动系统控制方法的流程图；
- 图 6 是本公开又一个实施例的车辆电驱动系统控制方法的流程图；
- 图 7 是本公开一个实施例的电驱动系统的框图；
- 图 8 是本公开一个实施例的车辆的框图；
- 图 9 是根据本公开的一个实施例的载频变化的示意图。

附图标记：

车辆 01；

加热需求系统 20、整车控制器 30、电驱动系统 10；

电机 1、电机控制器 2、电流传感器 3、位置传感器 4、处理器 5。

具体实施方式

下面详细描述本公开的实施例，参考附图描述的实施例是示例性的，下面详细描述本公开的实施例。

下面参考图 1-图 6 描述根据本公开实施例的车辆电驱动系统控制方法。

图 1 是本公开一个实施例的车辆电驱动系统控制方法的流程图。

在本公开的一些实施例中，电驱动系统包括电机和电机控制器，电机控制器用于控制电机运行状态。例如，电机控制器可根据电机驱动信号控制功率开关器件导通或关断，或者调整电机的运行功率按照特定功率运行，以满足电驱动系统发热调节需求。

如图 1 所示，该车辆电驱动系统控制方法，至少包括步骤 S1-S8，具体如下。

S1, 响应于整车加热需求信号, 获取电机轴端扭矩和车辆当前运行工况点。

在本公开的一些实施例中, 例如, 在寒冷地区或严寒工况下, 车用动力电池受低温影响而导致的充放电能力受限, 需对整车动力电池进行加热, 车辆发送整车加热需求信号至电驱动系统。再例如, 在整车运行时, 整车其他模块存在加热需求, 确定需要进入电驱动系统发热调节功能, 如确定用户进行空调系统的制热操作, 或者, 用户操作以控制整车驾乘乘员舱如座椅进行加热时等, 车辆发送整车加热需求信号至电驱动系统。

电驱动系统响应于整车加热需求信号, 检测电机轴端扭矩并确定车辆当前运行工况点。例如, 车辆运行时, 电机轴端扭矩不变, 通过检测电机轴端扭矩, 确定该电机轴端扭矩下整车运行能耗最优的当前运行工况点。

S2, 根据车辆当前运行工况点获得电驱动系统的当前发热功率。

其中, 可检测电机的当前运行功率, 并根据电机的当前运行功率获取电驱动系统的当前发热功率。

S3, 根据整车所需加热功率和当前发热功率确定电流调节幅值。

具体地, 整车控制器可以综合整车的各个加热需求系统例如动力电池、乘员舱及其零部件的加热需求确定整车所需加热功率, 并将整车所需加热功率发送给电驱动系统。电驱动系统的加热功率与电机运行电流有关, 通过调节电机运行电流可以产生不同的加热功率。

在一些实施例中, 在电驱动系统的当前发热功率不能满足整车所需加热功率时, 则需要调整电机的运行电流, 电驱动系统根据整车所需加热功率和当前发热功率来确定调节电机运行电流的电流调节幅值。具体地, 计算整车所需加热功率与当前发热功率的功率差值, 根据功率差值获得电流调节幅值, 其中, 当前发热功率的计算可通过查表得到, 其中该表为电机转速、合成电流矢量值与当前发热功率的关系, 而合成电流矢量值为当前直轴电流值和当前交轴电流值的合成电流值, 该表可以事先在台架上标定获得。将该表写入电机控制器, 这样根据当前直轴电流值、当前交轴电流值以及电机转速即可获得当前发热功率, 无需分别计算各零部件发热量, 缩短了计算时间。

其中, 功率差值越大则电流调节幅值越大, 反之, 则电流调节幅值越小。

不同的车辆运行工况点电流调节幅值或预设变换频率可能不一致, 可以通过调整预设变换频率或电流调节幅值以适应整车加热需求。

S4, 获取电机的三相电流值和位置值, 根据三相电流值和位置值获得在车辆当前运行工况点下电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值。

在本公开的一些实施例中, 通过位置传感器采集电机的位置值, 如电机实时转子位置和转速等, 通过电流传感器在电机和电机控制器间采集电机的三相电流值, 其中采集到的三相电流值为三相静止电流值。

其中,可采用坐标转换的方式,获取电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值。举例而言,可通过坐标变换将三相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。

S5,控制当前直轴电流值以预设变换频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值。

其中控制当前直轴电流值以预设变换频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值包括:根据电流调节幅值获得第一直轴电流值和第二直轴电流值,目标直轴电流值以当前直轴电流为基准值,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,第一直轴电流值为当前直轴电流值与电流调节幅值的和值,第二直轴电流值为当前直轴电流值与电流调节幅值的差值。

以正弦波为例,目标直轴电流值为以当前直轴电流为基准值,第一直轴电流值为波峰,第二直轴电流值为波谷的有效值,即,目标直轴电流值为以当前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。

具体而言,如图2所示,为根据本公开一个实施例的交直轴电流组合的运行轨迹示意图,其中,横轴为直轴电流值,纵轴为交轴电流值,三条曲线均为恒扭矩曲线,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,不同的扭矩曲线代表不同的电机轴端扭矩,且扭矩曲线越靠近零点的数值越小,远离零点的数值越大,即扭矩曲线1对应的电机轴端扭矩大于扭矩曲线2对应的电机轴端扭矩大于扭矩曲线3对应的电机轴端扭矩。其中,扭矩曲线3上的A、B、C、D、E点分别为车辆同一电机轴端扭矩时的工况点,OF段曲线为MTPA (million tons per annum,最大转矩电流比)曲线, GH段曲线为MTPV (maximum torque per voltage,最大转矩电压比)曲线,组合MTPA和MTPV曲线是在多个边界条件下标定得出的,具体的标定方法不做赘述。在相关技术中,在OFGH围成的区域内控制调整直轴电流值,调整范围有限。

在本公开的一些实施例中,整车根据于整车加热需求判断需要进入电驱动系统发热调节功能,当车辆运行在A工况点时,确定工况点为A处的直轴电流值为当前直轴电流值。以获取电流调节幅值为 Δd 和预设变换频率为 f 为例,确定运行工况点为A所在扭矩曲线3,沿着工况点A所在的扭矩曲线3上,以电流调节幅值 Δd 左右滑动,从工况点A向右滑动至最顶端工况点B,可确定工况点B的直轴电流值为第一直轴电流值,从工况点A向左滑动至最底端工况点C,并确定工况点C的直轴电流值为第二直轴电流值。在图2中,交直轴电流组合的轨迹为扭矩曲线3中的轨迹 $A \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow C \rightarrow A$,周期性地调整目标交直轴电流值,随着电流调整的时间变化,直轴电流值将会呈周期性振荡波形,例如正弦波形、方波波形或其他适用波形,其中,波形的幅值与电流调节幅值有关。

举例说明,如图3所示,为根据本公开实施例的一个直轴电流值周期性振荡的示意图,

其中，纵轴为直轴电流值，五条虚线分别对应图 2 中 A、B、C、D、E 工况点下的目标直轴电流值，正弦曲线 1 为直轴电流振荡曲线 M，可将直轴振荡曲线 M 中的预设变换频率记为 f ，单位为 Hz，将电流调节幅值记为 Δd ，单位为 A，正弦曲线 2 为直轴电流振荡曲线 N，可将直轴振荡曲线 N 中的预设变换频率记为 f ，单位为 Hz，将电流调节幅值记为 $\Delta d1$ ，单位为 A，电流幅值 Δd 为工况点 A 至工况点 B，或工况点 A 至工况点 C 所对应的目标直轴电流差值，工况点 A 至工况点 B 对应的目标直轴电流差值与工况点 A 至工况点 C 对应的目标直轴电流差值一致，电流调节幅值 $\Delta d1$ 为工况点 A 至工况点 D，或工况点 A 至工况点 E 所对应的目标直轴电流差值，工况点 A 至工况点 D 对应的目标直轴电流差值与工况点 A 至工况点 E 对应的目标直轴电流差值一致。

在本公开的一些实施例中，根据于整车加热需求判断需要进入电驱动系统发热调节功能，当车辆运行在 A 工况点时，确定工况点为 A 处的直轴电流值为当前直轴电流值。以获取电流调节幅值为 Δd 和预设变换频率为 f 为例，确定运行工况点为 A 所在扭矩曲线 3，沿着工况点 A 所在的扭矩曲线 3 上，以电流调节幅值 Δd 左右滑动，从工况点 A 向右滑动至最顶端工况点 B，可确定工况点 B 的直轴电流值为第一直轴电流值，从工况点 A 向左滑动至最底端工况点 C，并确定工况点 C 的直轴电流值为第二直轴电流值。应图 2 中，交直轴电流组合的轨迹为扭矩曲线 3 中的轨迹 $A \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow C \rightarrow A$ ，对应图 3 中，目标直轴电流值沿直轴电流振荡曲线 M 上变化，目标直轴电流值振荡轨迹沿直轴电流振荡曲线 M 进行。

参照图 2 和图 3 所示，具体地，在图 2 中，从 A 工况点，沿扭矩曲线 3，朝目标直轴电流值增大、目标交轴电流值增大的方向移至 B 工况点。同步地，在图 3 中，目标直轴电流值从 A 点沿直轴电流振荡曲线 M 移至 B 点；此时目标直轴电流值增加，对应的也要增加目标交轴电流值，运行工况点继续移动，从图 2 中的 B 工况点沿扭矩曲线 3，朝目标直轴电流值减小、目标交轴电流值减小的方向移回 A 工况点，图 3 中目标直轴电流值则沿着直轴电流振荡曲线 M 从 B 点移至 A1 点；此时目标直轴电流值减小，对应的也要减小目标交轴电流值，运行工况点继续移动，在图 2 中，从 A 工况点，沿扭矩曲线 3，朝目标直轴电流值减小、目标交轴电流值减小的方向移至 C 工况点，同步地，在图 3 中，直轴电流值从 A1 点沿直轴电流振荡曲线 M 移至 C 点；此时目标直轴电流值减小，对应的也要减小目标交轴电流值，运行工况点继续移动，在图 2 中，从 C 工况点，沿扭矩曲线 3，朝目标直轴电流值增大、目标交轴电流值增大的方向移回 A 工况点，同步地，在图 3 中，目标直轴电流值从 C 点沿直轴电流振荡曲线 M 移至 A2 点；此时目标直轴电流值增加，对应的也要增加目标交轴电流值，至此目标直轴电流值在 A 工况点的一个振荡周期完成。若车辆继续维持在图 2 中 A 工况点运行，则上述步骤重复执行。

S6，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。

在本公开的一些实施例中，车辆运行同一工况，电机轴端扭矩不变，当确定需要进入电驱动系统发热调节功能时，需调节目标直轴电流值变化，目标交轴电流值也会发生变化，为保证车辆正常行驶，需获取与目标直轴电流值对应的目标交轴电流值。例如，可采用固定算法进行限定，可以根据目标直轴电流值直接计算得到目标交轴电流值，不需要再通过查表获取，方法简单。

S7，根据目标直轴电流值和目标交轴电流值以及当前直轴电流值和当前交轴电流值获得电机驱动信号。其中，可将目标直轴电流值与当前直轴电流值、目标交轴电流值和当前交轴电流值进行一些计算等处理，最终获取电机驱动信号。

S8，将电机驱动信号发送给电机控制器，以控制电机运行。电机控制器响应电机驱动信号，可控制功率开关器件导通或关断，从而控制电机的运行，以满足电驱动系统发热调节需求。电机控制器还可调节电机运行功率，以实现调节电驱动系统所发热量，供整车其他模块使用。

根据本公开实施例的车辆电驱动系统控制方法，通过获取电机轴端扭矩、车辆当前运行工况点、电机的三相电流值和位置值，以获取目标直轴电流值和目标交轴电流值，并在车辆运行状态下，保证车辆电机轴端扭矩不变，控制目标直轴电流值以一定的电流调节幅值和预设变换频率振荡，而加速动力电池自身发热速率，从而使该车辆电驱动系统能够适用于寒冷地区，且动力电池自身发热及电驱动系统的热量还可以应用于整车的热管理。另外，该车辆电驱动系统控制方法仅对软件进行改进，无需改变硬件架构，成本低，易于推广。其中，电驱动系统的热量包括电机自身产生的热量及电机控制器的功率开关器件产生的热量。

在本公开的一些实施例中，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标定获得，从而减小了在实际控制过程中所需的计算时间。

在本公开的一些实施例中，电机以为三相永磁同步电机为例，目标直轴电流值和目标交轴电流值满足式（1-1），其他类型的电机可设置与电机的对应的转矩公式。

其中， T_e 为电机轴端扭矩，单位为Nm； N_p 为电机转子磁极对数， L_d 为直轴电感值，单位为uH； L_q 为交轴电感值，单位为uH； i_d 为目标直轴电流值，单位为A； Φ_f 为磁链值，单位为Vs； i_q 为目标交轴电流值，单位为A。

$$T_e = 1.5N_p[(L_d - L_q)i_d + \Phi_f]i_q \quad \text{式 (1-1)}$$

在本公开的一些实施例中，在对电驱动系统在进行发热调节需求过程中，对目标直轴

电流值 i_d 进行振荡控制,当调节目标直轴电流值 i_d 变化时,目标交轴电流值 i_q 也会发生变化,为保证车辆正常行驶,需获取与目标直轴电流值 i_d 对应的目标交轴电流值 i_q ,采用如式(1-1)算法限定目标交轴电流值 i_q ,不需要再通过查表获取。车辆运行同一工况,电机轴端扭矩 T_e 不变,当确定需要进入电驱动系统发热调节功能时,可以根据目标直轴电流值 i_d 直接计算得到目标交轴电流值 i_q ,且控制交直轴电流均以一定的预设变换频率 f 和电流调节幅值 Δd 振荡,以满足车辆正常行驶。

在本公开的一些实施例中,如图4所示,为根据本公开另一个实施例的车辆电驱动系统控制方法的流程图,其中,车辆电驱动系统控制方法还包括步骤S9和步骤S10,具体如下。

S9,确定整车所需加热功率发生变化。

例如,车辆运行一段时间后,需调整车用动力电池温度,整车所需加热功率发生变化,则需适应性调整电驱动系统发热调节功能,或者,整车其他模块存在加热需求发生变化,需要调整电驱动系统发热调节功能以适应整车所需加热功率,如确定用户进行空调系统的制热操作,或者,用户操作以调整整车驾乘乘员舱如座椅进行加热时等,车辆发送相应的整车加热需求信号至电驱动系统。

S10,根据变化后的整车所需加热功率,调整电流调节幅值或者调整预设变换频率。

在本公开的实施例中,确定整车所需加热功率发生变化时,根据整车所需加热功率和当前发热功率确定电流调节幅值 Δd ,并调整电流调节幅值 Δd 或预设变换频率 f 来实现整车的加热功率需求。例如,当电驱动系统发热调节需求增大时,需增大电流调节幅值 Δd 。当电驱动系统发热调节需求减小时,需减小电流调节幅值 Δd 。

参照图2和图3所示,以车辆运行在A工况点为例,当电驱动系统的发热需求增加时,需调节电流调节幅值 Δd 增大,并对应调节目标交直轴电流组合。例如,按照预先标定或者通过相关算法进行实时计算,确定调整后的预设变换频率为 f ,单位为Hz,并且确定调整后的电流调节幅值为 $\Delta d1$,单位为A,对应图2中,交直轴电流组合的轨迹为扭矩曲线3中的轨迹 $A \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow E \rightarrow A$,对应图3中,目标直轴电流值从直轴电流振荡曲线M切换至直轴电流振荡曲线N上,目标直轴电流值振荡轨迹沿直轴电流振荡曲线N进行。其中,电流调节幅值 $\Delta d1$ 为工况点A至工况点D,或工况点A1至工况点E所对应的目标直轴电流差值,工况点A至工况点D对应的目标直轴电流差值与工况点A1至工况点E对应的目标直轴电流差值一致。

具体地,在图2中,从A工况点,沿扭矩曲线3,朝目标直轴电流值增大、目标交轴

电流值增大的方向移至 D 工况点。同步地,在图 3 中,目标直轴电流值从 A 点沿直轴电流振荡曲线 N 移至 D 点;此时目标直轴电流值增加,对应的也要增加目标交轴电流值,运行工况点继续移动,从图 2 中的 D 工况点沿扭矩曲线 3,朝目标直轴电流值减小、目标交轴电流值减小的方向移回 A 工况点,图 3 中目标直轴电流值则沿着直轴电流振荡曲线 N 从 D 点移至 A1 点;此时目标直轴电流值减小,对应的也要减小目标交轴电流值,运行工况点继续移动,在图 2 中,从 A 工况点,沿扭矩曲线 3,朝目标直轴电流值减小、目标交轴电流值减小的方向移至 E 工况点,同步地,在图 3 中,直轴电流值从 A1 点沿直轴电流振荡曲线 N 移至 E 点;此时目标直轴电流值减小,对应的也要减小目标交轴电流值,运行工况点继续移动,在图 2 中,从 E 工况点,沿扭矩曲线 3,朝目标直轴电流值增大、目标交轴电流值增大的方向移回 A 工况点,同步地,在图 3 中,目标直轴电流值从 E 点沿直轴电流振荡曲线 N 移至 A2 点;此时目标直轴电流值增加,对应的也要增加目标交轴电流值,至此目标直轴电流值在 A 工况点的一个振荡周期完成。若车辆继续维持在图 2 中 A 工况点运行,则上述步骤重复执行。

在本公开的一些实施例中,如图 5 所示,为根据本公开又一个实施例的车辆电驱动系统控制方法的流程图。其中,上面的步骤 S4,根据三相电流值和位置值获得在车辆当前运行工况点下电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值,可以包括步骤 S41 和步骤 S42,具体如下。

S41,通过 Clark 变换将三相电流值转换为两相静止电流值。

其中,Clark(克拉克)变换为一种坐标变换方法,用于将三相静止变量变换为两相静止变量,可通过 Clark 变换将三相电流值转换为两相静止电流值。

S42,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。

其中,Park(帕克)变换为一种坐标变换方法,用于将两相静止变量变换为两相旋转变量,可以通过 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。

在本公开的一些实施例中,如图 6 所示,为根据本公开又一个实施例的车辆电驱动系统控制方法的流程图。其中,上面的步骤 S7,根据目标直轴电流值和目标交轴电流值以及当前直轴电流值和当前交轴电流值获得电机驱动信号,可以包括步骤 S71-S75,具体如下。

S71,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。

在本公开的一些实施例中,当目标直轴电流和目标交轴电流值以一定的电流调节幅值或预设变换频率进行变化时,输出的目标直轴电流和目标交轴电流值为变化的值,可根据

需要设置采集目标直轴电流和目标交轴电流值的时间间隔，以保证系统有效运行，保证电驱动系统的发热量动态可调，快速升温车用动力电池温度及其他整车零部件。

S72，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。

其中，直轴电流差值和交轴电流差值进行电流闭环调节时，可通过PI（proportional integral controller，比例积分控制器）和前馈解耦进行调节，以获取直轴电压值和交轴电压值。

S73，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。

其中，TPark（反帕克）变换为一种坐标变换方法，用于将两相旋转变量变换为两相静止变量，通过TPark变换将两相旋转电压值转换为两相静止电压值。

S74，获取电驱动系统的母线电压值，在获取电机轴端扭矩、车辆当前运行工况点、电机的三相电流值和位置值以及对这些数据进行计算时，电机控制器可同步采集系统的电控制流端母线电压值。

S75，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。

在本公开的实施例中，将母线电压值以及两相静止电压值传递至具有脉宽调制功能的模块进行处理，以获得电机驱动信号并发送给电机控制器，电机驱动信号可以为开关信号，以控制功率开关器件导通或关断，从而控制电机的运行，还可调节电驱动系统发热量，为整车其他零部件提供热能，以满足电驱动系统发热调节需求。

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。

发明人发现，当直轴电流大于限值时，定转子间磁场作用力强，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，进而产生的电磁干扰和高频噪声在加热需求下更为凸显。如图9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，所述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。

图7是本公开一个实施例的电驱动系统的框图。

在本公开的一些实施例中，如图7所示，电驱动系统10包括电机1、电机控制器2、电流传感器3、位置传感器4和处理器5。

其中，电机1运行时可为车辆动力电池和其他零部件提供热能，电机控制器2能根据电机驱动信号控制电机1的运行状态，例如，电机控制器2可通过控制功率开关器件导通或关断，从而控制电机的运行。电流传感器3可设置在电机1和电机控制器2之间，用于

采集电机 1 的三相电流值。位置传感器 4 用于采集电机 1 的位置值，其中位置值可包括电机实时转子位置和转速等。

处理器 5 与电机控制器 2、电流传感器 3 和位置传感器 4 分别连接，处理器 5 用于执行上面任一项实施例的车辆电驱动系统控制方法。

根据本公开实施例的电驱动系统 10，可采用通用的电驱动系统硬件，通过处理器 5 执行上面任一项实施例的车辆电驱动系统控制方法，能加速动力电池自身发热速率，从而使该车辆电驱动系统能够适用于寒冷地区，且动力电池自身发热的热量还可以应用于整车的热管理。另外，该车辆电驱动系统控制方法仅对软件进行改进，无需改变硬件架构，成本低，易于推广。

图 8 是本公开一个实施例的车辆的框图。

在本公开的一些实施例中，如图 8 所示，车辆 01 包括加热需求系统 20、整车控制器 30 和上面任一项实施例的电驱动系统 10。

其中，整车控制器 30 用于在确定加热需求系统 20 有加热需求时发送整车加热需求信号。其中加热需求系统可包括整车中多种模块或零部件，例如新能源汽车中的动力电池、整车驾乘乘员舱和空调系统等。可由温度传感器采集当前环境温度和/或加热需求系统 20 中模块或零部件的温度，并判定需要对该模块或者零部件进行加热，则发出加热需求信号。或者用户通过操作人机交互装置如显示屏、按钮等，发出加热需求信号。

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。电驱动系统 10 产生的热量通过导热回路，可选地或同时将热量带给整车其他模块或车用动力电池。其中，导热回路结构在此不做限制，且具体导热流向可根据车辆各模块实际情况进行判断。

根据本公开实施例的车辆 01，导热回路将车辆 01 可能需要热量的模块如动力电池等进行连通，当对电驱动系统 10 提出发热需求时，整车控制器 30 接收到加热需求信号，通过采用上面任一项实施例的车辆电驱动系统控制方法，控制交直流电流值以一定的电流调节幅值和预设变换频率振荡，电机控制器 2 控制电机 1 运转，在车辆 01 任意工况下均可动态调节电驱动系统 10 发出热量，快速升温车辆 10 的动力电池温度及其他整车零部件温度。

在本公开的一些实施例中，加热需求系统 20 包括动力电池。例如，新能源车辆在寒冷地区或严寒工况下，需要对车辆 01, 动力电池进行加热，则车辆 01 进入电驱动系统 10 发热调节需求，通过采用上面任一项实施例的车辆电驱动系统控制方法，控制电驱动系统 10 发热，热量通过导热回路输送至动力电池，进而使得动力电池自身发热速率提升，同时不影响电机轴端扭矩输出，避免低温影响动力电池的充放电能力，进而影响整车性能表现。

在本公开的一些实施例中，加热需求系统 20 包括整车驾乘乘员舱和空调系统。例如，用户需要对整车驾乘乘员舱的座椅进行加热，或者用户需要采用空调系统对车辆进行加热，则车辆 01 进入电驱动系统 10 发热调节需求，通过采用上面任一项实施例的车辆电驱动系统控制方法，控制电驱动系统 10 发热，在满足车辆正常行驶的前提下，动态可调电驱动系统 10 的发热量，通过导热回路，快速升温车辆加热需求系统 20，从而满足用户的需求。

根据本公开实施例的车辆 01 的其他构成以及操作对于本领域普通技术人员而言都是已知的，这里不再详细描述。

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公开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。

尽管已经示出和描述了本公开的实施例，本领域的普通技术人员可以理解：在不脱离本公开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，本公开的范围由权利要求及其等同物限定。

13
权利要求书

1、一种车辆电驱动系统控制方法，其特征在于，所述电驱动系统包括电机和电机控制器，方法包括：

响应于整车加热需求信号，获取电机轴端扭矩和车辆当前运行工况点；

根据所述车辆当前运行工况点获得所述电驱动系统的当前发热功率；

根据整车所需加热功率和所述当前发热功率确定电流调节幅值；

获取所述电机的三相电流值和位置值，根据所述三相电流值和所述位置值获得在所述车辆当前运行工况点下电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值；

控制当前直轴电流值以预设变换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轴端扭矩获得目标交轴电流值；

根据所述目标直轴电流值和所述目标交轴电流值以及所述当前直轴电流值和所述当前交轴电流值获得电机驱动信号；

将所述电机驱动信号发送给所述电机控制器，以控制所述电机运行。

2、根据权利要求1所述的车辆电驱动系统控制方法，其特征在于，所述控制当前直轴电流值以预设变换频率以及电流调节幅值振荡作为目标直轴电流值，包括：

根据所述电流调节幅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当前直轴电流为基准值，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当前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当前直轴电流值与所述电流调节幅值的差值。

3、根据权利要求1或2所述的车辆电驱动系统控制方法，其特征在于，所述根据整车所需加热功率和所述当前发热功率确定电流调节幅值，包括：

计算所述整车所需加热功率与所述当前发热功率的功率差值；

根据所述功率差值获得所述电流调节幅值，且当所述功率差值越大时，所述电流调节幅值越大。

4、根据权利要求1-3中任一项所述的车辆电驱动系统控制方法，其特征在于，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随机波动。

5、根据权利要求1-4中任一项所述的车辆电驱动系统控制方法，其特征在于，所述目标直轴电流值和所述目标交轴电流值满足以下公式：

$$T_e = 1.5N_p[(L_d - L_q)i_d + \varphi_f]i_q;$$

其中, T_e 为电机轴端扭矩, N_p 为电机转子磁极对数, L_d 为直轴电感值, L_q 为交轴电感值, i_d 为目标直轴电流值, φ_f 为磁链值, i_q 为目标交轴电流值。

6、根据权利要求 1-5 中任一项所述的车辆电驱动系统控制方法, 其特征在于, 所述方法还包括:

确定所述整车所需加热功率发生变化;

根据变化后的整车所需加热功率, 调整所述电流调节幅值或者调整所述预设变换频率。

7、根据权利要求 1-6 中任一项所述的车辆电驱动系统控制方法, 其特征在于, 所述根据所述三相电流值和所述位置值获得在所述车辆当前运行工况点下电机的当前直轴电流值和当前交轴电流值, 包括:

通过 Clark 变换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。

8、根据权利要求 1-7 中任一项所述的车辆电驱动系统控制方法, 其特征在于, 所述根据所述目标直轴电流值和所述目标交轴电流值以及所述当前直轴电流值和所述当前交轴电流值获得电机驱动信号, 包括:

将所述目标直轴电流值与所述当前直轴电流值进行求差运算以获得直轴电流差值, 以及将所述目标交轴电流值与所述当前交轴电流值进行求差运算以获得交轴电流差值;

根据所述直轴电流差值和所述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 变换将所述直轴电压值和所述交轴电压值转换为两相静止电压值;

获取所述电驱动系统的母线电压值;

根据所述母线电压值和所述两相静止电压值进行脉宽调制以获得所述电机驱动信号。

9、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, 所述处理器与所述电机控制器、所述电流传感器和所述位置传感器分别连接, 所述处理器用于执行权利要求 1-8 中任一项所述的车辆电驱动系统控制方法。

10、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加热需求时发送整车加热需求信号;

权利要求 9 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。

11、根据权利要求 10 所述的车辆，其特征在于，所述加热需求系统包括动力电池。

12、根据权利要求 10 或 11 所述的车辆，其特征在于，所述加热需求系统包括整车驾乘乘员舱和空调系统。