



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110920378 A

(43)申请公布日 2020.03.27

(21)申请号 201811102592.2

(22)申请日 2018.09.20

(71)申请人 郑州宇通客车股份有限公司  
地址 450061 河南省郑州市管城区宇通路

(72)发明人 张振宁 潘炜 纪秉男 韩光辉  
焦福秦

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

代理人 韩天宝

(51) Int. Cl.

B60K 11/06(2006.01)

B60K 11/02(2006.01)

B60R 16/023(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种车用电机驱动系统智能热管理控制方法

(57)摘要

本发明提供一种车用电机驱动系统智能热管理控制方法,属于车辆热管理技术领域。该方法包括以下步骤:判断车辆状态;检测电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ;当车辆处于行车状态时,根据行车温度阈值划分的行车温度区间,控制散热设备运行在不同的工况下,每个行车温度区间具有与之相对应的工况;当车辆处于停车状态时,根据停车温度阈值划分的停车温度区间,控制散热设备运行在不同的工况下,每个停车温度区间具有与之相对应的工况;其中,行车温度阈值小于等于相应工况下的停车温度阈值。本发明针对车辆行车状态和停车状态,采取不同的热管理控制方法,能够有效节约能源;而且在停车状态时,散热设备不必频繁启停,能避免产生不必要的噪声。



CN 110920378 A

1. 一种车用电机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于:包括以下步骤:

判断车辆状态,所述车辆状态包括行车状态和停车状态;

检测电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ;

当车辆处于行车状态时,根据行车温度阈值划分的行车温度区间,控制散热设备运行在不同的工况下,每个行车温度区间具有与之相对应的工况;

当车辆处于停车状态时,根据停车温度阈值划分的停车温度区间,控制散热设备运行在不同的工况下,每个停车温度区间具有与之相对应的工况;

其中,行车温度阈值小于等于相应工况下的停车温度阈值。

2. 根据权利要求1所述的车用电机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于:所述行车温度阈值包括电机第一温度阈值 $T_{m1}$ 、电机控制器第一温度阈值 $T_{c1}$ ;所述停车温度阈值包括电机第四温度阈值 $T_{m4}$ 、电机第五温度阈值 $T_{m5}$ 、电机控制器第四温度阈值 $T_{c4}$ 、电机控制器第五温度阈值 $T_{c5}$ ;

当车辆处于行车状态时,若 $T_m \geq T_{m1}$ 或 $T_c \geq T_{c1}$ ,则控制散热设备开启;

当车辆处于停车状态时,若 $T_{m4} \leq T_m \leq T_{m5}$ 或 $T_{c4} \leq T_c \leq T_{c5}$ ,则控制散热设备运行在最小转速工况下,此时散热设备维持最小的输出量。

3. 根据权利要求2所述的车用电机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于:所述行车温度阈值还包括电机第二温度阈值 $T_{m2}$ 、电机控制器第二温度阈值 $T_{c2}$ ;所述停车温度阈值还包括电机第六温度阈值 $T_{m6}$ 、电机控制器第六温度阈值 $T_{c6}$ ;

当车辆处于行车状态时,若 $T_{m1} \leq T_m \leq T_{m2}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,根据 $T_m$ 对散热设备的输出量进行线性控制;或者若 $T_{c1} \leq T_c \leq T_{c2}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,根据 $T_c$ 对散热设备的输出量进行线性控制;或者若 $T_{m1} \leq T_m \leq T_{m2}$ 且 $T_{c1} \leq T_c \leq T_{c2}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,此时根据电机或电机控制器对散热需求较高者对散热设备的输出量进行线性控制;

当车辆处于停车状态时,若 $T_{m5} \leq T_m \leq T_{m6}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,根据 $T_m$ 对散热设备的输出量进行线性控制;或者若 $T_{c5} \leq T_c \leq T_{c6}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,根据 $T_c$ 对散热设备的输出量进行线性控制;或者若 $T_{m5} \leq T_m \leq T_{m6}$ 且 $T_{c5} \leq T_c \leq T_{c6}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,此时根据电机或电机控制器对散热需求较高者对散热设备的输出量进行线性控制;

其中, $T_{m5} = T_{m1} + \Delta T_{m1}$ , $\Delta T_{m1} \geq 0$ ;  $T_{c5} = T_{c1} + \Delta T_{c1}$ , $\Delta T_{c1} \geq 0$ ;  $T_{m6} = T_{m2} + \Delta T_{m2}$ , $\Delta T_{m2} \geq 0$ ;  $T_{c6} = T_{c2} + \Delta T_{c2}$ , $\Delta T_{c2} \geq 0$ 。

4. 根据权利要求3所述的车用电机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于:所述线性控制包括线性增加散热设备的输出量或者线性减少散热设备的输出量。

5. 根据权利要求4所述的车用电机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于:

当车辆处于行车状态时,若 $T_m \geq T_{m2}$ 或 $T_c \geq T_{c2}$ ,则控制散热设备运行在最大转速工况下,此时散热设备维持最大的输出量;

当车辆处于停车状态时,若 $T_m \geq T_{m6}$ 或 $T_c \geq T_{c6}$ ,则控制散热设备运行在最大转速工况下,此时散热设备维持最大的输出量。

6. 根据权利要求5所述的车用电机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于:所述行车温度阈值还包括电机第三温度阈值 $T_{m3}$ 、电机控制器第三温度阈值 $T_{c3}$ ;

当车辆处于行车状态时,若 $T_m < T_{m3}$ 且 $T_c < T_{c3}$ ,则控制散热设备运行在停转工况下,此时散热设备停止工作;

当车辆处于停车状态时,若 $T_m < T_{m4}$ 且 $T_c < T_{c4}$ ,则控制散热设备运行在停转工况下,此时散热设备停止工作;

其中, $T_{m4} = T_{m3} + \Delta T_{m3}$ ,  $\Delta T_{m3} \geq 0$ ;  $T_{c4} = T_{c3} + \Delta T_{c3}$ ,  $\Delta T_{c3} \geq 0$ ;  $T_{m3} < T_{m1}$ ,  $T_{c3} < T_{c1}$ 。

7. 根据权利要求6所述的车用电动机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于: $T_{m3} < T_{m1} \leq T_{m4} < T_{m2} \leq T_{m5} < T_{m6}$ ;  $T_{c3} < T_{c1} \leq T_{c4} < T_{c2} \leq T_{c5} < T_{c6}$ 。

8. 根据权利要求1、2、3、4、5、6或7所述的车用电动机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于:所述散热设备为电子水泵和/或电子风扇。

9. 根据权利要求8所述的车用电动机驱动系统智能热管理控制方法,其特征在于:根据电机转速判断车辆状态,当电机转速大于第一设定转速值时,车辆处于行车状态;当电机转速小于第二设定转速值时,车辆处于停车状态;其中,所述第一设定转速值大于等于所述第二设定转速值。

## 一种车用电机驱动系统智能热管理控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种车用电机驱动系统智能热管理控制方法,属于车辆热管理技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着车辆节能要求的提高,新能源车辆所用的驱动电机(以下简称电机)及其控制器的功率密度也越来越高,体积越来越紧凑,随之而来则是其散热需求的增大以及其对温度控制敏感性的增强,面对驱动系统的技术革新,冷却系统相关部件也需进行智能化管控。以新能源纯电动车辆为例,为使电机系统充分发挥其性能,必须将电机和控制器温度控制在合理的温度范围内,一般通过对电子风扇和电子水泵进行合理控制,使电机和控制器在所有工况下都能维持在合理温度范围内。

[0003] 目前,电子水泵和电子风扇控制主要是温度阈值控制,在达到温度阈值时相应零部件开始工作或停止工作,但这种粗放控制方法不仅存在能耗浪费问题,而且在车辆停车状态时,相关部件的不必要工作还会造成车内外噪声的增加,影响客户的驾、乘体验。

[0004] 公告号为CN 205277581 U,实用新型名称为“车辆发动机散热器多风扇冷却系统”的专利文件公开了一种根据发动机的不同工况,使冷却系统提供相匹配的散热量的技术方案:在发动机散热器冷却液的实际温度 $T_2$ 高于设定的温度区间 $T_1$ 时,控制风扇转速和水泵泵速按照一定比例提高,增大风扇输出的风量和电子水泵提供冷却液的流量;反之则转速按照一定比例降低,减小风扇输出的风量和水泵提供的冷却液流量。但是,该专利的温度区间 $T_1$ 是针对车辆处于行车状态时设定的,当车辆处于停车状态时,由于发动机转速降低,发动机温度会逐渐下降,此时已不需要进行过多的降温操作,若仍按行车状态的温度区间 $T_1$ 进行降温控制,会造成能源浪费。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种车用电机驱动系统智能热管理控制方法,用以解决现有技术中车辆热管理控制方法不完善,会造成能源浪费的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了一种车用电机驱动系统智能热管理控制方法,包括以下步骤:

[0007] 判断车辆状态,所述车辆状态包括行车状态和停车状态;

[0008] 检测电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ;

[0009] 当车辆处于行车状态时,根据行车温度阈值划分的行车温度区间,控制散热设备运行在不同的工况下,每个行车温度区间具有与之相对应的工况;

[0010] 当车辆处于停车状态时,根据停车温度阈值划分的停车温度区间,控制散热设备运行在不同的工况下,每个停车温度区间具有与之相对应的工况;

[0011] 其中,行车温度阈值小于等于相应工况下的停车温度阈值。

[0012] 本发明的有益效果是:首先对车辆状态进行判断,然后针对车辆行车状态和停车

状态,分别设置行车温度阈值和停车温度阈值,利用划分的行车温度区间和停车温度区间,控制散热设备运行在不同的工况下,更符合实际需求,能够有效节约能源;而且由于行车温度阈值小于等于相应工况下的停车温度阈值,则在停车状态时,散热设备不必频繁启停,还能避免产生不必要的噪声。

[0013] 为了实现车用电机驱动系统的智能热管理,作为对上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法的一种改进,所述行车温度阈值包括电机第一温度阈值 $T_{m1}$ 、电机控制器第一温度阈值 $T_{c1}$ ;所述停车温度阈值包括电机第四温度阈值 $T_{m4}$ 、电机第五温度阈值 $T_{m5}$ 、电机控制器第四温度阈值 $T_{c4}$ 、电机控制器第五温度阈值 $T_{c5}$ ;

[0014] 当车辆处于行车状态时,若 $T_m \geq T_{m1}$ 或 $T_c \geq T_{c1}$ ,则控制散热设备开启;

[0015] 当车辆处于停车状态时,若 $T_{m4} \leq T_m \leq T_{m5}$ 或 $T_{c4} \leq T_c \leq T_{c5}$ ,则控制散热设备运行在最小转速工况下,此时散热设备维持最小的输出量。

[0016] 为了更好地实现车用电机驱动系统的智能热管理,作为对上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法的另一种改进,所述行车温度阈值还包括电机第二温度阈值 $T_{m2}$ 、电机控制器第二温度阈值 $T_{c2}$ ;所述停车温度阈值还包括电机第六温度阈值 $T_{m6}$ 、电机控制器第六温度阈值 $T_{c6}$ ;

[0017] 当车辆处于行车状态时,若 $T_{m1} \leq T_m \leq T_{m2}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,根据 $T_m$ 对散热设备的输出量进行线性控制;或者若 $T_{c1} \leq T_c \leq T_{c2}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,根据 $T_c$ 对散热设备的输出量进行线性控制;或者若 $T_{m1} \leq T_m \leq T_{m2}$ 且 $T_{c1} \leq T_c \leq T_{c2}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,此时根据电机或电机控制器对散热需求较高者对散热设备的输出量进行线性控制;

[0018] 当车辆处于停车状态时,若 $T_{m5} \leq T_m \leq T_{m6}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,根据 $T_m$ 对散热设备的输出量进行线性控制;或者若 $T_{c5} \leq T_c \leq T_{c6}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,根据 $T_c$ 对散热设备的输出量进行线性控制;或者若 $T_{m5} \leq T_m \leq T_{m6}$ 且 $T_{c5} \leq T_c \leq T_{c6}$ ,则控制散热设备运行在线性调速工况下,此时根据电机或电机控制器对散热需求较高者对散热设备的输出量进行线性控制;

[0019] 其中, $T_{m5} = T_{m1} + \Delta T_{m1}$ , $\Delta T_{m1} \geq 0$ ;  $T_{c5} = T_{c1} + \Delta T_{c1}$ , $\Delta T_{c1} \geq 0$ ;  $T_{m6} = T_{m2} + \Delta T_{m2}$ , $\Delta T_{m2} \geq 0$ ;  $T_{c6} = T_{c2} + \Delta T_{c2}$ , $\Delta T_{c2} \geq 0$ 。

[0020] 为了实现对散热设备输出量的线性控制,作为对上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法的又一种改进,所述线性控制包括线性增加散热设备的输出量或者线性减少散热设备的输出量。

[0021] 为了更好地实现车用电机驱动系统的智能热管理,作为对上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法的再一种改进,

[0022] 当车辆处于行车状态时,若 $T_m \geq T_{m2}$ 或 $T_c \geq T_{c2}$ ,则控制散热设备运行在最大转速工况下,此时散热设备维持最大的输出量;

[0023] 当车辆处于停车状态时,若 $T_m \geq T_{m6}$ 或 $T_c \geq T_{c6}$ ,则控制散热设备运行在最大转速工况下,此时散热设备维持最大的输出量。

[0024] 为了更好地实现车用电机驱动系统的智能热管理,作为对上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法的进一步改进,所述行车温度阈值还包括电机第三温度阈值 $T_{m3}$ 、电机控制器第三温度阈值 $T_{c3}$ ;

[0025] 当车辆处于行车状态时,若 $T_m < T_{m3}$ 且 $T_c < T_{c3}$ ,则控制散热设备运行在停转工况下,此时散热设备停止工作;

[0026] 当车辆处于停车状态时,若 $T_m < T_{m4}$ 且 $T_c < T_{c4}$ ,则控制散热设备运行在停转工况下,此时散热设备停止工作;

[0027] 其中, $T_{m4} = T_{m3} + \Delta T_{m3}$ , $\Delta T_{m3} \geq 0$ ;  $T_{c4} = T_{c3} + \Delta T_{c3}$ , $\Delta T_{c3} \geq 0$ ;  $T_{m3} < T_{m1}$ , $T_{c3} < T_{c1}$ 。

[0028] 为了更好地实现车用电机驱动系统的智能热管理,作为对上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法的进一步改进, $T_{m3} < T_{m1} \leq T_{m4} < T_{m2} \leq T_{m5} < T_{m6}$ ;  $T_{c3} < T_{c1} \leq T_{c4} < T_{c2} \leq T_{c5} < T_{c6}$ 。

[0029] 为了提供散热设备的实现形式,作为对上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法的再进一步改进,所述散热设备为电子水泵和/或电子风扇。

[0030] 为了判断车辆状态,作为对上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法的又进一步改进,根据电机转速判断车辆状态,当电机转速大于第一设定转速值时,车辆处于行车状态;当电机转速小于第二设定转速值时,车辆处于停车状态;其中,所述第一设定转速值大于等于所述第二设定转速值。

## 附图说明

[0031] 图1是本发明的车用电机驱动系统智能热管理控制原理图;

[0032] 图2是本发明利用电子风扇进行热管理的控制流程图;

[0033] 图3是本发明利用电子水泵进行热管理的控制流程图。

## 具体实施方式

[0034] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及具体实施例对本发明进行进一步详细说明。

[0035] 本发明的车用电机驱动系统智能热管理控制方法,适用于使用电子风扇和/或电子水泵作为其电机驱动冷却系统的各类车辆,例如:商用车、乘用车、工程机械等各类车辆,且不限于纯电动车型、混合动力车型、燃料电池车型等。

[0036] 下面以纯电动汽车为例,进行详细介绍。

[0037] 本发明的车用电机驱动系统智能热管理控制原理图,如图1所示:包括整车控制器、电子风扇控制器、电子水泵控制器、PWM无极调速器、电子风扇和电子水泵。其中,整车控制器通过CAN网络分别与电机和电机控制器通讯连接,用来获取电机转速、电机温度和电机控制器温度;电子风扇控制器一方面通过CAN网络与整车控制器通讯连接,用来获取电机转速、电机温度和电机控制器温度,一方面通过PWM无极调速器控制连接电子风扇,以对电子风扇的转速进行调节;电子水泵控制器一方面通过CAN网络与整车控制器通讯连接,用来获取电机转速、电机温度和电机控制器温度,一方面通过PWM无极调速器控制连接电子水泵,以对电子水泵的转速进行调节。

[0038] 电子风扇控制器首先根据获取的当前电机转速 $n$ ,判断车辆处于行车状态还是停车状态;然后,根据获取的当前电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ,结合行车温度阈值划分的行车温度区间和停车温度阈值划分的停车温度区间,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行调节,使电子风扇运行在不同的工况下,以实现如图2所示的热管理控制方法。

[0039] 电机水泵控制器首先根据获取的当前电机转速 $n$ ,判断车辆处于行车状态还是停车状态;然后,根据获取的当前电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ,结合行车温度阈值划分的行车温度区间和停车温度阈值划分的停车温度区间,通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行调节,使电子水泵运行在不同的工况下,以实现如图3所示的热管理控制方法。

[0040] 本发明利用电子风扇进行热管理的控制流程图,如图2所示:

[0041] 电子风扇控制器关联整车“ON”档上电信号,仅在检测到钥匙上电后,其温度控制策略有效。

[0042] 电子风扇控制器获取当前电机转速 $n$ ,判断车辆处于行车状态还是停车状态:当电机转速 $n > (n_1 + \Delta n)$  rpm时,车辆处于行车状态;当电机转速 $n < n_1$  rpm时,车辆处于停车状态。其中, $(n_1 + \Delta n)$ 为第一设定转速值, $n_1$ 为第二设定转速值, $\Delta n \geq 0$ 。

[0043] 行车状态下,电子风扇控制器执行行车状态热管理控制方法:

[0044] 行车温度阈值包括电机第一温度阈值 $T_{mf1}$ 、电机第二温度阈值 $T_{mf2}$ 、电机第三温度阈值 $T_{mf3}$ 、电机控制器第一温度阈值 $T_{cf1}$ 、电机控制器第二温度阈值 $T_{cf2}$ 、电机控制器第三温度阈值 $T_{cf3}$ ;其中, $T_{mf3} < T_{mf1} < T_{mf2}$ , $T_{cf3} < T_{cf1} < T_{cf2}$ 。

[0045] 相应的,电子风扇工况分别为:停转工况、开启工况、线性调速工况和最大转速工况。

[0046] 电子风扇控制器获取当前电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ;

[0047] 当电机温度 $T_m \geq T_{mf1}$ 或电机控制器温度 $T_c \geq T_{cf1}$ 时,控制电子风扇运行在开启工况,电子风扇开启;

[0048] 当电机温度 $T_{mf1} \leq T_m \leq T_{mf2}$ 或电机控制器温度 $T_{cf1} \leq T_c \leq T_{cf2}$ 时,控制电子风扇运行在线性调速工况下,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行线性调节;具体地,在升温过程中,线性提高电子风扇转速,以增加风扇输出的风量;在降温过程中,线性降低电子风扇转速,以减少风扇输出的风量;线性调速工况下的电子风扇转速可根据下述三种方法的任一种进行调节:

[0049] 1) 当 $T_{mf1} \leq T_m \leq T_{mf2}$ 时,控制电子风扇运行在线性调速工况下,此时根据电机温度 $T_m$ ,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行线性调节;

[0050] 2) 当 $T_{cf1} \leq T_c \leq T_{cf2}$ 时,控制电子风扇运行在线性调速工况下,此时根据电机控制器温度 $T_c$ ,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行线性调节;

[0051] 3) 当 $T_{mf1} \leq T_m \leq T_{mf2}$ 且 $T_{cf1} \leq T_c \leq T_{cf2}$ 时,控制电子风扇运行在线性调速工况下,此时根据电机或电机控制器对散热需求较高者,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行线性调节;

[0052] 当电机温度 $T_m \geq T_{mf2}$ 或电机控制器温度 $T_c \geq T_{cf2}$ 时,控制电子风扇运行在最大转速工况下,此时电子风扇运行在最大转速,输出的风量最大;

[0053] 当电机温度 $T_m < T_{cf3}$ 且电机控制器温度 $T_c < T_{cf3}$ 时,控制电子风扇运行在停转工况下,此时电子风扇停转。

[0054] 其中,在 $T_m = T_{mf2}$ 或 $T_c = T_{cf2}$ 时,电子风扇运行在最大转速。

[0055] 作为其他实施方式,在电机或电机控制器降温过程中,当电机温度 $T_{mf3} < T_m < T_{mf1}$ 且电机控制器温度 $T_{cf3} < T_c < T_{cf1}$ 时,控制电子风扇运行在最小转速工况下,此时电子风扇以最小转速运行,输出的风量最小。

[0056] 停车状态下,电子风扇控制器执行停车状态热管理控制方法:

[0057] 停车温度阈值包括电机第四温度阈值 $T_{mf4}$ 、电机第五温度阈值 $T_{mf5}$ 、电机第六温度阈值 $T_{mf6}$ ;电机控制器第四温度阈值 $T_{cf4}$ 、电机控制器第五温度阈值 $T_{cf5}$ 、电机控制器第六温度阈值 $T_{cf6}$ ;其中, $T_{mf4}<T_{mf5}<T_{mf6}$ , $T_{cf4}<T_{cf5}<T_{cf6}$ 。

[0058] 相应的,电子风扇具有四种工况,分别为:停转工况、最小转速工况、线性调速工况和最大转速工况。

[0059] 电子风扇控制器获取当前电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ;

[0060] 当电机温度 $T_{mf4}\leq T_m\leq T_{mf5}$ 或电机控制器温度 $T_{cf4}\leq T_c\leq T_{cf5}$ 时,控制电子风扇运行在最小转速工况下,此时电子风扇以最小转速运行,输出的风量最小;

[0061] 当电机温度 $T_{mf5}\leq T_m\leq T_{mf6}$ 或电机控制器温度 $T_{cf5}\leq T_c\leq T_{cf6}$ 时,控制电子风扇运行在线性调速工况下,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行线性调节;具体地,在升温过程中,线性提高电子风扇转速,以增加风扇输出的风量;在降温过程中,线性降低电子风扇转速,以减少风扇输出的风量;线性调速工况下的电子风扇转速可根据下述三种方法的任一种进行调节:

[0062] 1) 当 $T_{mf5}\leq T_m\leq T_{mf6}$ 时,控制电子风扇运行在线性调速工况下,此时根据电机温度 $T_m$ ,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行线性调节;

[0063] 2) 当 $T_{cf5}\leq T_c\leq T_{cf6}$ 时,控制电子风扇运行在线性调速工况下,此时根据电机控制器温度 $T_c$ ,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行线性调节;

[0064] 3) 当 $T_{mf5}\leq T_m\leq T_{mf6}$ 且 $T_{cf5}\leq T_c\leq T_{cf6}$ 时,控制电子风扇运行在线性调速工况下,此时根据电机或电机控制器对散热需求较高者,通过PWM无极调速器对电子风扇转速进行线性调节;

[0065] 当电机温度 $T_m\geq T_{mf6}$ 或电机控制器温度 $T_c\geq T_{cf6}$ 时,控制电子风扇运行在最大转速工况下,此时电子风扇以最大转速运行,输出的风量最大;

[0066] 当电机温度 $T_m<T_{mf4}$ 且电机控制器温度 $T_c<T_{cf4}$ 时,控制电子风扇运行在停转工况下,此时电子风扇停转。

[0067] 其中,在 $T_m=T_{mf5}$ 且 $T_c=T_{cf5}$ 时,电子风扇运行在最小转速;在 $T_m=T_{mf6}$ 或 $T_c=T_{cf6}$ 时,电子风扇运行在最大转速。

[0068] 上述行车温度阈值小于等于相应工况下的停车温度阈值,相应工况指线性调速工况、最大转速工况和停转工况,各温度阈值关系具体如下:

[0069]  $T_{mf5}=T_{mf1}+\Delta T_{mf1}$ , $\Delta T_{mf1}\geq 0$ ;  $T_{cf5}=T_{cf1}+\Delta T_{cf1}$ , $\Delta T_{cf1}\geq 0$ ;  $T_{mf6}=T_{mf2}+\Delta T_{mf2}$ , $\Delta T_{mf2}\geq 0$ ;  $T_{cf6}=T_{cf2}+\Delta T_{cf2}$ , $\Delta T_{cf2}\geq 0$ ;  $T_{mf4}=T_{mf3}+\Delta T_{mf3}$ , $\Delta T_{mf3}\geq 0$ ;  $T_{cf4}=T_{cf3}+\Delta T_{cf3}$ , $\Delta T_{cf3}\geq 0$ 。

[0070] 其中, $\Delta T_{mf1}$ 、 $\Delta T_{cf1}$ 、 $\Delta T_{mf2}$ 、 $\Delta T_{cf2}$ 、 $\Delta T_{mf3}$ 、 $\Delta T_{cf3}$ 的值,根据电机和电机控制器的型号、耐高温等级、温度敏感性选取,保证温度区间的合理性。

[0071] 作为其他实施方式,上述各温度阈值的大小关系可以为:

[0072]  $T_{mf3}<T_{mf1}\leq T_{mf4}<T_{mf2}\leq T_{mf5}<T_{mf6}$

[0073]  $T_{cf3}<T_{cf1}\leq T_{cf4}<T_{cf2}\leq T_{cf5}<T_{cf6}$

[0074] 本发明利用电子水泵进行热管理的控制流程图,如图3所示:

[0075] 电子水泵控制器关联整车“ON”档上电信号,仅在检测到钥匙上电后,其温度控制



策略有效。

[0076] 电子水泵控制器获取当前电机转速 $n$ ，判断车辆处于行车状态还是停车状态：当电机转速 $n > (n_1 + \Delta n)$  rpm时，车辆处于行车状态；当电机转速 $n < n_1$  rpm时，车辆处于停车状态。其中， $(n_1 + \Delta n)$ 为第一设定转速值， $n_1$ 为第二设定转速值， $\Delta n \geq 0$ 。

[0077] 行车状态下，电子水泵控制器执行行车状态热管理控制方法：

[0078] 行车温度阈值包括电机第一温度阈值 $T_{mp1}$ 、电机第二温度阈值 $T_{mp2}$ 、电机第三温度阈值 $T_{mp3}$ 、电机控制器第一温度阈值 $T_{cp1}$ 、电机控制器第二温度阈值 $T_{cp2}$ 、电机控制器第三温度阈值 $T_{cp3}$ ；其中， $T_{mp3} < T_{mp1} < T_{mp2}$ ， $T_{cp3} < T_{cp1} < T_{cp2}$ 。

[0079] 相应的，电子水泵工况分别为：停转工况、开启工况、线性调速工况和最大转速工况。

[0080] 电子水泵控制器获取当前电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ；

[0081] 当电机温度 $T_m \geq T_{mp1}$ 或电机控制器温度 $T_c \geq T_{cp1}$ 时，控制电子水泵运行在开启工况，电子水泵开启；

[0082] 当电机温度 $T_{mp1} \leq T_m \leq T_{mp2}$ 或电机控制器温度 $T_{cp1} \leq T_c \leq T_{cp2}$ 时，控制电子水泵运行在线性调速工况下，通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行线性调节；具体地，在升温过程中，线性提高电子水泵转速，以增加水泵提供冷却液的流量；在降温过程中，线性降低电子水泵转速，以减少水泵提供冷却液的流量；线性调速工况下的电子水泵转速可根据下述三种方法的任一种进行调节：

[0083] 1) 当 $T_{mp1} \leq T_m \leq T_{mp2}$ 时，控制电子水泵运行在线性调速工况下，此时根据电机温度 $T_m$ ，通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行线性调节；

[0084] 2) 当 $T_{cp1} \leq T_c \leq T_{cp2}$ 时，控制电子水泵运行在线性调速工况下，此时根据电机控制器温度 $T_c$ ，通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行线性调节；

[0085] 3) 当 $T_{mp1} \leq T_m \leq T_{mp2}$ 且 $T_{cp1} \leq T_c \leq T_{cp2}$ 时，控制电子水泵运行在线性调速工况下，此时根据电机或电机控制器对散热需求较高者，通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行线性调节；

[0086] 当电机温度 $T_m \geq T_{mp2}$ 或电机控制器温度 $T_c \geq T_{cp2}$ 时，控制电子水泵运行在最大转速工况下，此时电子水泵以最大转速运行，提供冷却液的流量最大；

[0087] 当电机温度 $T_m < T_{mp3}$ 且电机控制器温度 $T_c < T_{cp3}$ 时，控制电子水泵运行在停转工况下，此时电子水泵停转。

[0088] 其中，在 $T_m = T_{mp2}$ 或 $T_c = T_{cp2}$ 时，电子水泵运行在最大转速。

[0089] 作为其他实施方式，在电机或电机控制器降温过程中，当电机温度 $T_{mp3} < T_m < T_{mp1}$ 且电机控制器温度 $T_{cp3} < T_c < T_{cp1}$ 时，控制电子水泵运行在最小转速工况下，此时电子水泵以最小转速运行，提供冷却液的流量最小。

[0090] 停车状态下，电子水泵控制器执行停车状态热管理控制方法：

[0091] 停车温度阈值包括电机第四温度阈值 $T_{mp4}$ 、电机第五温度阈值 $T_{mp5}$ 、电机第六温度阈值 $T_{mp6}$ 、电机控制器第四温度阈值 $T_{cp4}$ 、电机控制器第五温度阈值 $T_{cp5}$ 、电机控制器第六温度阈值 $T_{cp6}$ ；其中， $T_{mp4} < T_{mp5} < T_{mp6}$ ， $T_{cp4} < T_{cp5} < T_{cp6}$ 。

[0092] 相应的，电子水泵具有四种工况，分别为：停转工况、最小转速工况、线性调速工况和最大转速工况。

[0093] 电子水泵控制器获取当前电机温度 $T_m$ 和电机控制器温度 $T_c$ ;

[0094] 当电机温度 $T_{mp4} \leq T_m \leq T_{mp5}$ 或电机控制器温度 $T_{cp4} \leq T_c \leq T_{cp5}$ 时,控制电子水泵运行在最小转速工况下,此时电子水泵以最小转速运行,提供冷却液的流量最小;

[0095] 当电机温度 $T_{mp5} \leq T_m \leq T_{mp6}$ 或电机控制器温度 $T_{cp5} \leq T_c \leq T_{cp6}$ 时,控制电子水泵运行在线性调速工况下,通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行线性调节;具体地,在升温过程中,线性提高电子水泵转速,以增加水泵提供冷却液的流量;在降温过程中,线性降低电子水泵转速,以减少水泵提供冷却液的流量;线性调速工况下的电子水泵转速可根据下述三种方法的任一种进行调节:

[0096] 1) 当 $T_{mp5} \leq T_m \leq T_{mp6}$ 时,控制电子水泵运行在线性调速工况下,此时根据电机温度 $T_m$ ,通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行线性调节;

[0097] 2) 当 $T_{cp5} \leq T_c \leq T_{cp6}$ 时,控制电子水泵运行在线性调速工况下,此时根据电机控制器温度 $T_c$ ,通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行线性调节;

[0098] 3) 当 $T_{mp5} \leq T_m \leq T_{mp6}$ 且 $T_{cp5} \leq T_c \leq T_{cp6}$ 时,控制电子水泵运行在线性调速工况下,此时根据电机或电机控制器对散热需求较高者,通过PWM无极调速器对电子水泵转速进行线性调节;

[0099] 当电机温度 $T_m \geq T_{mp6}$ 或电机控制器温度 $T_c \geq T_{cp6}$ 时,控制电子水泵运行在最大转速工况下,此时电子水泵以最大转速运行,提供冷却液的流量最大;

[0100] 当电机温度 $T_m < T_{mp4}$ 且电机控制器温度 $T_c < T_{cp4}$ 时,控制电子水泵运行在停转工况下,此时电子水泵停转。

[0101] 其中,在 $T_m = T_{mp5}$ 且 $T_c = T_{cp5}$ 时,电子水泵运行在最小转速;在 $T_m = T_{mp6}$ 或 $T_c = T_{cp6}$ 时,电子水泵运行在最大转速。

[0102] 上述行车温度阈值小于等于相应工况下的停车温度阈值,相应工况指线性调速工况、最大转速工况和停转工况,各温度阈值关系具体如下:

[0103]  $T_{mp5} = T_{mp1} + \Delta T_{mp1}$ ,  $\Delta T_{mp1} \geq 0$ ;  $T_{cp5} = T_{cp1} + \Delta T_{cp1}$ ,  $\Delta T_{cp1} \geq 0$ ;  $T_{mp6} = T_{mp2} + \Delta T_{mp2}$ ,  $\Delta T_{mp2} \geq 0$ ;  $T_{cp6} = T_{cp2} + \Delta T_{cp2}$ ,  $\Delta T_{cp2} \geq 0$ ;  $T_{mp4} = T_{mp3} + \Delta T_{mp3}$ ,  $\Delta T_{mp3} \geq 0$ ;  $T_{cp4} = T_{cp3} + \Delta T_{cp3}$ ,  $\Delta T_{cp3} \geq 0$ 。

[0104] 其中, $\Delta T_{mp1}$ 、 $\Delta T_{cp1}$ 、 $\Delta T_{mp2}$ 、 $\Delta T_{cp2}$ 、 $\Delta T_{mp3}$ 、 $\Delta T_{cp3}$ 的值,根据电机和电机控制器的型号、耐温等级、温度敏感性选取,保证温度区间的合理性。

[0105] 作为其他实施方式,上述各温度阈值的大小关系可以为:

[0106]  $T_{mp3} < T_{mp1} \leq T_{mp4} < T_{mp2} \leq T_{mp5} < T_{mp6}$

[0107]  $T_{cp3} < T_{cp1} \leq T_{cp4} < T_{cp2} \leq T_{cp5} < T_{cp6}$

[0108] 上述行车温度阈值的设置个数和大小,停车温度阈值的设置个数和大小,均可以根据实际电机和电机控制器的型号、耐温等级、温度敏感性等进行调整。

[0109] 上述车用电机驱动系统智能热管理控制方法,利用电子风扇和电子水泵实现对车用电机驱动系统的智能热管理;作为其他实施方式,可以只用电子风扇或者只用电子水泵。

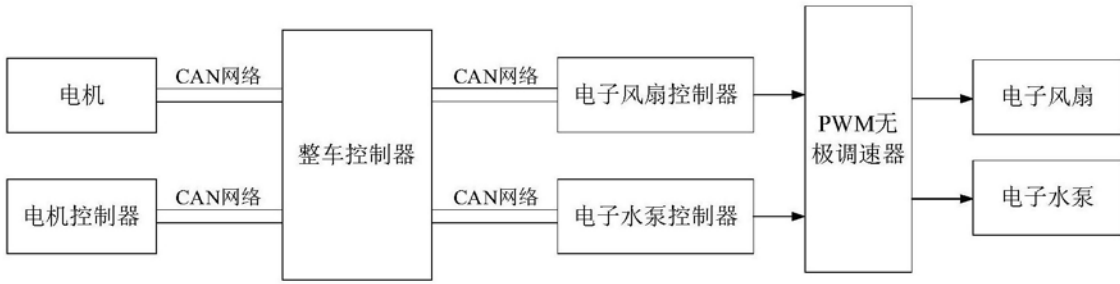


图1



图2



图3