

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102320278 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 10

(21) 申请号 201110250316. 2

(22) 申请日 2011. 08. 24

(73) 专利权人 常州市西屋自动化有限公司

地址 213164 江苏省常州市常武中路 801 号  
科教会堂 B2515 室

(72) 发明人 黄晓峰

(51) Int. Cl.

B60R 16/037(2006. 01)

审查员 董克

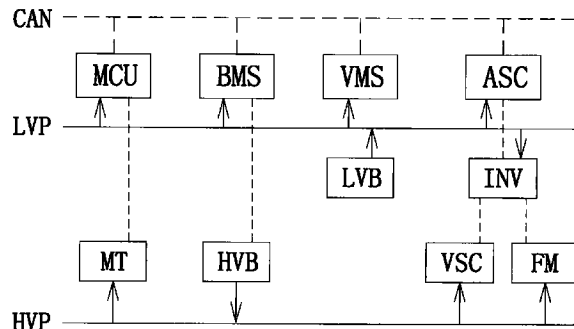
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

电动汽车空调系统的自适应控制方法

(57) 摘要

本发明涉及电动汽车空调系统的控制方法，目的是综合考虑电动汽车电源系统、动力系统和空调系统的特点与需求，提出一种电动汽车空调系统的自适应控制方法，将空调系统的输入功率与动力系统的消耗功率进行匹配，优化空调系统的控制和运行条件，既满足了动力系统的功率需求，又提高了空调系统的运行效率和控温精度，从而提高了空调系统的舒适性和能效比，也有利于提高电动汽车的续航里程。



1. 一种电动汽车空调系统的自适应控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

- (1) 整车控制器 VMS 检测当前整车运行的状态参数;
- (2) 整车控制器 VMS 向空调系统控制器 ASC 发送当前空调系统最大允许功率值  $PACe$ ;
- (3) 空调系统控制器 ASC 检测空调系统运行的状态参数,判断是否需要开启空调系统;
- (4) 如果步骤 (3) 中判断不需要开启空调系统,则空调系统停机;如果步骤 (3) 判断需要开启空调系统,空调系统控制器 ASC 将整车控制器所发送的当前空调系统最大允许功率值  $PACe$  与空调系统最小运行功率阈值  $PACt$  进行比较;

(5) 如果步骤 (4) 中判断  $PACe < PACt$ ,则空调系统停机;如果步骤 (4) 判断  $PACe = PACt$ ,则空调系统按照最小运行功率阈值  $PACt$  所对应的工作条件运行;如果步骤 (4) 判断  $PACe > PACt$ ,则空调系统按照空调系统控制器 ASC 所确定的控制规则运行,包括以下一项或多项控制规则的组合:

①空调系统从停机状态切换为开启状态时,空调系统先按最小功率所对应的运行条件运行一定时间  $t_s$ ;

②车辆点火启动且有开启空调请求时,空调系统逐渐增大输入功率  $PAC$ ,直到达到空调系统最大运行功率值  $PAC_h$ ,但不高于当前空调系统最大允许功率值  $PACe$ ;

③通过车内温度与设定温度之间的温差  $dT$  调节空调系统的输入功率  $PAC$ ;

④当车内温度与设定温度之间的温差  $dT$  小于设定值  $dT_s$  时,空调系统停机,或按最小功率所对应的运行条件运行。

2. 如权利要求 1 所述的电动汽车空调系统的自适应控制方法,其特征在于,所述步骤 (1) 中整车控制器 VMS 检测当前整车运行的状态参数包括:电源系统中电池的连接状态、和/或电池的充电状态、和/或电池允许的最大放电功率  $Pa$ ,动力系统的运行功率  $Pe$  及其它系统的运行功率  $Ps$ 。

3. 如权利要求 1 所述的电动汽车空调系统的自适应控制方法,其特征在于,所述步骤 (2) 中所述当前空调系统最大允许功率值  $PACe$ ,不大于当前电池允许的最大放电功率  $Pa$  与动力系统的运行功率  $Pe$  和其它系统的运行功率  $Ps$  的差。

4. 如权利要求 1 所述的电动汽车空调系统的自适应控制方法,其特征在于:所述规则 ③的具体调节方法是,当温差  $dT$  增大时,提高空调系统的输入功率,但不高于当前空调系统最大允许功率值  $PACe$ ;当温差  $dT$  缩小时,降低空调系统的输入功率。

5. 如权利要求 1 所述的电动汽车空调系统的自适应控制方法,其特征在于,所述规则 ③的具体调节方法包括以下控制条件:

(1) 压缩机设有至少 3 级可调转速,风扇电机设有至少 2 级可调转速;

(2) 当车内温度与设定温度的温差  $dT < dT_s$  时,调节压缩机按低速档运行,冷凝器和蒸发器风扇电机按低速档运行;但空调系统运行功率不得高于  $PACe$ ,否则空调系统停机;

(3) 当车内温度与设定温度的温差  $dT > dT_s$  且  $dT < T_1$  时,调节压缩机按中速档运行,冷凝器和蒸发器风扇电机按高速档运行;但空调系统运行功率不得高于  $PACe$ ,否则按条件 (2) 运行;

(4) 当车内温度与设定温度的温差  $dT > T_1$  时,调节压缩机转速按高速档运行,冷凝器和蒸发器风扇电机按高速档运行;但空调系统运行功率不高于  $PACe$ ,否则按条件 (3) 运行。

6. 如权利要求 1 所述的电动汽车空调系统的自适应控制方法,其特征在于,通过变频

控制器调节压缩机的转速,可以调节压缩机的输出能力,以调节空调系统的输入功率。

7. 如权利要求 1 所述的电动汽车空调系统的自适应控制方法,其特征在于,通过调节载荷比可以调节压缩机的输出能力,以调节空调系统的输入功率。

8. 如权利要求 1 所述的电动汽车空调系统的自适应控制方法,其特征在于,所述空调系统最小功率所对应的运行条件,包括以下一项或多项控制规则的组合:

- (1) 转速可调式压缩机按最低转速运行,或能力可调型压缩机按最小载荷条件卸载运行;
- (2) 冷凝器和蒸发器风扇电机按最低转速运行,或以低速档运行;
- (3) 电子膨胀阀设为最大开度。

## 电动汽车空调系统的自适应控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电动汽车制造领域,特别是涉及电动汽车空调系统的控制方法。

### 背景技术

[0002] 空调系统已成为现代汽车的基本配置,是汽车制造领域的重要技术。普通燃油汽车的空调系统通常包括压缩机、冷凝器、蒸发器、节流部件和控制系统,由汽车发动机和电磁离合器带动空调压缩机工作,或由一个独立的燃油发动机驱动空调压缩机工作。空调系统运行的能量最终都来自于燃油式发动机,空调系统的控制主要是温度控制。

[0003] 目前,电动汽车的空调系统一般也包括压缩机、冷凝器、蒸发器、节流部件和控制系统,但驱动方式和控制方法并不相同:第一种电动汽车空调系统仍使用独立的燃油发动机,驱动空调压缩机工作,这种方案与现有独立式汽车空调系统类似,但整车仍需要配置燃油系统,不是纯电动汽车;第二种电动汽车空调系统通过汽车的电源系统向电动机供电,驱动开启式或半封闭式压缩机工作,相当于将独立式汽车空调系统的燃油发动机换成电驱动的电动机;第三种电动汽车空调系统通过电动汽车发动机和电磁离合器带动空调压缩机工作,相当于将非独立式燃油汽车空调的发动机换成了电动汽车的电动机;第四种电动汽车空调系统,电动机内置在封闭式压缩机内部,直接由电动汽车的电源系统向压缩机供电来驱动空调系统运行,与家用空调的技术方案相同。从能量转换和传递的关系分析,现有燃油汽车空调系统的技术方案和所述前三种电动汽车空调系统的技术方案,都存在电动机与压缩机之间通过皮带或齿轮相连的机械传动机构,能量转换效率较低;第四种技术方案的能量转换和传递过程少,有利于提高能源利用效率。特别地,该技术方案可以应用变频压缩机,进一步提高压缩机和空调系统的效率。

[0004] 在现有汽车空调系统中,独立式空调系统所用发动机的转速十分稳定,在额定工况时的输入功率也是稳定的。非独立式空调系统的压缩机通过皮带与发动机曲轴相连,空调压缩机的转速随着发动机的转速变化,与发动机的传动比一般在 $1:1 \sim 1.2$ 之间。而发动机转速主要由驾驶员根据行驶需要进行控制,在需要增大行驶动力时提高发动机转速,压缩机转速也随之升高,空调系统的输入功率也增大。这时,并不是空调系统自身的制冷需求需要增大输入功率,而是由于压缩机转速升高导致空调系统的输入功率和制冷量的增大。也就是说,由于系统设计的原因,此时空调系统消耗了高于其自身需求的功率,从而影响动力系统功率的提升,这也是一些小排量汽车在空调开启时动力不足的原因所在。因此,在增大动力系统功率时,也增大空调系统的输入功率的技术方法,是不必要和不合理的。

[0005] 对于电动汽车来说,动力系统与空调系统的能量都来源于电源系统,而电源系统的输出功率和容量是有限的。空调系统的输入功率不仅直接影响到动力系统所能使用的功率大小,而且还会影响到整车的续航里程。显然,汽车的动力系统比空调系统具有更高的优先级。为了保证电动汽车动力系统拥有所需要的输入功率,或实现所需要的续航里程,可以通过检测电源系统的充电状态、电池最大放电功率等参数来控制空调系统能否运行,当电源系统能量在保障动力系统运行的前提下不能同时满足空调系统需求时,停止空调系统工

作。如中国专利 CN101623998A “电动汽车空调系统及其控制方法”、CN101852476A “一种纯电动汽车空调控制系统及其控制方法”都应用了类似的控制方案。这种控制方法的本质是将空调系统作为可以随时卸载的辅助系统来处理,以保障动力系统的运行。但空调系统的频繁卸载,不仅影响车辆的舒适性,而且由于再启动时要重新建立系统压差,不仅能耗增大,而且将严重影响压缩机和空调系统的可靠性和使用寿命。

[0006] 中国专利 CN101913314A“一种电动汽车空调系统及其控制方法”中提出,当整车制冷量需求高时,电动压缩机和鼓风机以较高的速度运转;当整车制冷量需求低时,电动压缩机和鼓风机以较低的速度运转,以减少制冷工况时的能耗。该专利虽然涉及根据制冷量需求调节电机转速,以降低运行功率和能耗,但并未给出检测或评价制冷量需求高低的方法,也未给出调节电机转速的方法,以及根据制冷量高低调节电机转速的控制规则。此外,即使空调系统要根据制冷量需求来调节电机转速和功耗,也同样是以保证动力系统运行为前提的。当电源系统的能量或功率不能同时保障动力系统和空调系统需求时,还是要停止空调系统工作。

[0007] 综上所述,不论在现有燃油汽车还是电动汽车,在系统设计时都是将空调系统作为一个辅助的子系统,在不影响动力系统运行的前提下进行设计和优化,未能充分综合考虑动力系统和空调系统的需求,在整车系统方案层面进行集成设计和优化。

[0008] 一般地,汽车动力系统的特征时间(或响应时间)较短,而汽车空调系统的特征时间(或响应时间)较长。也就是说,汽车动力系统由于运行工况变化需要加速减速、或提升动力时,需要在几秒甚至零点几秒的时间内发出控制指令,如换档、加减油门或刹车,而动力系统也将在几秒甚至零点几秒内作出响应,如动力增减或速度变化。而汽车空调系统则不同,空调开启后往往需要几十秒甚至几分钟车内温度才会达到设定值,而乘客感受到温度明显变化或舒适度变化的周期则更长。此外,在空调系统运行过程中,空调系统的输入功率及对应的制冷量短暂地发生变化,所导致温度变化乃至乘客舒适度变化的周期也较长。如果合理匹配动力系统和空调系统的能耗,使空调系统的输入功率根据动力系统的消耗功率进行补偿性控制,由于两个系统响应时间相差较大,完全可以实现在不增大总功率消耗的条件下,即满足动力系统的功率需求,又对空调系统的输出特性即车内温度影响较小,乘客甚至感觉不到温度或舒适度的明显变化,从而实现动力系统与空调系统的集成优化。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的是综合考虑电动汽车电源系统、动力系统和空调系统的特点与需求,提出一种电动汽车空调系统的自适应控制方法,在保障动力系统运行需求的同时,优化空调系统的控制和运行条件,提高空调系统的舒适性和可靠性,降低空调系统的能耗,提高电动汽车的整体性能。

[0010] 本发明所述的技术问题是通过下述技术方案来解决的:

[0011] 一种电动汽车空调系统的自适应控制方法,包括以下步骤:

[0012] (1) 整车控制器 VMS 检测当前整车运行的状态参数;

[0013] (2) 整车控制器 VMS 向空调系统控制器 ASC 发送当前空调系统最大允许功率值 PACe;

[0014] (3) 空调系统控制器 ASC 检测空调系统运行的状态参数,判断是否需要开启空调

系统；

[0015] (4) 如果步骤 (3) 中判断不需要开启空调系统,则空调系统停机;如果步骤 (3) 判断需要开启空调系统,空调系统控制器 ASC 将整车控制器所发送的当前空调系统最大允许功率值  $PACe$  与空调系统最小运行功率阈值  $PACt$  进行比较;

[0016] (5) 如果步骤 (4) 中判断  $PACe < PACt$ ,则空调系统停机;如果步骤 (4) 判断  $PACe = PACt$ ,则空调系统按照最小运行功率阈值  $PACt$  所对应的工作条件运行;如果步骤 (4) 判断  $PACe > PACt$ ,则空调系统按照空调系统控制器 ASC 所确定的控制规则运行。

[0017] 其中,本发明所述整车控制器 VMS 和空调系统控制器 ASC,是指承担各自控制功能的模块,可以是两个独立的硬件系统,也可以是同一硬件系统内部的两个软件模块。

[0018] 其中,所述步骤 (1) 整车控制器 VMS 检测当前整车运行状态,按照定时扫描方式进行;所述步骤 (2) 整车控制器 VMS 向空调系统控制器 ASC 发送当前空调系统最大允许功率值  $PACe$ ,按照中断请求方式进行。

[0019] 其中,所述步骤 (1) 中整车控制器 VMS 检测当前整车运行的状态参数包括:电源系统中电池的连接状态、和 / 或电池的充电状态、和 / 或电池允许的最大放电功率  $Pa$ ,动力系统的运行功率  $Pe$  及其它系统的运行功率  $Ps$ 。

[0020] 其中,所述步骤 (2) 中整车控制器 VMS 向空调系统控制器 ASC 发送当前空调系统最大允许功率值  $PACe$ ,不大于当前电池允许的最大放电功率与动力系统及其它系统的运行功率的差,即  $PACe \leq Pa - Pe - Ps$ 。

[0021] 其中,所述步骤 (5) 中,当  $PACe > PACt$  时,空调系统控制器 ASC 所确定的控制规则,包括以下一项或多项控制规则的组合:

[0022] (1) 空调系统从停机状态切换为开启状态时,空调系统先按最小功率所对应的运行条件运行一定时间  $t_s$ ,以减小压缩机的启动负荷。典型地, $t_s$  为 1 ~ 30 秒。

[0023] (2) 车辆点火启动且有开启空调请求时,空调系统逐渐增大输入功率  $PAC$ ,直到达到空调系统最大运行功率值  $PAC_h$ ,但不高于当前空调系统最大允许功率值  $PACe$ ,以增大空调系统的制冷量 / 制热量,使车内温度尽快达到设定值。

[0024] (3) 通过车内温度与设定温度之间的温差  $dT$  调节空调系统的输入功率  $PAC$ :当温差  $dT$  增大时,提高空调系统的输入功率,但不高于当前空调系统最大允许功率值  $PACe$ ;当温差  $dT$  缩小时,降低空调系统的输入功率。

[0025] (4) 当车内温度与设定温度之间的温差  $dT$  小于设定值  $dT_s$  时,空调系统停机,或按最小功率所对应的运行条件运行。典型地, $dT_s$  为 0.5 ~ 3°C。

[0026] 所述调节空调系统输入功率的方法是:空调系统的压缩机是输出能力可调型压缩机,调节压缩机的输出能力,就可以调节空调系统的输入功率。具体的说,一种输出能力可调型压缩机是转速可调式压缩机,通过变频控制器或其它调速装置调节压缩机的转速,可以调节压缩机的输出能力,以调节空调系统的输入功率。另一种输出能力可调型压缩机是容量可调式压缩机,如带有卸载装置的压缩机,或数码涡旋压缩机,通过调节载荷比可以调节压缩机的输出能力,以调节空调系统的输入功率。

[0027] 所述调节空调系统输入功率的方法还包括,空调系统的冷凝器和蒸发器风扇电机是转速可调式电机。通过变频控制器可以调节电机转速,或者电机设有多个转速档来调节电机转速,以调节空调系统的输入功率。

[0028] 所述调节空调系统输入功率的方法还包括,空调系统的节流装置是电子膨胀阀。通过调节电子膨胀阀的开度,可以改变空调系统的压力降,以调节空调系统的输入功率。

[0029] 其中,所述规则(3)的具体调节方法,包括以下一项或多项控制规则的组合:

[0030] (1) 压缩机设有至少3级可调转速,风扇电机设有至少2级可调转速。

[0031] (2) 当车内温度与设定温度的温差  $dT < dT_s$  时,空调系统按最小功率  $PAC_t$  条件运行;变频控制器调节压缩机转速按低速档运行,冷凝器和蒸发器风扇电机按低速档运行;但空调系统运行功率不得高于  $PAC_e$ ,否则空调系统停机。

[0032] (3) 当车内温度与设定温度的温差  $dT > dT_s$  且  $dT < T_1$  时,空调系统按中速条件运行;变频控制器调节压缩机转速按中速档运行,冷凝器和蒸发器风扇电机按高速档运行;但空调系统运行功率不高于  $PAC_e$ ,否则按条件(2)运行。

[0033] (4) 当车内温度与设定温度的温差  $dT > T_1$  时,空调系统按最大功率  $PAC_h$  条件;变频控制器调节压缩机转速按高速档运行,冷凝器和蒸发器风扇电机按高速档运行;但空调系统运行功率不高于  $PAC_e$ ,否则按条件(3)运行。

[0034] 典型地,  $dT_s$  为  $0.5 \sim 3^\circ\text{C}$ ,  $T_1$  为  $5 \sim 10^\circ\text{C}$ 。

[0035] 其中,所述空调系统最小功率阈值  $PAC_t$  所对应的运行条件,包括以下一项或多项控制规则的组合:

[0036] (1) 转速可调式压缩机按最低转速运行,或能力可调型压缩机按最小载荷条件卸载运行;

[0037] (2) 冷凝器和蒸发器风扇电机按最低转速运行,或以低速档运行;

[0038] (3) 电子膨胀阀设为最大开度。

[0039] 本发明的有效效果是,通过电动汽车空调系统的自适应控制方法,将空调系统的输入功率与动力系统的消耗功率进行匹配,既满足了动力系统的功率需求,又提高了空调系统的运行效率和控温精度,从而提高了空调系统的舒适性和能效比,也有利于提高电动汽车的续航里程。

## 附图说明

[0040] 附图1是实施例的电动汽车整车控制系统结构示意图;

[0041] 附图2是现有汽车空调系统在典型工况下的运行状态示意图;

[0042] 附图3是实施例的汽车空调系统在典型工况下的运行状态示意图。

[0043] 图中:MCU:电机控制单元,BMS:电池管理系统,VMS:整车控制器,ASC:空调系统控制器,MT:电机,HVB:高压电池,LVB:低压蓄电池,INV:变频控制器,VSC:变频压缩机,FM:风扇电机,CAN:CAN网络,LVP:低压电源网络,HVP:高压电源网络。

## 具体实施方式

[0044] 本实施例提供一种电动汽车空调系统的自适应控制方法,是本发明的多种实施方式中的一种优选实施例。

[0045] 附图1给出了本实施例的电动汽车整车控制系统结构示意图,与本发明无关的系统被省略。图中以虚线表示通讯或控制信号连接,以实线表示电源连接。电动汽车的整车控制器VMS、电机控制单元MCU、电池管理系统BMS和空调系统控制器ASC通过CAN网络连

接和通讯,低压蓄电池 LVB 通过低压电源网络 LVP 为整车控制器 VMS、电机控制单元 MCU、电池管理系统 BMS、空调系统控制器 ASC 和变频控制器 INV 等系统或模块提供低压电源,高压电池 HVB 通过高压电源网络 HVP 向电机 MT、变频压缩机 VSC 和风扇电机 FM 等高压负载提供高压电源。

[0046] 其中,本实施例所述整车控制器 VMS 和空调系统控制器 ASC,是指承担各自控制功能的模块,可以是两个独立的硬件系统,也可以是同一硬件系统内部的两个软件模块。

[0047] 变频压缩机 VSC 是转速可调式电机,设有至少多级可调转速,通过变频控制器 INV 可以调节压缩机转速,来调节压缩机的输出能力,以调节空调系统的输入功率。

[0048] 本实施例提供一种电动汽车空调系统的自适应控制方法,包括以下步骤:

[0049] (1) 整车控制器 VMS 检测当前整车运行的状态参数;

[0050] (2) 整车控制器 VMS 向空调系统控制器 ASC 发送当前空调系统最大允许功率值  $PAC_e$ ;

[0051] (3) 空调系统控制器 ASC 检测空调系统运行的状态参数,判断是否需要开启空调系统;

[0052] (4) 如果步骤 (3) 中判断不需要开启空调系统,则空调系统停机;如果步骤 (3) 判断需要开启空调系统,空调系统控制器 ASC 将整车控制器所发送的当前空调系统最大允许功率值  $PAC_e$  与空调系统最小运行功率阈值  $PAC_t$  进行比较;

[0053] (5) 如果步骤 (4) 中判断  $PAC_e < PAC_t$ ,则空调系统停机;如果步骤 (4) 判断  $PAC_e = PAC_t$ ,则空调系统按照最小运行功率阈值  $PAC_t$  所对应的工作条件运行;如果步骤 (4) 判断  $PAC_e > PAC_t$ ,则空调系统按照空调系统控制器 ASC 所确定的控制规则运行。

[0054] 其中,所述步骤 (1) 整车控制器 VMS 检测当前整车运行状态,按照定时扫描方式进行;所述步骤 (2) 整车控制器 VMS 向空调系统控制器 ASC 发送当前空调系统最大允许功率值  $PAC_e$ ,按照中断请求方式进行。

[0055] 其中,所述步骤 (1) 中整车控制器 VMS 检测当前整车运行的状态参数包括:电源系统中电池的连接状态、和 / 或电池的充电状态、和 / 或电池允许的最大放电功率  $P_a$ ,动力系统的运行功率  $P_e$  及其它系统的运行功率  $P_s$ 。其它系统的运行功率  $P_s$ ,是指除电机、空调系统外的其它高压电源负载的运行功率。整车控制器 VMS 检测电池允许的最大放电功率,动力系统的运行功率及其它系统的运行功率,可以是直接检测功率信号,也可以是通过检测电流、转速等能反映功率状态的其它信号简介测算功率值。

[0056] 其中,所述步骤 (2) 中整车控制器 VMS 向空调系统控制器 ASC 发送当前空调系统最大允许功率值  $PAC_e$ ,不大于当前电池允许的最大放电功率与动力系统及其它系统的运行功率的差,即  $PAC_e \leq P_a - P_e - P_s$ 。

[0057] 其中,所述步骤 (3) 中空调系统控制器 ASC 检测空调系统运行的状态参数包括:车内温度,和 / 或车外环境温度,和 / 或空调设定温度,和 / 或是否有打开空调请求。

[0058] 其中,所述步骤 (5) 中,当  $PAC_e > PAC_t$  时,空调系统控制器 ASC 所确定的控制规则,包括以下一项或多项控制规则的组合:

[0059] (1) 空调系统从停机状态切换为开启状态时,空调系统先按最小功率  $PAC_t$  所对应的运行条件运行一定时间  $t_s$ ,以减小压缩机的启动负荷。典型地, $t_s$  为 1 ~ 30 秒。

[0060] (2) 车辆点火启动且有开启空调请求时,空调系统逐渐增大输入功率  $PAC$ ,直到达



到空调系统最大运行功率值  $P_{ACh}$ , 但不高于当前空调系统最大允许功率值  $P_{ACe}$ , 以增大空调系统的制冷量 / 制热量, 使车内温度尽快达到设定值。

[0061] (3) 通过车内温度与设定温度之间的温差  $dT$  调节空调系统的输入功率  $P_{AC}$ : 当温差  $dT$  增大时, 提高空调系统的输入功率, 但不高于当前空调系统最大允许功率值  $P_{ACe}$ ; 当温差  $dT$  缩小时, 降低空调系统的输入功率。

[0062] (4) 当车内温度与设定温度之间的温差  $dT$  小于设定值  $dT_s$  时, 空调系统停机, 或按最小功率  $P_{ACt}$  所对应的运行条件运行。典型地,  $dT_s$  为  $0.5 \sim 3^\circ\text{C}$ 。

[0063] 所述规则 (1) 中空调系统从停机状态切换为开启状态, 包括车辆点火发动且有开启空调请求的条件, 也包括车辆运行中开启空调请求的条件。所述规则 (2) 中车辆点火启动且有开启空调请求时, 不包括车辆运行中开启空调请求的条件, 只应用于车辆刚启动时, 此时车内温度往往很高 / 低, 空调系统要尽快升至最大功率条件运行, 快速降低 / 升高车内温度。

[0064] 所述调节空调系统输入功率的方法还包括, 空调系统风扇电机  $FM$  可以是转速可调式电机, 设有至少 2 级可调转速。

[0065] 所述调节空调系统输入功率的方法还包括, 空调系统的节流装置是电子膨胀阀。通过调节电子膨胀阀的开度, 可以改变空调系统的压力降, 以调节空调系统的输入功率。

[0066] 其中, 所述规则 (3) 的具体调节方法, 包括以下一项或多项控制规则的组合:

[0067] (1) 压缩机设有至少 3 级可调转速, 风扇电机设有至少 2 级可调转速。

[0068] (2) 当车内温度与设定温度的温差  $dT < dT_s$  时, 空调系统按最小功率  $P_{ACt}$  条件运行: 变频控制器调节压缩机转速按低速档运行, 冷凝器和蒸发器风扇电机按低速档运行; 但空调系统运行功率不得高于  $P_{ACe}$ , 否则空调系统停机。

[0069] (3) 当车内温度与设定温度的温差  $dT > dT_s$  且  $dT < T_1$  时, 空调系统按中速条件运行: 变频控制器调节压缩机转速按中速档运行, 冷凝器和蒸发器风扇电机按高速档运行; 但空调系统运行功率不高于  $P_{ACe}$ , 否则按条件 (2) 运行。

[0070] (4) 当车内温度与设定温度的温差  $dT > T_1$  时, 空调系统按最大功率  $P_{ACh}$  条件: 变频控制器调节压缩机转速按高速档运行, 冷凝器和蒸发器风扇电机按高速档运行; 但空调系统运行功率不高于  $P_{ACe}$ , 否则按条件 (3) 运行。

[0071] 典型地,  $dT_s$  为  $0.5 \sim 3^\circ\text{C}$ ,  $T_1$  为  $5 \sim 10^\circ\text{C}$ 。

[0072] 其中, 所述空调系统最小功率阈值  $P_{ACt}$  所对应的运行条件, 包括以下一项或多项控制规则的组合:

[0073] (1) 转速可调式压缩机按最低转速运行, 或能力可调型压缩机按最小载荷条件卸载运行;

[0074] (2) 冷凝器和蒸发器风扇电机按最低转速运行, 或以低速档运行;

[0075] (3) 电子膨胀阀设为最大开度。

[0076] 如果该运行功率随车外环境温度变化, 则最小运行功率阈值  $P_{ACt}$  是指在当前车外环境温度下空调的最小运行功率。

[0077] 附图 2 和附图 3 给出了现有汽车空调系统和应用本实施例的电动汽车空调系统在典型工况下的仿真运行结果。图 2、图 3 中横坐标为时间, 下图  $P_{mt}$  是动力系统的运行功率曲线, 中图  $P_{ac}$  是空调系统的运行功率曲线, 上图是  $T_{car}$  车内温度曲线。动力系统的运行

功率  $P_{mt}$  随车辆运行工况而变化,包括启动、加速、匀速、减速、怠速、减速、停车等不同状态过程,是由驾驶员根据行驶需要进行控制的。

[0078] 图 2 中现有的汽车空调系统是非独立式空调系统,空调压缩机的转速随着发动机的转速变化,但当动力系统在最大功率运行时,由于系统总功率限制而使空调系统被关闭,此时车内温度明显上升。空调压缩机根据车内温度开停,使车内温度波动也较大。

[0079] 图 3 中应用本实施例的电动汽车空调系统,在启动阶段空调系统以较高功率运行使车内温度快速降低,在车辆行驶过程中压缩机低频运行使温度控制较为平稳。即使当动力系统在最大功率运行时,空调系统也能以最小功率运行,既保证动力系统的功率需求,又使车内温度不会明显上升。

[0080] 将空调系统的运行功率  $P_{ac}$  沿时间积分可以得到空调系统在该时间段的能耗。在相同行驶条件和舒适度的条件下,应用本实施例的电动汽车空调系统的总能耗较现有汽车空调系统的总能耗降低 22.6%。这是由于本实施例中空调压缩机没有频繁开停,大多数时间段内空调系统处于能效比高的低频运行。

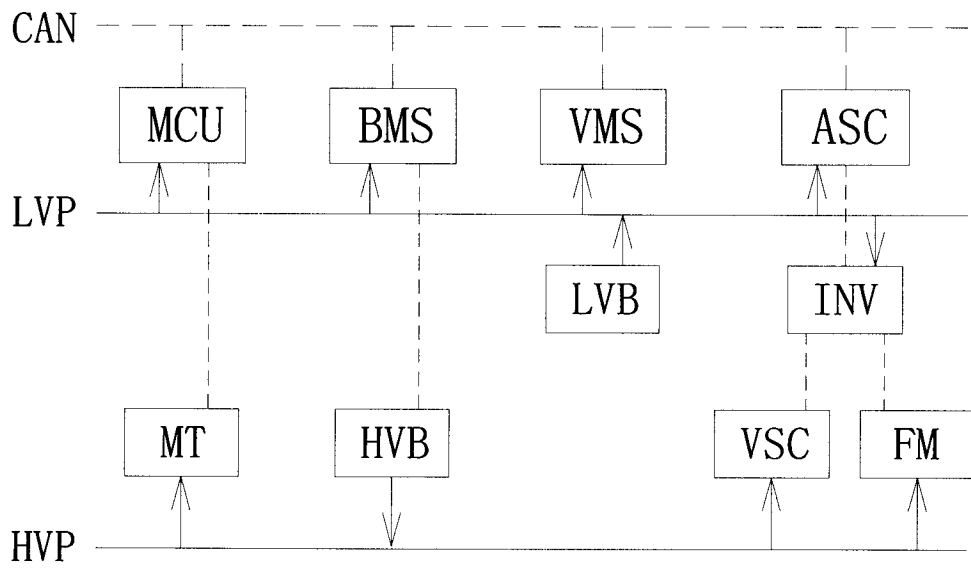


图 1

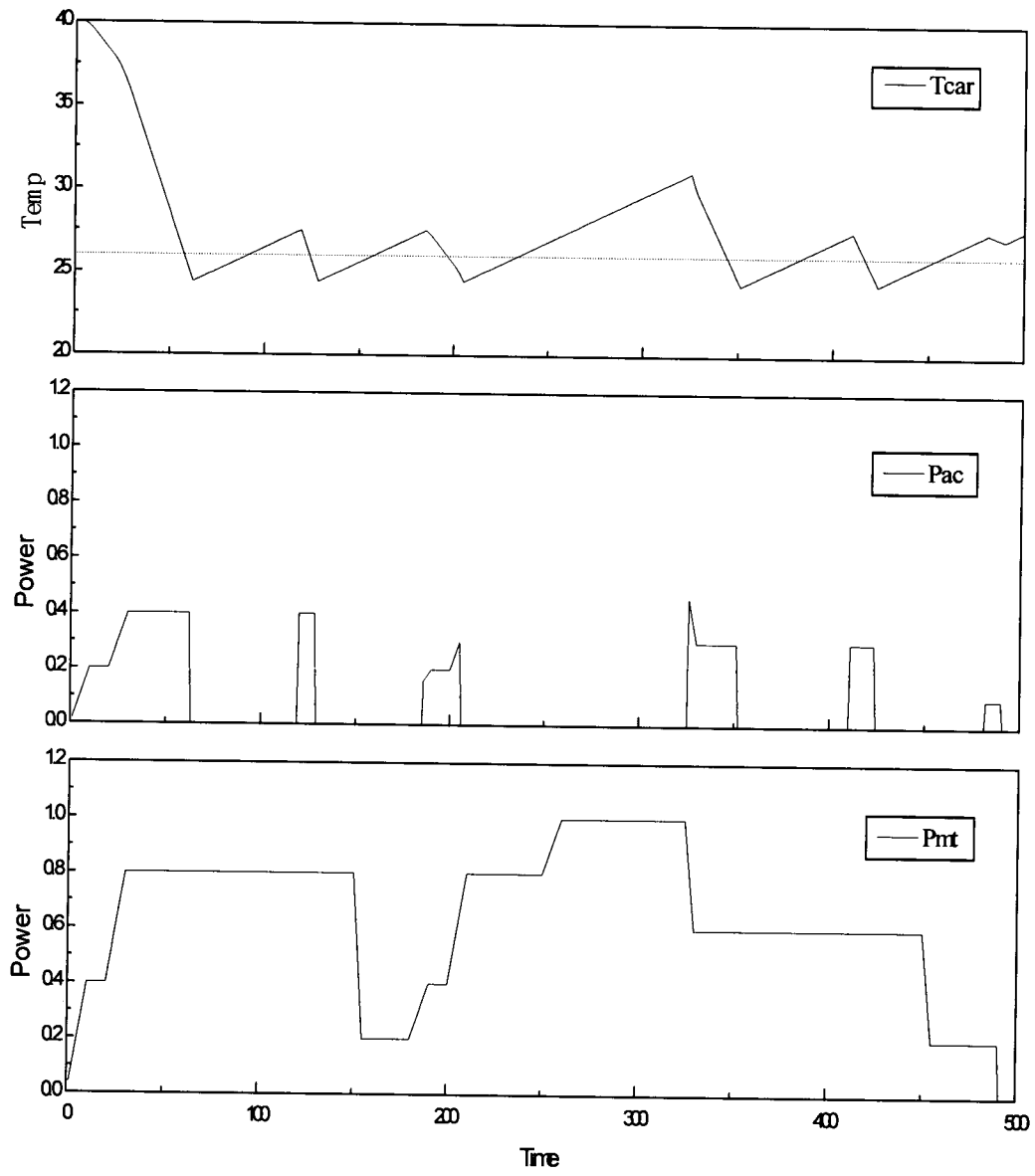


图 2

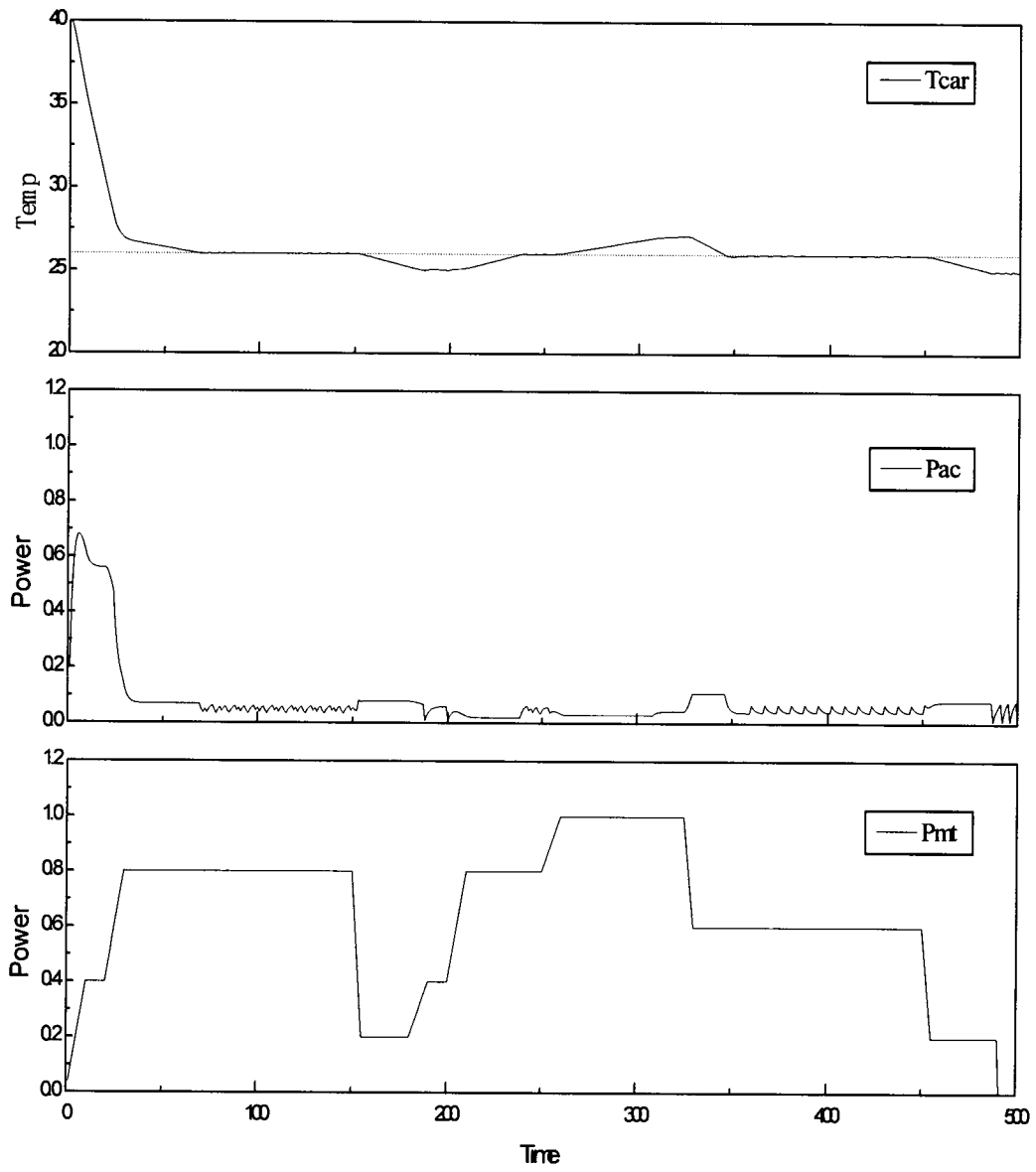


图 3