



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108074466 B

(45)授权公告日 2020.02.04

(21)申请号 201810032332.6

(22)申请日 2018.01.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108074466 A

(43)申请公布日 2018.05.25

(73)专利权人 北京车和家信息技术有限公司

地址 100102 北京市朝阳区望京街10号院3号楼8层801室

(72)发明人 马东辉 赵长友

(74)专利代理机构 北京鼎佳达知识产权代理事

务所(普通合伙) 11348

代理人 王伟锋 刘铁生

(51)Int.Cl.

G09B 25/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 104362928 A,2015.02.18,

JP 2010177181 A,2010.08.12,

审查员 王鑫

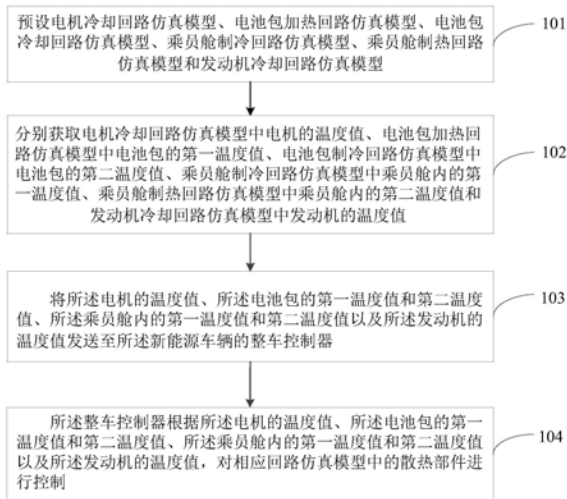
权利要求书3页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

新能源车辆热管理系统的仿真方法

(57)摘要

本发明公开了一种新能源车辆热管理系统的仿真方法,涉及车辆技术领域,主要目的是能够全面真实地仿真新能源车辆热管理系统环境。本发明的主要技术方案为:预设电机冷却回路仿真模型、电池包加热回路仿真模型、电池包冷却回路仿真模型、乘员舱制冷回路仿真模型、乘员舱制热回路仿真模型和发动机冷却回路仿真模型;分别获取相应回路仿真模型中电机的温度值、电池包的第一温度值和第二温度值、乘员舱内的第一温度值和第二温度值以及发动机的温度值;各温度值发送至新能源车辆的整车控制器;整车控制器根据各温度值,对相应回路仿真模型中的散热部件进行控制。本发明主要用于全面真实地仿真新能源车辆热管理系统环境。



1. 一种新能源车辆热管理系统的仿真方法,其特征在于,包括:

预设电机冷却回路仿真模型、电池包加热回路仿真模型、电池包冷却回路仿真模型、乘员舱制冷回路仿真模型、乘员舱制热回路仿真模型和发动机冷却回路仿真模型,模拟电机冷却回路、电池包加热回路、电池包冷却回路、乘员舱制冷回路、乘员舱制热回路和发动机冷却回路工作时的真实情况;

分别获取所述电机冷却回路仿真模型中电机的温度值、所述电池包加热回路仿真模型中电池包的第一温度值、所述电池包制冷回路仿真模型中电池包的第二温度值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值、所述乘员舱制热回路仿真模型中乘员舱内的第二温度值和所述发动机冷却回路仿真模型中发动机的温度值;

将所述电机的温度值、所述电池包的第一温度值和第二温度值、所述乘员舱内的第一温度值和第二温度值以及所述发动机的温度值发送至所述新能源车辆的整车控制器;

所述整车控制器根据所述电机的温度值、所述电池包的第一温度值和第二温度值、所述乘员舱内的第一温度值和第二温度值以及所述发动机的温度值,对相应回路仿真模型中的散热部件进行控制,验证新能源车辆热管理系统的控制策略;

获取所述电机冷却回路仿真模型中电机的温度值包括:

分别获取所述电机的发热功率值、所述电机的质量值和所述电机的比热容值;

根据所述电机的发热功率值、所述电机的质量值以及所述电机的比热容值,计算所述电机的温度值;

所述获取所述电机的发热功率值包括:

分别获取所述电机的损失功率值、所述电机冷却回路仿真模型中水泵的散热功率值和风扇的散热功率值以及环境对所述电机的热辐射功率值;

根据所述电机的损失功率值、所述水泵的散热功率值、所述风扇的散热功率值和所述环境对所述电机的热辐射功率值,计算所述电机的发热功率值。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取所述电机的损失功率值包括:

根据所述电机的转速值和扭矩值,获取所述电机的效率值和有用功率值;

根据所述电机的效率值和有用功率值,计算所述电机的损失功率值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,获取所述电池包加热回路仿真模型中电池包的第一温度值包括:

分别获取所述电池包的第一发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值;

根据所述电池包的第一发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值,计算所述电池包的第一温度值。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述获取所述电池包的第一发热功率值包括:

分别获取所述电池包的第一产热功率值、所述电池包加热回路中热敏电阻的产热功率值以及环境温度对所述电池包的第一热辐射功率值;

根据所述电池包的第一产热功率值、所述热敏电阻的产热功率值和所述环境温度对所述电池包的第一热辐射功率值,计算所述电池包的第一发热功率值。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述获取所述电池包的第一产热功率值包

括：

根据所述电池包的第一化学反应产热功率值、第一电池内阻产热功率值和第一损失反应产热功率值，计算所述电池包的第一产热功率值。

6. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述获取所述电池包加热回路仿真模型中热敏电阻的产热功率值包括：

根据所述热敏电阻的温度值和所述电池包加热回路仿真模型中水泵的转速值，获取所述热敏电阻的产热功率值。

7. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，获取所述电池包冷却回路仿真模型中电池包的第二温度值包括：

分别获取所述电池包的第二发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值；

根据所述电池包的第二发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值，计算所述电池包的第二温度值。

8. 根据权利要求7所述的方法，其特征在于，所述获取所述电池包的第二发热功率值包括：

分别获取所述电池包的第二产热功率值、所述电池包制冷回路仿真模型中压缩机的散热功率值以及环境温度对所述电池包的第二热辐射功率值；

根据所述电池包的第二产热功率值、所述压缩机的散热功率值和所述环境温度对所述电池包的第二热辐射功率值，计算所述电池包的第二发热功率值。

9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述获取所述电池包的第二产热功率值包括：

根据所述电池包的第二化学反应产热功率值、第二电池内阻产热功率值和第二损失反应产热功率值，计算所述电池包的第二产热功率值。

10. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值包括：

分别获取所述乘员舱内乘客的热辐射功率值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值、环境对所述乘员舱舱壁的热辐射功率值和所述乘员舱舱壁与环境的导热功率值；

根据所述乘员舱内乘客的热辐射值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值、所述环境对所述乘员舱舱壁的热辐射功率值和所述乘员舱舱壁与环境的导热功率值，按照第一预设公式计算所述乘员舱内的第一温度值；

所述第一预设公式为： $T_{out} = T_{duct} + (P_p + P_{w1} + P_{ex}) / (m_{all} \times C_1)$ ，其中， $T_{out}$ 为乘员舱内的温度， $T_{duct}$ 为风道出口端的温度， $P_p$ 为乘员舱内乘客的热辐射功率， $P_{w1}$ 为环境对乘员舱舱壁的热辐射功率， $P_{ex}$ 为乘员舱舱壁与环境的导热功率， $m_{all}$ 为乘员舱的总质量， $C_1$ 为乘员舱的比热容。

11. 根据权利要求10所述的方法，其特征在于，所述获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值包括：

分别获取所述风道壁表面温度值、所述风道壁表面积值、所述乘员舱制冷回路中热交换温度值、环境对所述风道壁的热辐射功率值和所述风道壁与环境的导热功率值；

根据所述风道壁表面温度值、所述风道壁表面积值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值、所述环境对所述风道壁的热辐射功率值和所述风道壁与环境的导热功率值,按照第二预设公式计算所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值;

所述第二预设公式为:  $T_{duct} = T_w + (T_{in} - T_w) \times e^{(p \times A \times n) / (m_a \times C_2)}$ , 其中,  $T_{duct}$  为风道出口端温度,  $T_{in}$  为热交换温度,  $P$  为气体热温度系数,  $A$  为风道壁表面积,  $n$  为风道数量,  $m_a$  为鼓入空气质量,  $C_2$  为空气的比热容,  $T_w$  为风道壁表面温度,  $T_w = K_1(T_{in} - T_w) \times (1 - e^{(A \times a) / (m_a \times p \times C_2)}) + (P_{Ra} + P_{w2}) / (C_3 \times m_{duct})$ ,  $K_1$  为热交换系数,  $a$  为辐射系数,  $P_{Ra}$  为环境对风道壁的热辐射功率,  $P_{w2}$  为风道壁与环境的导热功率,  $C_3$  为风道壁的比热容,  $m_{duct}$  为风道壁的质量。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征不在于,所述获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值包括:

根据所述乘员舱制冷回路仿真模型中压缩机的散热功率值、鼓风机鼓入乘员舱内空气的质量值和空气的比热容值,按照第三预设公式计算所述鼓风机鼓入乘员舱内空气的温度值;

根据所述鼓风机鼓入乘员舱内空气的温度值、以及乘员舱内循环空气的温度值和质量值或乘员舱外循环空气的温度值和质量值,按照第四预设公式计算所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值;

所述第三预设公式为:  $T_a = P_{com} / (C_2 \times m_a)$ , 其中,  $T_a$  为鼓入空气温度,  $P_{com}$  为压缩机的散热功率,  $C_2$  为空气的比热容,  $m_a$  为鼓入空气质量;

所述第四预设公式为:  $T_{in} = (m_a \times T_a + m_{1a} \times T_{1a}) / m_{all}$ , 其中,  $T_{in}$  为热交换温度,  $m_{1a}$  为循环空气质量,  $T_{1a}$  为循环空气温度,  $m_{all}$  为空气的总质量。

## 新能源车辆热管理系统的仿真方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及车辆技术领域,尤其涉及一种新能源车辆热管理系统的仿真方法。

### 背景技术

[0002] 随着空气污染治理和国家油耗目标的限制,新能源车辆越来越受到人们的关注,成为了未来车辆的发展趋势。

[0003] 新能源车辆的热管理系统控制策略对提高车辆的整车性能起到至关重要的作用。为了提高新能源车辆的整车性能,需要对热管理系统进行仿真,从而验证控制策略的有效性。现有技术中包括有对热管理系统中发动机的热管理验证方法,或对电池热管理的验证方法等,从而实现对发动机和电池的热管理控制策略进行验证。

[0004] 然而,在新能源车辆的热管理系统中,发热部件不仅仅包括发动机和电池,还包括驱动电机、发电机、乘员舱、压缩机和热敏电阻(Positive Temperature Coefficient,PTC)等,导致现有的热管理系统验证方法不能全面真实地仿真新能源车辆热管理系统环境,从而不能有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施例提供一种新能源车辆热管理系统的仿真方法,主要目的是能够全面真实地仿真新能源车辆热管理系统环境。

[0006] 为达到上述目的,本发明主要提供如下技术方案:

[0007] 本发明实施例提供了一种新能源车辆热管理系统的仿真方法,包括:

[0008] 预设电机冷却回路仿真模型、电池包加热回路仿真模型、电池包冷却回路仿真模型、乘员舱制冷回路仿真模型、乘员舱制热回路仿真模型和发动机冷却回路仿真模型;

[0009] 分别获取所述电机冷却回路仿真模型中电机的温度值、所述电池包加热回路仿真模型中电池包的第一温度值、所述电池包制冷回路仿真模型中电池包的第二温度值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值、所述乘员舱制热回路仿真模型中乘员舱内的第二温度值和所述发动机冷却回路仿真模型中发动机的温度值;

[0010] 将所述电机的温度值、所述电池包的第一温度值和第二温度值、所述乘员舱内的第一温度值和第二温度值以及所述发动机的温度值发送至所述新能源车辆的整车控制器;

[0011] 所述整车控制器根据所述电机的温度值、所述电池包的第一温度值和第二温度值、所述乘员舱内的第一温度值和第二温度值以及所述发动机的温度值,对相应回路仿真模型中的散热部件进行控制。

[0012] 具体地,获取所述电机冷却回路仿真模型中电机的温度值包括:

[0013] 分别获取所述电机的发热功率值、所述电机的质量值和所述电机的比热容值;

[0014] 根据所述电机的发热功率值、所述电机的质量值以及所述电机的比热容值,计算所述电机的温度值。

[0015] 具体地,所述获取所述电机的发热功率值包括:

[0016] 分别获取所述电机的损失功率值、所述电机冷却回路仿真模型中水泵的散热功率值和风扇的散热功率值以及环境对所述电机的热辐射功率值；

[0017] 根据所述电机的损失功率值、所述水泵的散热功率值、所述风扇的散热功率值和所述环境对所述电机的热辐射功率值，计算所述电机的发热功率值。

[0018] 具体地，所述获取所述电机的损失功率值包括：

[0019] 根据所述电机的转速值和扭矩值，获取所述电机的效率值和有用功率值；

[0020] 根据所述电机的效率值和有用功率值，计算所述电机的损失功率值。

[0021] 具体地，获取所述电池包加热回路仿真模型中电池包的第一温度值包括：

[0022] 分别获取所述电池包的第一发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值；

[0023] 根据所述电池包的第一发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值，计算所述电池包的第一温度值。

[0024] 具体地，所述获取所述电池包的第一发热功率值包括：

[0025] 分别获取所述电池包的第一产热功率值、所述电池包加热回路中热敏电阻的产热功率值以及环境温度对所述电池包的第一热辐射功率值；

[0026] 根据所述电池包的第一产热功率值、所述热敏电阻的产热功率值和所述环境温度对所述电池包的第一热辐射功率值，计算所述电池包的第一发热功率值。

[0027] 具体地，所述获取所述电池包的第一产热功率值包括：

[0028] 根据所述电池包的第一化学反应产热功率值、第一电池内阻产热功率值和第一损失反应产热功率值，计算所述电池包的第一产热功率值。

[0029] 具体地，所述获取所述电池包加热回路仿真模型中热敏电阻的产热功率值包括：

[0030] 根据所述热敏电阻的温度值和所述电池包加热回路仿真模型中水泵的转速值，获取所述热敏电阻的产热功率值。

[0031] 具体地，获取所述电池包冷却回路仿真模型中电池包的第二温度值包括：

[0032] 分别获取所述电池包的第二发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值；

[0033] 根据所述电池包的第二发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值，计算所述电池包的第二温度值。

[0034] 具体地，所述获取所述电池包的第二发热功率值包括：

[0035] 分别获取所述电池包的第二产热功率值、所述电池包制冷回路仿真模型中压缩机的散热功率值以及环境温度对所述电池包的第二热辐射功率值；

[0036] 根据所述电池包的第二产热功率值、所述压缩机的散热功率值和所述环境温度对所述电池包的第二热辐射功率值，计算所述电池包的第二发热功率值。

[0037] 具体地，所述获取所述电池包的第二产热功率值包括：

[0038] 根据所述电池包的第二化学反应产热功率值、第二电池内阻产热功率值和第二损失反应产热功率值，计算所述电池包的第二产热功率值。

[0039] 具体地，获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值包括：

[0040] 分别获取所述乘员舱内乘客的热辐射功率值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中风口出口端的温度值、环境对所述乘员舱舱壁的热辐射功率值和所述乘员舱舱壁与环境的传

导热功率值；

[0041] 根据所述乘员舱内乘客的热辐射值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值、所述环境对所述乘员舱舱壁的热辐射功率值和所述乘员舱舱壁与环境的导热功率值，按照第一预设公式计算所述乘员舱内的第一温度值；

[0042] 所述第一预设公式为： $T_{out} = T_{duct} + (P_p + P_{w1} + P_{ex}) / (m_{all} \times C_1)$ ，其中， $T_{out}$ 为乘员舱内的温度， $T_{duct}$ 为风道出口端的温度， $P_p$ 为乘员舱内乘客的热辐射功率， $P_{w1}$ 为环境对乘员舱舱壁的热辐射功率， $P_{ex}$ 为乘员舱舱壁与环境的导热功率， $m_{all}$ 为乘员舱的总质量， $C_1$ 为乘员舱的比热容。

[0043] 具体地，所述获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值包括：

[0044] 分别获取所述风道壁表面温度值、所述风道壁表面积值、所述乘员舱制冷回路中热交换温度值、环境对所述风道壁的热辐射功率值和所述风道壁与环境的导热功率值；

[0045] 根据所述风道壁表面温度值、所述风道壁表面积值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值、所述环境对所述风道壁的热辐射功率值和所述风道壁与环境的导热功率值，按照第二预设公式计算所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值；

[0046] 所述第二预设公式为： $T_{duct} = T_w + (T_{in} - T_w) \times e^{(P \times A \times n) / (m_a \times C_2)}$ ，其中， $T_{duct}$ 为风道出口端温度， $T_{in}$ 为热交换温度， $P$ 为气体热温度系数， $A$ 为风道壁表面积， $n$ 为风道数量， $m_a$ 为鼓入空气质量， $C_2$ 为空气的比热容， $T_w$ 为风道壁表面温度， $T_w = K_1(T_{in} - T_w) \times (1 - e^{(A \times a) / (m_a \times p \times C_2)}) + (P_{Ra} + P_{w2}) / (C_3 \times m_{duct})$ ， $K_1$ 为热交换系数， $a$ 为辐射系数， $P_{Ra}$ 为环境对风道壁的热辐射功率， $P_{w2}$ 为风道壁与环境的导热功率， $C_3$ 为风道壁的比热容， $m_{duct}$ 为风道壁的质量。

[0047] 具体地，所述获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值包括：

[0048] 根据所述乘员舱制冷回路仿真模型中压缩机的散热功率值、鼓风机鼓入乘员舱内空气的质量值和空气的比热容值，按照第三预设公式计算所述鼓风机鼓入乘员舱内空气的温度值；

[0049] 根据所述鼓风机鼓入乘员舱内空气的温度值、以及乘员舱内循环空气的温度值和质量值或乘员舱外循环空气的温度值和质量值，按照第四预设公式计算所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值；

[0050] 所述第三预设公式为： $T_a = P_{com} / (C_2 \times m_a)$ ，其中， $T_a$ 为鼓入空气温度， $P_{com}$ 为压缩机的散热功率， $C_2$ 为空气的比热容， $m_a$ 为鼓入空气质量；

[0051] 所述第四预设公式为： $T_{in} = (m_a \times T_a + m_{1a} \times T_{1a}) / m_{all}$ ，其中， $T_{in}$ 为热交换温度， $m_{1a}$ 为循环空气质量， $T_{1a}$ 为循环空气温度， $m_{all}$ 为空气的总质量。

[0052] 借由上述技术方案，本发明新能源车辆热管理系统的仿真方法及装置至少具有以下有益效果：

[0053] 本发明实施例提供的技术方案中，预设电机冷却回路仿真模型、电池包加热回路仿真模型、电池包冷却回路仿真模型、乘员舱制冷回路仿真模型、乘员舱制热回路仿真模型和发动机冷却回路仿真模型后，通过分别获取相应回路仿真模型中电机的温度值、电池包的第一温度值、电池包的第二温度值、乘员舱内的温度值、乘员舱内的第二温度值以及发动机的温度值，并将获取到的所有温度值发送给整车控制器，由整车控制器对相应回路仿真模型中的温控部件进行控制，从而验证新能源车辆热管理系统的控制策略，与现有技术相比，本发明获取了热管理系统中各个冷却回路和加热回路中发热部件的多个温度值，使得

整车控制器可以根据该多个温度值对各个相应回路仿真模型中的温控部件进行控制,从而更加全面真实地仿真了新能源车辆热管理系统环境,为后期车辆热管理系统的设计提供宝贵的数据,可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

### 附图说明

- [0054] 图1为本发明实施例提供的一种新能源车辆热管理系统的仿真方法的流程图;
- [0055] 图2为图1中获取电机冷却回路仿真模型中电机的温度值的方法流程示意图;
- [0056] 图3为图2中获取电机的发热功率值的方法流程示意图;
- [0057] 图4为图2中获取电机冷却回路仿真模型中电机温度值的仿真模型示意图;
- [0058] 图5为图1中获取电池包加热回路仿真模型中电池包的第一温度值的方法流程图;
- [0059] 图6为图5中获取电池包的第一发热功率值的方法流程示意图;
- [0060] 图7为图5中获取电池包加热回路仿真模型中电池包第一温度值的仿真模型示意图;
- [0061] 图8为图5中电池包的电池单体的等效电路图;
- [0062] 图9为图1中获取电池包冷却回路仿真模型中电池包的第二温度值的方法流程图;
- [0063] 图10为图9中获取电池包的第二发热功率值的方法流程示意图;
- [0064] 图11为图9中获取电池包冷却回路仿真模型中电池包第二温度值的仿真模型图;
- [0065] 图12为图1中获取乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值的方法流程图;
- [0066] 图13为图12中获取乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端温度值的方法流程图;
- [0067] 图14为图13中获取乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值的方法流程图;
- [0068] 图15为图12中获取乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值的仿真模型示意图。

### 具体实施方式

[0069] 为更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效,以下结合附图及较佳实施例,对本发明申请的新能源车辆热管理系统的仿真方法及装置的具体实施方式、结构、特征及其功效进行详细说明。在下述说明中,不同的“一实施例”或“实施例”指的不一定是同一实施例。此外,一或多个实施例中的特定特征、结构、或特点可由任何合适形式组合。

[0070] 如图1所示,本发明实施例提供了一种新能源车辆热管理系统的仿真方法,包括:

[0071] 101、预设电机冷却回路仿真模型、电池包加热回路仿真模型、电池包冷却回路仿真模型、乘员舱制冷回路仿真模型、乘员舱制热回路仿真模型和发动机冷却回路仿真模型。

[0072] 新能源车辆的热管理系统中通常包括电机冷却回路、电池包加热回路、电池包制冷回路、乘员舱制冷回路、乘员舱制热回路和发动机冷却回路,当需要对这些回路进行仿真时,先建立好这些回路的仿真模型,模拟这些回路工作时的真实情况。

[0073] 102、分别获取电机冷却回路仿真模型中电机的温度值、电池包加热回路仿真模型中电池包的第一温度值、电池包制冷回路仿真模型中电池包的第二温度值、乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值、乘员舱制热回路仿真模型中乘员舱内的第二温度值



和发动机冷却回路仿真模型中发动机的温度值。

[0074] 其中,电机、发动机和电池包在工作循环时,均需工作在最佳工作温度下,才能更好地发挥其效能,而乘员舱内的温度亦应保持在预定范围内,才能保证舱内乘员的舒适度,因此,对新能源车辆热管理系统各个回路仿真模型中的发热部件的温度进行仿真计算,以更加全面真实地仿真新能源车辆热管理系统环境,从而为热管理系统的控制策略设计提供理论依据。其中,对乘员舱制热回路仿真模型中乘员舱内的第二温度值以及发动机冷却回路仿真模型中发动机温度值的获取方式,可以在现有技术中任意选取,此处不做限定,且当乘员舱为制热时,类似电池包加热过程;当发动机水冷回路温度能够满足乘员舱制热时,直接可以利用发动机冷却回路为乘员舱加热,其热交换的关系与乘员舱制冷回路类似。

[0075] 103、将所述电机的温度值、所述电池包的第一温度值和第二温度值、所述乘员舱内的第一温度值和第二温度值以及所述发动机的温度值发送至所述新能源车辆的整车控制器。

[0076] 104、所述整车控制器根据所述电机的温度值、所述电池包的第一温度值和第二温度值、所述乘员舱内的第一温度值和第二温度值以及所述发动机的温度值,对相应回路仿真模型中的散热部件进行控制。

[0077] 将得到的电机的温度值、电池包的第一温度值和第二温度值、乘员舱内的第一温度值和第二温度值以及发动机的温度值全部发送至新能源车辆的整车控制器,具体可以通过模拟的温度传感器将各个温度值反馈给整车控制器,并由整车控制器根据各个温度值判断相应回路仿真模型中的发热部件是否需要冷却或者加热,从而对相应回路仿真模型中的散热部件进行控制,即对相应回路仿真模型中水泵和风扇等散热部件的开启或关闭进行控制,以实现对应回路仿真模型中的发热部件进行冷却或加热,进而实现了全面系统地仿真了热管理系统环境,这不仅为热管理控制策略设计提供了理论依据,还可以有效地验证整车控制器对热管理系统进行控制的有效性。

[0078] 本发明实施例提供的技术方案中,预设电机冷却回路仿真模型、电池包加热回路仿真模型、电池包冷却回路仿真模型、乘员舱制冷回路仿真模型、乘员舱制热回路仿真模型和发动机冷却回路仿真模型后,通过分别获取相应回路仿真模型中电机的温度值、电池包的第一温度值、电池包的第二温度值、乘员舱内的温度值、乘员舱内的第二温度值以及发动机的温度值,并将获取到的所有温度值发送给整车控制器,由整车控制器对相应回路仿真模型中的温控部件进行控制,从而验证新能源车辆热管理系统的控制策略,与现有技术相比,本发明获取了热管理系统中各个冷却回路和加热回路中发热部件的多个温度值,使得整车控制器可以根据该多个温度值对各个相应回路仿真模型中的温控部件进行控制,从而更加全面真实地仿真了新能源车辆热管理系统环境,为后期车辆热管理系统的设计提供宝贵的数据,可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0079] 进一步地,如图2所示,获取所述电机冷却回路仿真模型中电机的温度值方法,并且可参见图4,图4为电机冷却回路仿真模型中电机温度值的仿真模型,所述方法包括:

[0080] 201、分别获取所述电机的发热功率值、所述电机的质量值和所述电机的比热容值。

[0081] 202、根据所述电机的发热功率值、所述电机的质量值以及所述电机的比热容值,计算所述电机的温度值。

[0082] 其中,仿真计算得到的电机的发热功率值可以包括电机本身的损失功率值、电机冷却回路中用于使冷却液与电机形成热交换的水泵所带走的热功率值和用于为电机散热的散热器中风扇所带走的热功率值、以及环境对电机的热辐射功率值,而电机的质量值和电机的比热容值可以通过试验或者经验公式等方式得到。具体地,可以通过如下计算方式得到电机的温度值,首先对电机的发热功率值进行积分,然后将积分后的值除以电机的质量值和比热容值的乘积,最终得到电机的温度值,从而真实地反应电机的产热情况,从而更加全面真实地仿真新能源汽车热管理系统环境,进而可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0083] 进一步地,如图3所示,为获取所述电机的发热功率值的方法,并且可参见图4,该方法包括:

[0084] 301、分别获取所述电机的损失功率值、所述电机冷却回路仿真模型中水泵的散热功率值和风扇的散热功率值以及环境对所述电机的热辐射功率值。

[0085] 其中,所述电机的损失功率值,即为电机在循环工作过程中,由于产生热量而损失的热功率;水泵的散热功率和风扇的散热功率即为在电机冷却的过程中,水泵和风扇所带走的热功率;环境对电机的热辐射功率值表示了电机冷却的过程中,环境温度对电机热量的影响。

[0086] 具体地,获取电机损失功率值的方法可以包括如下步骤:首先根据所述电机的转速值和扭矩值,获取所述电机的效率值和有用功率值;其中,电机的转速值和扭矩值可以通过传感器得到,再根据得到的转速值和扭矩值,在效率表中查找与电机当前转速值和扭矩值相对应的效率值,即可得到电机的效率值,同时,可以根据电机的转速值和扭矩值,通过公式  $P = \frac{n \times r}{9550}$  计算得到电机的有用功率值,其中, $p$ 为电机的有用功率, $n$ 为电机的扭矩, $r$ 为电机的转速。然后根据所述电机的效率值和有用功率值,计算所述电机的损失功率值;具体地,可以通过公式  $P = \frac{n \times r}{9550} \times (1 - \eta)$  计算得到电机的损失功率值,其中, $\eta$ 为电机的效率值。

[0087] 具体地,所述获取所述电机冷却回路中水泵的散热功率值和风扇的散热功率值可以包括如下步骤:首先可以通过传感器获取得到电机冷却回路中水泵的转速值和风扇的转速值,再通过查询水泵的热量表得到与水泵的当前转速值相对应的散热功率值,同样地,通过查询风扇的热量表得到与风扇的当前转速值相对应的散热功率值。

[0088] 具体地,获取所述环境温度对所述电机的热辐射功率值的方式可以为:通过公式  $P_{\text{Radiation}} = \xi A_{\text{mot}} \Delta (T_{\text{mot}}^4 - T_{\text{Ambient}}^4)$  计算得到环境温度对电机的第一热辐射功率值,其中, $P_{\text{Radiation}}$ 为第一热辐射功率值, $\xi$ 为热辐射常数,此处可以取值0.73, $A_{\text{mot}}$ 为电机的表面积, $\Delta$ 为斯忒藩-玻尔兹曼常数, $T_{\text{mot}}$ 为电机的温度, $T_{\text{Ambient}}$ 为环境温度。

[0089] 302、根据所述电机的损失功率值、所述水泵的散热功率值、所述风扇的散热功率值和所述环境对所述电机的热辐射功率值,计算所述电机的发热功率值。

[0090] 具体地,可以将电机的损失功率值和第一热辐射功率值相加,再减去水泵的散热功率值和风扇的散热功率值,即可得到电机的发热功率值。本发明实施例提供的电机温度值的仿真计算方式,通过结合电机实际效率表、水泵和风扇的实际热量表以及理论计算公式,来得到电机的最终发热功率值,能够更加真实地反映电机的产热情况,从而更加全面真

实地仿真新能源车辆热管理系统环境,进而可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0091] 进一步地,如图5所示,为获取所述电池包加热回路仿真模型中电池包的第一温度值的方法,并可参见图7,图7为电池包加热回路仿真模型中电池包第一温度值的仿真模型,所述方法包括:

[0092] 401、分别获取所述电池包的第一发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值。

[0093] 402、根据所述电池包的第一发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值,计算所述电池包的第一温度值。

[0094] 其中,仿真计算得到的电池包的第一发热功率值可以包括化学反应产热功率值、电池内阻产热功率值和损失反应产热功率值,而电池包的质量值和电池包的比热容值可以通过试验或者经验公式等方式得到。具体地,可以通过如下计算方式得到电池包的第一温度值,首先对电池包的第一发热功率值进行积分,然后将积分后的值除以电池包的质量值和比热容值的乘积,最终得到电池包的第一温度值,从而真实地反应电池包在加热时的产热情况,从而更加全面真实地仿真新能源车辆热管理系统环境,进而可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0095] 进一步地,如图6所示,为获取所述电池包的第一发热功率值的方法,并可参见图7,该方法包括:

[0096] 501、分别获取所述电池包的第一产热功率值、所述电池包加热回路仿真模型中热敏电阻的产热功率值以及环境温度对所述电池包的第一热辐射功率值。

[0097] 其中,电池包的第一产热功率值即为电池包在加热时自身所产生的热功率值;热敏电阻的产热功率值即为热敏电阻为电池包加热时所产生的热功率值,第一热辐射功率值表示了电池包加热时,环境温度对电池包热量的影响。

[0098] 具体地,电池包的第一产热功率值的获取方式可以包括如下步骤:根据所述电池包的第一化学反应产热功率值、第一电池内阻产热功率值和第一损失反应产热功率值,计算所述电池包的第一产热功率值。其中,电池包的第一化学反应产热功率值、第一电池内阻产热功率值和第一损失反应产热功率值的具体获取方式可以为:将单体电池简化为内阻、电感和RC电路相互串联的等效电路(参见图8),并根据该等效电路分别计算电池包的第一化学反应产热功率值、第一电池内阻产热功率值和第一损失反应产热功率值,再将第一化学反应产热功率值、第一电池内阻产热功率值和第一损失反应产热功率值相加,即可得到电池包的第一产热功率值。第一化学反应产热功率值可以通过公式 $P_{\text{chm}} = C_{\text{chm}} \times I_{\text{bat}}$ 计算得到,其中, $P_{\text{chm}}$ 为化学反应产热功率值, $C_{\text{chm}}$ 为电池常数,由电池燃料决定, $I_{\text{bat}}$ 为电池电流;第一电池内阻产热功率值可以通过公式 $P_{\text{rin}} = I_{\text{bat}} \times V_{\text{loss}}$ 、 $V_{\text{loss}} = U_{\text{cell1}} - V_{\text{bat}}$ 、 $U_{\text{cell1}} = N_{\text{cell}} \times V_{\text{cell}}$  (SOC)、 $V_{\text{loss}} = V_{\text{ri}} + V_{\text{ls}} + V_{\text{rc(ct)}} + V_{\text{rc(dif)}} + V_{\text{radj}}$ 和 $I_{\text{bat}} = I_{\text{ter}} - I_{\text{los}}$ 计算得到,其中, $P_{\text{rin}}$ 为电池内阻产热功率值, $V_{\text{loss}}$ 为电池的损失电压, $V_{\text{bat}}$ 为电池端电压;第一损失反应产热功率值可以通过公式 $P_{\text{los}} = V_{\text{bat}} \times I_{\text{loss}}$ 、 $I_{\text{loss}} = I_0 e^k$ 和 $K = \frac{V_{\text{bat}} - V_N}{K_1} + K_2 \frac{T_{\text{bat}} - T_N}{T_{\text{bat}} \times T_N}$ 计算得到,其中, $I_{\text{loss}}$ 为电池的损失电流, $K_1$ 和 $K_2$ 分别为铂电压常数和温度常数, $V_N$ 为单体电池的标称电压, $T_{\text{bat}}$ 为电池温度, $T_N$ 为标称温度。

[0099] 具体地,所述获取所述电池包加热回路中热敏电阻的产热功率值的方法可以包括如下步骤:根据所述热敏电阻的温度值和所述电池包加热回路中水泵的转速值,获取所述热敏电阻的产热功率值。热敏电阻对电池包的产热功率值与加热回路中水泵的转速有关,即当水泵的转速越慢时,加热回路中冷却液的流动速度越慢,热交换的速度越慢,使得热敏电阻对电池包的加热速度越慢,当水泵的转速越快时,加热回路中冷却液的流动速度越快,热交换的速度越快,使得热敏电阻对电池包的加热速度越快,因此,热敏电阻的产热功率值需要根据热敏电阻自身的温度值和水泵的转速值来获取,具体可以根据热敏电阻的温度值和水泵的转速值,在功率表中查找与当前热敏电阻的温度值和水泵的转速值相对应的产热功率值,即为电池包加热回路中热敏电阻的产热功率值。其中,热敏电阻的温度值可以通过

公式  $\delta T_{ptc} = \left( \frac{V^2}{R} - Q_{f1x} \right) / (C_v \times m)$  和  $Q_{f1x} = A_1 \times a \times (T_1 - T_{amb})$  计算得到,  $\delta T_{ptc}$  为热敏电阻的温度

值,  $V$  和  $R$  分别为热敏电阻的电压和电阻,  $Q_{f1x}$  是环境热敏电阻的热辐射,  $A_1$  和  $a$  分别为热敏电阻的表面积和热传递系数,  $T_1$  为热敏电阻的当前温度,  $T_{amb}$  为环境温度。

[0100] 具体地,所述获取环境温度对所述电池包的第二热辐射功率值的方法可以包括如下步骤,根据环境温度,计算环境对电池包的第二热辐射功率值,具体可以通过公式  $Q_{f1x} = A_2 \times a \times (T_2 - T_{amb})$  计算得到,其中,  $A_2$  和  $a$  分别为电池包的表面积和热传递系数,  $T_2$  为电池包的当前温度。

[0101] 502、根据所述电池包的第一产热功率值、所述热敏电阻的产热功率值和所述第一热辐射功率值,计算所述电池包的第一发热功率值。

[0102] 具体地,可以将电池包的第一产热功率值和热敏电阻的产热功率值相加,再减去环境对电池包的第一热辐射热功率值,即可得到电池包的第一发热功率值。本发明实施例提供的电池包加热回路中电池包温度值的仿真计算方式,通过考虑环境对热敏电阻产热的影响、热敏电阻和环境对电池包加热的影响以及电池包加热时自身产热的影响,并结合合理理论计算公式,综合仿真计算得到电池包加热回路中电池包的温度值,能够更加真实地反映电池包的产热情况,从而更加全面真实地仿真新能源车热管理系统环境,进而可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0103] 进一步地,如图9所示,为获取所述电池包冷却回路仿真模型中电池包的第二温度值的方法,并可参见图11,图11为电池包冷却回路仿真模型中电池包第二温度值的仿真模型,所述方法包括:

[0104] 601、分别获取所述电池包的第二发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值。

[0105] 602、根据所述电池包的第二发热功率值、所述电池包的质量值和所述电池包的比热容值,计算所述电池包的第二温度值。

[0106] 其中,仿真计算得到的电池包的第二发热功率值可以包括化学反应产热功率值、电池内阻产热功率值和损失反应产热功率值,而电池包的质量值和电池包的比热容值可以通过试验或者经验公式等方式得到。具体地,可以通过如下计算方式得到电池包的第二温度值,首先对电池包的第二发热功率值进行积分,然后将积分后的值除以电池包的质量值和比热容值的乘积,最终得到电池包的第二温度值,从而真实地反应电池包在冷却时的产热情况,从而更加全面真实地仿真新能源车热管理系统环境,进而可以有效地验证热管

理系统控制策略的有效性。

[0107] 进一步地,如图10所示,为获取所述电池包的第二发热功率值的方法,并可参见图11,该方法包括:

[0108] 701、分别获取所述电池包的第二产热功率值、所述电池包制冷回路仿真模型中压缩机的散热功率值以及环境温度对所述电池包的第二热辐射功率值。

[0109] 其中,电池包的第二产热功率值即为电池包在冷却时自身所产生的热功率值;压缩机的散热功率值即为压缩机为电池包散热时所带走的热功率值,第二热辐射功率值表示了电池包冷却时,环境温度对电池包热量的影响。

[0110] 具体地,电池包的第二产热功率值的获取方式可以包括如下步骤:根据所述电池包的第二化学反应产热功率值、第二电池内阻产热功率值和第二损失反应产热功率值,计算所述电池包的第二产热功率值。其中,电池包的第二化学反应产热功率值、第二电池内阻产热功率值和第二损失反应产热功率值的具体获取方式可以为:将单体电池简化为内阻、电感和RC电路相互串联的等效电路(参见图8),并根据该等效电路分别计算电池包的第二化学反应产热功率值、第二电池内阻产热功率值和第二损失反应产热功率值,再将第二化学反应产热功率值、第二电池内阻产热功率值和第二损失反应产热功率值相加,即可得到电池包的第二产热功率值。第二化学反应产热功率值可以通过公式 $P_{\text{chm}} = C_{\text{chm}} \times I_{\text{bat}}$ 计算得到,其中, $P_{\text{chm}}$ 为化学反应热功率值, $C_{\text{chm}}$ 为电池常数,由电池燃料决定, $I_{\text{bat}}$ 为电池电流;第二电池内阻产热功率值可以通过公式 $P_{\text{rin}} = I_{\text{bat}} \times V_{\text{loss}}$ 、 $V_{\text{loss}} = U_{\text{cell}} - V_{\text{bat}}$ 、 $U_{\text{cell}} = N_{\text{cell}} \times V_{\text{cell}}$  (SOC)、 $V_{\text{loss}} = V_{\text{ri}} + V_{\text{ls}} + V_{\text{rc(ct)}} + V_{\text{rc(dif)}} + V_{\text{radj}}$ 和 $I_{\text{bat}} = I_{\text{ter}} - I_{\text{los}}$ 计算得到,其中, $P_{\text{rin}}$ 为电池内阻产热功率, $V_{\text{loss}}$ 为电池的损失电压, $V_{\text{bat}}$ 为电池端电压;第二损失反应产热功率值可以通过

公式 $P_{\text{los}} = V_{\text{bat}} \times I_{\text{loss}}$ 、 $I_{\text{loss}} = I_0 e^k$ 和 $K = \frac{V_{\text{bat}} - V_N}{K_1} + K_2 \frac{T_{\text{bat}} - T_N}{T_{\text{bat}} \times T_N}$ 计算得到,其中, $I_{\text{loss}}$ 为

电池的损失电流, $K_1$ 和 $K_2$ 分别为钳电压常数和温度常数, $V_N$ 为单体电池的标称电压, $T_{\text{bat}}$ 为电池温度, $T_N$ 为标称温度。

[0111] 具体地,所述获取所述电池包制冷回路仿真模型中压缩机的散热功率值可以通过压缩机的电压和电阻计算得出。

[0112] 具体地,所述获取环境温度对所述电池包的第二热辐射功率值的方法可以包括如下步骤,根据环境温度,计算环境对电池包的第二热辐射功率值,具体可以通过公式 $Q_{\text{flx}} = A_2 \times a \times (T_2 - T_{\text{amb}})$ 计算得到,其中, $A_2$ 和 $a$ 分别为电池包的表面积和热传递系数, $T_2$ 为电池包的当前温度, $T_{\text{amb}}$ 为环境温度。

[0113] 702、根据所述电池包的第二产热功率值、所述压缩机的散热功率值和所述第二热辐射功率值,计算所述电池包的第二发热功率值。

[0114] 具体地,可以将电池包的第二产热功率值和环境对电池包的第三热辐射热功率值相加,再减去压缩机的散热功率值,即可得到电池包的第二发热功率值。本发明实施例提供的电池包冷却回路中电池包温度值的仿真计算方式,通过考虑压缩机的散热影响、环境对电池包制冷的影响以及电池包制冷时自身产热的影响,并结合理论计算公式,综合仿真计算得到电池包冷却回路中电池包的温度值,能够更加真实地反映电池包的产热情况,从而更加全面真实地仿真新能源汽车热管理系统环境,进而可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0115] 进一步地,如图12所示,为获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值的方法,并可参见图15,图15为乘员舱制冷回路仿真模型中乘员舱内的第一温度值仿真模型,所述方法包括:

[0116] 801、分别获取所述乘员舱内乘客的热辐射功率值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值、环境对所述乘员舱舱壁的热辐射功率值和所述乘员舱舱壁与环境的传导热功率值。

[0117] 不同于传统车辆的发动机的空调系统,新能源车辆的发动机通过带传动驱动压缩机工作,压缩机直接使用电池包的高压作为供电系统。该空调系统包括压缩机、鼓风机、制冷剂回路、风道、前后乘员舱;因此,乘员舱的温度由环境温度、空调系统热交换、鼓风机及乘员舱空间及乘客数量等因素决定。

[0118] 乘员舱内的温度与舱内乘客的数量、乘员舱风道出口端的温度、环境对乘员舱舱壁的热辐射以及乘员舱舱壁与环境的传导热量有关,因此,本发明实施例通过分别获取到舱内乘客数量、风道出口端温度、环境对乘员舱舱壁的热辐射以及乘员舱舱壁与环境的传导热量,然后综合这些数据来计算得到乘员舱舱内的温度,即从实际热管理回路的物理特性出发,来计算乘员舱内的温度,使得计算结果更接近实际情况,从而真实地反应乘员舱在冷却时的产热情况,从而更加全面真实地仿真新能源车辆热管理系统环境,进而可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0119] 802、根据所述乘员舱内乘客的热辐射值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值、环境对所述乘员舱舱壁的热辐射功率值和所述乘员舱舱壁与环境的传导热功率值,按照第一预设公式计算所述乘员舱内的第一温度值。所述第一预设公式可以为: $T_{out} = T_{duct} + (P_p + P_{w1} + P_{ex}) / (m_{all} \times C_1)$ ,其中, $T_{out}$ 为乘员舱内的温度, $T_{duct}$ 为风道出口端的温度, $P_p$ 为乘员舱内乘客的热辐射功率, $P_{w1}$ 为环境对乘员舱舱壁的热辐射功率值, $P_{ex}$ 为乘员舱舱壁于环境的传导热功率, $m_{all}$ 为乘员舱的总质量, $C_1$ 为乘员舱的比热容。

[0120] 具体地,乘员舱内乘客的热辐射功率值可以根据乘客的体重预估一个常数P,例如,预估每个乘客的热辐射值为79W,再将该预估的常数乘以乘员的数量n,即前述的乘员舱内乘客的热辐射值可以通过公式 $P_p = n \times P$ 计算得到。

[0121] 具体地,环境对所述乘员舱舱壁的第四热辐射功率值可以通过公式

[0122]  $P_{w1} = (A_w \times K_w + A_s \times K_s) \times (T_{abm}^4 - T_{out}^4)$ 计算得到,其中, $P_{w1}$ 为第四热辐射功率, $A_w$ 为乘员舱玻璃窗户面积, $K_w$ 为乘员舱玻璃窗户热辐射系数, $A_s$ 为乘员舱金属部分的面积, $K_s$ 为金属热辐射系数, $T_{abm}$ 为环境温度, $T_{out}$ 为乘员舱内的温度;

[0123] 具体地,所述乘员舱舱壁与环境的传导热功率值可以通过公式

[0124]  $P_{ex} = C_k \times A (T_{abm} - T_{out})$ ,其中, $P_{ex}$ 为环境与乘员舱舱壁的导热功率, $C_k$ 为乘员舱舱壁导热系数, $A$ 为乘员舱舱壁表面积, $T_{abm}$ 为环境温度, $T_{out}$ 为乘员舱内的温度。

[0125] 进一步地,如图13所示,为获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值的方法,并可参见图15,该方法包括:

[0126] 901、分别获取所述风道壁表面温度值、所述风道壁表面积值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值、环境对所述风道壁的热辐射功率值和所述风道壁与环境的导热功率值。

[0127] 乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度与风道壁的物理特性有关,如风道

壁的表面积、风道壁的温度、乘员舱制冷回路中制冷剂回路的热交换温度、境对风道壁的热辐射以及风道壁与环境的导热有关,因此,本发明实施例通过分别获取到分别获取所述风道壁表面温度、所述风道壁表面积、所述乘员舱制冷回路中热交换温度、环境对所述风道壁的热辐射功率和所述风道壁与环境的导热功率,然后综合这些数据来计算得到乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值,即进一步从实际热管理回路的物理特性出发,来计算乘员舱内的温度,使得计算结果更接近实际情况,从而真实地反应乘员舱在冷却时的产热情况,从而更加全面真实地仿真新能源车热管理系统环境,进而可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0128] 902、根据所述风道壁表面温度值、所述风道壁表面积值、所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值、环境对所述风道壁的热辐射功率值和所述风道壁与环境的传导热功率值;按照第二预设公式计算所述乘员舱制冷回路仿真模型中风道出口端的温度值;所述第二预设公式为:  $T_{duct} = T_w + (T_{in} - T_w) \times e^{(p \times A \times n) / (m_a \times C_2)}$ , 其中,  $T_{duct}$  为风道出口端温度,  $T_{in}$  为热交换温度,  $P$  为气体热温度系数,  $A$  为风道壁表面积,  $n$  为风道数量,  $m_a$  为鼓入空气质量,  $C_2$  为空气的比热容,  $T_w$  为风道壁表面温度,  $T_w = K_1 (T_{in} - T_w) \times (1 - e^{(A \times a) / (m_a \times p \times C_2)}) + (P_{Ra} + P_{w2}) / (C_3 \times m_{duct})$ ,  $K_1$  为热交换系数,  $a$  为辐射系数,  $P_{Ra}$  为风道壁与环境的导热功率,  $P_{w2}$  为环境对风道壁的热辐射功率,  $C_3$  为风道壁的比热容,  $m_{duct}$  为风道壁的质量。其中, 风道壁表面积值可以根据风道的半径和长度计算得到; 风道壁与环境的导热功率可以通过公式  $P_{Ra} = A \times b \times (T_w - T_{abm})$ ,  $b$  为辐射因数,  $T_{abm}$  为环境温度。环境对风道壁的热辐射功率值可以通过公式  $P_{w2} = A \times \xi \times \Delta \times (T_w^4 - T_{abm}^4)$ ,  $\xi$  为热辐射常数,  $\Delta$  为斯忒藩-玻尔兹曼常数。

[0129] 进一步地, 如图14所示, 为所述获取所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值的方法, 并可参见图15, 该方法包括:

[0130] 1001、根据所述乘员舱制冷回路仿真模型中压缩机的散热功率值、鼓风机鼓入乘员舱内空气的质量值和空气的比热容值, 按照第三预设公式计算所述鼓风机鼓入乘员舱内空气的温度值; 所述第三预设公式为:  $T_a = P_{com} / (C_2 \times m_a)$ , 其中,  $T_a$  为鼓入空气温度,  $P_{com}$  为压缩机的散热功率,  $C_2$  为空气的比热容,  $m_a$  为鼓入空气质量。

[0131] 1002、根据所述鼓风机鼓入乘员舱内空气的温度值、以及乘员舱内循环空气的温度值和质量值或乘员舱外循环空气的温度值和质量值, 按照第四预设公式计算所述乘员舱制冷回路仿真模型中热交换温度值; 所述第四预设公式为:  $T_{in} = (m_a \times T_a + m_{1a} \times T_{1a}) / m_{a11}$ , 其中,  $T_{in}$  为热交换温度,  $m_{1a}$  为循环空气质量,  $T_{1a}$  为循环气体温度,  $m_{a11}$  为空气的总质量。

[0132] 乘员舱制冷回路仿真模型中制冷剂回路的热交换由空调系统的压缩机、环境温度和热交换的气流量决定, 可以根据这些数据得到制冷回路仿真模型的热交换温度。

[0133] 具体地, 压缩机是由整车控制器目标扭矩控制, 本质上由一个永磁同步电机和负载组成; 压缩机的机械能由整车控制器分配功率及风扇的工作状态决定; 压缩机的散热功率可以通过公式  $P_{com} = F_{st} \times C_{cmp} \times P_{VCU}$  计算得到, 且风扇关闭时  $F_{st}$  取值0, 工作时取值1; 压缩机关闭时  $C_{cmp}$  取值0, 工作制冷时取值1。

[0134] 具体地, 鼓风机即是一个直流电机, 鼓风机鼓入乘员舱的空气质量可以由公式

$$F_{St} * V_{Bat} = R_a I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + \phi \omega$$

、 扭矩、直流电机的磁通量及直流电机转子电流可计算得到

其转速  $\omega$  ;而直流电机的转速  $\omega$  决定着对流气体的质量:  $m_a = \frac{n_{Fan} * m_{nom}}{n_{nom}}$  ,  $\omega = n_{Fan}$  ,  $m_a$  为

鼓风机鼓入空气质量;  $n_{Fan}$  为鼓风机转速;  $m_{nom}$  为鼓风机标称转速下鼓风量;  $n_{nom}$  为鼓风机标称转速, 从而根据电机的转速计算得到鼓风机鼓入乘员舱内的空气质量。

[0135] 本发明实施例提供的技术方案中, 预设电机冷却回路仿真模型、电池包加热回路仿真模型、电池包冷却回路仿真模型、乘员舱制冷回路仿真模型、乘员舱制热回路仿真模型和发动机冷却回路仿真模型后, 通过分别获取相应回路仿真模型中电机的温度值、电池包的第一温度值、电池包的第二温度值、乘员舱内的温度值、乘员舱内的第二温度值以及发动机的温度值, 并将获取到的所有温度值发送给整车控制器, 由整车控制器对相应回路仿真模型中的温控部件进行控制, 从而验证新能源车热管理系统的控制策略, 与现有技术相比, 本发明获取了热管理系统中各个冷却回路和加热回路中发热部件的多个温度值, 使得整车控制器可以根据该多个温度值对各个相应回路仿真模型中的温控部件进行控制, 从而更加全面真实地仿真了新能源车热管理系统环境, 为后期车辆热管理系统的设计提供宝贵的数据, 可以有效地验证热管理系统控制策略的有效性。

[0136] 以上所述, 仅为本发明的具体实施方式, 但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以所述权利要求的保护范围为准。



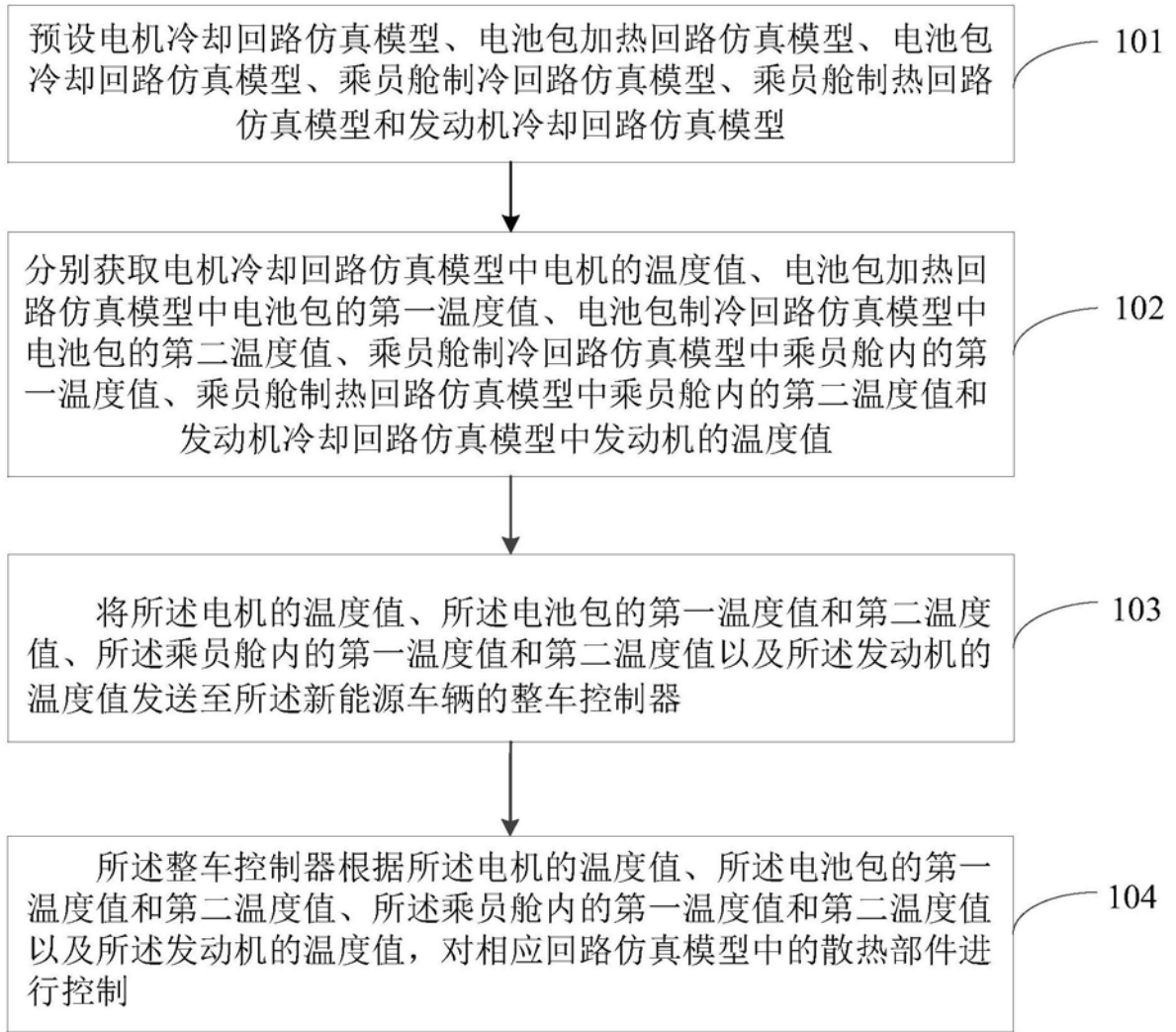


图1

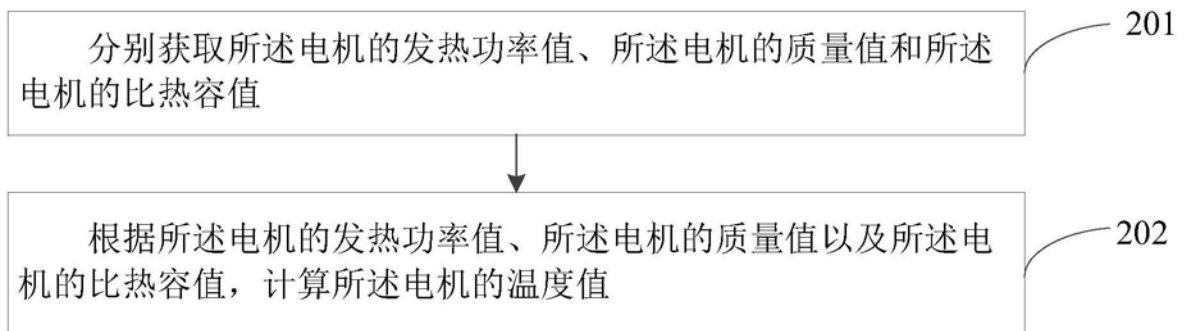


图2

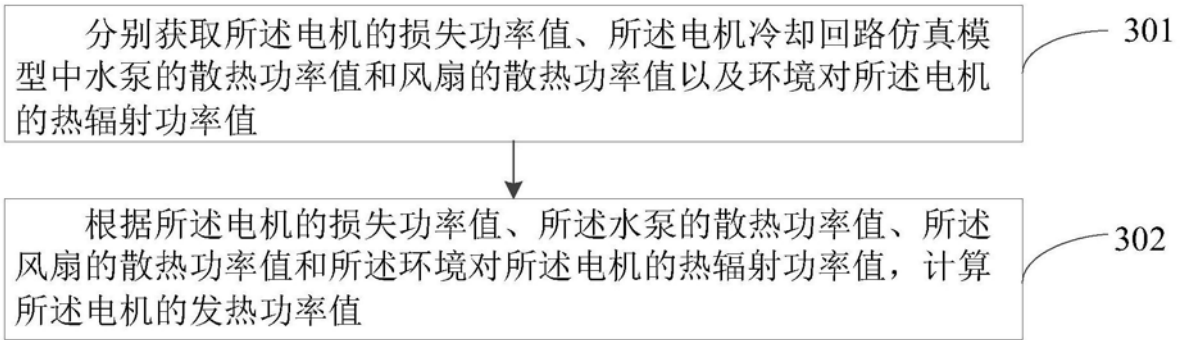


图3

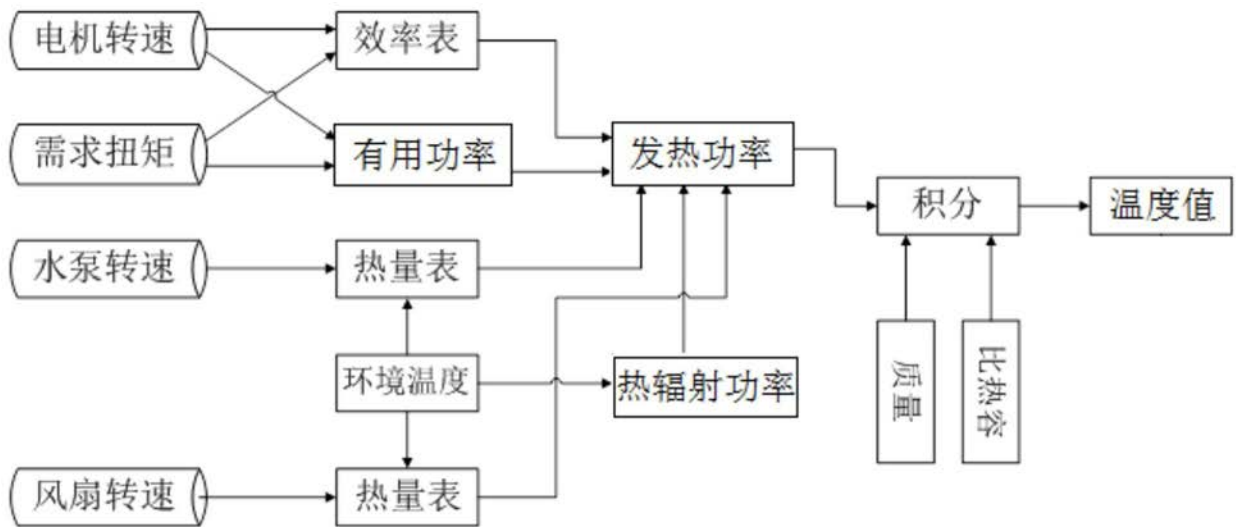


图4

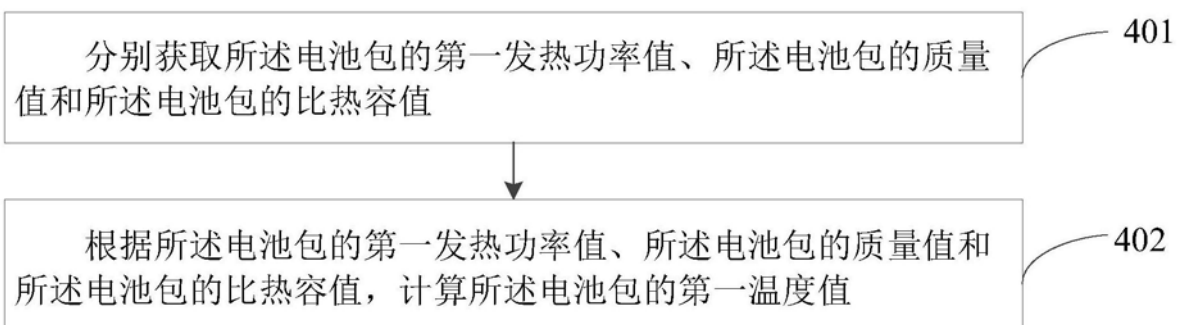


图5

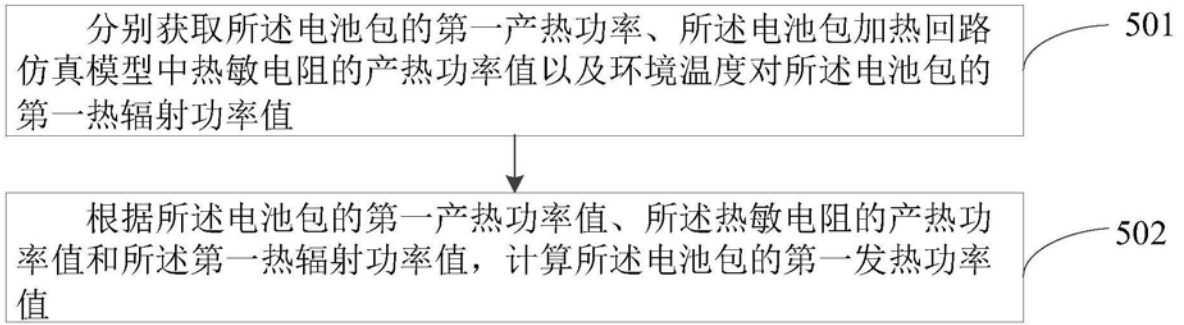


图6

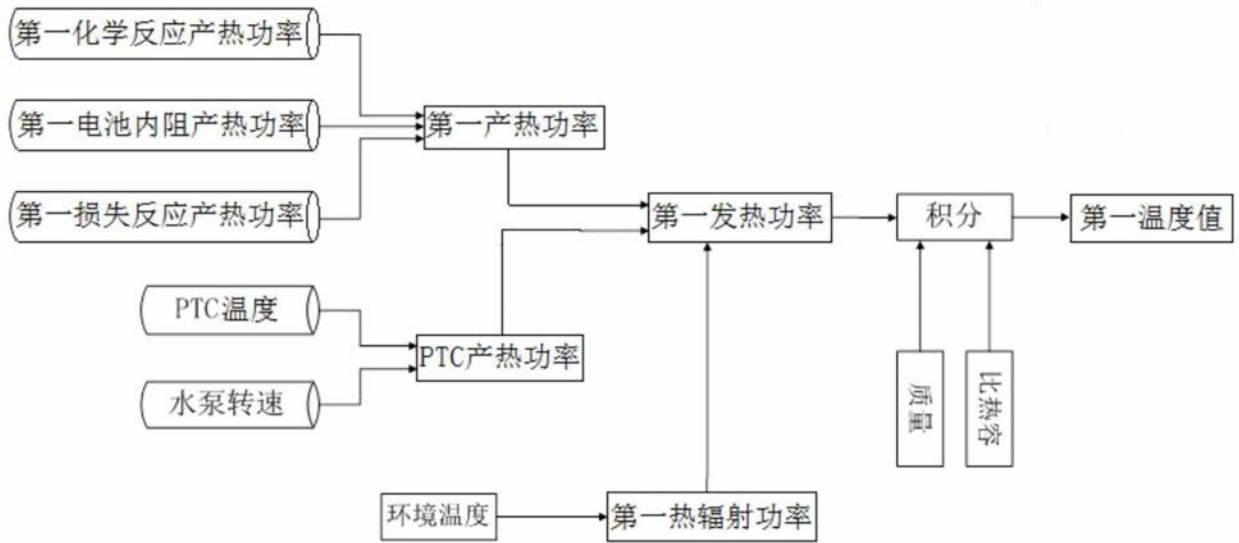


图7

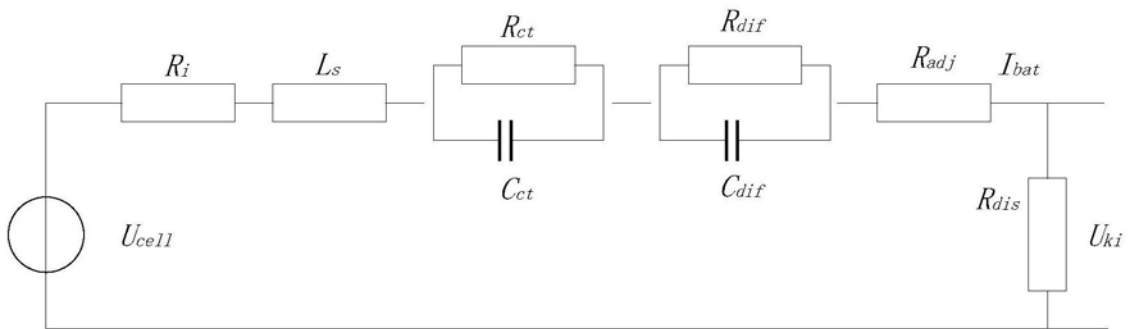


图8

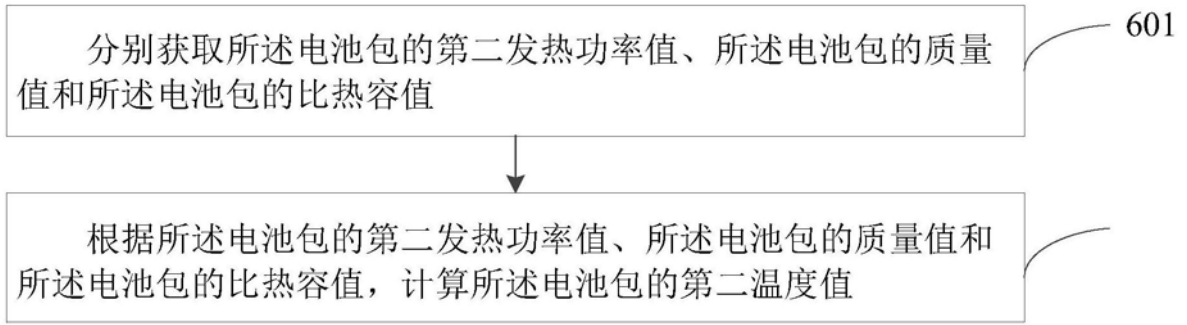


图9

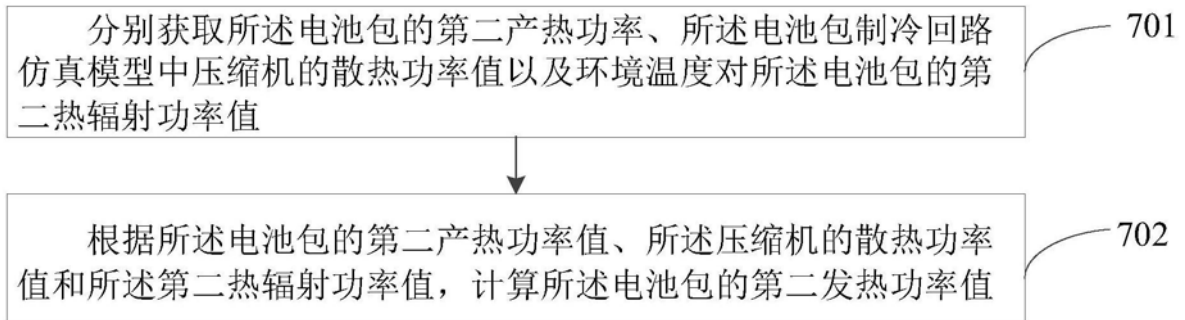


图10

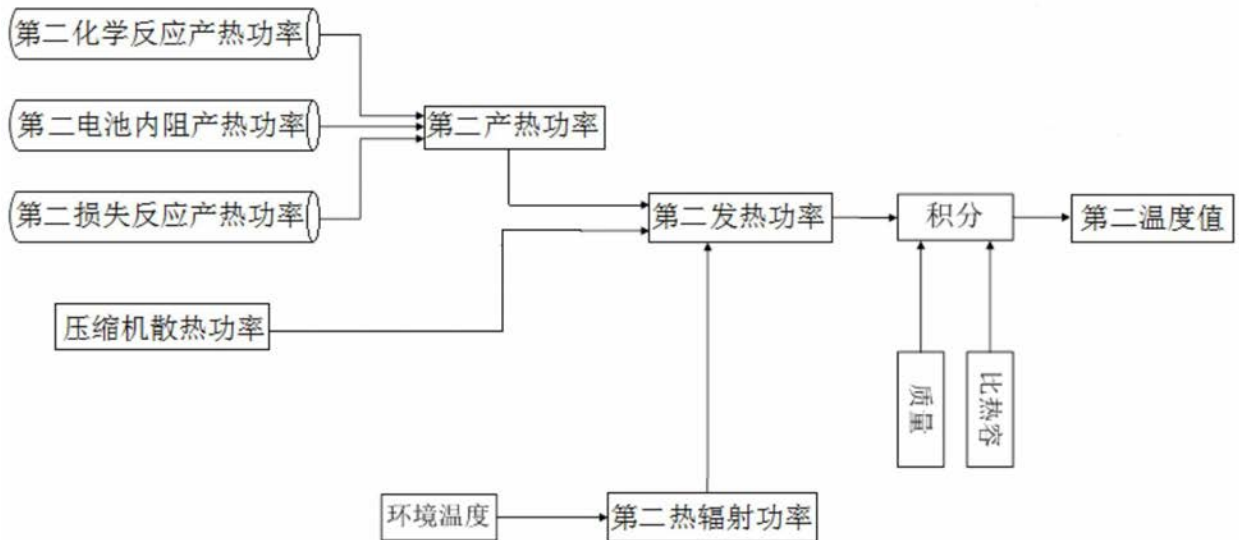


图11

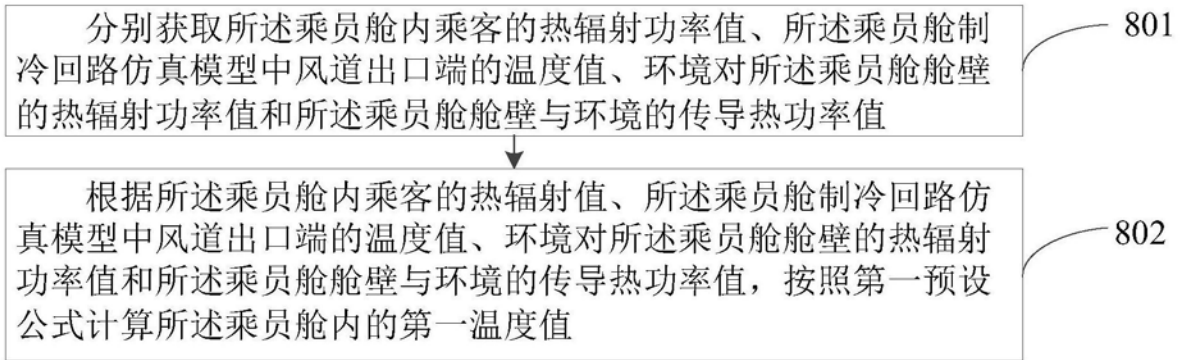


图12

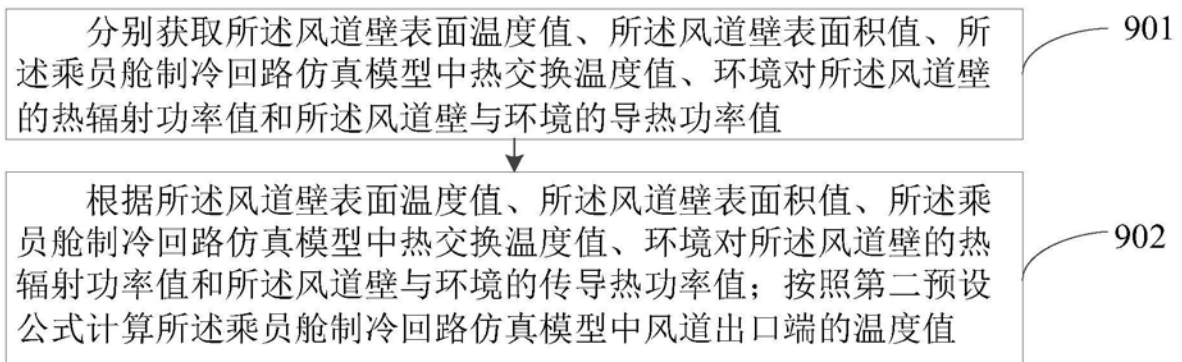


图13

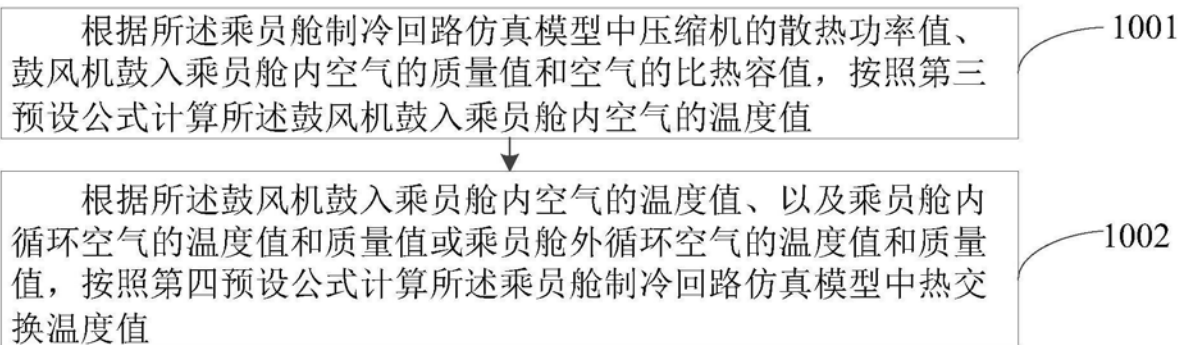


图14

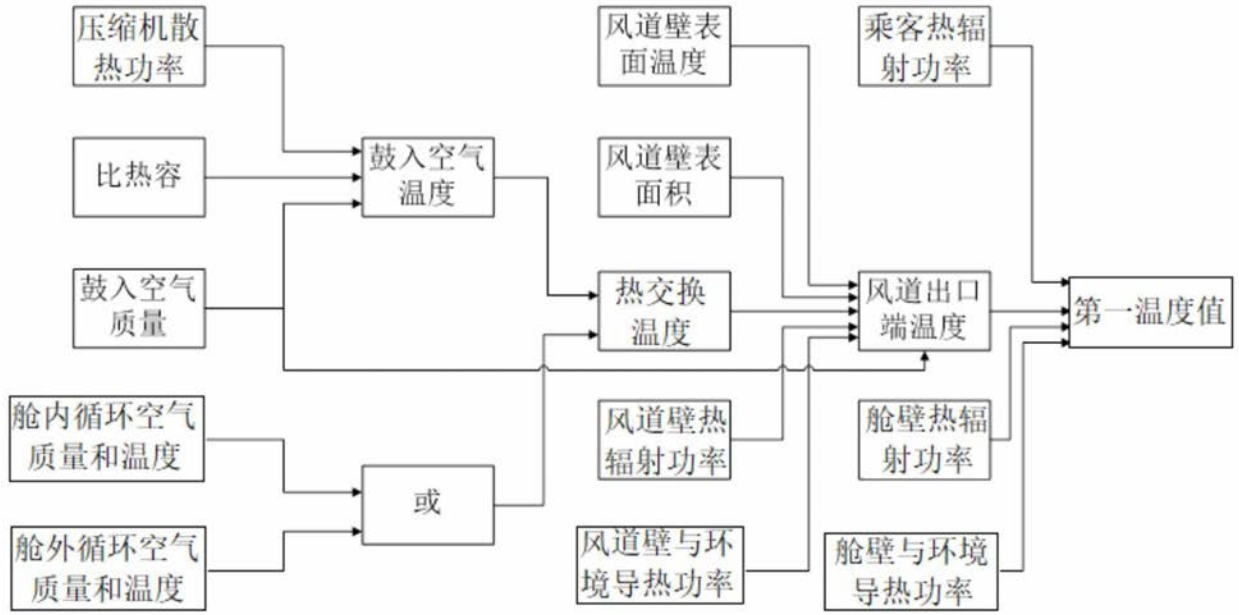


图15