



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111572407 A

(43)申请公布日 2020.08.25

(21)申请号 202010358281.3

(22)申请日 2020.04.29

(71)申请人 辽宁工业大学

地址 121001 辽宁省锦州市古塔区士英街
169号

(72)发明人 赵德阳 李刚

(74)专利代理机构 北京远大卓悦知识产权代理
事务所(普通合伙) 11369

代理人 周婷

(51)Int.Cl.

B60L 58/24(2019.01)

B60L 58/26(2019.01)

B60L 58/27(2019.01)

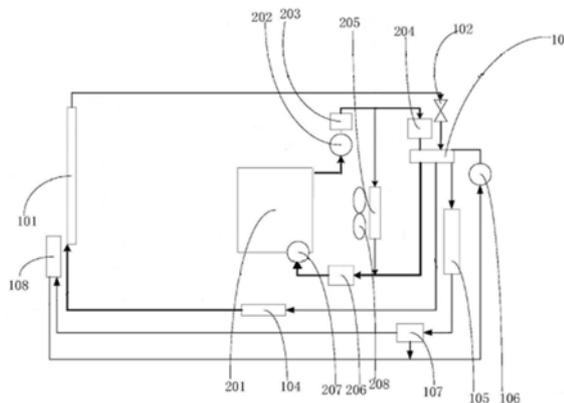
权利要求书3页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

一种混动汽车热管理系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开一种混动汽车热管理系统,包括电池冷却系统,所述电池冷却系统包括:冷凝器;以及热交换器,其与所述冷凝器的出口连通;膨胀阀,其设置在所述冷凝器和所述热交换器之间;压缩机,其入口与所述热交换器的第一出口连通,出口与所述冷凝器的入口连通;动力电池,其入口与所述热交换器的第二出口连通,出口与第一电磁阀的入口连通;电池散热器,其入口与所述第一电磁阀的第一出口连通;第一水泵,其入口与所述电池散热器的出口和所述第一电磁阀的第二出口连通,出口与所述热交换器连通。本发明还提供一种混动汽车热管理系统的控制方法,能够使电池在最优的温度下工作,提高其工作效率。



1. 一种混动汽车热管理系统,包括电池冷却系统,其特征在于,所述电池冷却系统包括:

冷凝器;以及

热交换器,其与所述冷凝器的出口连通;

膨胀阀,其设置在所述冷凝器和所述热交换器之间;

压缩机,其入口与所述热交换器的第一出口连通,出口与所述冷凝器的入口连通;

动力电池,其入口与所述热交换器的第二出口连通,出口与第一电磁阀的入口连通;

电池散热器,其入口与所述第一电磁阀的第一出口连通;

第一水泵,其入口与所述电池散热器的出口和所述第一电磁阀的第二出口连通,出口与所述热交换器连通。

2. 如权利要求1所述的混动汽车热管理系统,其特征在于,还包括电池加热系统:

发动机;以及

第二水泵,其第一入口与所述发动机的出口连通;

电子加热器,其入口与所述第二水泵的出口连通,且第一出口与所述热交换器连通;

第二电磁阀,其设置在所述电子加热器和所述热交换器之间;

暖风水箱,其入口与所述电子加热器的第二出口连通;

第三电磁阀,其入口分别与所述暖风水箱的出口和所述热交换器的第三出口连通;

第三水泵,其入口与所述第三电磁阀的出口连通,出口与所述发动机的入口连通。

3. 如权利要求2所述的混动汽车热管理系统,其特征在于,所述第一电磁阀为三向电磁阀,所述第二电磁阀和所述第三电磁阀为双向电磁阀。

4. 如权利要求3所述的混动汽车热管理系统,其特征在于,还包括:

多个温度传感器,其均匀设置在所述电池上,用于检测所述电池的各处温度;

控制器,其与所述温度传感器、第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵和热交换器连接,用于接收所述温度传感器传感器的检测数据,并控制所述第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵、热交换器和膨胀阀工作。

5. 一种混动汽车热管理系统的控制方法,其特征在于,采集电池的工作温度环境,并基于BP神经网络确定第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵、热交换器和膨胀阀的工作状态,具体包括如下步骤:

步骤一、输入电池的第一工作温度阈值、第二工作温度阈值、第三工作温度阈值和第四工作温度阈值,并按照采样周期,通过传感器测量电池的工作温度;

步骤二、确定三层BP神经网络的输入层神经元向量 $x = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$;其中, x_1 为电池的第一工作温度阈值, x_2 为电池的第二工作温度阈值, x_3 为电池的第三工作温度阈值, x_4 为电池的第四工作温度阈值, x_5 为电池的工作温度;

其中,所述电池的工作温度为:

$$T_e = \bar{T} + \frac{\sum_{i=1}^t |T_i - \bar{T}|}{t^{1.5}};$$

式中, T_e 为电池的工作温度, \bar{T} 为电池各处温度的平均值, t 为温度传感器的数量, T_i 为

第*i*个温度传感器的检测数据；

步骤三、所述输入层向量映射到隐层，隐层的神经元为*m*个；

步骤四、得到输出层神经元向量 $o = \{o_1, o_2, o_3, o_4, o_5, o_6, o_7, o_8\}$ ；其中， o_1 为第一电磁阀的工作状态， o_2 为第二电磁阀的工作状态， o_3 为第三电磁阀的工作状态， o_4 为第一水泵的工作状态， o_5 为第二水泵的工作状态， o_6 为第三水泵的工作状态， o_7 为热交换器的工作状态， o_8 为膨胀阀的工作状态；

其中，所述输出层神经元值为 $o_k = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$ ，*k*为输出层神经元序列号 $k = \{2, 3, 4, 5, 6, 8\}$ ，

当 o_k 为1时，其为开启状态，当 o_k 为0时，其为关闭状态；所述输出层神经元值 $o_1 = \begin{cases} 0 \\ 1 \\ 2 \end{cases}$ ，当 o_1

为0时，所述第一电磁阀为关闭状态，当 o_1 为1时，所述第一电磁阀为开启状态，且液体从所述第一电磁阀的第一出口流出，当 o_1 为2时，所述第一电磁阀为开启状态，且液体从所述第

一电磁阀的第二出口流出；所述输出层神经元值 $o_7 = \begin{cases} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{cases}$ ，当 o_7 为0时，所述热交换器为关

闭状态，当 o_7 为1时，所述热交换器为开启状态，且液体从所述热交换器第一出口流出，当 o_7 为2时，所述热交换器为开启状态，且液体从所述热交换器的第二出口流出，当 o_7 为3时，所述热交换器为开启状态，且液体从所述热交换器的第三出口流出。

6. 如权利要求5所述的混动汽车热管理系统的控制方法，其特征在于，当所述第一水泵工作时，控制所述第一水泵的转速满足：

$$n_1 = \begin{cases} \sqrt{\frac{T_{20} - T_{10}}{T_e - T_{10}} \cdot \frac{T_{20} + 1 - T_e}{T_e - T_{10}}} \cdot n_0 & T_{10} < T_e \leq T_{20} \\ \sqrt{\frac{T_{30} - T_{20}}{T_e - T_{20}} \cdot \frac{T_e - T_{20}}{T_{30} - T_e}} \cdot n_0 & T_{20} < T_e < T_{30}; \\ \frac{T_e + 1 - T_{30}}{0.2T_0} \cdot \sqrt{\frac{T_{30} - T_{10}}{T_{20} - T_{10}}} \cdot n_0 & T_e \geq T_{30} \end{cases}$$

式中， n_1 为第一水泵的转速， T_e 为电池的工作温度， T_{10} 为电池的第一工作温度阈值， T_{20} 为电池的第二工作温度阈值， T_{30} 为电池的第一工作温度阈值， T_{10} 为基准温度值， n_0 为标准转速。

7. 如权利要求6所述的混动汽车热管理系统的控制方法，其特征在于，所述第二水泵和第三水泵同时工作，当第二水泵和第三水泵工作时，控制第二水泵和第三水泵的转速满足：

$$n_2 = n_3 = \frac{T_e - T_{40}}{0.2T_0} \cdot \sqrt{\frac{T_{10} - T_{40}}{T_0}} \cdot n_0, T_e < T_{40};$$

式中, n_2 为第二水泵的转速, n_3 为第三水泵的转速, T_{40} 为电池的第四工作温度阈值。

8. 如权利要求7所述的混动汽车热管理系统的控制方法, 其特征在于,

当 $T_{40} \leq T_e \leq T_{10}$ 时, 所述第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、热交换器和膨胀阀处于关闭状态, 所述第一水泵, 第二水泵和第三水泵不工作。

9. 如权利要求8所述的混动汽车热管理系统的控制方法, 其特征在于, 所述电池的第一工作温度阈值为 $15 \sim 20^\circ\text{C}$, 所述电池的第二工作温度阈值为 $25 \sim 30^\circ\text{C}$, 所述电池的第三工作温度阈值为 $32 \sim 35^\circ\text{C}$, 所述电池的第四工作温度阈值为 $-2 \sim 0^\circ\text{C}$ 。

10. 如权利要求9所述的混动汽车热管理系统的控制方法, 其特征在于, 所述隐层的神经元为8个; 所述隐层及所述输出层的激励函数均采用S型函数 $f_j(x) = 1/(1+e^{-x})$ 。

一种混动汽车热管理系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及混动汽车热管理技术领域,更具体的是,本发明涉及一种混动汽车热管理系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 混动汽车是新能源汽车中的一种形式,其可以运行在电动模式或者传统的燃油模式下。一般的,在电能充足的时候,采用电动模式运行,此时电动机驱动车辆;在电能不足时,采用传统的燃油模式运行,此时,发动机会残余驱动或者发电的环节。

[0003] 由于混动汽车的驱动形式介于传统燃油汽车和纯电动车之间,使其在整车热管理方面有别于传统燃油汽车和纯电动汽车。动力电池是保证电动模式正常运行的基础,因此对动力电池冷却时整车热管理的一项重要内容。现有技术中常采用传统散热方式对动力电池进行冷却,一般是采用风扇等进行通风散热,但是冷却效果较差。

发明内容

[0004] 本发明的一个目的是设计开发了一种混动汽车热管理系统,能够对电池进行加热或冷却,使电池在最优的温度下工作,提高其工作效率。

[0005] 本发明的另一个目的是设计开发一种混动汽车热管理系统的控制方法,能够采集电池的工作温度环境,并基于BP神经网络确定第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵、第二水泵、第三水泵和热交换器的工作状态,使电池在最优的温度下工作,提高其工作效率。

[0006] 本发明还能精确控制第一水泵,第二水泵、第三水泵的转速,有效对电池进行加热或冷却,使其在最优的温度下工作。

[0007] 本发明提供的技术方案为:

[0008] 一种混动汽车热管理系统,包括电池冷却系统,所述电池冷却系统包括:

[0009] 冷凝器;以及

[0010] 热交换器,其与所述冷凝器的出口连通;

[0011] 膨胀阀,其设置在所述冷凝器和所述热交换器之间;

[0012] 压缩机,其入口与所述热交换器的第一出口连通,出口与所述冷凝器的入口连通;

[0013] 动力电池,其入口与所述热交换器的第二出口连通,出口与第一电磁阀的入口连通;

[0014] 电池散热器,其入口与所述第一电磁阀的第一出口连通;

[0015] 第一水泵,其入口与所述电池散热器的出口和所述第一电磁阀的第二出口连通,出口与所述热交换器连通。

[0016] 优选的是,还包括电池加热系统:

[0017] 发动机;以及

[0018] 第二水泵,其第一入口与所述发动机的出口连通;

[0019] 电子加热器,其入口与所述第二水泵的出口连通,且第一出口与所述热交换器连通;

[0020] 第二电磁阀,其设置在所述电子加热器和所述热交换器之间;

[0021] 暖风水箱,其入口与所述电子加热器的第二出口连通;

[0022] 第三电磁阀,其入口分别与所述暖风水箱的出口和所述热交换器的第三出口连通;

[0023] 第三水泵,其入口与所述第三电磁阀的出口连通,出口与所述发动机的入口连通。

[0024] 优选的是,所述第一电磁阀为三向电磁阀,所述第二电磁阀和所述第三电磁阀为双向电磁阀。

[0025] 优选的是,还包括:

[0026] 多个温度传感器,其均匀设置在所述电池上,用于检测所述电池的各处温度;

[0027] 控制器,其与所述温度传感器、第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵和热交换器连接,用于接收所述温度传感器传感器的检测数据,并控制所述第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵和热交换器工作。

[0028] 一种混动汽车热管理系统的控制方法,采集电池的工作温度环境,并基于BP神经网络确定第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵、热交换器和膨胀阀的工作状态,具体包括如下步骤:

[0029] 步骤一、输入电池的第一工作温度阈值、第二工作温度阈值、第三工作温度阈值和第四工作温度阈值,并按照采样周期,通过传感器测量电池的工作温度;

[0030] 步骤二、确定三层BP神经网络的输入层神经元向量 $x = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$;其中, x_1 为电池的第一工作温度阈值, x_2 为电池的第二工作温度阈值, x_3 为电池的第三工作温度阈值, x_4 为电池的第四工作温度阈值, x_5 为电池的工作温度;

[0031] 其中,所述电池的工作温度为:

$$[0032] \quad T_e = \bar{T} + \frac{\sum_{i=1}^t |T_i - \bar{T}|}{t^{1.5}};$$

[0033] 式中, T_e 为电池的工作温度, \bar{T} 为电池各处温度的平均值, t 为温度传感器的数量, T_i 为第*i*个温度传感器的检测数据;

[0034] 步骤三、所述输入层向量映射到隐层,隐层的神经元为*m*个;

[0035] 步骤四、得到输出层神经元向量 $o = \{o_1, o_2, o_3, o_4, o_5, o_6, o_7, o_8\}$;其中, o_1 为第一电磁阀的工作状态, o_2 为第二电磁阀的工作状态, o_3 为第三电磁阀的工作状态, o_4 为第一水泵的工作状态, o_5 为第二水泵的工作状态, o_6 为第三水泵的工作状态, o_7 为热交换器的工作状态, o_8 为膨胀阀的工作状态;

[0036] 其中,所述输出层神经元值为 $o_k = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$,*k*为输出层神经元序列号 $k = \{2, 3, 4, 5, 6,$

$8\}$,当 o_k 为1时,其为开启状态,当 o_k 为0时,其为关闭状态;所述输出层神经元值 $o_1 = \begin{cases} 0 \\ 1 \\ 2 \end{cases}$,当

o_1 为0时,所述第一电磁阀为关闭状态,当 o_1 为1时,所述第一电磁阀为开启状态,且液体从所述第一电磁阀的第一出口流出,当 o_1 为2时,所述第一电磁阀为开启状态,且液体从所述第

一电磁阀的第二出口流出;所述输出层神经元值 $o_7 = \begin{cases} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{cases}$,当 o_7 为0时,所述热交换器为关

闭状态,当 o_7 为1时,所述热交换器为开启状态,且液体从所述热交换器第一出口流出,当 o_7 为2时,所述热交换器为开启状态,且液体从所述热交换器的第二出口流出,当 o_7 为3时,所述热交换器为开启状态,且液体从所述热交换器的第三出口流出。

[0037] 优选的是,当所述第一水泵工作时,控制所述第一水泵的转速满足:

$$[0038] \quad n_1 = \begin{cases} \sqrt{\frac{T_{20} - T_{10}}{T_e - T_{10}} \cdot \frac{T_{20} + 1 - T_e}{T_e - T_{10}}} \cdot n_0 & T_{10} < T_e \leq T_{20} \\ \sqrt{\frac{T_{30} - T_{20}}{T_e - T_{20}} \cdot \frac{T_e - T_{20}}{T_{30} - T_e}} \cdot n_0 & T_{20} < T_e < T_{30}; \\ \frac{T_e + 1 - T_{30}}{0.2T_0} \cdot \sqrt{\frac{T_{30} - T_{10}}{T_{20} - T_{10}}} \cdot n_0 & T_e \geq T_{30} \end{cases}$$

[0039] 式中, n_1 为第一水泵的转速, T_e 为电池的工作温度, T_{10} 为电池的第一工作温度阈值, T_{20} 为电池的第二工作温度阈值, T_{30} 为电池的第一工作温度阈值, T_{10} 为基准温度值, n_0 为标准转速。

[0040] 优选的是,所述第二水泵和第三水泵同时工作,当第二水泵和第三水泵工作时,控制第二水泵和第三水泵的转速满足:

$$[0041] \quad n_2 = n_3 = \frac{T_e - T_{40}}{0.2T_0} \cdot \sqrt{\frac{T_{10} - T_{40}}{T_0}} \cdot n_0, T_e < T_{40};$$

[0042] 式中, n_2 为第二水泵的转速, n_3 为第三水泵的转速, T_{40} 为电池的第四工作温度阈值。

[0043] 优选的是,

[0044] 当 $T_{40} \leq T_e \leq T_{10}$ 时,所述第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、热交换器和膨胀阀处于关闭状态,所述第一水泵,第二水泵和第三水泵不工作。

[0045] 优选的是,所述电池的第一工作温度阈值为15~20℃,所述电池的第二工作温度阈值为25~30℃,所述电池的第三工作温度阈值为32~35℃,所述电池的第四工作温度阈值为-2~0℃。

[0046] 优选的是,所述隐层的神经元为8个;所述隐层及所述输出层的激励函数均采用S型函数 $f_j(x) = 1/(1+e^{-x})$ 。

[0047] 本发明所述的有益效果:

[0048] (1) 本发明设计开发的混动汽车热管理系统,能够对电池进行加热或冷却,使电池

在最优的温度下工作,提高其工作效率。

[0049] (2) 本发明设计开发的混动汽车热管理系统的控制方法,能够采集电池的工作温度环境,并基于BP神经网络确定第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵和热交换器的工作状态,本发明还能精确控制第一水泵,第二水泵、第三水泵的转速,有效对电池进行加热或冷却,使电池在最优的温度下工作,提高其工作效率。

附图说明

[0050] 图1为本发明所述混动汽车热管理系统的结构示意图。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图对本发明做进一步的详细说明,以令本领域技术人员参照说明书文字能够据以实施。

[0052] 如图1所示,本发明提供一种混动汽车热管理系统,包括电池冷却系统,所述电池冷却系统包括:冷凝器101,其出口连通有热交换器103的一个入口,在冷凝器101和热交换器103之间设置有膨胀阀。所述的热交换器103有三个入口和三个出口。压缩机104的入口与热交换器103的第一出口连通,出口与冷凝器101的入口连通。动力电池105,其入口与热交换器103的第二出口连通,出口与第一电磁阀107的入口连通,第一电磁阀107为三向电磁阀,一个入口两个出口。电池散热器108,其入口与第一电磁阀107的第一出口连通。第一水泵106,其入口与电池散热器108的出口和第一电磁阀107的第二出口连通,出口与热交换器103的第二个入口连通。

[0053] 本实施例中,还包括电池加热系统:发动机201,其出口连通第二水泵202的入口。电子加热器203,其入口与第二水泵202的出口连通,且有两个出口,第一出口与热交换器103的第三个入口连通。在电子加热器203和热交换器103之间设置有第二电磁阀204,其为双向电磁阀。暖风水箱205,其入口与电子加热器203的第二出口连通。第三电磁阀206,其为双向电磁阀,其入口分别与暖风水箱205的出口和热交换器103的第三出口连通。与第三电磁阀206的出口连通有第三水泵207,其出口与发动机201的入口连通。

[0054] 本实施例中,还包括多个温度传感器,其均匀设置在电池105上,用于检测电池105的各处温度;控制器,其与温度传感器、第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵和热交换器连接,用于接收温度传感器传感器的检测数据,并控制第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵和热交换器工作。

[0055] 工作过程:

[0056] 温度传感器采集电池的温度:

[0057] 当电池的温度达到电池第一工作温度阈值时,电池中的冷却液经过第一电磁阀的入口和第二出口流回至电池中,由于电池温度不高,冷却液只在电池内部循环。

[0058] 当电池的温度达到电池第二工作温度阈值时,电池内的冷却液经过第一电磁阀的入口和第一出口进入电池散热器中进行散热,从电池散热器流出的冷却液经第一水泵流回至电池中,由于电池温度较高,为了加快散热,将其引入电池散热器中强制散热。

[0059] 当电池的温度达到电池第三工作温度阈值时,冷凝器释放冷媒,经膨胀阀流至热交换器中,电池中的冷却液经第一电磁阀的入口和第二出口流至第一水泵中,在流至热交

换热器中与冷媒进行热交换,交换后,温度低的冷却液流至电池中,冷媒经压缩机流回冷凝器中,对电池进行冷却。

[0060] 当电池的温度低于电池第四工作温度阈值时,发动机的出水口排出的冷却液经过第二水泵流至电子加热器内,经加热后冷却液分为两部分,一部分经过第二电磁阀流至热交换器中,电池中的冷却液经第一电磁阀的入口和第二出口流至第一水泵中,在流至热交换器中与其进行热交换,完成热交换的电池的冷却液流至电池中,发动机的冷却液经第三电磁阀和第三水泵流回发动机内。第二部分流入暖风水箱中,用于对驾驶室进行加热。

[0061] 本发明设计开发的混动汽车热管理系统,能够对电池进行加热或冷却,使电池在最优的温度下工作,提高其工作效率。

[0062] 本发明还提供一种混动汽车热管理系统的控制方法,采集电池的工作温度环境,并基于BP神经网络确定第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵、热交换器和膨胀阀的工作状态,具体包括如下步骤:

[0063] 步骤一、建立BP神经网络模型。

[0064] BP模型上各层次的神经元之间形成全互连连接,各层次内的神经元之间没有连接,输入层神经元的输出与输入相同,即 $o_i = x_i$ 。中间隐含层和输出层的神经元的操作特性为

$$[0065] \quad net_{pj} = \sum_i \omega_{ji} o_{pi}$$

$$[0066] \quad o_{pj} = f_j(net_{pj})$$

[0067] 其中 p 表示当前的输入样本, ω_{ji} 为从神经元 i 到神经元 j 的连接权值, o_{pi} 为神经元 j 的当前输入, o_{pj} 为其输出; f_j 为非线性可微非递减函数,一般取为S型函数,即 $f_j(x) = 1/(1 + e^{-x})$ 。

[0068] 本发明采用的BP网络体系结构由三层组成,第一层为输入层,共 n 个节点,对应了表示设备工作状态的 n 个检测信号,这些信号参数由数据预处理模块给出;第二层为隐层,共 m 个节点,由网络的训练过程以自适应的方式确定;第三层为输出层,共 p 个节点,由系统实际需要输出的响应确定。

[0069] 该网络的数学模型为:

$$[0070] \quad \text{输入向量: } x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$$

$$[0071] \quad \text{中间层向量: } y = (y_1, y_2, \dots, y_m)^T$$

$$[0072] \quad \text{输出向量: } o = (o_1, o_2, \dots, o_p)^T$$

[0073] 本发明中,输入层节点数为 $n=5$,输出层节点数为 $p=8$,隐藏层节点数 $m=8$ 。

[0074] 输入层5个参数分别表示为: x_1 为电池的第一工作温度阈值, x_2 为电池的第二工作温度阈值, x_3 为电池的第三工作温度阈值, x_4 为电池的第四工作温度阈值, x_5 为电池的工作温度;

[0075] 其中,所述电池的工作温度为:

$$[0076] \quad T_e = \bar{T} + \frac{\sum_{i=1}^t |T_i - \bar{T}|}{t^{1.5}};$$

[0077] 式中, T_e 为电池的工作温度, \bar{T} 为电池各处温度的平均值, t 为温度传感器的数量,

T_i 为第*i*个温度传感器的检测数据;

[0078] 输出层8个参数分别表示为: o_1 为第一电磁阀的工作状态, o_2 为第二电磁阀的工作状态, o_3 为第三电磁阀的工作状态, o_4 为第一水泵的工作状态, o_5 为第二水泵的工作状态, o_6 为第三水泵的工作状态, o_7 为热交换器的工作状态, o_8 为膨胀阀的工作状态;

[0079] 其中,所述输出层神经元值为 $o_k = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$, k 为输出层神经元序列号 $k = \{2, 3, 4, 5, 6,$

$8\}$,当 o_k 为1时,其为开启状态,当 o_k 为0时,其为关闭状态;所述输出层神经元值 $o_1 = \begin{cases} 0 \\ 1 \\ 2 \end{cases}$,当

o_1 为0时,所述第一电磁阀为关闭状态,当 o_1 为1时,所述第一电磁阀为开启状态,且液体从所述第一电磁阀的第一出口流出,当 o_1 为2时,所述第一电磁阀为开启状态,且液体从所述第

一电磁阀的第二出口流出;所述输出层神经元值 $o_7 = \begin{cases} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{cases}$,当 o_7 为0时,所述热交换器为关

闭状态,当 o_7 为1时,所述热交换器为开启状态,且液体从所述热交换器第一出口流出,当 o_7 为2时,所述热交换器为开启状态,且液体从所述热交换器的第二出口流出,当 o_7 为3时,所述热交换器为开启状态,且液体从所述热交换器的第三出口流出。

[0080] 步骤二、进行BP神经网络的训练。

[0081] 建立好BP神经网络节点模型后,即可进行BP神经网络的训练。根据产品的历史经验数据获取训练的样本,并给定输入节点*i*和隐含层节点*j*之间的连接权值,隐层节点*j*和输出层节点*k*之间的连接权值。

[0082] (1) 训练方法

[0083] 各子网采用单独训练的方法;训练时,首先要提供一组训练样本,其中的每一个样本由输入样本和理想输出对组成,当网络的所有实际输出与其理想输出一致时,表明训练结束;否则,通过修正权值,使网络的理想输出与实际输出一致。

[0084] (2) 训练算法

[0085] BP网络采用误差反向传播(Backward Propagation)算法进行训练,其步骤可归纳如下:

[0086] 第一步:选定一结构合理的网络,设置所有节点阈值和连接权值的初值。

[0087] 第二步:对每个输入样本作如下计算:

[0088] (a) 前向计算:对1层的*j*单元

$$[0089] \quad v_j^{(l)}(n) = \sum_{i=0}^{n_{l-1}} \omega_{ji}^{(l)}(n) y_i^{(l-1)}(n)$$

[0090] 式中, $v_j^{(l)}(n)$ 为第*n*次计算时1层的*j*单元信息加权和, $\omega_{ji}^{(l)}(n)$ 为1层的*j*单元与前一层(即1-1层)的单元*i*之间的连接权值, $y_i^{(l-1)}$ 为前一层(即1-1层,节点数为 n_{l-1})的单元*i*

送来的工作信号; $i=0$ 时, 令 $y_0^{(l-1)}(n) = -1$, $\omega_{j0}^{(l)}(n) = \theta_j^{(l)}(n)$, $\theta_j^{(l)}(n)$ 为 l 层的 j 单元的阈值。

[0091] 若单元 j 的激活函数为sigmoid函数, 则

$$[0092] \quad y_j^{(l)} = \frac{1}{1 + \exp(-v_j^{(l)}(n))}$$

[0093] 且

$$[0094] \quad \phi(v_j(n)) = \frac{\partial y_j^{(l)}(n)}{\partial v_j(n)} = \frac{\exp(-v_j(n))}{(1 + \exp(-v_j(n)))^2} = y_j(n)(1 - y_j(n))$$

[0095] 若神经元 j 属于第一隐层 ($l=1$), 则有

$$[0096] \quad y_j^{(0)}(n) = x_j(n);$$

[0097] 若神经元 j 属于输出层 ($l=L$), 则有

$$[0098] \quad y_j^{(L)}(n) = o_j(n), \text{ 且 } e_j(n) = x_j(n) - o_j(n);$$

[0099] (b) 反向计算误差:

[0100] 对于输出单元

$$[0101] \quad \delta_j^{(L)} = e_j^{(L)}(n) o_j(n) (1 - o_j(n));$$

[0102] 对隐单元

$$[0103] \quad \delta_j^{(l)} = y_j^{(l)}(n) (1 - y_j^{(l)}(n)) \sum_k \delta_j^{(l+1)}(n) \omega_{kj}^{(l+1)}(n);$$

[0104] (c) 修正权值:

$$[0105] \quad \omega_{jk}^{(l)}(n+1) = \omega_{jk}^{(l)}(n) + \eta \delta_j^{(l)}(n) y_i^{(l-1)}(n), \eta \text{ 为学习速率。}$$

[0106] 第三步: 输入新的样本或新一周期样本, 直到网络收敛, 在训练时各周期中样本的输入顺序要重新随机排序。

[0107] BP算法采用梯度下降法求非线性函数极值, 存在陷入局部极小以及收敛速度慢等问题。更为有效的一种算法是Levenberg-Marquardt优化算法, 它使得网络学习时间更短, 能有效地抑制网络陷于局部极小。其权值调整率选为 $\Delta \omega = (J^T J + \mu I)^{-1} J^T e$

[0108] 其中 J 为误差对权值微分的雅可比 (Jacobian) 矩阵, I 为输入向量, e 为误差向量, 变量 μ 是一个自适应调整的标量, 用来确定学习是根据牛顿法还是梯度法来完成。

[0109] 在系统设计时, 系统模型是一个仅经过初始化了的网络, 权值需要根据在使用过程中获得的数据样本进行学习调整, 为此设计了系统的自学习功能。在指定了学习样本及数量的情况下, 系统可以进行自学习, 以不断完善网络性能。

[0110] 步骤三、当所述第一水泵工作时, 控制所述第一水泵的转速满足:

$$[0111] \quad n_1 = \begin{cases} \sqrt{\frac{T_{20} - T_{10}}{T_e - T_{10}} \cdot \frac{T_{20} + 1 - T_e}{T_e - T_{10}}} \cdot n_0 & T_{10} < T_e \leq T_{20} \\ \sqrt{\frac{T_{30} - T_{20}}{T_e - T_{20}} \cdot \frac{T_e - T_{20}}{T_{30} - T_e}} \cdot n_0 & T_{20} < T_e < T_{30}; \\ \frac{T_e + 1 - T_{30}}{0.2T_0} \cdot \sqrt{\frac{T_{30} - T_{10}}{T_{20} - T_{10}}} \cdot n_0 & T_e \geq T_{30} \end{cases}$$

[0112] 式中, n_1 为第一水泵的转速, T_e 为电池的工作温度, T_{10} 为电池的第一工作温度阈值, T_{20} 为电池的第二工作温度阈值, T_{30} 为电池的第三工作温度阈值, T_{10} 为基准温度值, n_0 为标准转速。

[0113] 所述的第二水泵和第三水泵同时工作, 当第二水泵和第三水泵工作时, 控制第二水泵和第三水泵的转速满足:

$$[0114] \quad n_2 = n_3 = \frac{T_e - T_{40}}{0.2T_0} \cdot \sqrt{\frac{T_{10} - T_{40}}{T_0}} \cdot n_0, T_e < T_{40};$$

[0115] 式中, n_2 为第二水泵的转速, n_3 为第三水泵的转速, T_{40} 为电池的第四工作温度阈值。

[0116] 当 $T_{40} \leq T_e \leq T_{10}$ 时, 所述第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、热交换器和膨胀阀处于关闭状态, 所述第一水泵, 第二水泵和第三水泵不工作。

[0117] 本实施例中, 所述电池的第一工作温度阈值为 $15 \sim 20^\circ\text{C}$, 所述电池的第二工作温度阈值为 $25 \sim 30^\circ\text{C}$, 所述电池的第三工作温度阈值为 $32 \sim 35^\circ\text{C}$, 所述电池的第四工作温度阈值为 $-2 \sim 0^\circ\text{C}$ 。

[0118] 下面结合具体的实施例进一步的对本发明提供的混动汽车热管理系统的控制方法进行说明。

[0119] 选取10组载有动力电池(电池电量相同均为100%)的混动汽车在不同的温度环境下进行工作(除温度不同, 其他环境一致), 其具体数据为如表1所示。

[0120] 表1试验数据

[0121]

序号	T_{10}	T_{20}	T_{30}	T_{40}	T_e
1	18	25	32	0	10
2	18	25	32	0	20
3	18	25	32	0	23
4	18	25	32	0	27
5	18	25	32	0	29
6	18	25	32	0	31
7	18	25	32	0	33
8	18	25	32	0	37

9	18	25	32	0	39
10	18	25	32	0	-5

[0122] 采用本发明的混动汽车热管理系统的控制方法对1-10的车载动力电池进行热管理,并选取2、5、7、9和10的车载动力电池进行并行空白实验,即不对其进行热管理,模拟车辆在相同环境下行驶,记录电池电量全部耗完车辆行驶的里程。即其结果如表2所示。

[0123] 表2试验结果

[0124]	序号	里程 (km)
	1	460
	2	460
	3	455
	4	445
	5	460
	6	465
	7	460
	8	465
	9	450
	10	445
	空白	里程 (km)
	2	400
	5	410
	7	405
	9	400
	10	375

[0125] 由表2可知,经过热管理后,电池的使用效率更高,即使在温度较高或者交底情况下,经过热管理后,也能使得汽车能够行驶的总里程基本保持一致,而没有进行热管理的电池的效率明显下降,汽车能够行驶的总里程数大大减少。

[0126] 本发明设计开发的混动汽车热管理系统的控制方法,能够采集电池的工作温度环境,并基于BP神经网络确定第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第一水泵,第二水泵、第三水泵和热交换器的工作状态,本发明还能精确控制第一水泵,第二水泵、第三水泵的转速,有效对电池进行加热或冷却,使电池在最优的温度下工作,提高其工作效率。

[0127] 尽管本发明的实施方案已公开如上,但其并不仅仅限于说明书和实施方式中所列运用,它完全可以被适用于各种适合本发明的领域,对于熟悉本领域的人员而言,可容易地实现另外的修改,因此在不背离权利要求及等同范围所限定的一般概念下,本发明并不限于特定的细节和这里示出与描述的图例。

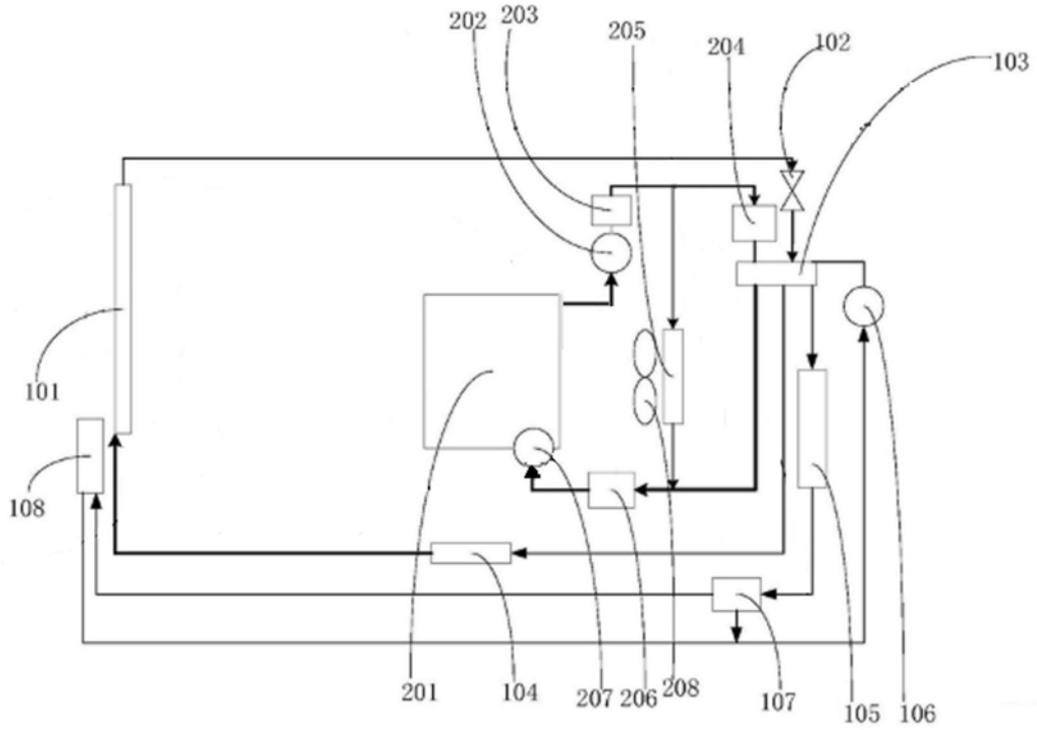


图1