



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110617127 B

(45) 授权公告日 2020.12.25

(21) 申请号 201910694139.3

(22) 申请日 2019.07.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110617127 A

(43) 申请公布日 2019.12.27

(73) 专利权人 浙江大学
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 黄志宏 吴锋 姚栋伟

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200

代理人 刘静

(56) 对比文件

- CN 109869216 A, 2019.06.11
- CN 108798834 A, 2018.11.13
- CN 203742733 U, 2014.07.30
- CN 102383365 A, 2012.03.21
- CN 109688635 A, 2019.04.26
- JP 2007289844 A, 2007.11.08
- CN 203742733 U, 2014.07.30
- JP H0913954 A, 1997.01.14
- CN 109356690 A, 2019.02.19
- CN 108952911 A, 2018.12.07
- CN 205618226 U, 2016.10.05

审查员 郭琦

(51) Int. Cl.

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 9/00 (2006.01)

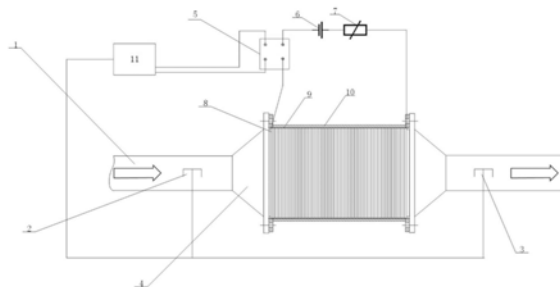
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

针对柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了针对柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置及方法,该装置包括DOC载体、电热丝、绝缘筒、保温筒、车载电源、DOC入口温度传感器、DOC出口温度传感器、排气管、温度控制模块、固态继电器。电热丝螺旋缠绕在DOC载体外表面,并嵌入在绝缘筒的内壁上。DOC入口温度传感器、DOC出口温度传感器均与温度控制模块的输入端连接,温度控制模块的输出端与固态继电器连接。温度控制模块通过控制PWM波形的占空比来控制加热功率的大小,进而实时控制DOC载体的加热过程。DOC快速起燃加热装置的控制方法包括数据采集与计算并进行逻辑判定与执行。本发明解决了柴油机排气温度控制中的瓶颈问题,扩大了排气温度控制的范围。



CN 110617127 B

1. 一种基于针对柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置的控制方法,其特征在于,所述柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置包括DOC载体、电热丝、绝缘筒、保温筒、车载电源、DOC入口温度传感器、DOC出口温度传感器、温度控制模块和固态继电器;

所述电热丝螺旋缠绕在DOC载体外表面,并嵌入在绝缘筒的内壁上,所述绝缘筒与保温筒做成一体;所述车载电源与电热丝连接;

所述DOC入口温度传感器、DOC出口温度传感器均与温度控制模块的输入端连接,温度控制模块的输出端与固态继电器连接;

所述温度控制模块通过控制PWM波形的占空比来控制加热功率的大小,进而实时控制DOC载体的加热过程;

所述控制方法包括以下步骤:

(1) 数据采集与计算部分

(1.1) 温度控制模块通过CAN总线阅读报文;等时间间隔采集DOC入口和出口温度传感器的温度 T_{in}^i 、 T_{ou}^i ,其中 i 表示当前采样次数, $1 \leq i \leq N$, N 为预设的采样次数;通过查发动机出厂时整机标定过程中测得的排气质量流量MAP图得到当前排气质量流量 m_{exh} ;

(1.2) 使用滤波器平均温度计算模块,计算得DOC入口和出口平均温度为 T_{in} 、 T_{ou} ,计算公式如下:

$$T_{in} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{in}^i$$

$$T_{ou} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{ou}^i$$

假设DOC载体中的温度在轴向具有均匀性,则根据对流换热公式:

$$C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) = h * A * (T_{doc} - (T_{ou} + T_{in}) / 2)$$

计算得DOC载体的温度 T_{doc} ;其中 $C_{p,g}$ 是柴油机排气的比热容; h 是DOC载体与排气气流之间的对流换热系数,可通过标定得到; A 是DOC载体与排气气流之间的接触面积,可通过DOC厂家得到;

(1.3) 逻辑判定,当计算得到的DOC载体温度小于DOC起燃温度值时,执行步骤(2);反之执行步骤(1),继续采集与计算;

(2) 逻辑启动与执行部分

(2.1) 在柴油机运行过程中,如果DOC载体的温度 T_{doc} 小于DOC起燃温度值,温度控制模块输出PWM波形高电平,固态继电器开关闭合,通过控制PWM波的占空比来控制加热功率;前馈控制计算如下:

$$\frac{U^2}{R} * a_0 - C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) = \frac{d\Phi}{dt}$$

其中 a_0 表示前馈占空比, Φ 表示DOC载体具有的能量,在继电器作用的一个周期里,上式可做稳态处理;前馈控制输出的占空比由下式计算;

$$\frac{1}{f} * \left(\frac{U^2}{R} * a_0 - C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) \right) = m * c * (T_{起燃} - T_{doc}) \quad a_0 \in [0,1]$$

其中, f 表示固态继电器的工作频率, U 表示车载电源电压, R 表示电热丝热阻, m 表示DOC载体质量, c 表示DOC载体的比热容, $T_{起燃}$ 表示DOC起燃温度值;

(2.2) 采用位置式PID算法来计算占空比, 计算公式如下:

$$e_k = T_{起燃} - T_{doc}$$

$$a = k_p * e_k + k_i * \sum_{j=0}^k e_j + k_d * \frac{e_k - e_{k-1}}{T} + a_0 \quad a \in [0,1]$$

其中 e_k 表示当前DOC载体温度和DOC起燃温度之间的差值, 下标 k 表示时间序列, a 表示占空比, k_p 、 k_i 、 k_d 分别表示PID控制中的比例系数、积分系数、微分系数, T 是PID控制中的采样周期;

根据占空比 a 控制加热功率 P , 公式如下:

$$P = \frac{U^2}{R} * a$$

重复步骤(1)和步骤(2), 直至占空比 $a=0$, DOC起燃。

2. 根据权利要求1所述的一种基于针对柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置的控制方法, 其特征在于, 所述绝缘筒通过两端的凸台与缠绕电热丝的DOC载体外表面装配在一起。

3. 根据权利要求1所述的一种基于针对柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置的控制方法, 其特征在于, 所述车载电源为电热丝供电, 采用带前馈的PID控制器来控制PWM波形的占空比, 进而控制加热功率, 直到载体温度达到DOC起燃温度。

4. 根据权利要求1所述的一种基于针对柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置的控制方法, 其特征在于, 当DOC载体温度高于DOC起燃温度时, 温度控制模块输出PWM波形的低电平, 固态继电器开关断开。

5. 根据权利要求1所述的一种基于针对柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置的控制方法, 其特征在于, 步骤(1.1)中, 柴油机的所述当前排气质量流量 m_{exh} , 可根据转速值和扭矩值, 通过查发动机出厂时整机标定过程中测得的排气质量流量MAP图, 用中间差值的方法得到。

针对柴油机热管理系统的DOC快速起燃加热装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及柴油机尾气后处理领域,具体涉及针对柴油机国六热管理系统的DOC快速起燃加热装置及方法。

背景技术

[0002] 随着柴油机国六排放法规的提出,对柴油机后处理系统的要求越来越严格。为了满足排放法规的要求,柴油机尾气后处理系统必须采用DOC-DPF-SCR(柴油氧化催化剂-柴油颗粒捕集器-选择性催化还原)的技术路线。

[0003] 在DOC-DPF-SCR技术路线实现过程中遇到的瓶颈问题是柴油机排气温度的控制,在柴油机中低负荷下需要保持尾气温度到一定值以确保SCR的催化转化效率,在DPF再生时需要将尾气温度提升到一定值以确保DPF稳定安全再生。目前国内外大多采用柴油机缸内次后喷射或者排气尾管喷射柴油,使柴油在DOC中发生催化氧化放热来控制排气温度。

[0004] 在DOC氧化柴油放热来控制排气温度的技术路线中遇到的难点是DOC发生催化氧化反应需要一定的温度阈值,在柴油机中低负荷、特别是国六排放法规规定的测试循环下,排气温度达不到DOC发生反应的温度,导致温度控制策略失效,最终使排放恶化、DPF不能安全有效再生。所以需要有一套预热装置,当DOC载体的温度低于DOC起燃温度时,该装置能加热DOC载体使其温度快速达到DOC起燃温度。

发明内容

[0005] 针对上述国六后处理温度控制中柴油机DOC起燃问题,本发明提供了一种针对柴油机国六热管理系统的DOC快速起燃加热装置及方法,在柴油机中低负荷工况下快速提升DOC载体的温度,使DOC发生氧化反应,增加了柴油机排气温度控制的范围。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:一种针对柴油机国六热管理系统的DOC快速起燃加热装置,其特征在于,该装置包括DOC载体、电热丝、绝缘筒、保温筒、车载电源、DOC入口温度传感器、DOC出口温度传感器、温度控制模块和固态继电器。

[0007] 所述电热丝螺旋缠绕在DOC载体外表面,并嵌入在绝缘筒的内壁上,所述绝缘筒与保温筒做成一体;所述车载电源与电热丝连接。

[0008] 所述DOC入口温度传感器、DOC出口温度传感器均与温度控制模块的输入端连接,温度控制模块的输出端与固态继电器连接。

[0009] 所述温度控制模块集成到DCU中,通过控制PWM波形的占空比来控制加热功率的大小,进而实时控制DOC载体的加热过程。

[0010] 进一步地,所述绝缘筒通过两端的凸台与缠绕电热丝的DOC载体外表面装配在一起。

[0011] 进一步地,所述车载电源为电热丝供电,采用位置式PID算法计算PWM波的占空比,来控制加热功率,进而实时控制DOC载体的加热过程。

[0012] 进一步地,当DOC载体中的温度低于DOC起燃温度时,温度控制模块输出PWM波高电

平, 固态继电器开关闭合, 通过控制PWM波占空比来控制加热功率; 当DOC载体温度高于DOC起燃温度值时, 温度控制模块输出PWM波形的低电平, 固态继电器开关断开。

[0013] 进一步地, 该方法包括以下步骤:

[0014] (1) 数据采集与计算部分

[0015] (1.1) 温度控制模块通过CAN总线阅读报文。等时间间隔采集DOC入口和出口温度传感器的温度 T_{in}^i 、 T_{ou}^i , 其中 i 表示当前采样次数, $1 \leq i \leq N$, N 为预设的采样次数 $freq$; 通过查发动机出厂时整机标定过程中测得的排气质量流量MAP图得到当前排气质量流量 m_{exh} 。

[0016] (1.2) 使用滤波器平均温度计算模块, 计算得DOC出口和入口平均温度为 T_{in} 、 T_{ou} , 计算公式如下:

$$[0017] \quad T_{in} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{in}^i$$

$$[0018] \quad T_{ou} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{ou}^i$$

[0019] 假设DOC载体中的温度在轴向具有均匀性, 则根据对流换热公式:

$$[0020] \quad C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) = h * A * (T_{doc} - (T_{ou} + T_{in}) / 2)$$

[0021] 计算得DOC载体的温度 T_{doc} 。其中 $C_{p,g}$ 是柴油机排气的比热容; h 是DOC载体与排气气流之间的对流换热系数, 可通过标定得到; A 是DOC载体与排气气流之间的接触面积, 可通过DOC厂家得到。

[0022] (1.3) 逻辑判定, 当计算得到的DOC载体温度小于DOC起燃温度值时, 执行步骤(2)。反之执行步骤(1), 继续采集与计算;

[0023] (2) 逻辑启动与执行部分

[0024] (2.1) 在柴油机运行过程中, 如果DOC载体的温度 T_{doc} 小于DOC起燃温度值, 温度控制模块输出PWM波形高电平, 固态继电器开关闭合, 通过控制PWM波的占空比来控制加热功率。前馈控制计算如下。

$$[0025] \quad \frac{U^2}{R} * a_0 - C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) = \frac{d\phi}{dt}$$

[0026] 在继电器作用的一个周期里, 上式可做稳态处理。前馈控制输出的占空比由下式计算。

$$[0027] \quad \frac{1}{f} * \left(\frac{U^2}{R} * a_0 - C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) \right) = m * c * (T_{起燃} - T_{doc}) \quad a_0 \in [0,1]$$

[0028] 其中 a_0 表示前馈占空比, ϕ 表示DOC载体具有的能量, f 表示固态继电器的工作频率, U 表示车载电源电压, R 表示电热丝热阻, m 表示DOC载体质量, c 表示DOC载体的比热容, $T_{起燃}$ 表示DOC起燃温度值。

[0029] (2.2) 采用位置式PID算法来计算占空比, 计算公式如下:

$$[0030] \quad e_k = T_{起燃} - T_{doc}$$

$$[0031] \quad a = k_p * e_k + k_i * \sum_{j=0}^k e_j + k_d * \frac{e_k - e_{k-1}}{T} + a_0 \quad a \in [0,1]$$

[0032] 其中 e_k 表示当前DOC载体温度和DOC起燃温度之间的差值,下标 k 表示时间序列, a 表示占空比, k_p 、 k_i 、 k_d 分别表示PID控制中的比例系数、积分系数、微分系数, T 是PID控制中的采样周期。

[0033] 根据占空比 a 控制加热功率 P ,公式如下:

$$[0034] \quad P = \frac{U^2}{R} * a$$

[0035] 重复步骤(1)和步骤(2),直至占空比 $a=0$,DOC起燃。

[0036] 进一步地,步骤(1.1)中,所述当前柴油机排气质量流量 m_{exh} ,可根据转速值和扭矩值,通过查发动机出厂时整机标定过程中测得的排气质量流量MAP图,用中间差值的方法得到。

[0037] 本发明的有益效果是:本发明将电热丝均匀地缠绕在DOC外表面上,且绝缘筒外面设置一层保温层,使得电加热的效果很好。电热丝嵌入在绝缘筒的内表面上,只露出两个端口,直接与车载电源连接,空间布置方便。采用带前馈的位置式PID算法实时控制DOC载体的加热过程,可以快速提高DOC载体的温度到DOC的起燃温度,还可以降低柴油机CO、HC 等的排放,解决了柴油机排气温度控制中的瓶颈问题,扩大了排气温度控制的范围。

附图说明

[0038] 图1为柴油机国六热管理系统的DOC快速起燃加热装置示意图;

[0039] 图2为温度控制过程示意图;

[0040] 图3为温度控制模块中具体控制方法示意图;

[0041] 图中、1.排气管;2.DOC入口温度传感器;3.DOC出口温度传感;4.DOC载体;5.固态继电器;6.车载电源;7.滑动变阻器;8.电热丝;9.绝缘筒;10.保温筒;11.温度控制模块。

具体实施方式

[0042] 下面结合附图及控制方法对本发明做进一步地说明。

[0043] 如图1所示,本发明公开了一种针对柴油机国六热管理系统的DOC快速起燃加热装置,该装置包括排气管1、DOC入口温度传感器2、DOC出口温度传感3、DOC及缠绕在DOC 上的电热丝8、绝缘筒9和保温筒10,电热丝8嵌入在绝缘筒9的内壁上,仅露出两个端口,保温筒10紧贴在绝缘筒9外壁,使电加热的能量基本不耗散到空气中。该装置还包括温度控制模块11、固态继电器5、车载电源6和滑动变阻器7,车载电源6正极通过滑动变阻器7 与电热丝8的一端连接,车载电源6负极通过固态继电器5与电热丝8的另一端连接。

[0044] 如图2所示,在DOC入口与出口处分别布置DOC入口温度传感器2、DOC出口温度传感3,两个温度传感器与温度控制模块11相连,同时将排气管1的排气工况参数输入到温度控制模块11;温度控制模块11与固态继电器5连接。在柴油机运行过程中,如果DOC载体的温度低于DOC起燃温度,温度控制模块11输出PWM波形的高电平,固态继电器5开关闭合,通过控制占空比来控制加热功率达到DOC起燃温度值。如果DOC载体中的温度高于 DOC起燃温度,

温度控制模块11输出PWM波形的低电平,固态继电器5开关断开,加热装置不工作。

[0045] 如图3所示,本发明温度控制模块11的具体控制方法如下:采用带前馈的位置式PID控制算法,根据两个温度传感器及柴油机当前的工况变化,采用平均滤波模块计算出DOC入口和出口的温度值,再根据对流传热的知识计算出DOC载体的温度;根据得到的DOC载体温度,进行逻辑判定,如果DOC载体温度低于DOC起燃温度时,启动加热装置对DOC载体加热,采用带前馈的位置式PID控制算法来控制加热功率;反之不启动加热装置。具体控制过程包括以下步骤:

[0046] (1) 数据采集与计算部分

[0047] (1.1) 温度控制模块通过CAN总线阅读报文。等时间间隔采集DOC入口和出口温度传感器的温度 T_{in}^i 、 T_{ou}^i ,其中*i*表示当前采样次数, $1 \leq i \leq N$,*N*为预设的采样次数freq;通过查发动机出厂时整机标定过程中测得的排气质量流量MAP图得到当前排气质量流量 m_{exh} 。

[0048] (1.2) 使用滤波器平均温度计算模块,计算得DOC出口和入口平均温度为 T_{in} 、 T_{ou} ,计算公式如下:

$$[0049] \quad T_{in} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{in}^i$$

$$[0050] \quad T_{ou} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{ou}^i$$

[0051] 假设DOC载体中的温度在轴向具有均匀性,则根据对流换热公式:

$$[0052] \quad C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) = h * A * (T_{doc} - (T_{ou} + T_{in}) / 2)$$

[0053] 计算得DOC载体的温度 T_{doc} 。其中 $C_{p,g}$ 是柴油机排气的比热容;*h*是DOC载体与排气气流之间的对流换热系数,可通过标定得到;*A*是DOC载体与排气气流之间的接触面积,可通过DOC厂家得到。

[0054] (1.3) 逻辑判定,当计算得到的DOC载体温度小于DOC起燃温度值时,执行步骤(2)。反之执行步骤(1),继续采集与计算;

[0055] (2) 逻辑启动与执行部分

[0056] (2.1) 在柴油机运行过程中,如果DOC载体的温度 T_{doc} 小于DOC起燃温度值,温度控制模块输出PWM波形高电平,固态继电器开关闭合,通过控制PWM波的占空比来控制加热功率。前馈控制计算如下。

$$[0057] \quad \frac{U^2}{R} * a_0 - C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) = \frac{d\Phi}{dt}$$

[0058] 在继电器作用的一个周期里,上式可做稳态处理。前馈控制输出的占空比由下式计算。

$$[0059] \quad \frac{1}{f} * \left(\frac{U^2}{R} * a_0 - C_{p,g} * m_{exh} * (T_{ou} - T_{in}) \right) = m * c * (T_{起燃} - T_{doc}) \quad a_0 \in [0,1]$$

[0060] 其中 a_0 表示前馈占空比, Φ 表示DOC载体具有的能量,*f*表示固态继电器的工作频率,*U*表示车载电源电压,*R*表示电热丝热阻,*m*表示DOC载体质量,*c*表示DOC载体的比热容,

$T_{起燃}$ 表示DOC起燃温度值。

[0061] (2.2) 采用位置式PID算法来计算占空比,计算公式如下:

[0062] $e_k = T_{起燃} - T_{doc}$

[0063]
$$a = k_p * e_k + k_i * \sum_{j=0}^k e_j + k_d * \frac{e_k - e_{k-1}}{T} + a_0 \quad a \in [0,1]$$

[0064] 其中 e_k 表示当前DOC载体温度和DOC起燃温度之间的差值,下标 k 表示时间序列, a 表示占空比, k_p 、 k_i 、 k_d 分别表示PID控制中的比例系数、积分系数、微分系数, T 是PID控制中的采样周期。

[0065] 根据占空比 a 控制加热功率 P ,公式如下:

[0066]
$$P = \frac{U^2}{R} * a$$

[0067] 重复步骤(1)和步骤(2),直至占空比 $a=0$,DOC起燃。

[0068] 上述实施例用来解释说明本发明,而不是对本发明进行限制,在本发明的精神和权利要求的保护范围内,对本发明作出的任何修改和改变,都落入本发明的保护范围。

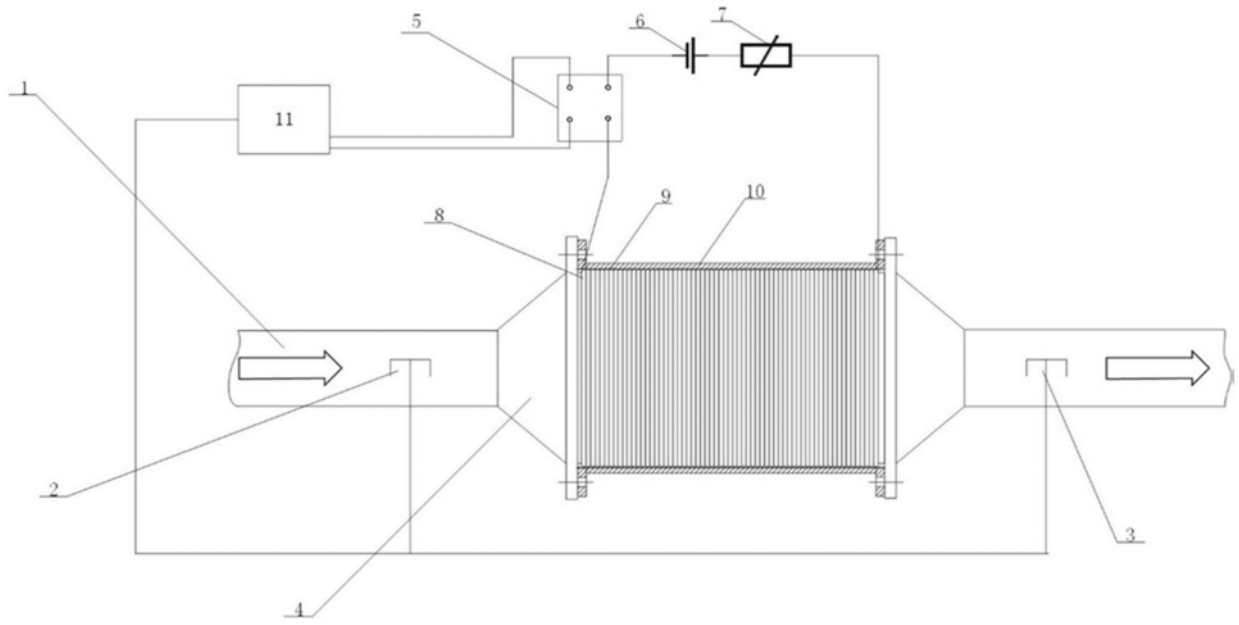


图1

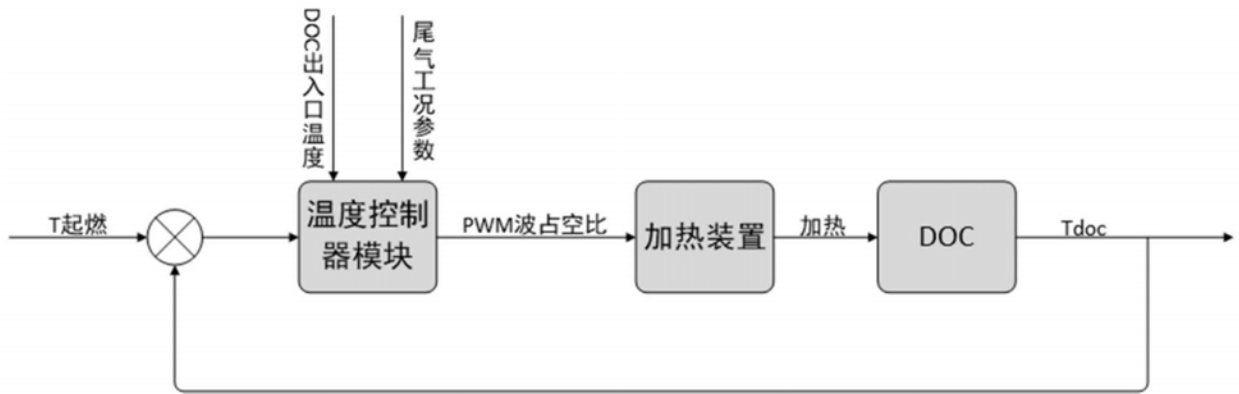


图2

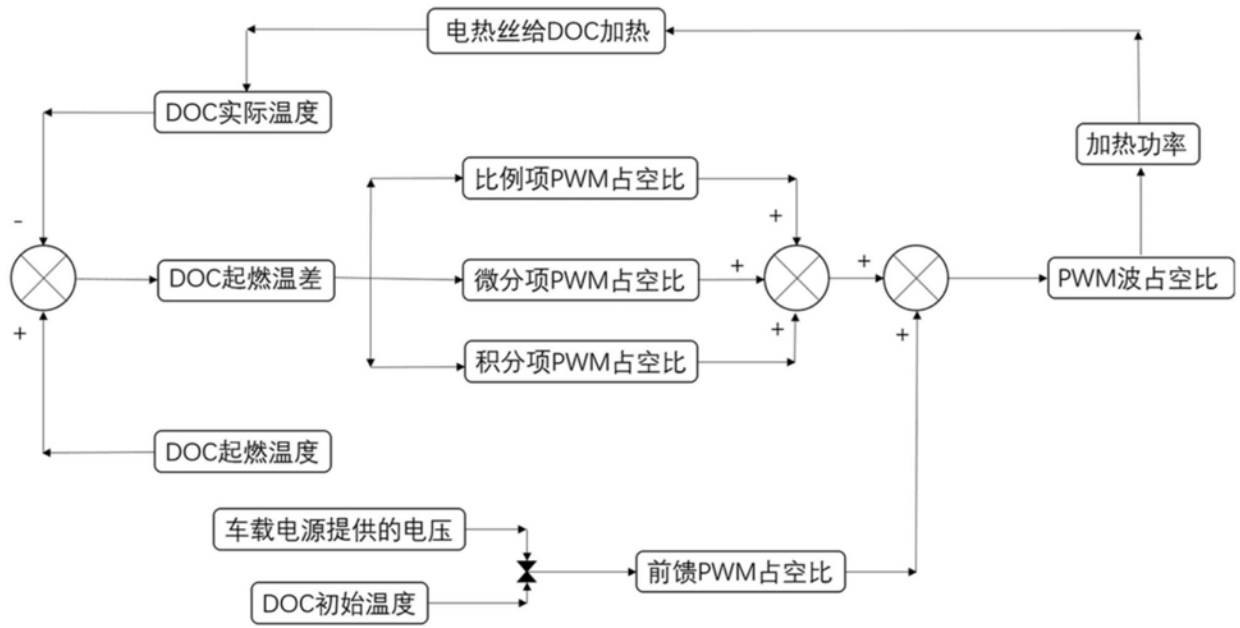


图3