



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103982312 A

(43) 申请公布日 2014.08.13

(21) 申请号 201410181263.7

(22) 申请日 2014.04.30

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 谢辉 张柳 康娜 何冠璋

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理  
事务所 12201

代理人 李素兰

(51) Int. Cl.

F02D 43/00(2006.01)

F02B 41/10(2006.01)

F02B 37/18(2006.01)

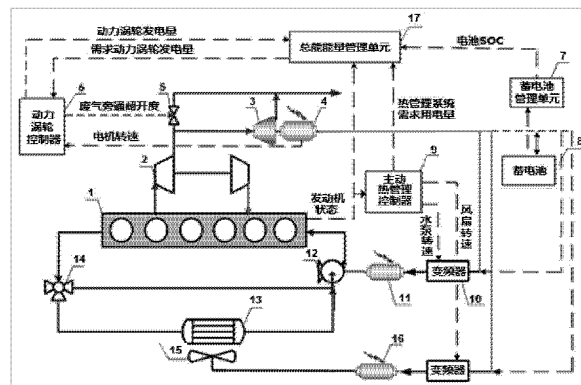
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

基于动力涡轮能量回馈的发动机主动热管理系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于动力涡轮能量回馈的发动机主动热管理系统，该系统包括总能量管理单元、动力涡轮控制单元、主动热管理单元和蓄电池单元；由总能量管理单元实时采集来自主动热管理单元的需求功率和来自动力涡轮控制单元的动力涡轮发电量，以及蓄电池管理单元提供的电池 SOC 信号，实现该系统内动力涡轮有效供能以及电能有效的并联回路分配，进而满足整个能流回路总效率最大化。本发明采用动力涡轮发电系统解决热管理系统用能来源不足，电能储存能力有限的问题。在降低冷却水和废气能量损失的同时，通过总能量管理单元的协调控制，实现能流回路电能有效的并联分配式管理，进而达到整个能流回路总效率最优的目标。



1. 一种基于动力涡轮能量回馈的主动热管理系统,其特征在于,该系统包括总能能量管理单元、动力涡轮控制单元、主动热管理单元和蓄电池管理单元;后三者分别连接至总能能量管理单元进行信号交互;其中:

总能能量管理单元,实时采集来自主动热管理单元的需求功率和来自动力涡轮控制单元的动力涡轮发电量,以及蓄电池管理单元提供的电池 SOC 信号,实现该系统内动力涡轮有效供能以及电能高效利用的并联回路分配,进而实现整个能流回路总效率最大化;将所需的动力涡轮发电量信号传输给动力涡轮控制器,从而通过动力涡轮控制器来调节废气旁通阀开度;

动力涡轮控制单元,向总能能量管理单元传输动力能量回馈能力,包括动力涡轮的最大发电量  $P_{tm}$  和最优发电量  $P_{to}$ ;

主动热管理单元,用于实时计算热管理系统的需求功率  $P_c$ ,并将该信息传输给总能能量管理单元;

以及,蓄电池管理单元,用于向总能能量管理单元提供电池 SOC 信号。

2. 如权利要求 1 所述的基于动力涡轮能量回馈的主动热管理系统,其特征在于,所述动力涡轮控制单元进一步包括发动机本体 (1),增压涡轮 (2)、动力涡轮 (3)、高速发电机 (4)、废气旁通阀 (5) 以及动力涡轮控制器 (6);

发动机本体 (1) 经增压涡轮 (2) 提高输出效率,再连接至废气旁通阀 (5) 以控制废弃旁通阀开度废气的状态;动力涡轮 (3) 与高速发电机 (4) 连接,汲取动能,提供给动力涡轮控制器 (6)。

3. 如权利要求 1 所述的基于动力涡轮能量回馈的主动热管理系统,其特征在于,所述主动热管理单元进一步包括散热器 (13)、水泵 (12)、风扇 (15)、节温器 (14)、其对应的驱动电机 (11)、(16)、变频器 (10 以及主动热管理控制器 (9)。

4. 水泵 (12) 驱动冷却水对发动机 (1) 进行冷却,冷却水流至节温器 (14) 后,根据节温器的开度,对冷却水进行分流,一部分直接流回水泵,另一部分流至散热器 (13),风扇 (15) 转动,使得空气快速流动,从而带走散热器 (13) 的热量,冷却水散热后流向水泵 (12)。

5. 一种基于动力涡轮能量回馈的主动热管理方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一、由总能能量管理单元读取蓄电池单元传输的电池 SOC 信号,根据提前设定的电池 SOC 值上、下限  $SOC_{max}$ ,  $SOC_{min}$  进行逻辑判断:

若电池  $SOC \geq SOC_{max}$ ,表明电池此刻电量充足,因而进一步判断动力涡轮最优发电量  $P_{to}$  是否大于热管理系统的需求电量  $P_c$ ;若  $P_{to} \geq P_c$ ,动力涡轮的发电量为需求电量  $P_c$ ;反之,则动力涡轮的发电量为最优发电量  $P_{to}$ ;

若电池  $SOC < SOC_{max}$ ,进行下一步判断:电池 SOC 是否满足  $SOC \geq SOC_{min}$ ;

若  $SOC \geq SOC_{min}$ ,表明当前电池可以进行充电,也可以进行放电;因而动力涡轮的发电量为最优发电量  $P_{to}$ ;

若  $SOC < SOC_{min}$ ,表明当前电池需要充电,因而动力涡轮的发电量为最大发电量  $P_{tm}$ ;

步骤二、确定动力涡轮的发电量  $P$  后,进一步确定热管理系统的供电路径;

步骤三、判断动力涡轮的发电量  $P \geq P_c$  是否成立:

若  $P \geq P_c$  成立,表明动力涡轮发电足够供热管理系统使用,且大于热管理用电需求的

部分,用于充电,即实现动力涡轮充电和电池充电;

若  $P \geq P_c$  不成立,表明动力涡轮发电量不足以供热管理系统使用,即实现动力涡轮供电和电池供电;

经过以上的判断及计算后,总能量控制单元将所需的动力涡轮发电量信号传输给动力涡轮控制器,从而通过动力涡轮控制器来调节废气旁通阀开度。

## 基于动力涡轮能量回馈的发动机主动热管理系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及发动机热力学技术领域,特别是涉及在道路工况下基于动力涡轮能量回馈的发动机主动热管理系统的结构,工作原理以及能量管理的控制方法。

### 背景技术

[0002] 根据热力学第一定律,内燃机中只有 30% 的有效燃油能量用于驱动车辆,其余的能量都以冷却水 (30%) 和排气 (40%) 的形式直接损失,造成了燃油能量的极大浪费。近年来,使用余热能量回收技术在发动机机外采取措施来提升发动机有效热效率,成为有别于传统提升发动机热效率的新途径。

[0003] 此外,由于发动机及附属部件如水泵、风扇等都是在稳态工况点进行设计和匹配的,现今普遍使用的皮带驱动方式使得在发动机转速一定的情况下附件的转速不能灵活地依据发动机系统的散热需求进行主动调节,因此发动机会出现过冷或者过热的情况进而使得发动机热状态恶化,燃油经济性较差。当发动机运行在实际道路工况下(特别是低转速中小负荷的城市道路工况)的时候,固定速比的机械附件不能很好地适应道路工况条件下瞬态过程的复杂性和时变性,效率降低,能耗增高的缺陷更加凸显,造成了内燃机能量的进一步浪费。因此,如何对喷入发动机气缸中的燃油能量进行更充分的利用及分配是提高内燃机有效热效率,降低二氧化碳排放的关键问题之一。

[0004] 针对上述问题,从提高机械附件控制自由度的角度出发,世界各大研究机构首先针对道路工况下内燃机冷启动时间长、热状态差、附件能耗高以及排放差等问题,对内燃机中的传统热管理系统进行了改造。通过风扇,水泵和节温器等部件的智能电子化控制,实现了冷却水热量损失的降低,通过更合理地控制道路工况下发动机的热状态,改善了发动机的燃油经济性和排放性能。但是热管理系统智能化控制的过程中,也面临附件能耗波动大,电能来源不足,电池储能能力有限等问题的制约。如何解决道路工况下热管理系统的驱动能量供给也是需要考虑的问题。

[0005] 从发动机余热能量回收的角度出发,世界各大公司及研究机构分别对不同的技术如朗肯底循环、热电直接转换以及动力涡轮技术进行了研究。其中动力涡轮由于在技术、体积、成本等方面的优势被认为是最有实用化潜力的余热利用技术。现有的动力涡轮技术有机械复合动力涡轮技术和动力涡轮发电技术。其中动力涡轮发电技术是指涡轮进一步将排气中的余压能转化为电能的技术。将主动热管理系统的电动附件用能和动力涡轮的产能进行统筹管理,不仅可以解决主动热管理系统执行器电能来源不足的问题,而且可以在实际道路工况下根据发动机客观散热需求优化途经冷却水和废气的能量损失,实现发动机、主动热管理系统、动力涡轮系统总能效率最高的目标。卡特彼勒和波曼公司在进行电辅助动力涡轮性能设计时曾提出过类似的方案,分别在专利 US7174714 和专利 US5142868 中对可提供电能来源的动力涡轮系统控制策略和节能潜力进行了阐述。但是就整个能流回路-发动机、动力涡轮系统、主动热管理系统、蓄电池中,如何综合考虑蓄电池的能量储存,主动热管理的用能需求,动力涡轮的发电能力,即如何建立能流回路控制策略,实现总能效率最优

并没有详细的阐述。为解决上述问题,本发明中提出了“发动机-动力涡轮-蓄电池-热管理系统”能流回路结构以及其对应的控制方法。

### 发明内容

[0006] 为了克服上述现有技术存在的问题,本发明提出了一种基于动力涡轮能量回馈的发动机主动热管理系统及方法,通过发动机附件的电气化实现发动机冷却水温度的主动可控,保证发动机的热安全,同时计算驱动电机(本专利中体现为风扇和水泵驱动电机)能耗。

[0007] 本发明提出了一种基于动力涡轮能量回馈的主动热管理系统,该系统包括总能能量管理单元、动力涡轮控制单元、主动热管理单元和蓄电池单元;后三者分别连接至总能能量管理单元进行信号交互;其中:

[0008] 总能能量管理单元,实时采集来自主动热管理单元的需求功率和来自动力涡轮控制单元的动力涡轮发电量,以及蓄电池管理单元提供的电池 SOC 信号,实现该系统内动力涡轮有效供能以及电能有效的并联回路分配,进而满足整个能流回路总能效率最大化;将所需的动力涡轮发电量信号传输给动力涡轮控制器,从而通过动力涡轮控制器来调节废气旁通阀开度;

[0009] 动力涡轮控制单元,向总能能量管理单元传输动力能量回馈包括动力涡轮的最大发电量  $P_{tm}$  和最优发电量  $P_{to}$ ;

[0010] 主动热管理单元,用于实时计算热管理系统的需求功率  $P_c$ ,并将该信息传输给总能能量管理单元;

[0011] 以及,蓄电池单元,用于向总能能量管理单元提供电池 SOC 信号。

[0012] 所述动力涡轮控制单元进一步包括发动机本体 1,增压涡轮 2、动力涡轮 3、高速发电机 4、废气旁通阀 5 以及动力涡轮控制器 6;发动机本体 1 经增压涡轮 2 提高输出效率,再连接至废气旁通阀 5 以控制废弃旁通阀开度废气的状态;动力涡轮 3 与高速发电机 4 连接,汲取动能,提供给动力涡轮控制器 6。

[0013] 所述主动热管理单元包括散热器 13、水泵 12、风扇 15、节温器 14、其对应的驱动电机 11、16、变频器 10 以及主动热管理控制器 9。;

[0014] 水泵 12) 驱动冷却水对发动机 1 进行冷却,冷却水流至节温器 14 后,根据节温器的开度,对冷却水进行分流,一部分直接流回水泵,另一部分流至散热器 13,风扇 15 转动,使得空气快速流动,从而带走散热器 13 的热量,冷却水散热后流向水泵 12。

[0015] 本发明还提出一种基于动力涡轮能量回馈的主动热管理方法,该方法包括以下步骤:

[0016] 步骤一、由总能能量管理单元读取蓄电池单元传输的电池 SOC 信号,根据提前设定的电池 SOC 值上、下限  $SOC_{max}$ ,  $SOC_{min}$  进行逻辑判断:

[0017] 若电池  $SOC \geq SOC_{max}$ ,表明电池此刻电量充足,因而进一步判断动力涡轮最优发电量  $P_{to}$  是否大于热管理系统的需求电量  $P_c$ ;若  $P_{to} \geq P_c$ ,动力涡轮的发电量为需求电量  $P_c$ ;反之,则动力涡轮的发电量为最优发电量  $P_{to}$ ;

[0018] 若电池  $SOC < SOC_{max}$ ,则进行下一步判断:电池 SOC 是否满足  $SOC \geq SOC_{min}$ ;

[0019] 若  $SOC \geq SOC_{min}$ ,则表明,当前电池可以进行充电,也可以进行放电;因而动力涡轮

的发电量为最优发电量  $P_{to}$ ；

[0020] 若  $SOC < SOC_{min}$ ，则表明，当前电池需要充电，因而动力涡轮的发电量为最大发电量  $P_{tm}$ ；

[0021] 步骤二、确定动力涡轮的发电量  $P$  后，进一步确定热管理系统的供电路径；

[0022] 步骤三、判断动力涡轮的发电量  $P \geq P_c$  是否成立；

[0023] 若  $P \geq P_c$  成立，则表明动力涡轮发电足够供热管理系统使用，且大于热管理用电需求的部分，用于充电，即实现动力涡轮充电和电池充电；

[0024] 若  $P \geq P_c$  不成立，则表明动力涡轮发电量不足以供热管理系统使用，即实现动力涡轮供电和电池供电；

[0025] 经过以上的判断及计算后，总能能量控制单元将所需的动力涡轮发电量信号传输

[0026] 给动力涡轮控制器，从而通过动力涡轮控制器来调节废气旁通阀开度

[0027] 与现有技术相比，本发明综合考虑了主动热管理系统中电动附件的能耗需求，采用动力涡轮发电系统解决热管理系统用能来源不足，电能储存能力有限的问题。在降低冷却水和废气能量损失的同时，通过总能能量管理单元的协调控制，实现能流回路电能有效的并联分配式管理，进而达到整个能流回路总能效率最优的目标。

#### 附图说明

[0028] 图 1 为基于动力涡轮能量回馈的主动热管理系统结构图；

[0029] 图 2 为基于动力涡轮能量回馈的主动热管理方法流程图。

#### 具体实施方式

[0030] 下面将结合附图对本发明具体实施方式作进一步地详细描述。

[0031] 为了满足热管理系统用能需求，本发明中结合动力涡轮废气能量回收系统，将废气能量转化为可用电量，为热管理系统用能提供供能来源。其次为避免能量供能与用能的波动，实现能量的削峰填谷，加入了电能储存环节，通过总能能量管理器控制能量分配路径，构建多回路的电电并联能量传递路径，实现道路工况下发动机、动力涡轮能量回收系统、电池和主动热管理系统能流的高效协调利用，达到能流回路总能效率最大化的目标。

[0032] 图 1 所示为基于动力涡轮能量回馈的主动热管理系统结构图。该系统包括四大部分，即总能能量管理单元、动力涡轮控制单元、主动热管理单元和蓄电池模块。其中动力涡轮控制单元包括发动机本体 1，增压涡轮 2、动力涡轮 3、高速发电机 4、废气旁通阀 5 以及动力涡轮控制器 6。主动热管理单元包括散热器 13、水泵 12、风扇 15、节温器 14、其对应的驱动电机 (11、16)、变频器 10 以及主动热管理控制器 9。蓄电池模块包括蓄电池 8 及蓄电池管理单元 7。蓄电池管理单元，对蓄电池的 SOC 值进行实时监控，并将信息传输给总能能量管理单元。

[0033] 主动热管理控制器 9，通过对采集发动机状态信号，实时计算热管理系统的功率需求  $P_c$ ，并将信息传输给总能能量管理单元。

[0034] 动力涡轮控制器 6 采集发动机状态信号，实时计算当前状态下，动力涡轮的最大发电量  $P_{tm}$  和最优发电量  $P_{to}$ ，并将信息传输给总能能量管理单元。

[0035] 总能能量管理单元 17 则通过实时采集主动热管理控制器需求功率信号，动力涡轮

轮控制器发出的动力涡轮发电量信号,以及蓄电池管理单元提供的电池 SOC 信号,实现动力涡轮有效供能以及电能有效的并联回路分配,进而满足整个能流回路总能效率最大化的目标。

[0036] 图 2 中给出了基于动力涡轮能量回馈的发动机主动热管理系统控制方法。

[0037] 总能能量管理单元通过采集动力涡轮控制器、主动热管理控制器,蓄电池管理单元以及发动机状态的信号,进行如图 2 所示的控制。

[0038] 开始由总能能量管理单元读取蓄电池单元传输的电池 SOC 信号,并根据提前设定的电池 SOC 值上下限  $SOC_{max}$ ,  $SOC_{min}$  进行逻辑判断,其中  $SOC_{max}$  和  $SOC_{min}$  的设置方法为业内人士所熟知,在此不在累述。

[0039] 1、若电池  $SOC \geq SOC_{max}$ ,说明电池此刻电量充足,因而进一步判断动力涡轮最优发电量  $P_{to}$  是否大于热管理系统的需求电量  $P_c$ 。若  $P_{to} \geq P_c$ ,则动力涡轮的发电量为需求电量  $P_c$ ;反之,则动力涡轮的发电量为最优发电量  $P_{to}$ 。

[0040] 2、若电池  $SOC < SOC_{max}$ ,则进行下一步判断:电池 SOC 是否满足  $SOC \geq SOC_{min}$ ;

[0041] 3、若  $SOC \geq SOC_{min}$ ,则表明,当前电池可以进行充电,也可以进行放电;因而动力涡轮的发电量为最优发电量  $P_{to}$ 。

[0042] 4、若  $SOC < SOC_{min}$ ,则表明,当前电池需要充电,因而动力涡轮的发电量为最大发电量  $P_{tm}$ 。

[0043] 确定动力涡轮的发电量  $P$  后,需要进一步确定热管理系统的供电路径。

[0044] 判断动力涡轮的发电量  $P \geq P_c$  是否成立,若成立,则表明动力涡轮发电足够供热管理系统使用,且大于热管理用电需求的部分,用于充电(充电量可以为 0),即走动力涡轮供电和电池充电的路径。

[0045] 若  $P \geq P_c$  不成立,则表明动力涡轮发电量不足以供热管理系统使用,因而走电电并联,即动力涡轮供电加电池供电的路径。

[0046] 经过以上的判断及计算后,总能能量控制单元将所需的动力涡轮发电量信号传输给动力涡轮控制器,从而通过动力涡轮控制器来调节废气旁通阀开度。

[0047] 在不同模式切换条件下,总能能量管理单元通过和主动热管理控制器、动力涡轮控制器、发动机状态监控以及蓄电池能量管理单元之间的信号传递,分别控制热管理系统用能、动力涡轮废气旁通阀开度以及蓄电池充放电状态,通过多个控制器的有效配合,实现系统总能效率最高的目标。





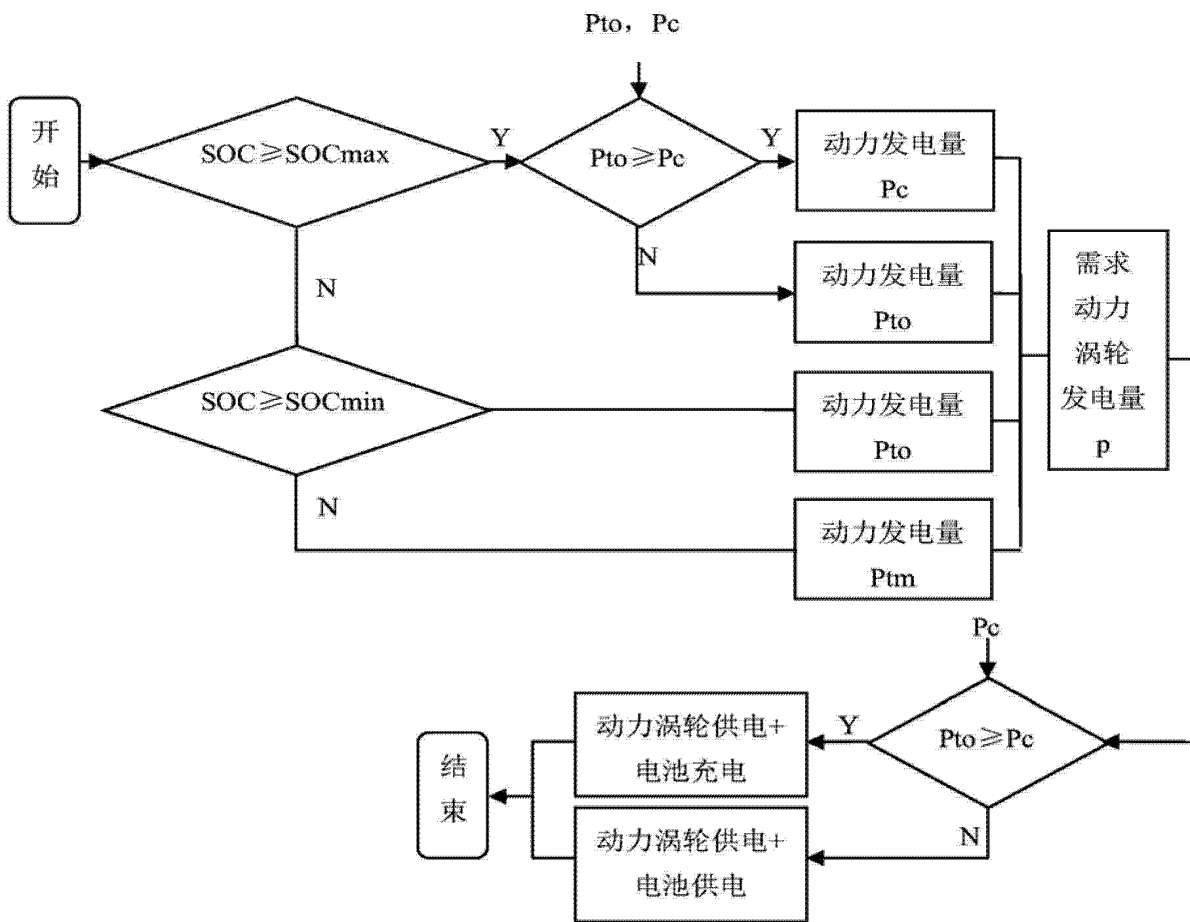


图 2