



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108386351 B

(45)授权公告日 2019.08.27

(21)申请号 201810079274.2

(22)申请日 2018.01.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108386351 A

(43)申请公布日 2018.08.10

(30)优先权数据
15/423045 2017.02.02 US

(73)专利权人 通用汽车环球科技运作有限
公司
地址 美国密歇根州

(72)发明人 C·H·克尼佩尔 段时鸣

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公
司 72001
代理人 代易宁 安文森

(51)Int.Cl.

F04B 51/00(2006.01)

F01P 5/10(2006.01)

(56)对比文件

CN 106183714 A,2016.12.07,

CN 102022172 A,2011.04.20,

CN 101949322 A,2011.01.19,

CN 205808464 U,2016.12.14,

CN 106150661 A,2016.11.23,

CN 104420970 A,2015.03.18,

US 2009107663 A1,2009.04.30,

US 2002118447 A1,2002.08.29,

US 8473147 B2,2013.06.25,

US 2013111926 A1,2013.05.09,

审查员 韩宣

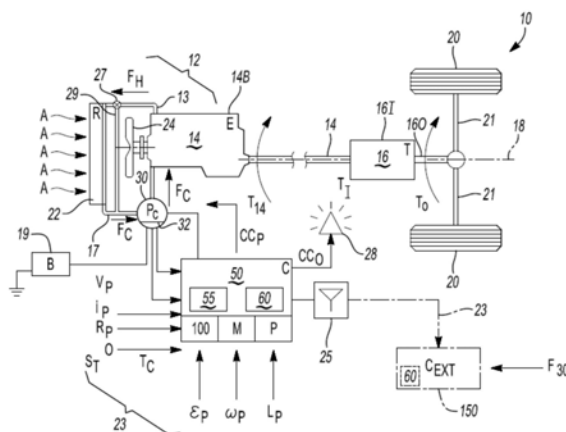
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

用于电动冷却剂泵的预测系统和方法

(57)摘要

一种热管理系统包括电动冷却剂泵、电源和控制器。泵与热源和散热器流体连通,并且具有用于确定泵电压、速度和电流的泵传感器。电池向传感器供电。控制器从传感器接收电压、速度和电流,确定跨多个操作区域的泵的性能,计算量化跨越区域的多个泵特性中的每一者的退化严重性的数字健康状态(SOH),并且当任何区域的所计算的数字SOH小于校准的SOH阈值时执行控制动作。泵特性包括泵回路、泄漏/堵塞、轴承和电动机状态。车辆包括发动机或其它热源、散热器;以及热管理系统。控制器可对车辆中的电动冷却剂泵执行预测方法。



1. 一种热管理系统,包括:

电动冷却剂泵,其与热源和散热器流体连通并且具有可操作用于确定所述冷却剂泵的电压、速度和电流的多个泵传感器;

电源,其电连接至所述冷却剂泵并且可操作用于向所述冷却剂泵和所述泵传感器供电;以及

控制器,其与所述冷却剂泵和所述泵传感器通信,并且被编程为从所述泵传感器接收所述电压、速度和电流,使用所述接收的电压和电流来确定跨多个泵操作区域的所述冷却剂泵的性能水平,计算量化跨所述泵操作区域的多个泵特性中的每一者的退化严重性的数字健康状态,并且当任何所述泵操作区域的所述计算的数字健康状态小于校准的健康状态阈值时对所述热管理系统执行控制动作;

其中所述泵特性包括泵回路状态、泵泄漏/堵塞状态、泵轴承状态、以及泵电动机状态。

2. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述控制器被编程为具有所述冷却剂泵的标称电阻值和标称电感值,被配置为估计所述冷却剂泵的电阻值和电感值,并且进一步被配置为使用所述标称电阻值与估计电阻值之间以及所述标称电感值与估计电感值之间的相应差值来对跨所述多个泵操作区域的所述冷却剂泵的所述性能进行分类。

3. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述多个泵操作区域包括所述冷却剂泵的不同转速和经由所述冷却剂泵循环的冷却剂的不同温度。

4. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述控制器被编程为具有所述冷却剂泵的转速与所述冷却剂泵的功耗之间的校准的基准关系,并且使用所述校准的基准关系的实际的或建模性能与所述校准的基准关系的偏移来计算所述数字健康状态。

5. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述控制器包括第一控制器和第二控制器,所述第一控制器被编程为从所述泵传感器接收测量的电压和电流,确定跨所述多个泵操作区域的所述冷却剂泵的所述性能水平,并且执行所述控制动作,所述第二控制器被配置为计算所述热管理系统的所述数字健康状态,所述系统进一步包括远程信息处理单元,其中所述第一和第二控制器经由所述远程信息处理单元彼此远程通信。

6. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述控制器被编程为将加权滤波器施加于所述计算的数字健康状态以确定所述热管理系统的总体数字健康状态。

7. 一种用于具有内燃机、电动冷却剂泵和散热器的车辆中的电动冷却剂泵的预测方法,所述方法包括:

经由控制器从所述冷却剂泵的多个泵传感器接收测量的电压和电流;

使用所述接收的电压和电流来确定跨多个泵操作区域的所述冷却剂泵的性能水平;

计算所述冷却剂泵的数字健康状态,其量化跨多个泵操作区域的多个泵特性中的每一者的相对退化严重性;以及

当任何所述泵操作区域的所述计算的数字健康状态小于校准的健康状态阈值时,经由所述控制器对热管理系统执行控制动作,其中所述泵特性包括泵回路状态、泵泄漏/堵塞状态、泵轴承状态、以及泵电动机状态。

8. 根据权利要求7所述的方法,进一步包括估计所述冷却剂泵的电阻值和电感值,其中对跨所述多个泵操作区域的所述冷却剂泵的所述性能进行分类包括使用标称电阻值与估计电阻值之间以及标称电感值与估计电感值之间的相应差值。

9. 根据权利要求7所述的方法,其中所述控制器被编程为具有所述冷却剂泵的转速与所述冷却剂泵的功耗之间的校准的基准关系,所述方法进一步包括使用与所述冷却剂泵的转速与所述冷却剂泵的功耗之间的关系的实际或建模性能的校准的基准关系的偏差来计算所述数字健康状态。

10. 根据权利要求7所述的方法,所述控制器包括第一和第二控制器,所述车辆包括远程信息处理单元,所述方法进一步包括使用所述远程信息处理单元来将跨所述多个泵操作区域的所述冷却剂泵的所述性能水平从所述第一控制器传送至所述第二控制器,以及使用所述第二控制器来计算所述热管理系统的所述数字健康状态。

用于电动冷却剂泵的预测系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于对具有电动冷却剂泵的热管理系统执行预测的系统和方法。

背景技术

[0002] 车辆和其它系统可采用内燃机作为转矩产生装置。由于内燃机在操作期间产生强热,所以使用热管理技术将发动机温度保持在期望温度范围内。发动机和连接部件的冷却可通过将水、防冻液或另一种合适的冷却剂循环至其中提取发动机热量的发动机的汽缸盖和发动机缸体来实现。然后将加热的冷却剂送入由环境空气辅助的散热器以及冷却风扇,并且在冷却剂重新进入发动机之前由散热器以及冷却风扇冷却。

[0003] 俗称为水泵的冷却剂泵是用于使冷却剂在封闭的流体导管环路中循环的特定泵送装置。在泵内部,旋转叶轮叶片将冷却剂移动通过泵体并排出至发动机。机械冷却剂泵通常由旋转皮带和发动机驱动皮带轮以发动机转速驱动。替代地,电驱动的冷却剂泵允许独立于发动机转速(例如,使用基于温度的反馈控制)来电控制泵电动机的转速。因此,相对于机械发动机驱动的冷却剂泵,电动冷却剂泵能够消除寄生功率损失,提高燃料经济性,并且降低部件重量。

发明内容

[0004] 本文公开了一种用于对具有电动冷却剂泵的热管理系统执行预见性预测的系统和方法。可从所公开的方法受益的顶层系统的非限制性示例实施例是具有内燃机的机动车辆。本文阐述的方法旨在促进使用可用的冷却剂泵传感器测量值来估计热管理系统和其组成部件的数字健康状态(SOH)。由于可用的闭环电气反馈和基于传感器的控制信号(例如,来自常驻在冷却剂泵内的电动机控制处理器),泵因此充当“智能致动器”。可经由不同实施例中的非机载和/或机载控制器来实施的本方法可用于帮助识别和隔离形成中的系统故障并且在硬故障有机会实现之前量化这些系统故障的相对严重性。

[0005] 由控制器诊断的正在进行的泵状态模式可包括冷却剂流量。冷却剂流量低可能是由于在冷却剂回路的泵轴承或其它机械元件处形成冷却剂泄漏,或由于高操作温度和压力,或由于在安装或维修期间冷却剂未充满而导致散热器压力盖打开。随着时间的推移,低于预期冷却剂流量可能导致发动机或所连接的系统部件过热、泵气蚀和其它潜在问题。本方法提供了如下方式:捕获冷却剂流的线性和复杂性的特定方法,将来自冷却剂泵的电传感器信号与形成中的故障模式相关,并且考虑跨多个不同的泵操作区域的性能变化。这进而允许控制器实时地定量估计各种热管理系统部件的数字SOH并且将SOH数据融合,由此识别热管理系统的形成中的故障模式。

[0006] 在示例性实施例中,公开了一种用于经由散热器冷却热源的热管理系统。热管理系统包括电驱动的冷却剂泵、电源和控制器。与散热器流体连通的冷却剂泵具有用于测量冷却剂泵的电压和电流消耗的多个传感器。电池电连接至冷却剂泵并且向冷却剂泵和传感器供电,即,冷却剂泵不是发动机驱动的,而是仅在由控制器实时确定的泵速度下的电力供

电。

[0007] 该特定实施例中的控制器被编程为从泵传感器接收的测量的电压和电流以及从温度传感器接收冷却剂温度。控制器使用所接收的电压和电流对跨多个不同泵操作区域(即,在不同的泵速、冷却剂温度、泵负载等下)的冷却剂泵的性能进行分类,并且针对每个泵操作区域计算热管理系统的数字SOH,诸如剩余健康状态百分比/剩余寿命或表示特定健康水平的整数。

[0008] 控制器还被编程为在设定指示实际的/硬故障的诊断故障代码之前对热管理系统执行控制动作,这在任何给定的泵操作区域的数字SOH小于该区域的校准的SOH阈值时来进行。以此方式,在故障模式有机会实现为实际故障之前适当地向热管理系统的操作者(诸如机动车辆的操作者)提示形成中的故障模式,因此允许有足够多时间来预先维修热管理系统。示例性控制动作可包括向车辆的操作者和/或向外部控制器传送指示数字SOH和/或相关故障模式的文本消息,自动调度热管理系统的维护,或调整冷却剂泵的一个或多个控制参数以考虑热管理系统的特定部件的SOH。

[0009] 车辆包括热源、散热器,以及上文总结的热管理系统。

[0010] 还公开了一种用于具有内燃机、电动冷却剂泵和散热器的车辆中的电动冷却剂泵的预测方法。在示例性实施例中,该方法包括经由控制器从冷却剂泵的多个泵传感器接收测量的电压和电流,并且使用接收到的电压和电流来确定跨多个泵操作区域的冷却剂泵的性能水平。该方法包括计算热管理系统的数字SOH,其量化跨多个泵操作区域的多个泵特性中的每一者的相对退化严重性。然后,当任何泵操作区域的所计算的数字SOH小于校准的SOH阈值时,经由控制器执行控制动作,其中泵特性包括如上文提及的泵回路状态、泵泄漏/堵塞状态、泵轴承状态和泵电动机状态。

[0011] 上述特征和优点以及本发明的其它特征和优点从实施例的以下详述和用于实行结合附图和随附权利要求书取得的本发明的最佳模式将容易地显而易见。

附图说明

[0012] 图1是具有带如本文所述确定的部件级和系统级数字健康状态的热管理系统的示例性车辆的示意透视图。

[0013] 图2是描述可与图1的热管理系统一起使用的控制器的操作的示意流程图。

[0014] 图3是描述执行图1中所示的示例性热管理系统的健康状态预测的基于控制器的过程的示意流程图。

[0015] 图4是描述经由图3中描绘的过程对部件健康状态进行区域分类的过程的示意流程图。

[0016] 图4A是以对数刻度表示的标称和故障指示性能迹线的示例性曲线图,其中在垂直轴线上描绘泵功率的对数且在水平轴线上描绘泵速的对数。

[0017] 图5是描述作为图3的过程的一部分的泵电动机健康估计的示意流程图。

[0018] 图6是描绘用于图1的热管理系统的各种可能的故障状态的示例性查找表。

具体实施方式

[0019] 参考附图,其中相同的附图标记是指相同的部件,图1提供了具有热管理系统12的

车辆10的示意图,该热管理系统12可操作用于调节热源的温度,该热源被示为具有发动机缸体14B的示例性内燃机(E)14。在操作中,发动机14将发动机转矩(箭头 T_{14})提供给被布置在传动系18上的变速器(T)16以及发动机14,其中发动机14和变速器16经由液力变矩器或输入离合器(未示出)彼此联接。因此变速器16的输入构件16I被供应有输入转矩(箭头 T_I),该输入转矩在可选的混合实施例中可根据需要由电动机(未示出)选择性地辅助。在变速器16内,一个或多个齿轮组和附加离合器(未示出)将输入转矩(箭头 T_I)传递至输出构件16O,由此经由一个或多个传动轴21将输出转矩(箭头 T_O)输送至一组驱动轮20。

[0020] 热管理系统12包括电驱动冷却剂泵(PC)30。冷却剂泵30经由入口冷却剂软管13和出口冷却剂软管17与散热器(R)22流体连通,其中环境空气(箭头A)经由冷却风扇24的操作吸入至散热器22中。诸如防冻剂或水等加热的冷却剂(箭头 F_H)通过入口冷却剂软管13从发动机缸体14B循环至散热器22中,而冷却的冷却剂(箭头 F_C)经由出口冷却剂软管17返回送入至冷却剂泵30。基于冷却剂温度(箭头 T_C)控制旋转阀27以将冷却剂流分配至散热器22。即,当发动机14变热时,更多冷却剂经由阀27的操作流向散热器22。类似地,当发动机14相对较冷时,允许更多冷却剂经由旁路分支29绕过散热器22,以允许发动机14更快地加热。

[0021] 冷却剂泵30包括多个泵传感器32,其可操作用于测量或以其它方式确定对应的泵电压(V_P)、泵速(ω_P)和泵电流(i_P)。关于泵速,泵传感器32可被配置为例如经由控制器区域网络(CAN)总线消息传递或其它低电压信号传输来报告位置/速度信号。泵电动机可选地被实施为交流电动机或无刷直流电动机,其中冷却剂泵32的常驻电动机控制处理器或单独的控制器基于所测量的泵电压(V_P)和泵电流(i_P)来确定泵速(ω_P)。例如,冷却剂泵30的转子的位置可经由旋转变压器或编码器来测量,其中测量位置的变化率与泵速(ω_P)对应,或泵相电流和电压可用于例如使用本领域中已知的校准关系来计算对应的速度。

[0022] 热管理系统12还包括电源19,例如电池(B),该电源19电连接至冷却剂泵30并且向冷却剂泵30和泵传感器32的操作供电。当冷却剂泵30被电驱动时,诸如发动机控制模块等控制器(C)50被放置成与冷却剂泵30和泵传感器32通信以控制冷却剂泵30的叶片的转速。速度控制可使用与发动机速度无关的泵控制信号(箭头 CC_P)来实现,其中冷却剂泵30由此充当热管理系统12内的智能致动器,如上文在别处所提及。

[0023] 如下面将特别参考图2至6进一步详细解释的,图1的控制器50被编程为从冷却剂泵30接收电信号23,包括所测量的泵电压(箭头 V_P)、泵速(箭头 ω_P),并且从泵传感器32接收泵电流(箭头 i_P)和从位于冷却剂流和/或发动机14中的一个或多个温度传感器(S_T)接收冷却剂温度(箭头 T_C)。控制器50还基于恒温器位置或旋转阀位置接收或计算限流因子。控制器被配置为使用所接收的泵电压和电流(箭头 V_P 和 i_P)来对跨冷却剂泵30的多个不同操作区域的冷却剂泵30的数字健康状态(SOH)进行分类。

[0024] 作为控制器50的预期操作功能的一部分,控制器50可被编程为使用非线性或对数刻度存储如图4A中所示的介于泵速与泵功耗之间的校准的基准关系55,该基准关系的非限制性示例在下面参考图4A进行描述。控制器50可进一步检测冷却剂泵30的稳态操作状态,监测冷却剂泵30的泵速和功耗,并且实时估计泵速与功耗之间的操作关系。

[0025] 使用这种所收集的信息,控制器50可基于校准的基准关系55与实际操作关系之间的偏移来检测冷却剂泄漏的存在和/或冷却剂流的阻塞。另外,控制器50被具体配置为针对每个泵操作区域计算热管理系统12的数字健康状态(SOH),并且最终对系统12执行控制动

作,包括识别多个泵性能特性的数字SOH。这是在设定指示热管理系统12或其部件的实际/硬故障的诊断故障代码或故障代码之前进行的。

[0026] 即,当给定操作区域的所计算的数字SOH小于该区域的校准的SOH阈值(例如,校准的新的/正常运行的SOH的50%)时,数字SOH可被报告给热管理系统12的操作者,因此对操作者提供预先警告,并且允许操作者在发生全部故障之前抢先维修即将发生或缓慢形成中的故障。响应于来自控制器50的输出信号(箭头CC₀)的指示器装置28(诸如消息灯或文本消息屏幕)可用于向操作者提示数字SOH。

[0027] 可选地,可使用外部控制器(C_{EXT})150来部分地或完全地离线/非机载地确定数字SOH。外部控制器150可被放置成经由远程信息处理单元25(例如,收发器/应答器、天线或蜂窝装置)与控制器50进行远程通信,并且因此可位于远离热管理系统12的相当大的距离处。远程信息处理信号(箭头TT)可被传输至外部控制器150。外部控制器150的使用可使得外部控制器150能够利用来自例如在整个车队10上部署的其它热管理系统12的类似数据,和/或容易地更新跨此类车队的任何编程的基准校准。

[0028] 控制器50和可选的外部控制器150可被实施为一个或多个计算机装置。虽然为了说明简单而从控制器150中省略,但是控制器50和150配备有必要的存储器(M)和处理器(P)以及相关的硬件和软件,例如时钟或定时器,输入/输出电路等。存储器(M)包括足够数量的只读存储器,例如磁性存储器或光学存储器,在该存储器上记录有实施本文描述的过程的计算机可读指令100。

[0029] 控制器50和/或外部控制器150经由泵预测逻辑60执行指令100以产生热管理系统12的数字SOH,且识别特定的形成中的故障模式,例如流体泄漏、磨损的或有缺陷的轴承,或泵电动机电气故障。独立于控制器50或150的前瞻性SOH功能,控制器50还可作为控制器50正在进行的操作功能的一部分而接收指示冷却剂泵30的实际(即,不是即将发生或形成中的)硬故障或失效的检测到的故障(箭头F₃₀),且冷却剂泵30可能作为编程的自诊断功能的一部分而报告此类故障。作为示例,泵电压(V_P)可落在校准的允许电压范围之外指示短路或开路状态,或可检测到过电流或欠电流状态,或发动机14的温度可上升至最大允许温度以上,以上任何一个均可能触发产生检测到的故障(箭头F₃₀)。

[0030] 作为图1的热管理系统12的一部分,控制器50和/或150还可被编程为具有冷却剂泵30的标称电阻、电感和效率值,这些标称电阻、电感和效率值可根据需要存储在存储器(M)中并且由处理器(P)存取。控制器50还可操作于例如使用如本领域中已知的建模或计算来实时地估计冷却剂泵30的泵电阻(R_P)、泵电感(L_P)和泵效率(ε_P)。然后,控制器50和/或150使用标称值与估计值之间的差值来对跨多个不同的泵操作区域中的每一者的冷却剂泵30的性能进行分类。

[0031] 参考图2,以示意形式示出了外部控制器(C_{EXT})150以描绘图1的远程信息处理单元25下游的可能的逻辑流。远程信息处理数据(箭头TT)可由远程信息处理单元25传输至外部控制器150。在其它实施例中,如上文所提及,图1的控制器50可被配置为执行控制器150的功能。如本领域中所已知,图1的车辆10可从远程信息处理单元25的上游执行数字信号处理功能,诸如例如使用高通、低通和/或带通滤波对来自所接收的原始泵电压和电流信号(图1的箭头V_P、i_P)的信号噪声进行滤波。可从滤波的数据中提取稳态特征,其中所提取的特征存储在控制器50和/或150的存储器(M)中并且随时间更新。

[0032] 示例性特征可包括冷却剂泵30的计算功率和速度,如图4A中的校准的基准关系所示并且在下面进行解释。所提取的特征可作为远程信息数据(箭头TT)经由远程信息处理单元25例如在关闭车辆10的点火关闭事件之后被定期地传输至外部控制器150。外部控制器150或在其它实施例中位于车辆10上的控制器50然后可经由泵预测逻辑60来处理所提取的特征,以确定冷却剂泵30的数字SOH(箭头SOHP)和对应的故障模式(箭头FM)作为单独的输出信号。

[0033] 图3描绘了描述执行图1中的热管理系统12的当前数字SOH预测的基于控制器的过程的示意图。作为由图1的指令100实施的总体过程的一部分,控制器50和/或150的泵预测逻辑60执行各个部件级别检查35,包括泄漏检查(LC)、轴承检查(BC)、泵电动机检查(PMC)和泵回路检查(PCC),其中泄漏和轴承检查(LC和BC)在下面参考图4进一步详细描述,且泵电动机检查(PMC)在下面参考图5进一步详细描述。然后如下面参考图6所描述般执行系统级融合(SLF),以便整体地诊断热管理系统12的数字SOH。因此,被标记为LC、BC、PMC、PCC和SLF的块表示可使用控制器50和/或150的相关硬件部件执行的控制器50和/或150的编程软件块。

[0034] 作为控制器50正在进行的功能的一部分,例如控制器50的发动机控制模块实施例中的机载泵预测功能,可估计某些诊断值,包括估计的泵负载曲线(箭头PLC)和估计的泵电动机参数(箭头PEST),例如,电动机电阻或电感,其可能随着由于泵电动机的氧化、退磁等引起的退化程度而变化。另外,图1中示意地示出的故障状态(箭头F₃₀)可例如通过冷却剂泵30的逻辑或电动机控制处理器30_M报告给控制器50。然后,按照上述泄漏检查(LC)、轴承检查(BC)、泵电动机检查(PMC)和泵回路检查(PCC)执行各个部件级别检查35。作为来自各种部件级别检查35的输出,输出定量值以量化不同泵特性(包括泄漏/堵塞状态(箭头SL)、泵轴承状态(箭头SB)、泵电动机状态(箭头SPM)和泵回路状态(箭头SPC)的退化水平或严重性。然后使用来自各种确定的部件级别检查35的输出执行系统级融合(SLF),其中数字SOH(箭头SOH)和系统故障模式(箭头FM)最终产生为输出。

[0035] 图4描绘了在图3中示意地示出的泄漏和轴承检查的过程流。作为所需配置的一部分,控制器50被编程为使用接收到的泵负载数据(PLD)来执行冷却剂泵30的性能的多区域分类(MRC),并且使用此类分类来确定泵电动机健康状态(PMH)。更具体地关于泵负载数据,冷却剂泵30可在不同的操作条件下(例如由于恒温器或用于流量方向调节的旋转阀的位置而导致的不同的温度和不同的管道流动限制)有不同的表现,且因此控制器50可被编程为针对整数(j)个不同泵操作区域中的每一者对冷却剂泵30的性能和数字SOH进行单独分类,其中对此类区域的处理被表示为图4中的分类器C1、C2、……、Cj。

[0036] 示意地,每个泵操作区域具有对应的区域分类器,其中术语“分类器”是指如下文阐述的编程分类功能。因此,可为每个泵操作区域单独确定数字SOH,即,SOH₁、SOH₂、……、SOH_j。此后,控制器50可使用加权滤波(F_w)块诸如通过向每个分类器分配数字权重来捕获其对热管理系统12的总体健康的相对重要性或影响来对不同分类的结果进行融合。然后从控制器50输出最终的故障严重性估计值(箭头FSE)作为数值,例如百分比值或表示相对严重性的整数,其可为图1中所示的输出信号(箭头CC₀)的一部分。

[0037] 例如,如通过图4A中的示例所示,控制器50可计算对数刻度上的各种轴承故障(BF)、标称(NOM)轨迹和泄漏故障(LF)轨迹,例如其中在Y轴上绘制泵功率的对数(Log P_p)

且在X轴上绘制泵速的对数 ($\text{Log } N_P$)。标称轨迹对应于上面提及的校准基准。封闭流体回路的功率-速度关系可以表征为 $P_P = \alpha N_P^\beta$ ，其中 P_P 是被供应至冷却剂泵30的功率且 N_P 是冷却剂泵30的转速。变量 α 和 β 是与热管理系统12的流量特性相关的系统常数。将上述方程从线性刻度变换为对数刻度允许冷却剂泵30的功率-速度关系被表示为线性关系。这可能是有用的，因为系统常数 α 和 β 对应于线性曲线的偏移和斜率，并且因此可用于表征冷却剂流动阻力函数化。对数域中存在的泵功率 (P_P) 和泵速 (N_P) 之间的线性关系可被表示为

$$[0038] \quad \log(P_P) = \log(\alpha) + \beta \log(N_P)$$

[0039] 图4A的标称轨迹 (NOM) 可被记录为与正常/健康的/新的冷却剂泵30的性能对应的参考值。泄漏冷却剂倾向于降低泵功率，而轴承故障倾向于增加泵功率。因此，使用图4的线性区域分类器 (C1、C2、……、Cj) 提供了校准和实施本方法的直接方式。当泵性能相对于图4A的标称 (NOM) 轨迹发生改变时，如箭头AA和BB所指示，控制器50可确定对于正在考虑的特定泵操作区域，所报告的数据是否指示形成中的轴承故障或泄漏故障。换言之，距离图4A的标称轨迹 (NOM) 的偏差增加可被视为更加指示特定类型的形成中的故障，例如泄漏的冷却剂的特定部分或磨损轴承的特定百分比，而该故障仍未实现为实际的硬故障，从而潜在地阻止了图1的发动机14的进一步操作。这使得能够对形成中的故障模式进行预见/抢先考虑。

[0040] 图5描绘了用于处理在图3中标记为PMC的逻辑块中所示的泵电动机健康诊断逻辑流的方法。电动机状态估计 (MCE) 逻辑块接收计算的电参数58并且产生指示或作为图1的冷却剂泵30的数字SOH的泵电动机健康状态 (箭头PMC)。诸如泵电阻、电感、反电动势和效率等电动机参数可根据诸如速度、电流、电压等传感器测量结果使用校准的泵方程进行估计，并且与健康的/新的冷却剂泵30的校准标称值进行比较。然后如图5中所表示，通过三角 (Δ) 函数计算残差值 (即，电阻残差 $\Delta R = (R_{EST} - R_{NOM})$ ，其中下标“EST”和“NOM”分别指代估计值和标称值。类似地，控制器50计算电感残差 $\Delta L = (L_{EST} - L_{NOM})$ 和电动机效率残差 $\Delta \epsilon = (\epsilon_{EST} - \epsilon_{NOM})$ 。控制器50还可检查诸如特定操作速度下的测量 (MEAS) 电压和电流等状态信号，并且将这些状态信号与标称值进行比较以计算电压残差 $\Delta V = (V_{MEAS} - V_{NOM})$ 和电动机电流残差 $\Delta i = (i_{MEAS} - i_{NOM})$ 。图5的MCE逻辑块可被实施为对各种残差执行校准平均函数以估计电动机健康状态的逻辑。

[0041] 作为说明而非限制，此类函数的示例可如下表示：

$$[0042] \quad \text{数字 } SOH = \text{平均} \left(\frac{R - \Delta R}{R} \cdot \frac{L - \Delta L}{L} \cdot \frac{\epsilon - \Delta \epsilon}{\epsilon} \cdot \frac{V - \Delta V}{V} \cdot \frac{i - \Delta i}{i} \right)。$$

[0043] 其中 R 、 L 、 ϵ 、 V 和 i 是测量或计算的 actual 值，且残差是介于0与1之间的绝对值，例如 $|\Delta R| < 1$ 。

[0044] 图6描绘了用于在上述过程的系统级融合中使用的查找表55 (即，判定表) 的可能实施例，因为各个故障可如本文所述般相互关联。使用参考图3至5描述的单独部件级诊断，控制器50可填充查找表55的列，这些列可被组织为对应于回路状态 (CS)、泄漏状态 (LS)、轴承状态 (BS)、泵电动机状态 (PMC) 和最终结果 (RES)。对于每个可能的泵状态模式，可离线确定与最终结果 (RES) 的相关性。对于每一列，响应于上述部件级SOH诊断，输入对应

的故障(F)、健康(H)或未确定/不需要(*)值。控制器50可被编程为具有对应的最终结果(RES),例如,当在传感器电路中检测到电路故障时,可能存在故障电路(FC),即,传感器不再正确读取,因此其值无效。因此,符号“*”可被视为指示与结果的确定无关的故障/健康状态。

[0045] 类似地,对于其中泵传感器32健康且因此正常工作的泵特性,图1的冷却剂泵30的故障电动机可对应于泵电动机故障(FM)。当此类泵电动机被认为是健康的但是指示泄漏状态和轴承状态不正确时,结果可能是不确定的(INC)。当轴承状态是健康的且泄漏状态有故障时,可指示图1的热管理系统12的泄漏故障(FL),而与泵电动机状态无关,而当轴承状态是健康的、泄漏状态错误且泵电动机状态正常时可指示轴承故障。控制器50可被编程为诊断一个以上系统故障,例如,电动机故障和泄漏故障可能同时发生。因此,查找表55可被控制器50用来快速识别即将发生的故障的根本原因。

[0046] 使用上述方法,图1的热管理系统12的数字SOH可被确定为预测给定系统部件和/或整个系统12的剩余使用寿命的量的手段。即,处理器功能可作为图1中所示的指令100编程至控制器50和/或150中,以实施电动冷却剂泵30的预测方法。此类方法可包括经由控制器50和/或150从图1的泵传感器32接收测量的电压和电流(箭头 V_P 、 i_P),然后使用所接收的信息来确定跨多个泵操作区域的冷却剂泵30的性能水平。然后,控制器50和/或150可计算数字SOH以量化上文提及的每个泵特征的相对退化严重性,这跨多个泵操作区域进行。此后,例如,当对应的一个泵操作区域的计算的数字SOH小于校准的SOH阈值时,控制器50或150可对图1的热管理系统12执行控制动作。

[0047] 所公开的方法允许指示在实际实现此类故障之前缓慢形成中的故障。由于电参数的可用性,本方法适用于诸如图1的电动冷却剂泵30等电气装置,可系统地考虑在不同的温度或速度下这些电参数相对于标称值的变化以准确地确定SOH。

[0048] 详述和图式或图支持并且描述本发明,但是本发明范围仅仅是由权利要求书限定。虽然本文已详细描述了用于实行本发明的某些最佳模式和其它实施例,但是也存在各种替代设计和实施例。另外,附图中所示的实施例或本描述中提及的各个实施例的特性不一定被理解为实施例彼此独立。实情是,可行的是,实施例的一个实例中描述的特性可与来自其它实施例的一个或多个其它期望特性组合,从而产生没有以文字描述或没有通过参考图式描述的其它实施例。因此,这些其它实施例落在随附权利要求书的范围的框架内。

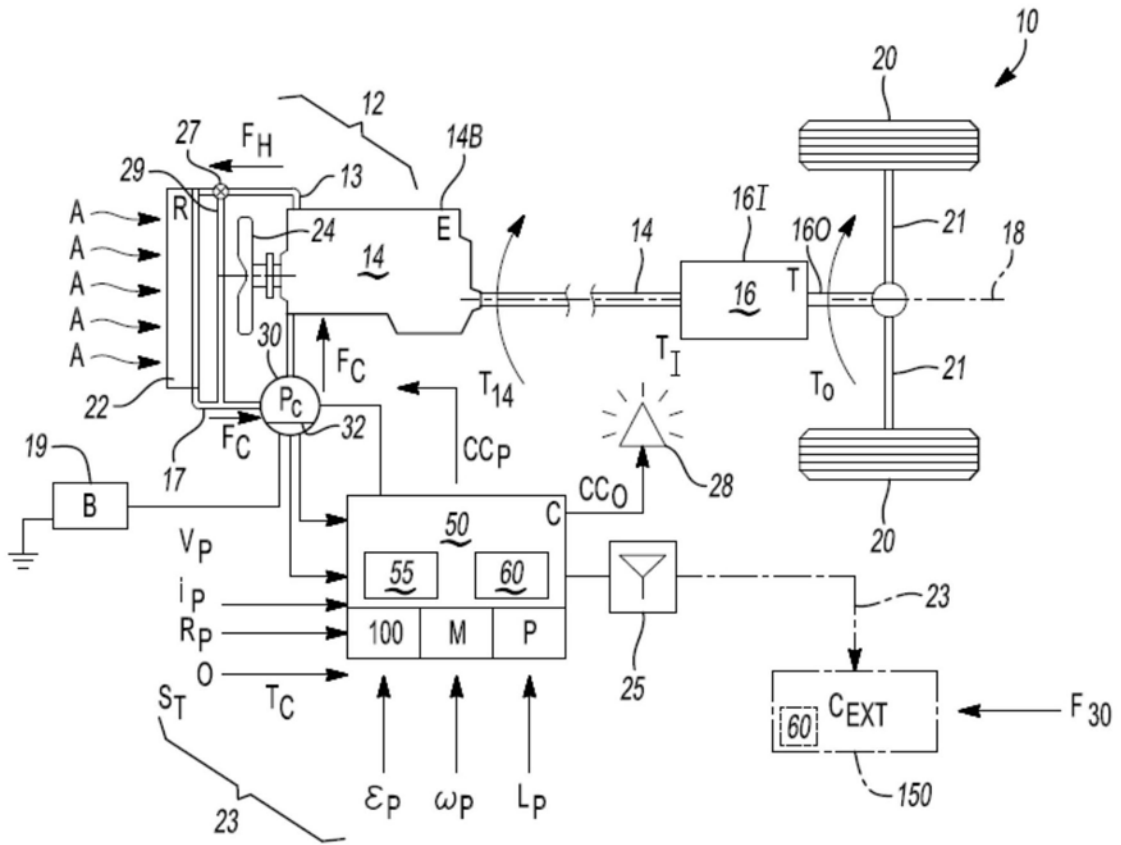


图1

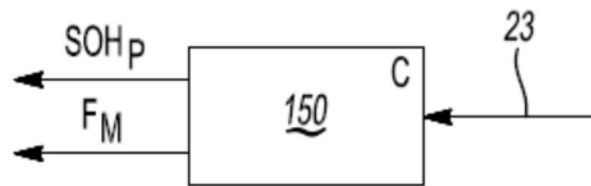


图2

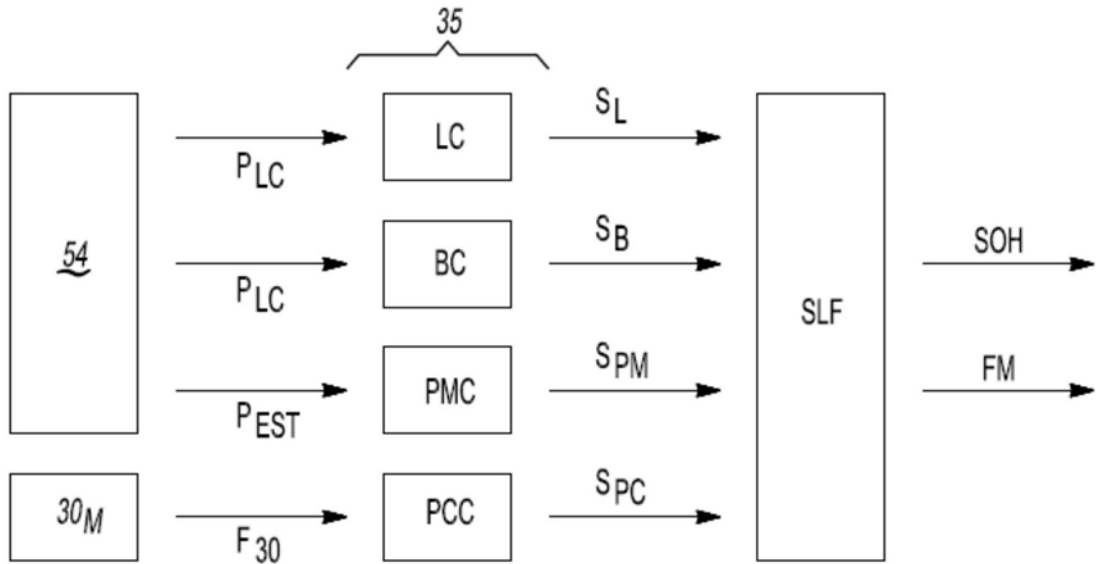


图3

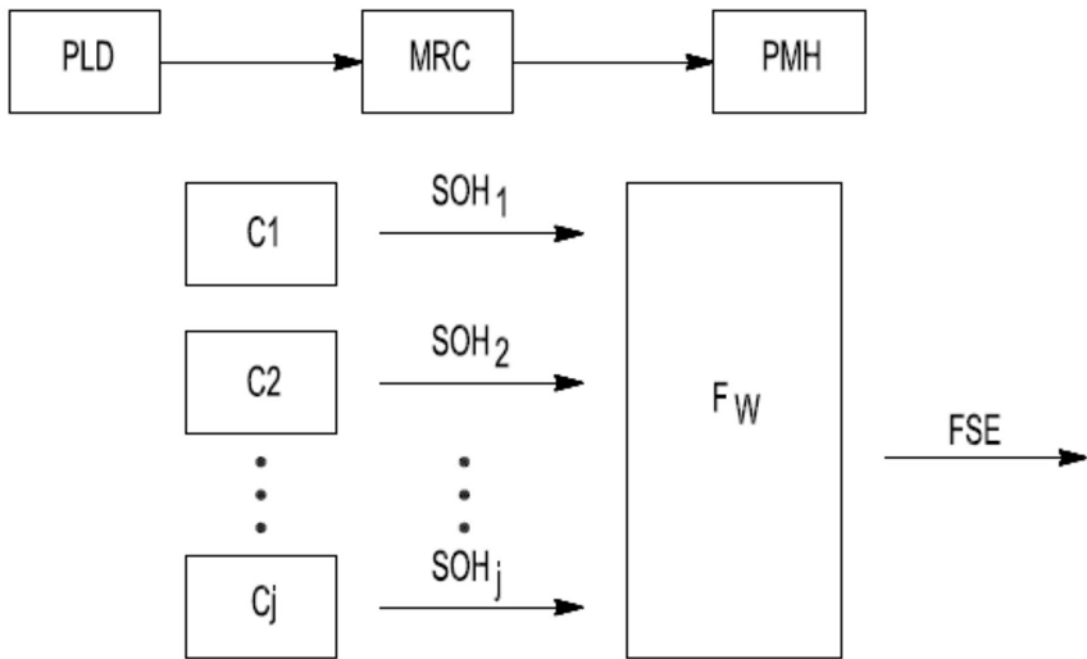


图4

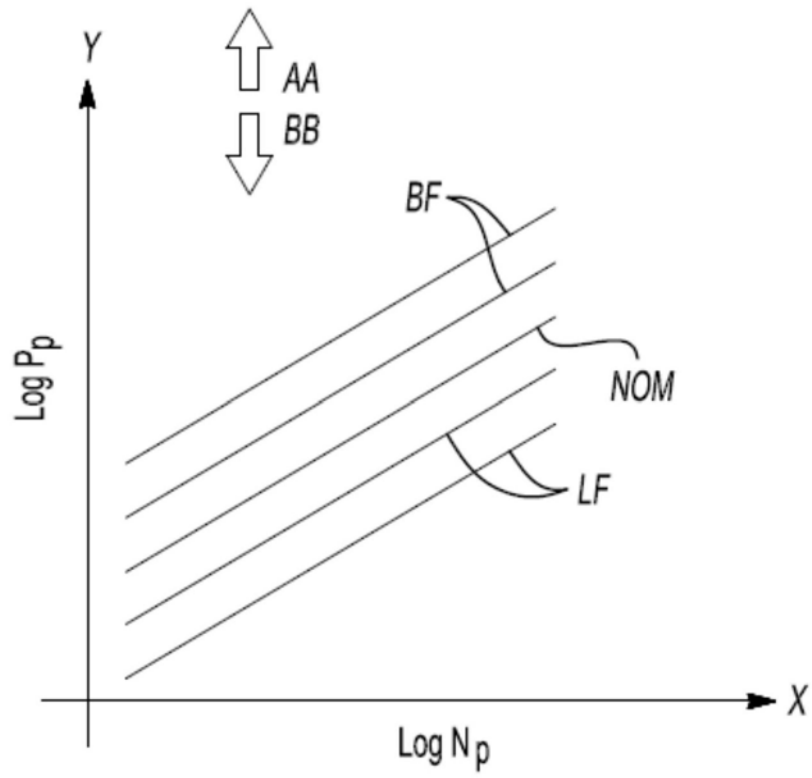


图4A

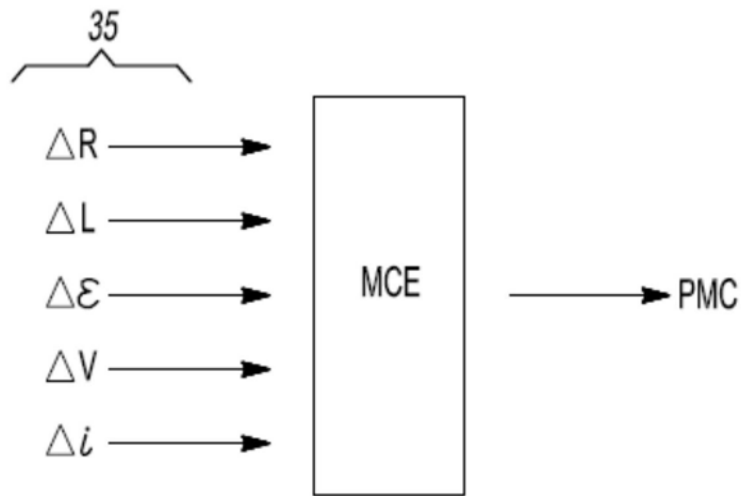
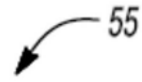


图5



CS	LS	BS	PMC	RES
F	*	*	*	F _C
H	*	*	F	F _M
H	F	F	H	INC
H	F	H	*	F _L
H	H	F	H	F _B

图6