



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103797232 B

(45)授权公告日 2017.02.15

(21)申请号 201280044851.5

P.弗林 A.班纳吉 R.穆赫吉

(22)申请日 2012.08.31

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103797232 A

代理人 肖日松 杨炯

(43)申请公布日 2014.05.14

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

F02D 41/22(2006.01)

61/535049 2011.09.15 US

F02D 29/06(2006.01)

13/234380 2011.09.16 US

F02D 41/00(2006.01)

B60W 50/02(2012.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.03.14

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/053473 2012.08.31

CN 1439102 A,2003.08.27,

US 3877003 A,1975.04.08,

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/039723 EN 2013.03.21

JP 2006254628 A,2006.09.21,

GB 1350276 A,1974.04.18,

(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

JP H09151779 A,1997.06.10,

CN 101266197 A,2008.09.17,

审查员 张立静

(72)发明人 A.库马 S.拉马钱德拉帕尼克

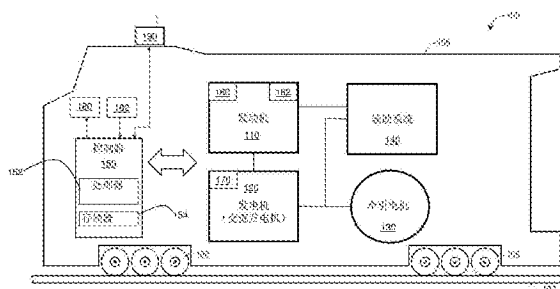
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

用于诊断与发动机相关联的辅助设备的系统和方法

(57)摘要

本发明提供用于诊断与发动机(110)相关联的辅助设备(130、140)的系统和方法。所述辅助设备(130、140)的状况可基于信息来诊断,所述信息由来自可操作地连接到所述辅助设备(130、140)的发电机(120)的信号和/或与所述发动机(110)相关联的其他信号提供。可基于所述信息内的辨别特性来区分不同退化类型。因此,可以减少维修引起的延迟的方式来识别退化辅助系统(130、140)部件。



1. 一种用于电联接到发电机(120)的辅助设备(130、140)的方法,所述发电机(120)可操作地连接到往复式发动机(110),所述方法包括:

使用直流链路传感器,在运行过程中测量与所述发电机(120)相关联的直流链路参数;
以及

使用处理器,基于所述直流链路参数的频谱(420)来诊断所述辅助设备(130、140)的状况。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述直流链路参数是直流链路电压。

3. 如权利要求1所述的方法,其中所述直流链路参数是直流链路电流。

4. 如权利要求1所述的方法,其进一步包括:当所述往复式发动机(110)和所述辅助设备(130、140)中的至少一个的运行条件、状态或模式改变时,追踪所述频谱(420)的至少一个分量。

5. 如权利要求4所述的方法,其进一步包括:使所追踪的频率分量与所述改变的往复式发动机(110)和所述改变的辅助设备(130、140)之一相关联。

6. 一种用于可操作地联接到往复式发动机(110)的旋转轴(111)的辅助设备(130、140)的方法,其包括:

使用速度传感器,在运行过程中测量所述往复式发动机(110)的旋转轴(111)速度;以及

使用处理器,基于所述轴(111)速度的频谱(420)来诊断所述辅助设备(130、140)的状况。

7. 如权利要求6所述的方法,其进一步包括:当所述往复式发动机(110)和所述辅助设备(130、140)中的至少一个的运行条件、状态或模式改变时,追踪所述频谱(420)的至少一个分量。

8. 如权利要求7所述的方法,其进一步包括:使所追踪的频率分量与所述改变的往复式发动机(110)和所述改变的辅助设备(130、140)之一相关联。

9. 一种车辆系统(100),所述车辆系统包括:

发电机(120);

辅助设备(130、140),其电联接到所述发电机(120);

直流链路传感器(171),其用于在运行过程中测量与所述发电机(120)相关联的直流链路参数;以及

控制器(150),所述控制器(150)包括指令,所述指令配置用于:

采样并变换所测量的直流链路参数;

识别所述直流链路参数的频谱(420);并且

基于所述直流链路参数的所述频谱(420)来诊断所述辅助设备(130、140)的状况。

10. 如权利要求9所述的车辆系统(100),其中所述直流链路参数是直流链路电压。

11. 如权利要求9所述的车辆系统(100),其中所述直流链路参数是直流链路电流。

12. 如权利要求9所述的车辆系统(100),其中所述控制器(150)可操作地报告退化辅助设备(130、140)状况。

13. 一种车辆系统(100),所述车辆系统包括:

往复式发动机(110),其具有旋转轴(111);

辅助设备(130、140),其可操作地联接到所述旋转轴(111);
传感器(160),其用于在运行过程中随时间测量所述旋转轴(111)的速度;以及
控制器(150),所述控制器(150)包括指令,所述指令配置用于:
采样并变换所测量的速度;
识别所述速度的频谱(420);并且
基于所述速度的所述频谱(420)来诊断所述辅助设备(130、140)的状况。

14.如权利要求13所述的车辆系统(100),其中所述控制器(150)可操作地报告退化辅助设备(130、140)状况。

用于诊断与发动机相关联的辅助设备的系统和方法

技术领域

[0001] 本说明书所公开主题的实施例涉及用于诊断发动机和相关联辅助设备的系统和方法。

背景技术

[0002] 发动机部件和相关联辅助设备部件可能在运行过程中以各种方式退化。例如，发动机中的发动机汽缸可能由于磨损的火花塞而开始哑火。散热器风扇(辅助设备)可能由于失衡的风扇叶片而开始颤动。牵引电机(辅助设备)的性能可能由于电机线圈绕组中的开路而退化。

[0003] 一种检测发动机退化或辅助设备退化的途径是监测发动机速度。诊断例行程序可监测发动机速度的分量是否上升到阈值水平以上，并且生成诊断码或请求维修、降低发动机功率、关闭所述发动机、降低辅助设备功率或关闭所述辅助设备的其他指示。

[0004] 然而，在本说明书中，本发明人已认识到对发动机速度的分析经常不足以彻底诊断发动机问题或辅助设备问题。此外，发动机速度通常不与某些类型的辅助设备(例如，脱离连接到所述发动机的发电机(交流发电机)的辅助设备，如散热器风扇或牵引电机)相关联。

发明内容

[0005] 在一个实施例中，公开了一种用于电联接到可操作地连接到往复式发动机的发电机的辅助设备的方法。所述方法包括：测量在运行过程中与所述发电机相关联的直流链路参数，和基于所述直流链路参数的频谱来诊断所述辅助设备的状况。

[0006] 其中，所述直流链路参数是直流链路电压。

[0007] 其中，所述直流链路参数是直流链路电流。

[0008] 所述的方法进一步包括：当所述往复式发动机和所述辅助设备中的至少一个的运行条件、状态或模式改变时，追踪所述频谱的至少一个分量。

[0009] 所述的方法进一步包括：使所追踪的频率分量与所述改变的往复式发动机和所述改变的辅助设备之一相关联。

[0010] 在一个实施例中，公开了一种用于可操作地连接到往复式发动机的旋转轴的辅助设备的方法。所述方法包括：测量所述往复式发动机在运行过程中的旋转轴速度，和基于所述轴速度的频谱(frequency content)来诊断所述辅助设备的状况。

[0011] 所述的方法进一步包括：当所述往复式发动机和所述辅助设备中的至少一个的运行条件、状态或模式改变时，追踪所述频谱的至少一个分量。

[0012] 所述的方法进一步包括：使所追踪的频率分量与所述改变的往复式发动机和所述改变的辅助设备之一相关联。

[0013] 在一个实施例中，公开了一种车辆系统。所述车辆系统包括：发电机；辅助设备，其电联接到所述发电机；直流链路传感器，其用于测量在运行过程中与所述发电机相关联的

直流链路参数;和控制器。所述控制器包括指令,所述指令配置用于:对所测量的直流链路参数进行采样和变换,识别所述直流链路参数的频谱,并且基于所述直流链路参数的频谱来诊断所述辅助设备的状况。

[0014] 其中,所述直流链路参数是直流链路电压。

[0015] 其中,所述直流链路参数是直流链路电流。

[0016] 其中,所述控制器可操作地报告退化辅助设备状况。

[0017] 在一个实施例中,公开了一种车辆系统。所述车辆系统包括:往复式发动机,其具有旋转轴;辅助设备,其可操作地联接到所述旋转轴;传感器,其用于在运行过程中随时间测量所述旋转轴的速度;和控制器。所述控制器包括指令,所述指令配置用于:对所测量的速度进行采样和变换,识别所述速度的频谱,并且基于所述速度的频谱来诊断所述辅助设备的状况。

[0018] 其中,所述控制器可操作地报告退化辅助设备状况。

[0019] 在一个实施例中,公开了一种测试工具箱。所述测试工具箱包括控制器,所述控制器可操作地基于随时间所测量的与所述发电机相关联的直流链路参数的频谱来确定电联接到所述发电机的辅助设备的状况。

[0020] 在一个实施例中,公开了一种测试工具箱。所述测试工具箱包括控制器,所述控制器可操作地基于随时间所测量的所述轴的速度的频谱来确定可操作地联接到往复式发动机的旋转轴的辅助设备的状况。

[0021] 提供此发明内容来以简化形式介绍本说明书中进一步描述的一些概念。此发明内容并不意图确认所要求的主题的关键特征或基本特征,也并非意图用于限制所要求的主题的范围。此外,所要求的主题并不限于克服本发明的任何部分中指出的任何或所有缺点的实施方案。

附图说明

[0022] 参考附图阅读以下非限制性实施例的描述将更好地理解本发明,其中:

[0023] 图1是具有发动机和发电机(交流发电机)的车辆系统(例如,机车系统)的示例性实施例的图解,所述车辆系统在本说明书中描绘为配置用于通过多个车轮在轨道上运行的轨道车辆;

[0024] 图2是可操作地连接到各种辅助设备140和牵引电机的图1的发动机和发电机的示例性实施例的图解;

[0025] 图3是如何从时间采样的直流链路参数生成频谱的示例性实施例的图解;

[0026] 图4是示出“健康”和“不健康”频谱的示例性实施例的图解;

[0027] 图5是控制器中的诊断逻辑如何能够检测出直流链路参数的频谱中的不健康状况的示例性实施例的图解;

[0028] 图6是如何将退化隔离到特定辅助系统的示例性实施例的图解;以及

[0029] 图7是如何使用一组已调谐带通滤波器来诊断辅助设备的状况的示例性实施例的图解。

具体实施方式

[0030] 本说明书所公开主题的实施例涉及用于诊断与发动机相关联的辅助设备的系统和方法。还提供了用于执行所述方法的测试工具箱(Test kits)。发动机可包括在如机车系统的车辆中。其他合适类型的车辆可包括公路上车辆,非公路车辆、采矿设备、航空器和船舶。本发明的其他实施例可用于如风机或发电机的固定式发动机。发动机可以是柴油机,或可以燃烧另一种燃料或多种燃料的组合。此类替代燃料可包括汽油、煤油、生物柴油、天然气和乙醇以及前述燃料的组合。合适的发动机可使用压缩点火和/或火花点火。这些车辆可包括具有随着使用而退化的部件的发动机。

[0031] 此外,本说明书所公开主题的实施例使用发电机数据来诊断辅助设备的状况(condition),并且在相关联发动机部件与辅助设备的状况之间进行区分,所述发电机数据如所测量的发电机电参数或从所测量的发电机电参数和/或发动机参数(例如,速度)所导出的发电机数据(例如,所导出的转矩曲线)。

[0032] 在寻找特定类型的发动机退化时,可以使发动机处于特定运行条件、状态或模式下。例如,可以在自负载条件、动态制动(dynamic brake;db)设置条件或稳态监测条件过程中诊断发动机作为测试程序的一部分。类似地,在寻找特定类型的辅助设备退化时,可以使辅助系统处于特定运行条件、状态或模式下。本说明书所论述的诊断和预测方法可用于趋势分析,比较汽缸与汽缸之间的变化,执行测试程序、修复确认和辅助修复。或者,当发动机在正常运行过程中达到特定运行条件或状态时,可以对发电机数据和/或发动机数据进行采样和分析。

[0033] 图1是车辆系统100(例如,机车系统)的示例性实施例的图解,所述车辆系统在本说明书中描绘为配置用于通过多个车轮108在轨道102上运行的轨道车辆106。如所描绘,轨道车辆106包括可操作地连接到发电机(交流发电机)120的发动机110。车辆106还包括可操作地连接到发电机120的牵引电机130以用于驱动车轮108。车辆106进一步包括可操作地连接到发电机120或发动机110的各种辅助系统或设备140(例如,可旋转的发动机轴111,参见图2)以用于执行各种功能。尽管在图1中单独标记,但在本说明书中认为牵引电机130是一种类型的辅助设备。

[0034] 车辆106进一步包括控制器150以控制与车辆系统100相关的各种部件。在一个实例中,控制器150包括计算机控制系统。在一个实施例中,所述计算机控制系统主要基于软件并且包括配置用于执行计算机可操作指令的处理器,如处理器152。控制器150可包括多个发动机控制单元(ECU),并且所述控制系统可分布在每个ECU之间。控制器150进一步包括计算机可读存储介质,如存储器154,所述计算机可读存储介质包括用于使得能够进行车载监测和对轨道车辆运行进行控制的指令(例如,计算机可执行指令)。存储器154可包括易失性和非易失性内存存储器。根据另一个实施例,所述控制器150可以基于硬件,所述硬件使用例如,数字信号处理器(DSP)或其他硬件逻辑电路来执行本说明书所述的各种功能。

[0035] 所述控制器可监视对车辆系统100的控制和管理。所述控制器可从发动机的速度传感器160或从各种发电机传感器170接收信号,以便确定运行参数和运行条件,并且相应地调整各个发动机致动器162来控制轨道车辆106的运行。根据实施例,所述速度传感器160包括连接到发动机轴111的多齿接取轮(multi-tooth pick-up wheel)和用于在所述接取轮的齿经过磁阻传感器时感测的磁阻传感器。例如,所述控制器可从各个发电机传感器接收表示各种发电机参数的信号。所述发电机参数可包括直流链路电压、直流链路电流、发电

机励磁电压、发电机励磁电流、发电机输出电压和发电机输出电流。根据多个实施例,其他发电机参数也是可能的。相应地,所述控制器可通过将命令发送到如牵引电机、交流发电机、汽缸阀、节流阀等的各种部件来控制车辆系统。可将来自发电机传感器170的信号捆绑在一起形成一个或多个线束,以减少车辆系统100中专用于接线的空间并且保护信号线免受磨损和振动。

[0036] 所述控制器可包括用于记录发动机运行特性的车载电子诊断仪。运行特性可包括例如,来自传感器160和170的测量值。在一个实施例中,所述运行特性可存储在存储器154中的数据库中。在一个实施例中,可将当前运行特性与过去运行特性进行比较,以确定发动机性能和/或辅助设备性能的趋势。

[0037] 所述控制器可以包括用于识别和记录车辆系统100的部件的可能退化和故障的车载电子诊断仪。例如,当识别到可能退化的部件时,可以将诊断码存储在存储器154中。在一个实施例中,独特的诊断码可对应于可由所述控制器识别到的每种退化类型。例如,第一诊断码可指示发动机的汽缸1的问题,第二诊断码可指示发动机的汽缸2的问题,第三诊断码可指示辅助系统中的一个的问题,等等。

[0038] 所述控制器可进一步链接到向机车操作人员和维护人员提供用户界面的显示器180,如诊断界面显示器。所述控制器可响应于操作员通过用户输入控件182的输入,通过发送命令以相应地调整各个发动机致动器162来控制发动机。用户输入控件182的非限制性实例可包括节流阀控件、制动控件、键盘和电源开关。此外,发动机和辅助设备的运行特性,如对应于退化部件的诊断码,可以通过显示器180报告给操作员和/或维护人员。

[0039] 车辆系统可包括链接到控制器的通信系统190。在一个实施例中,通信系统190可包括用于传送和接收语音和数据信息的收音机和天线。例如,数据通信可在车辆系统与铁路控制中心、另一个机车、卫星和/或如铁路转辙器的路边装置之间进行。例如,所述控制器150可使用来自GPS接收器的信号来估算车辆系统的地理坐标。再如,所述控制器150可通过从通信系统190所传送的信息将发动机和/或辅助设备的运行特性传送到控制中心。在一个实施例中,当检测到发动机或辅助设备的退化部件时,信息可以由通信系统190传送到命令中心并且可以安排车辆系统进行维护。

[0040] 图2是可操作地连接到各种辅助设备140(141、142、143、144)和牵引电机130的图1的发动机110和发电机120的示例性实施例的图解。多个机械辅助设备144可以可操作地联接到旋转发动机轴111并由其驱动。其他辅助设备140由发电机120通过整流器210来驱动,所述整流器210产生通向功率调节器230的直流链路电压。此辅助设备的实例包括鼓风机141、压缩机142和散热器风扇143。牵引电机130由发电机120通过整流器210来驱动,所述整流器210产生通向逆变器220的直流链路电压。此辅助设备140、牵引电机130及其实施方案是此技术领域中所众所周知的。根据某些实施例,发电机120实际上可以是一个或多个发电机,例如,驱动牵引电机130的主发电机和驱动辅助设备140的一部分的辅助发电机。辅助设备的其他实例包括涡轮增压器、泵、发动机冷却系统、制动电网(braking grids)和能量存储系统。

[0041] 速度传感器160测量发动机的旋转轴111在运行过程中的速度。根据多个实施例,直流链路传感器171是发电机传感器并且可测量直流链路电压、直流链路电流或二者。根据多个实施例,场传感器172是发电机传感器并且可测量发电机的励磁电流、发电机的励磁电

压或二者。根据某些实施例,提供发电机传感器173和174以分别用于测量发电机的电枢输出电压和电枢输出电流。合适的可商购的传感器可基于应用特定参数来选择。

[0042] 再次参照图2,发电机120的交流输出由二极管整流器210整流,以形成通过直流总线供应到各个辅助系统或设备的直流链路电压。所述直流链路电压通过功率调节器230驱动某个辅助设备(例如,鼓风机141、压缩机142和散热器风扇143)。所述直流链路电压通过逆变器220来驱动牵引电机130。

[0043] 根据实施例,所述直流链路电压由直流链路传感器171测量并且由控制器150分析,以便基于所述直流链路电压的频谱来诊断辅助设备的状况。如图3中所示,傅里叶变换过程(Fourier transform process)310或带通滤波过程320可用于确定所述直流链路电压的频谱。对于间歇性运行的辅助系统来说,可使用如短时傅里叶变换或小波变换的时频分析技术。作为替代方案,可测量并使用直流链路电流而不是直流链路电压。控制器150配置用于分析频谱的一个或多个分量,隔离到特定的辅助系统,并且诊断所述特定辅助系统的状况(例如,直至所述辅助系统的特定部件)。根据实施例,在诊断辅助设备之前,首先可将发动机110驱动到指定的运行条件、状态或模式。

[0044] 控制器150随时间对直流链路参数进行采样并且对直流链路参数数据执行频率分析过程。根据一个实施例,频率分析过程是傅里叶变换过程310(例如,快速傅里叶变换(FFT)过程)。根据另一个实施例,频率分析过程是带通滤波过程320。所述频率分析过程将所采样的时域直流链路参数变换成频域中的频谱。频谱的各种频率分量可包括直流(零阶)频率分量、基本(一阶)频率分量和谐波(二阶、半阶、三阶等)频率分量。取决于所连接的辅助系统运行的速度/模式,所述辅助系统中的每一个的基频可不同。根据实施例,傅里叶变换过程和带通滤波过程包括由处理器152执行的计算机可执行指令。可对已处理/导出的信号执行频率变换,所述信号例如为是电流和电压的乘积的千伏安(kVA)或千瓦(kW),或是信号的kW/频率的转矩。

[0045] 发动机可具有多个以预定义顺序点火的汽缸,其中每个汽缸在一个四冲程循环或二冲程循环过程中点火一次。例如,四汽缸、四冲程发动机可具有1-3-4-2的点火顺序,其中每个汽缸针对发动机的每两转点火一次。因此,给定汽缸的点火频率是发动机转动频率的一半,并且任意汽缸的点火频率是发动机转动频率的两倍。可将发动机的转动频率描述为发动机一阶(first engine order)。此一阶频率分量可以在所测量的发电机参数的频谱中呈现。可将四冲程发动机的给定汽缸的点火频率描述为发动机半阶,其中所述发动机半阶是发动机转动频率的一半。此半阶频率分量也可以在所测量的直流链路参数的频谱中呈现。类似地,各种辅助系统(风扇、泵、压缩机、牵引电机等)可具有循环分量,所述循环分量也能够产生在直流链路参数中出现的频率分量。

[0046] 作为四冲程发动机的另一个实例,十二汽缸发动机可具有1-7-5-11-3-9-6-12-2-8-4-10的点火顺序,其中每个汽缸针对发动机的每两转点火一次。因此,给定汽缸的点火频率是发动机转动频率的一半,并且任意汽缸的点火频率是发动机转动频率的六倍。作为二冲程发动机的实例,十二汽缸发动机可具有1-7-5-11-3-9-6-12-2-8-4-10的点火顺序,其中每个汽缸针对发动机的每转点火一次。因此,给定汽缸的点火频率是发动机的转动频率,并且任意汽缸的点火频率是发动机转动频率的十二倍。这些频率分量同样可以在所测量的直流链路参数的频谱中呈现。

[0047] 例如,发动机可以是以1050RPM运行的四冲程发动机。因此,发动机一阶是在17.5Hz并且发动机半阶是在8.75Hz。直流链路电压可以随发动机轴111在运行过程中旋转的周期频率而变化。例如,直流链路电压的频谱可包括在发动机一阶的频率的频率分量。换句话说,频谱的峰值可以出现在一阶频率分量处。直流链路电压还可以包括处于一阶频率的其他谐波的频谱,如在二阶频率(发动机频率的两倍)、三阶频率(发动机频率的三倍)等。类似地,直流链路电压可包括在所处频率小于一阶频率的频谱,如在半阶频率(发动机频率的一半)。

[0048] 对于“健康的”并且正常运行的发动机或辅助系统来说,所测量的直流链路参数的频谱可具有特定的健康特征(healthy signature)。与此健康特征的偏差可指示发动机或辅助系统的问题。例如,根据实施例,可通过分析频谱的半阶幅值和/或相位来诊断辅助系统的状况。

[0049] 图4是示出“健康”和“不健康”频谱的示例性实施例的图解。根据实施例,健康辅助系统(即,正常运行的辅助系统)的频谱410具有绝对幅值和相对幅值的三个频率分量,如图4中所示。不健康发动机(即,由于某种退化或故障而不能正常运行的辅助系统)的频谱420具有三个频率分量,所述三个频率分量与在健康发动机的频谱410中处于相同位置。然而,根据实施例,一个频率分量421(例如,半阶分量)的振幅失真(例如,振幅增大),并且另一个频率分量423(例如,二阶分量)的振幅也失真(例如,振幅减小)。频谱420中的失真频率分量421和423指示不健康的辅助系统。此外,失真频率分量相对于不健康辅助系统的频谱420中的其他频率分量而言的特定特性(例如,振幅)可指示特定类型的退化或故障。另外,相对于辅助系统的参考部件而言的半阶分量的相位可用来将问题隔离到所述辅助系统的特定部件。

[0050] 退化部件可能使得辅助系统的运行效率较低。此外,退化部件的状况可能加速可能增大严重的辅助系统故障和道路故障的可能性的部件的退化。诊断可包括对退化的警告以及退化辅助系统部件的类型和/或位置的指示。

[0051] 图5是控制器150中的诊断逻辑(diagnostic logic)510如何能够检测出直流链路参数的频谱中不健康状况的实施例的图解。例如,可由诊断逻辑510将半阶分量421与阈值水平T进行比较。如果分量421的幅值超过阈值水平T,那么诊断逻辑510确定辅助系统中已出现退化。此外,如果诊断逻辑510确定半阶分量与一阶分量422的比超过第二阈值水平,并且一阶分量与二阶分量423的比超过第三阈值水平,那么诊断逻辑510将退化隔离到特定辅助系统部件。根据实施例,诊断逻辑包括由处理器152所执行的计算机可执行指令。根据实施例,半阶分量与直流分量或零阶分量的比可指示辅助设备问题。此外,阈值水平T可取决于辅助设备的运行条件,例如功率、速度、环境条件、修复历史等。

[0052] 可诊断、区分并隔离的辅助系统退化或故障的类型可包括例如,失衡散热器风扇、故障压缩机和退化牵引电机。一旦诊断出退化或故障,就可采取行动。此类行动可包括例如,将警告信号提供给操作员(例如,通过显示器180),调整辅助系统运行参数(例如,降低辅助系统功率、关闭辅助系统的一部分、关闭整个辅助系统),记录维护行动,和将所诊断的状况传送到中央位置(例如,通过通信系统190)。

[0053] 图6是如何将退化隔离到特定辅助系统的示例性实施例的图解。频谱的在FFT过程(process)或带通滤波过程之外的特定频率分量由控制器150的锁相环(PLL)过程610来追

踪(在频率中)。由于运行条件(例如,压缩机速度,散热器风扇速度,发动机速度等)的变化,频率分量可能来回移动。根据实施例,特定辅助系统(例如,散热器风扇143)的运行条件、状态或模式(例如速度)可以由控制器150来改变。如果特定频率分量根据特定辅助系统的不同运行条件、状态或模式而变化(如由PLL过程所追踪),那么所述特定频率分量与所述特定辅助系统相关联。可将所追踪的PLL过程之外的频率分量的振幅和/或相位与一个或多个阈值进行比较,以诊断所隔离辅助系统内的特定问题(例如,特定的退化部件)。

[0054] 根据实施例,持续追踪直流链路电压(或直流链路电流)的频谱的多个频率分量并使其与特定辅助设备相关联。如果特定频率分量不与特定辅助系统相关联,那么可改变发动机110的条件、状态或运行条件(例如,速度),以确定所述特定频率分量是否与所述发动机相关联。以此方式,可在发动机退化与辅助设备退化之间进行区分。根据实施例,各个辅助系统将反馈提供给控制器150(通过传感器指示器),以使得所述控制器获悉哪个辅助系统的哪个条件正在改变。

[0055] 因此,如果直流链路电压的频谱中突然出现特定频率分量,那么可采用本说明书中所述的技术来将所述频率分量隔离到发动机或辅助设备。如果排除了发动机,那么可进一步采用本说明书中所述的技术来隔离到特定辅助系统,并且最终隔离到特定辅助系统的特定问题。例如,通过改变发动机速度排除直流链路电压的频谱中突然出现的对应于发动机的12Hz频率分量。由控制器150相继改变散热器风扇143、压缩机142、鼓风机141和牵引电机130的运行状态,直到最后将12Hz分量隔离到牵引电机130。然后将12Hz分量的振幅与若干阈值进行比较并且确定牵引电机130可能不久就会发生严重故障。因此,关闭牵引电机130。

[0056] 再次参考图2,可将各种机械驱动的辅助设备144可操作地联接到发动机110的旋转轴111。此类机械驱动设备的实例可包括泵和发动机冷却系统。根据实施例,测量发动机110的旋转轴速度(例如,通过速度传感器160),并且控制器150基于所述轴速度的频谱来诊断辅助设备的状况。

[0057] 此外,傅里叶变换过程310或带通滤波过程320可用于确定轴速度的频谱。对于间歇性运行的辅助系统来说,可以使用如短时傅里叶变换或小波变换的时频分析技术。控制器150配置用于分析频谱的一个或多个分量,隔离到联接到旋转轴111的特定辅助系统,并且诊断所述特定辅助系统的状况。根据实施例,在诊断辅助设备之前,首先可以将发动机110或任意辅助设备驱动到指定的运行条件、状态或模式。例如,如果在诊断过程中,发动机所生成的频率与辅助设备所产生的频率相同或非常接近,那么可以改变所述发动机、辅助设备或二者的运行模式/频率,以提供频率分离。此分离可在诊断时间内执行。

[0058] 同样,图6是如何将退化隔离到特定辅助系统的示例性实施例的图解。频谱的在FFT过程或带通滤波过程之外的特定频率分量由控制器150的锁相环(PLL)过程610来追踪(在频率中)。根据实施例,可由控制器150来改变特定辅助系统(例如,泵)的运行条件、状态或模式(例如,压力)。如果特定频率分量根据特定辅助系统的不同运行条件、状态或模式而变化(如由PLL过程所追踪),那么所述特定频率分量与所述特定辅助系统相关联。可将所追踪的频率分量的振幅和/或相位与一个或多个阈值进行比较,以诊断所隔离的辅助系统的特定问题。

[0059] 根据实施例,持续追踪轴速度的频谱的多个频率分量并将其与联接到轴111的特

定辅助设备相关联。根据实施例,各个辅助系统将反馈提供给控制器150,以使得所述控制器150获悉哪个辅助系统的哪个条件正在改变。因此,如果速度信号的频谱中突然出现特定频率分量,那么可采用本说明书中所述的技术来将所述频率分量隔离到所述辅助系统,并且最终隔离到特定辅助系统的特定问题。

[0060] 根据实施例,控制器150可操作地例如,通过显示器180和通信系统190报告退化辅助设备状况。此外,根据实施例,控制器150包括配置用于基于所诊断的状况来调整辅助设备运行参数(例如,风扇速度)的指令。

[0061] 一个实施例包括具有控制器的测试工具箱,所述控制器可操作地基于随时间所测量的与发电机相关联的直流链路参数的频谱,来确定电联接到所述发电机的辅助设备的状况。所述测试工具箱可进一步包括用来感测与发电机相关联的直流链路参数(例如,电压或电流)的传感器。所述控制器可进一步操作以与传感器进行通信,以便随时间对直流链路参数进行采样并且提取所述直流链路参数的频谱。

[0062] 另一个实施例包括具有控制器的测试工具箱,所述控制器可操作地基于随时间所测量的轴的速度的频谱,来确定可操作地联接到往复式发动机的旋转轴的辅助设备的状况。所述测试工具箱可进一步包括用来感测轴的速度的传感器。所述控制器可进一步操作以与速度传感器进行通信,以便随时间对速度进行采样并且提取所述速度的频谱。

[0063] 作为替代方案,代替采用PLL过程,直流链路电压(或直流链路电流)或速度信号可以由控制器150中的一组带通滤波器来处理,每个带通滤波器都被调谐到一特定频率,所述特定频率对应于特定条件下的运行。经滤波的信号的均方根(RMS)值(或所述经滤波的信号的某种其他组合,例如,平均值)提供辅助部件的健康状况(例如,通过将RMS值与确定的阈值进行比较)的指示。图7是如何使用一组已调谐带通滤波器710以及由控制器所提供的RMS过程720和比较仪过程730(例如,以计算机可执行指令的形式)来诊断辅助设备的状况的图解。

[0064] 同样,代替采用PLL过程,直流链路电压或速度信号可由FFT过程或带通滤波过程来处理,并且可由控制器来分析频谱中的图案,从而确定辅助设备的故障模式或退化。可通过预先了解特定辅助系统的运行基频来使频谱中的各种谐波与特定辅助设备相关联。例如,12Hz次谐波频率可与以24Hz基频运行的辅助系统相关联。

[0065] 速度信号的频谱和直流链路电压(或直流链路电流)的频谱二者都可用来诊断辅助设备的状况。本说明书中所述的各种技术可以特定方式来结合,使用速度信号和直流链路信号二者来从发动机中辨别、隔离到特定辅助系统,并且进一步隔离到所述辅助系统的特定部件。

[0066] 现提供本说明书中所述的系统和方法的应用的其他实例。所述实例阐明用于基于直流链路数据和/或发动机速度数据的频谱来诊断和在辅助系统退化的不同类型之间进行区分的各种方法。

[0067] 在一个实施例中,可基于频谱特征(frequency content signature)来检测退化辅助系统,所述频谱特征例如为大于半阶阈值的半阶频率分量的幅值。在替代实施例中,可在频率范围内对频谱的幅值进行积分,并且可基于积分大于积分阈值来检测辅助系统的退化部件。

[0068] 在辅助系统的其他部件更健康(或较少地退化)的情况下,对一个退化部件的检测

与所述辅助系统的多个部件都退化时相比具有更清楚的频谱特征。例如,可通过将半阶频率分量的幅值与半阶幅值阈值进行比较来识别一个退化部件的频谱特征。然而,多个退化部件与单个退化部件可具有不同的频率分量特征。此外,多个退化部件在运行顺序次序中的位置可改变频谱特征。例如,180° 异相的两个退化部件与连续的运行顺序次序中的两个退化部件可具有不同的频率分量特征,因此本说明书所公开的方法可基于频谱特征的各种变化来识别一个或多个退化部件。此外,可能有益的是,通过记录在不同频率和运行条件下的频谱来生成健康辅助系统的频谱特征。在一个实施例中,可将辅助系统的频谱与健康辅助系统的频谱特征进行比较。例如,通过控制器可识别并报告不匹配健康辅助系统的频谱特征的异常情况或一个不同的退化辅助系统部件。

[0069] 在一个实施例中,时域直流链路数据可由具有稍微大于一阶频率的截止频率的低通滤波器来过滤。例如,截止频率可以比一阶频率大百分之十到百分之二十。因此,在一个实施例中,截止频率可由发动机速度来确定。可以大于或等于奈奎斯特速率(Nyquist rate)的频率及时地对直流链路数据进行采样。在一个实施例中,可以比发动机一阶频率(或辅助系统的一阶频率)大两倍的频率对时域信号进行采样。在一个实施例中,可以比发动机红线频率(red-line frequency)大两倍的频率对时域信号进行采样。因此,通过以大于或等于奈奎斯特速率的频率进行低通滤波和采样,可以使直流链路数据的频谱不混叠。同样的方法可应用于发动机的速度数据。

[0070] 如本说明书中所论述,可变换所采样的直流链路数据(例如,直流链路电压、直流链路电流)和/或发动机速度数据以生成频域频谱。在一个实施例中,可使用快速傅里叶变换来生成频域频谱。在一个实施例中,可应用相关算法来将直流链路数据和/或发动机速度数据的频谱与辅助系统的状况的特征进行比较。例如,健康辅助系统的特征可包括在一阶频率下具有低于一阶阈值的幅值的频谱和在半阶频率下具有低于半阶阈值的幅值的频谱。一阶阈值可对应于辅助系统的运行状态。

[0071] 例如,历史辅助系统数据可存储在包括来自所述辅助系统早期运行的频谱的样品数据库中。因此,可检测到频谱的趋向并且所述趋向可用来确定辅助系统的健康状况。例如,在给定散热器风扇速度和负载的半阶分量下的增大幅值可指示散热器风扇正在退化。

[0072] 在一个实施例中,直流链路数据和/或发动机速度数据的频谱可存储在包括历史辅助设备数据的数据库中。例如,所述数据库可存储在控制器150的存储器154中。作为另一实例,所述数据库可存储在远离轨道车辆106的场地处。例如,历史数据可封装在消息中并且使用通信系统190来传送。以此方式,命令中心可实时监测辅助设备的健康状况。例如,命令中心可执行步骤,以使用通信系统190所发送的直流链路数据和/或发动机速度数据来诊断辅助设备的状况。例如,命令中心可接收来自轨道车辆106的直流链路电压数据,对所述直流链路电压数据进行频率变换,将相关算法应用于经变换的数据,并且诊断辅助系统的可能退化。此外,命令中心可以优化资本投资的方式安排维护并且部署健康的机车和维护人员。历史数据可进一步用来在设备维修、设备改造和设备部件更换(change-out)之前或之后评估辅助设备的健康状况。

[0073] 在一个实施例中,可通过显示器180将潜在故障报告给机车操作人员,并且操作员可调整轨道车辆106的运行以降低进一步退化的可能性。在一个实施例中,可使用通信系统190将指示潜在故障的消息传送到命令中心。此外,还可报告潜在故障的严重程度。例如,基

于直流链路数据和/或发动机速度数据的频谱来诊断故障可允许比仅使用平均辅助系统信息诊断出故障更早地检测到所述故障。因此,当在退化早期诊断出潜在故障时,辅助系统可继续运行。与此相反,如果诊断到的潜在故障严重,那么可能需要停止辅助系统或安排即时维护。在一个实施例中,可根据阈值与直流链路数据和/或速度数据的频谱的一个或多个分量的幅值之间的差来确定潜在故障的严重程度。

[0074] 通过分析直流链路数据和/或发动机速度数据的频谱,也许可能在运行过程中监测并且诊断辅助设备。此外,可调整具有退化部件的辅助系统的运行,以潜在地降低所述部件的额外退化并且潜在地降低额外辅助系统故障和使用中故障的可能性。例如,可将半阶分量与半阶阈值进行比较。在一个实施例中,如果半阶分量的幅值大于半阶阈值,那么潜在故障可能是第一退化部件。然而,如果半阶分量的幅值不大于半阶阈值,那么潜在故障可能是第二退化部件。

[0075] 在一个实施例中,可通过显示器180将潜在故障报告给机车操作人员,并且操作员可调整轨道车辆106的运行以降低进一步退化的可能性。在一个实施例中,可使用通信系统190将诊断潜在故障的消息传送到命令中心。

[0076] 在一个实例中,可针对辅助系统的每个失效部件来监测直流链路数据和/或速度数据的半阶频率分量。当半阶频率分量在所述部件失效时下降到半阶阈值以下时,所述部件可能退化。当半阶频率分量在所述部件失效时保持在半阶阈值以上时,所述部件可能是健康部件。换句话说,退化部件可能是与其他辅助系统部件相比在半阶频率分量下促成更高频谱量的部件。在一个实施例中,可在辅助系统在闲置或低负载下运行时执行选择性失效诊断。

[0077] 与其让退化部件以可能对辅助系统造成额外损害的方式发生故障,不如关掉所述辅助系统。在一个实施例中,可确定以下阈值,所述阈值指示辅助系统持续运行可能是不可取的,因为潜在故障很严重。例如,如果半阶频率分量超过一定阈值,那么可将潜在故障判断为严重。如果潜在故障的严重程度超过所述阈值,那么可停止辅助系统。

[0078] 例如,可如由通过通信系统190所发送的消息来发送安排维修的请求。此外,通过发送潜在故障状况和潜在故障的严重程度,可减少轨道车辆106的停机时间。例如,当潜在故障的严重程度较低时,可推迟对轨道车辆106的维修。可通过降低辅助系统的功率,如通过基于所诊断的状况来调整辅助系统运行参数而进一步减少停机时间。可以确定是否允许降低辅助系统的额定值。例如,降低辅助系统的功率可减小直流链路数据的频谱的一个或多个分量的幅值。

[0079] 在一个实施例中,测试工具箱可用来识别直流链路数据和/或发动机速度数据的频谱,并且基于所述数据的频谱来诊断辅助设备的状况。例如,测试工具箱可包括控制器,所述控制器可操作地与一个或多个直流链路传感器和/或发动机速度传感器进行通信,并且可操作地对相关联的数据进行采样。所述控制器可进一步操作以将来自所述一个或多个传感器的信号变换成表示辅助设备的频率信息的频谱。所述控制器可进一步操作以基于来自所述传感器的发电机数据的频谱来诊断辅助设备的状况。所述测试工具箱可进一步包括用于感测直流链路参数(例如,直流链路电压)和/或发动机参数(例如,发动机速度)的一个或多个传感器。

[0080] 在本说明书和权利要求中将参考具有以下含义的许多术语。除非上下文明确另作

规定,否则单数形式“一个”、“一种”和“所述”包括复数参考。本说明书中和权利要求书中所用的近似语言可用于修饰任何定量表示,这些定量表示能够在许可范围内变动,而不改变相关的基本功能。因此,由术语如“约”修饰的值并不限于所指定的精确值。在一些情况下,近似语言可能与用于测量值的仪器的精度对应。类似地,“不含(free)”可与术语结合使用并且可以包括非真实数目或微量,尽管仍然被认为不含所修饰的术语。另外,除非上下文另外明确指出,否则术语“第一”、“第二”等的使用不表示任何次序或重要性,而是使用术语“第一”、“第二”等来区分一个元件与另一个元件。

[0081] 如本说明书中所使用,术语“可以”和“可为”表明在环境集合内事件发生的可能性;拥有指定特性、特征或功能的可能性;和/或通过表述功能、能力或与限定动词相关联的可能性中之一或多个来限定另一动词。因此,使用“可以”和“可为”指明,所修饰的术语明显适合用于、能够用于或合适用于经指明的能力、功能或用途,同时考虑的是,在一些情况下,所修饰的术语有时可能并不适当、能用或合适。例如,在一些情况下,某个事件或能力可以预期发生,而在其他情况下,所述事件或能力无法发生,这种差别通过术语“可以”和“可为”实现。术语“发电机”和“交流发电机”在本说明书中交替使用(然而,应了解的是,根据不同的应用,一个术语或另一个术语可能更恰当)。术语“频谱”和“谐波含量”在本说明书中交替使用,并且可以指示基频(和/或相位)分量以及在基波分量之上和之下的相关联谐波频率(和/或相位)分量。如本说明书关于控制器或处理器所使用的术语“指令”可以是指计算机可执行指令。

[0082] 本说明书所述的实施例是具有与本发明在权利要求书中所列举的要素对应的要素的物品、系统和方法的实例。本说明书可使所属领域的技术人员能够制造并使用具有同样与本发明在权利要求书中所列举的要素对应的替代要素的实施例。因此,本发明的范围包括与权利要求书的字面意义相同的物品、系统和方法,并且进一步包括与权利要求书的字面意义无实质差别的其他物品、系统和方法。虽然本说明书仅对某些特征和实施例进行阐明和描述,但是相关领域的一般技术人员可能会想到许多修改和变化。

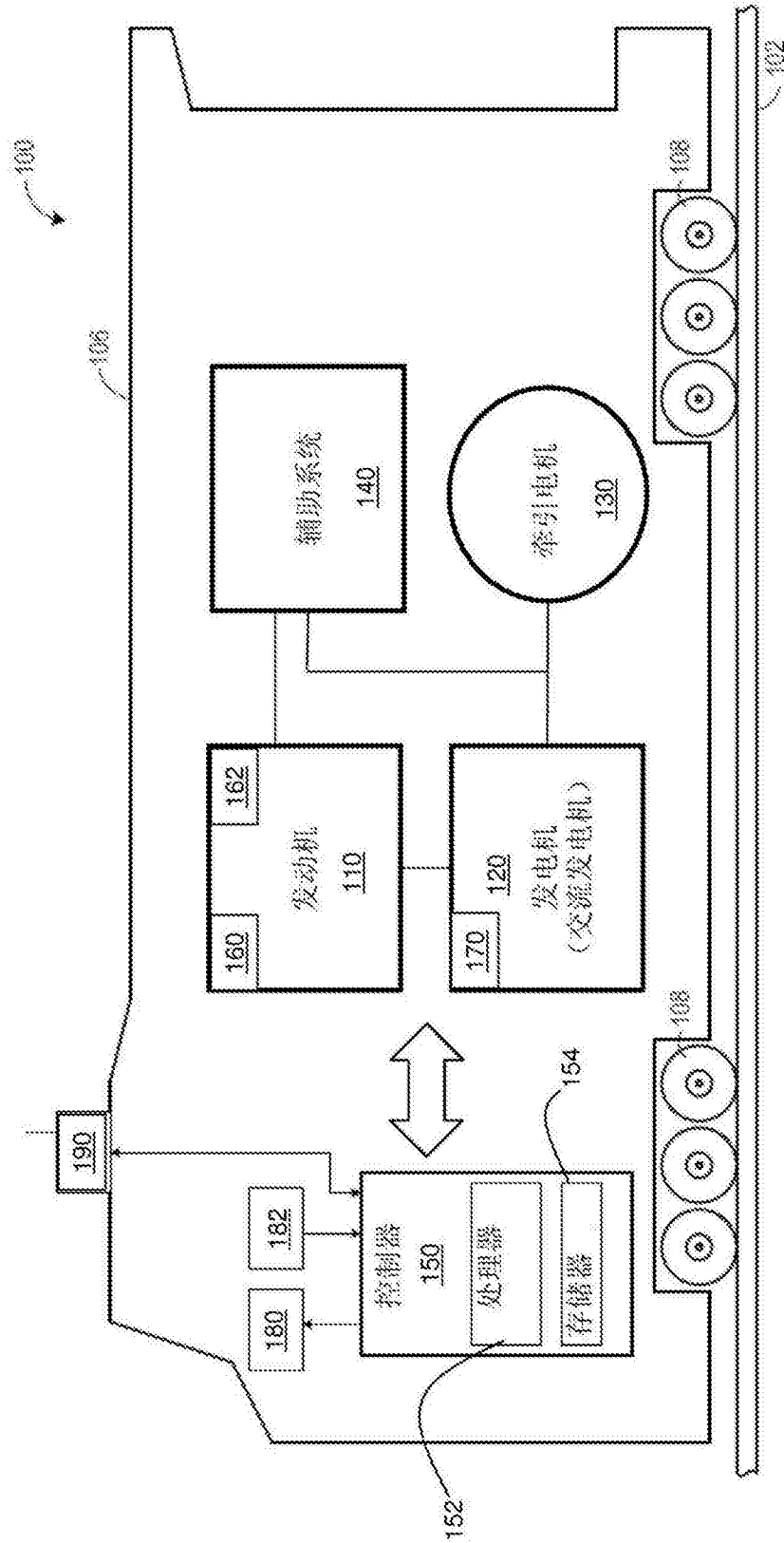


图1

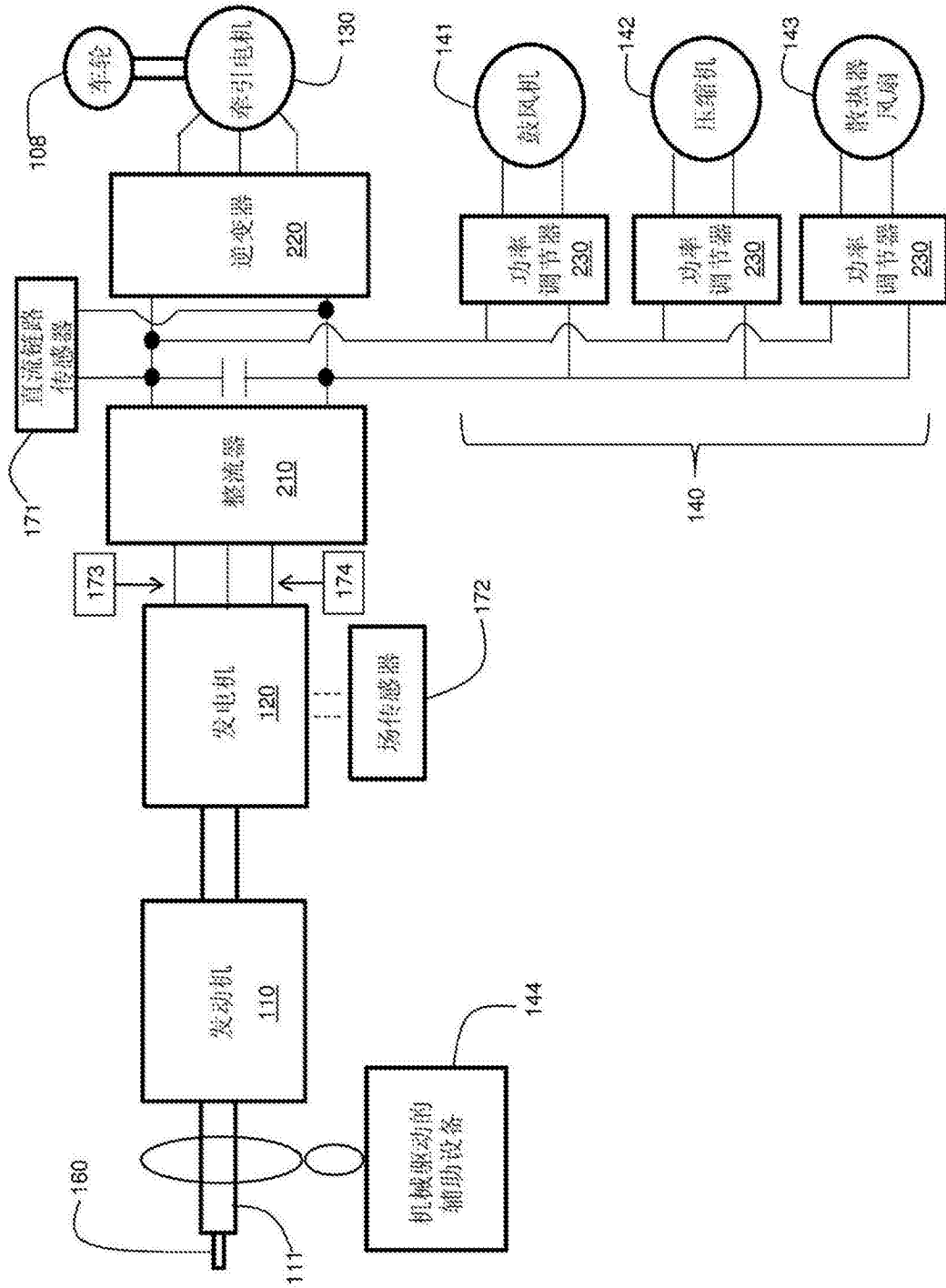


图2

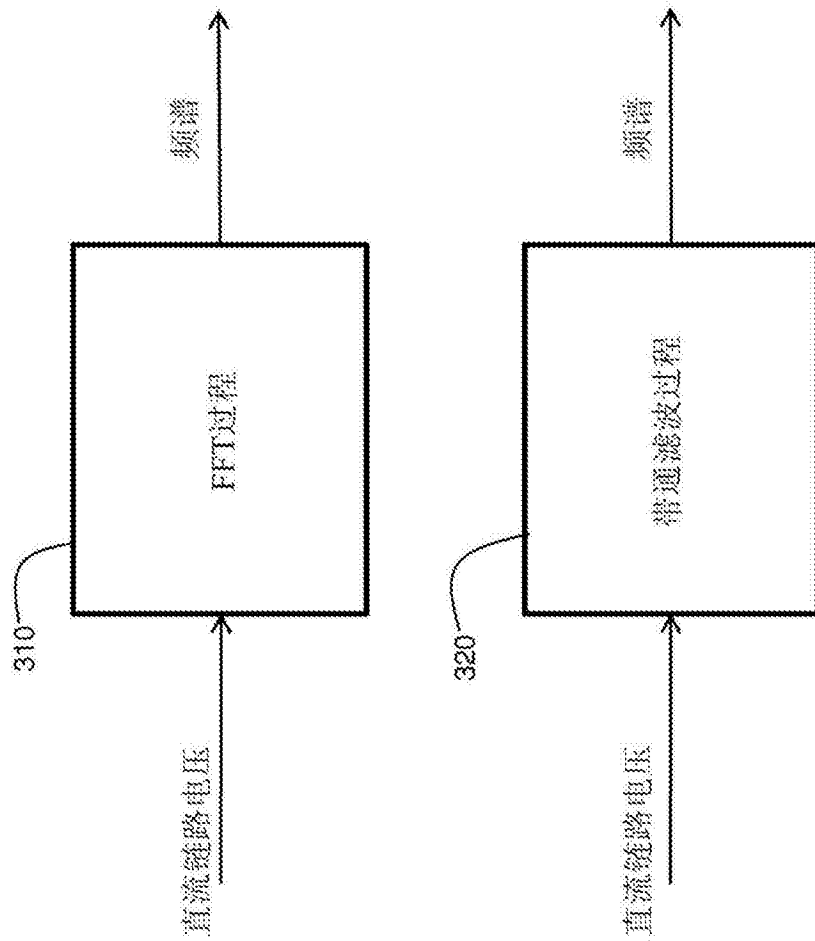


图3

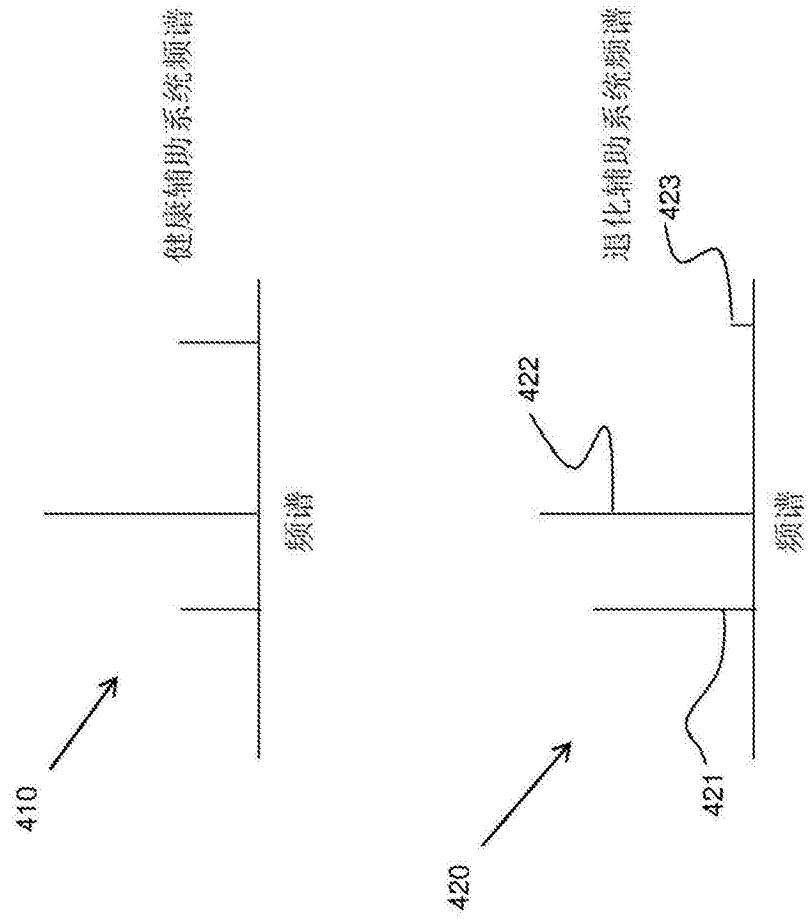


图4

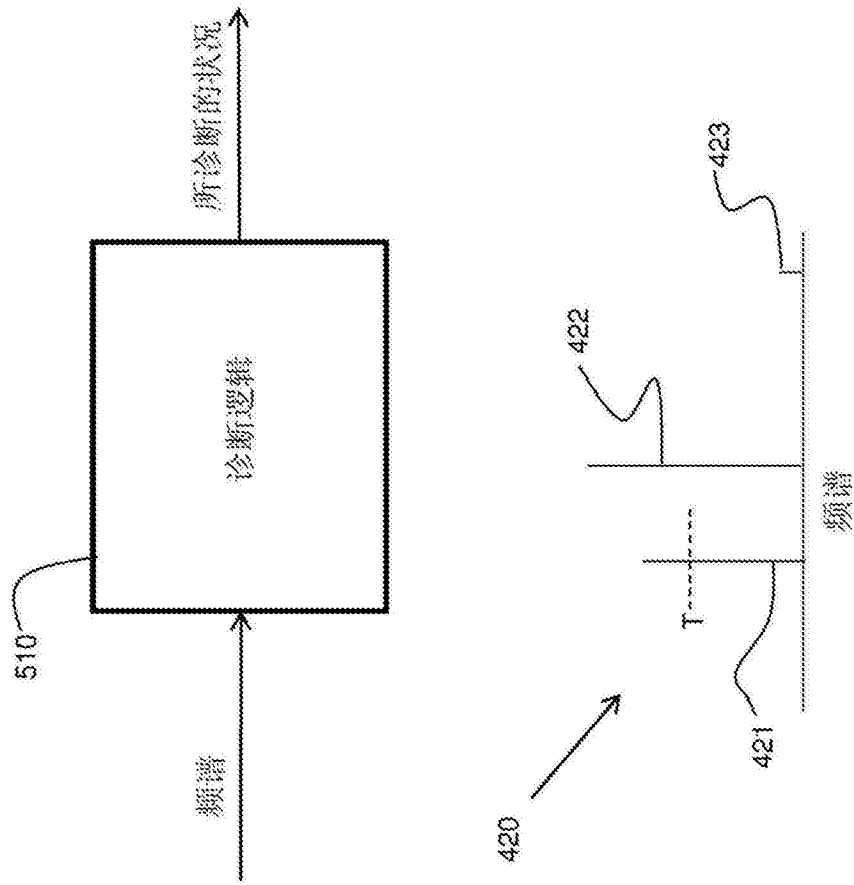


图5

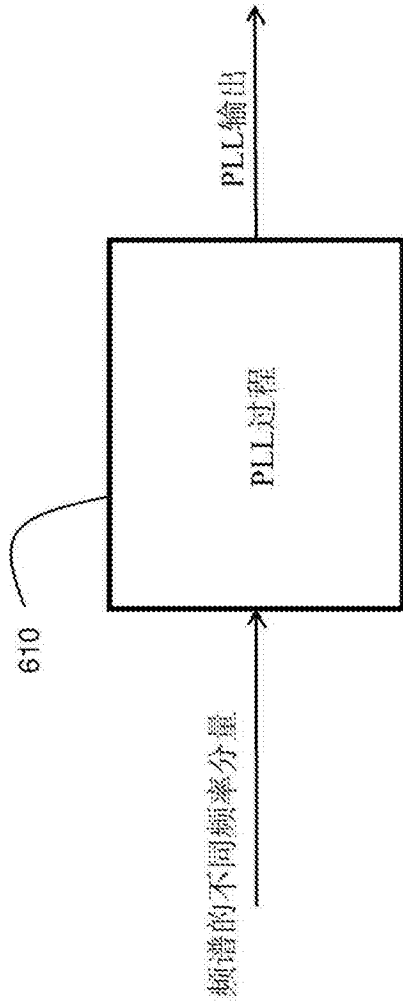


图6

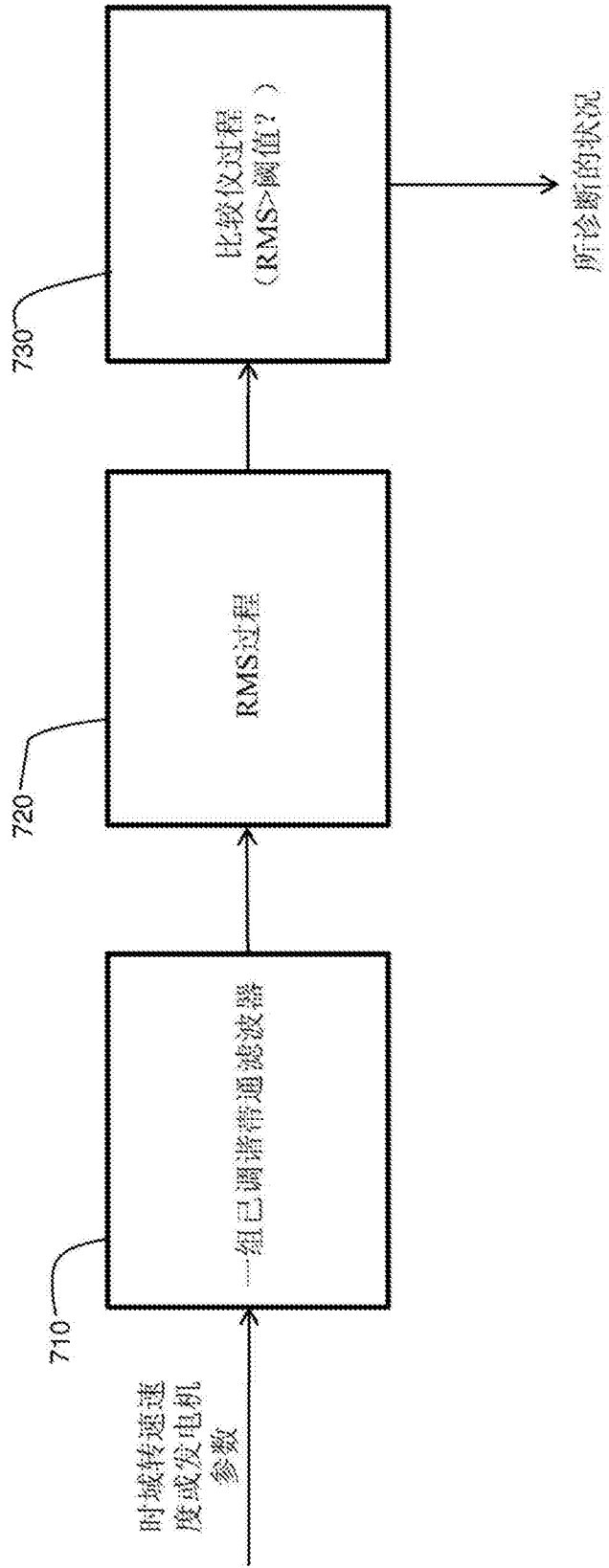


图7