



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102953833 B

(45)授权公告日 2016.12.21

(21)申请号 201210303337.0

(22)申请日 2012.08.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 102953833 A

(43)申请公布日 2013.03.06

(30)优先权数据
13/216571 2011.08.24 US

(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 K.W.威尔克斯 R.S.罗森

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 李强 严志军

(51)Int.Cl.

F02C 9/00(2006.01)

G06F 17/50(2006.01)

(56)对比文件

- US 7742904 B2, 2010.06.22,
- US 2004/0102890 A1, 2004.05.27,
- US 2008/0177505 A1, 2008.07.30,
- US 2008/0178600 A1, 2008.07.31,
- JP 特开2009-68359 A, 2009.04.02,
- CN 101364084 A, 2009.02.11,
- CN 101230803 A, 2008.07.30,

审查员 王君宇

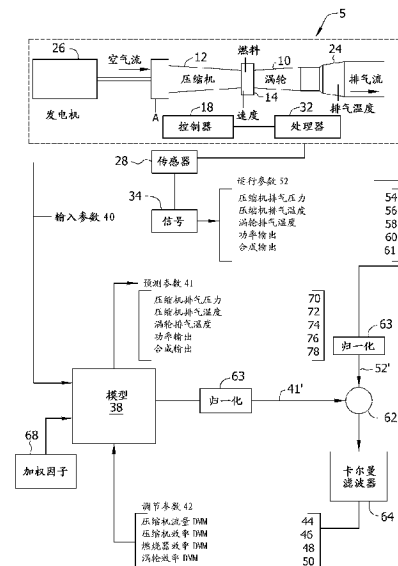
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

用自适应卡尔曼滤波器进行燃气轮机建模的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及用自适应卡尔曼滤波器进行燃气轮机建模的方法和系统。一种用于对燃气轮机组件(5)建模的系统和方法包括构造成测量涡轮组件(5)的多个运行参数(52)的多个传感器(28)。该系统进一步包括构造成比较多个运行参数(52)与多个预测参数(41)以确定差异值(62)的模型(38)。系统的卡尔曼滤波器(64)构造成评估差异值(62),以有利于调节模型(38)。卡尔曼滤波器(64)进一步构造成适应多个运行参数(52)中的缺失的运行参数(52),以有利于调整模型(38)。



1. 一种用于对燃气轮机组件(5)建模的方法,包括:
 提供控制器,所述控制器包括构造为调节所述燃气轮机组件的运行模型(38);
 使用所述燃气轮机组件(5)的所述模型来产生多个预测运行参数(41);
 在所述燃气轮机组件(5)的运行期间,使用多个传感器来感测多个感测运行参数;
 确定多个感测运行参数和所述多个预测运行参数(41)之间的差异值;
 确定所述多个感测运行参数中的缺失的感测运行参数和错误的感测运行参数中的至少一个,并且基于所述缺失的感测运行参数和所述错误的感测运行参数中的所述至少一个来产生合成输出参数;

构造连接到所述控制器的卡尔曼滤波器(64),以基于所述合成输出参数来产生调节参数(42);以及

对所述模型(38)应用所述调节参数(42),以有利于在所述燃气轮机组件(5)的运行期间,调节所述燃气轮机组件的所述模型。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,为了产生所述调节参数(42),产生压缩机流量、压缩机效率、涡轮效率和燃烧器效率中的至少一个。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,测量包括压缩机出口压力、压缩机出口温度和涡轮排气温度中的至少一个的所述多个感测运行参数(52)。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述卡尔曼滤波器进一步构造成产生所述压缩机流量、所述压缩机效率、所述涡轮效率和所述燃烧器效率中的至少两个之间的加权比。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述卡尔曼滤波器进一步构造成产生燃烧器效率和涡轮效率之间的加权比。

6. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述加权比的特征在于以下等式:

$$\left[\frac{x_1}{R_1} \phi + \frac{x_2}{R_2} (1 - \phi) \right] \cdot G = G$$

其中:

x_1 = 涡轮效率DMM;

R_1 = 基准涡轮效率DMM;

x_2 = 燃烧器效率DMM;

R_2 = 基准燃烧器效率DMM;

ϕ = 加权因子;以及

G = 增益。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,为了确定所述加权比,所述加权因子包括为0.0的值。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,使用所述模型(38)来调节所述燃气轮机组件(5)的燃烧器。

9. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,为了确定所述加权比,所述加权因子包括为1.0的值。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,通过所述模型(38)来调节所述燃气轮机

组件(5)的涡轮(10)。

用自适应卡尔曼滤波器进行燃气轮机建模的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及用于燃气轮机的控制系统,并且更具体而言,涉及在运行参数不可用或错误时,在控制系统中调节燃气轮机的模型的方法和系统。

背景技术

[0002] 至少一些已知的燃气轮机包括监测和控制它们的运行的控制器。控制器管理燃气轮机的燃烧系统和燃气轮机的其它运行方面,并且典型地执行调节控制输入的调度算法,以有利于燃气轮机安全且高效地运行。

[0003] 燃气轮机控制器典型地接收实测运行参数和期望的运行设置的输入值,它们结合调度算法来确定关于控制参数的设置,以实现期望的运行。实测运行参数可包括压缩机入口压力和温度、压缩机出口压力和温度、涡轮排气温度和发电机功率输出。期望的运行设置可包括发电机功率输出和排气能量。典型的控制参数包括燃料流量、燃烧器燃料分流、导叶位置,以及进气热流。调度算法可使燃气轮机以期望的状态运行,诸如以期望的功率输出水平运行,以及/或者在限定的排放极限内运行。

[0004] 至少一些已知的控制器包括卡尔曼(Kalman)滤波器,以使实测燃气轮机性能数据与来自燃气轮机循环模型的预测性能一致。用于燃气轮机的已知的滤波器构造需要关于至少压缩机出口压力和温度、涡轮排气温度和净轴输出功率的实测数据参数。当实测参数中的一个不可用或错误时,数据一致化可为困难的。例如,净轴功率可能在其中涡轮轴驱动多个构件(即,其中蒸汽轮机和燃气轮机联接到同一轴上)的燃气轮机中不可用或者难以测量。这个构造可使得难以量化燃气轮机和蒸汽轮机的功率贡献。当燃气轮机轴功率的度量不可用作滤波器的输入时,滤波器可能欠约束,或者滤波器可能不那么有效地使实测燃气轮机性能数据一致。

发明内容

[0005] 在一方面,提供一种用于对燃气轮机建模的方法。该方法包括使用燃气轮机组件的模型来产生多个预测运行参数,以及在燃气轮机组件的运行期间,感测多个运行参数。该方法还包括确定多个实测运行参数和多个预测运行参数之间的差异值。确定多个感测运行参数中的缺失的感测运行参数和错误的感测运行参数中的至少一个,以及基于缺失的感测运行参数和错误的感测运行参数中的该至少一个来产生合成输出参数。另外,该方法包括基于合成输出参数来构造卡尔曼滤波器,以产生调节参数。对模型应用调节参数,以有利于在燃气轮机组件的运行期间,调节涡轮组件的模型。

[0006] 在另一方面,提供一种用于对燃气轮机建模的方法。该方法包括使用燃气轮机组件的模型来产生多个预测运行参数。另外,该方法包括在燃气轮机组件的运行期间,感测多个运行参数,多个预测运行参数包括在燃气轮机组件的运行期间涡轮组件的压缩机出口压力、压缩机出口温度和涡轮排气温度中的至少一个。该方法还包括确定多个实测运行参数和多个预测运行参数之间的差异值。确定多个感测运行参数中的缺失的感测运行参数和错

误的感测运行参数中的至少一个,以及基于缺失的感测运行参数和错误的感测运行参数中的至少一个来产生合成输出参数。另外,该方法包括基于合成输出参数来构造卡尔曼滤波器,以产生调节参数。对模型应用调节参数,以有利于在燃气轮机组件的运行期间,调节涡轮机组件的模型。

[0007] 另外,在另一方面,提供一种用于运行燃气轮机组件的控制和建模系统。该系统包括构造成测量燃气轮机组件的多个运行参数的多个传感器。该系统进一步包括联接到多个传感器上、用于接收指示实测运行参数的多个信号的控制器的控制器,控制器包括构造成调整燃气轮机组件的运行模型。该模型包括存储在其中的多个预测参数,以用于通过比较多个预测参数与多个实测运行参数来确定多个预测参数和多个运行参数之间的至少一个差异值。模型构造成确定多个感测运行参数中的缺失的感测运行参数和错误的感测运行参数中的至少一个,以及产生合成输出参数。该系统还包括联接到控制器上的卡尔曼滤波器。卡尔曼滤波器构造成通过产生调节参数来适应关于多个运行参数中的缺失的运行参数和错误的运行参数中的至少一个的合成输出参数。卡尔曼滤波器还构造成对模型应用调节参数,以有利于调整运行模型。

附图说明

[0008] 图1是包括示例性控制系统的示例性燃气轮机的示意图。

[0009] 图2是图1中显示的燃气轮机和用于图1中显示的控制系统的模型和卡尔曼滤波器的框图。

[0010] 图3是应用于图2中显示的卡尔曼滤波器的加权因子的图形表示。

[0011] 图4是对图1的燃气轮机建模的示例性方法的流程图。

[0012] 部件列表

[0013] 5燃气轮机组件

[0014] 10涡轮

[0015] 12压缩机

[0016] 14燃烧器

[0017] 18控制器

[0018] 20入口管道

[0019] 22导叶

[0020] 24排气管道

[0021] 26发电机

[0022] 28传感器

[0023] 32处理器

[0024] 34信号

[0025] 38模型

[0026] 40输入参数

[0027] 41预测参数

[0028] 41'归一化预测参数

[0029] 42调节参数

- [0030] 44压缩机流量DMM
- [0031] 46压缩机效率DMM
- [0032] 48燃烧器效率DMM
- [0033] 50涡轮效率DMM
- [0034] 52运行参数
- [0035] 52'归一化输出参数
- [0036] 54压缩机出口压力
- [0037] 56压缩机出口温度
- [0038] 58涡轮排气温度
- [0039] 60净轴功率
- [0040] 61合成输出参数
- [0041] 62差异值
- [0042] 63归一化参数
- [0043] 64卡尔曼滤波器
- [0044] 66修正参数
- [0045] 68加权参数
- [0046] 78合成输出参数
- [0047] 400调节涡轮组件的方法
- [0048] 405通过燃气轮机的模型来产生多个预测参数
- [0049] 410产生待测量的运行参数
- [0050] 415使所述多个预测参数与待测量的多个运行参数相互关联
- [0051] 420在所述燃气轮机的运行期间测量所述多个运行参数
- [0052] 425比较运行参数与预测参数
- [0053] 430确定所述多个实测运行参数和所述多个预测参数之间的差异值
- [0054] 435接收指示差异信号的输入信号
- [0055] 440通过对所述模型应用差异值来构造所述模型的卡尔曼滤波器,以确定修正参数
- [0056] 445产生性能乘数
- [0057] 450通过使用等式阵列来计算性能乘数
- [0058] 455优化乘数,以有利于最大程度地减小预测参数和运行参数之间的差异
- [0059] 460将所述卡尔曼滤波器构造成适应所述多个运行参数中的缺失的运行参数,以产生关于所述缺失的运行参数的调节参数
- [0060] 465应用所述修正参数和调节参数,以有利于调节所述燃气轮机的所述模型。

具体实施方式

[0061] 本文描述的实施例包括使用自适应燃气轮机模型来预测燃气轮机的某些运行参数的示例性控制系统和方法。模型包括使得能够用燃气轮机的至少两个构件之间的性能约束来代替缺失的数据的方法。在该示例性实施例中,系统还适应与实测轴输出功率有关的数据的缺乏,以使得能够调整模型。但是,系统可适应与燃气轮机的任何运行参数有关的数

据的缺乏。

[0062] 图1示出了燃气轮机系统5的示意图。在该示例性实施例中,燃气轮机5包括涡轮10、压缩机12、燃烧器14和计算机控制器18。通往压缩机12的入口管道20对压缩机12馈送环境空气。入口管道20可包括导致流过入口20且进入到压缩机12的入口导叶22中的环境空气有压力损耗的多个管道、滤波器、滤网和/或吸声装置。排气管道24引导燃烧气体通过排放控制和吸声装置,该装置会对涡轮10引起背压。入口压力损耗和背压的量可随着时间的过去而改变,因为会对管道20和IGV 22添加/移除构件,或者由于灰尘和污垢堵塞入口管道20,以及/或者由于排气管道24的原因。在涡轮10驱动产生电功率的发电机26时,压缩机12的入口损耗和涡轮排气压力损耗往往是通过压缩机12的经修正的流量的函数。

[0063] 在该示例性实施例中,燃气轮机5的运行由若干个传感器28监测,传感器28检测涡轮10、发电机26和周围环境的多种可观测的状况。传感器28也可测量在不同的相对位置处的同一运行状况。例如,可使用成组的冗余的温度传感器28来监测环境温度、压缩机排出口温度、涡轮排气温度,以及通过燃气轮机5的气体流的其它温度度量。类似地,成组的其它冗余的压力传感器28监测环境压力,以及在压缩机入口和出口处、在涡轮排气口处、在流过燃气轮机5的气体流中的其它位置处的静态和动态压力水平。冗余的传感器28可包括(但不限于仅包括)流量传感器、速度传感器、火焰检测传感器、阀位置传感器、导叶角度传感器,或者可用来感测与燃气轮机5的运行有关的多种参数的任何其它装置。

[0064] 如本文所用,用语“参数”指的是可用来限定燃气轮机5的运行状况的运行方面,诸如(但不限于)在燃气轮机5中的限定位置处的温度、压力,以及气体流量。一些参数被测量(即感测),并且是直接已知的。其它参数通过模型来预测,并且是间接已知的。这样的参数起初由用户输入到控制器18。实测的、预测的和/或输入的参数有利于表示燃气轮机5的给定的运行状态。

[0065] 在该示例性实施例中,控制器18包括处理器32,处理器32至少部分地基于传感器28产生的传感器信号34以及基于用户提供的指令来选择性地执行用以控制燃气轮机5的运行的算法。控制器18所执行的程序可包括诸如通过调控通往燃烧器14的燃料流来控制燃气轮机5的运行的调度算法。控制器18所产生的命令可使燃气轮机5上的促动器(例如)调节联接在燃料供应和燃烧器之间的阀的相对位置,以选择性地调控引导到燃烧器的燃料流量、燃料分流和/或燃料类型;可产生其它命令,以调节入口导叶22的相对位置,以及/或者启动燃气轮机5上的其它控制设置。

[0066] 调度算法使得控制器18能够保持参数变量的输入,诸如当前压缩机压力比、环境比湿度、入口压力损耗和/或涡轮排气背压。控制器18执行算法以确保燃气轮机5以满足性能目标的极化运行,同时符合燃气轮机5的可操作性限制。

[0067] 图2是燃气轮机5和与控制器18一起使用以便以电子的方式实时对燃气轮机5的运行建模的模型38的框图。在该示例性实施例中,模型38包括平台,诸如(但不限于)基于物理学的气动热力学计算机模型、回归拟合模型和/或神经网络模型。备选地,可在本文中使用使得能够对燃气轮机5进行建模、操作和调节的任何适当的计算机模型构造。

[0068] 在该示例性实施例中,燃气轮机5具有若干个可观测的参数,其称为输入参数40,是模型38的主要输入。输入参数40包括这样的参数,诸如(但不限于)实测信号,诸如转子速度、入口导叶角、进气热流量、燃料流量、环境压力、温度和湿度。燃气轮机5进一步包括有利

于调整模型38的预测运行参数41。预测运行参数包括这样的参数,诸如(但不限于)压缩机排气压力、压缩机排气温度的、涡轮排气温度和净功率输出。燃气轮机5还包括感测运行参数52,感测运行参数52包括预测运行参数41的由传感器28得到的实际度量。另外,燃气轮机5包括调节参数42,调节参数42包括来自卡尔曼滤波器64的、用于有利于调整模型38的计算输出。卡尔曼滤波器64构造成比较预测运行参数41与感测运行参数52,以及计算待与输入参数40结合起来使用的调节参数42,以有利于调整模型38。

[0069] 在该示例性实施例中,模型38的调节参数42可包括这样的参数,诸如(但不限于)压缩机流数据匹配乘数(“DMM”)44、压缩机效率DMM 46、燃烧器效率DMM 48(或热消耗)和涡轮效率DMM 50。对应于多个调节参数42的数量和特定的参数可在不同的燃气轮机模型之间有所改变。另外,可在本文中使用的使得能够调整模型的任何适当的调节参数。此外,这样的调节参数42基于相互关联的输入参数40,使用已知的建模技术来确定燃气轮机5的建模运行。多个调节参数42使得能够调整模型38,使得模型预测参数41匹配运行参数52,从而使得能够维护和控制燃气轮机5。

[0070] 另外,在该示例性实施例中,运行参数52指示燃气轮机5的运行。具体而言,传感器28测量运行参数52,并且基于用于燃气轮机5的特定控制系统和可用的传感器28的类型来预先确定监测到的参数52。在该示例性实施例中,运行参数52包括这样的参数,诸如(但不限于)压缩机出口压力54、压缩机出口温度56、涡轮排气温度58和净轴功率60。这样的运行参数52以监测燃气轮机5的构件的传感器28的输出信号34为基础。多个冗余的传感器28可观测各个运行参数52。运行参数52包括提供燃气轮机5的实际运行的指示的任何参数。

[0071] 模型38基于预先确定的算法的执行来使多个感测运行参数52与多个调节参数42相互关联。例如,在该示例性实施例中,使压缩机出口压力54与压缩机流44相互关联,使压缩机出口温度56与压缩机效率46相互关联,并且使涡轮排气温度58与涡轮效率50相互关联。

[0072] 传感器28在燃气轮机5的运行期间测量多个运行参数52。模型38比较多个预测参数41与多个实测运行参数52。通过模型38来使预测参数41和实测运行参数52归一化63,以产生归一化建模或预测输出41'和归一化实测输出52'。比较这些归一化输出41'和52',以产生指示燃气轮机5的建模预测性能和燃气轮机5的实际运行的误差的至少一个差异信号62。在该示例性实施例中,至少一个差异信号62对应于各个预测参数41,并且可存在对应于用来测量特定的运行参数52的各个传感器28的差异信号。

[0073] 卡尔曼滤波器64接收差异信号62作为输入,并且产生有利于调整模型38的归一化调节参数42。在该示例性实施例中,卡尔曼滤波器64的自适应能力使其能够继续用差异信号62的减少的集合来调整模型38。为了自动地调整模型38,当差异信号62中的一个或多个不可用时,修改卡尔曼滤波器64,以考虑差异信号62的丢失。因此,当传感器28失效时,以及/或者当关于可观测的运行状况的调整输入数据不可用或错误时,燃气轮机5可继续运行,并且可自动地调整。

[0074] 具体而言,卡尔曼滤波器64使得在不存在关于感测运行参数52(诸如(但不限于)轴输出功率60)中的一个的感测数据时,能够使燃气轮机传感器数据一致。卡尔曼滤波器64适应实测轴输出功率60的缺乏,以使得能够调整模型38。更具体而言,在该示例性实施例中,模型38产生关于预测参数41的合成输出参数78来代替缺失的运行参数52,诸如例如,轴

功率输出60。具体而言,卡尔曼滤波器64响应于合成运行参数78来调节至少一个调节参数42。在该示例性实施例中,卡尔曼滤波器64使用在燃烧器效率48和涡轮效率50之间持续加权的可变平均值来调整或者调节参数42中的燃烧器效率48或者涡轮效率50。卡尔曼滤波器64可调整任何缺失的运行参数52,以使合成输出参数78与运行参数52的合成运行输出参数61一致,以有利于调节模型38。

[0075] 在该示例性实施例中,卡尔曼滤波器64处理四个独立的调节参数42(模型调整器)和四个依赖性的差异信号62(感测数据)。基于调节参数42和差异信号62,卡尔曼滤波器64编译等式矩阵,以产生与调节参数42和差异信号62有关的示例性解决方案。在实施例中,多个调节参数42包括压缩机流量数据匹配乘数DMM 44、压缩机效率DMM 46、燃烧器效率DMM 48(或热消耗)和涡轮效率DMM 50。差异信号62包括压缩机出口压力54、压缩机出口温度56、涡轮排气温度58和净轴输出功率60。备选地,多个调节参数42包括关于燃气轮机5的运行的任何建模方面,并且差异信号62包括燃气轮机5的实际运行的任何方面。

[0076] 如在本文中提到的那样,压缩机出口压力54与压缩机流量44相互关联,并且压缩机出口温度56与压缩机效率46相互关联。基于热消耗和涡轮效率的组合来确定涡轮排气温度58和轴功率输出60。在没有实测轴功率输出60的情况下,相关联的成分DMM中的一个固定的,而其它则有所改变,这可导致有无限可能的解决方案。为了补偿,卡尔曼滤波器64用加权因子68(在图3和等式1中显示为 ϕ)来改变燃烧器效率DMM 48和涡轮效率DMM 50。对加权因子68的确定可以许多因子为基础,但是在所有实施例中,选择加权因子68来为卡尔曼滤波器64的封闭式解决方案提供足够的约束。

[0077] 卡尔曼滤波器64用燃烧器效率DMM 48和涡轮效率DMM 50之间的依赖性来代替轴输出60。这两个调节参数42之间的线性加权在等式(1)中有例示

$$[0078] \quad \left[\frac{x_1}{R_1} \phi + \frac{x_2}{R_2} (1-\phi) \right] \cdot G = G \quad (1)$$

[0079] 其中:

[0080] x_1 =涡轮效率DMM 50;

[0081] R_1 =基准涡轮效率DMM;

[0082] x_2 =燃烧器效率DMM 48;

[0083] R_2 =基准燃烧器效率DMM;

[0084] ϕ =加权因子68;以及

[0085] G =增益。

[0086] 等式(1)包括关于燃烧器效率DMM48和涡轮效率DMM 50的基准值 R_1 、 R_2 ,其中加权因子68在等式(1)中表示为 ϕ 。基准值 R_1 和 R_2 是至少部分地基于特定燃气轮机5(在图1中显示)的运行特性和期望建模的预先确定的值。在该示例性实施例中,加权因子 ϕ 在0.0至1.0之间。加权因子 ϕ 限定用来将滤波器构造从全涡轮调整(=1.0)转换成全燃烧器调整(=0.0)的燃烧器/涡轮约束。例如,当 ϕ 等于0.5时,在燃气轮机5的运行期间调整涡轮和燃烧器两者。可安排或预先确定对加权因子 ϕ 的选择,但是一旦确定 ϕ ,卡尔曼滤波器64就用燃烧器效率48和涡轮效率50之间的依赖值来代替缺失的运行参数52(即,轴功率输出60),以产生

合成运行输出参数61。卡尔曼滤波器64产生和应用合成运行输出参数61来调节模型38,以使得能够在完全不知道轴功率输出60的情况下调整燃气轮机5。图3示出了针对不同的 ϕ 值在燃烧器效率48和涡轮效率50之间的示例性曲线关系。

[0087] 在实施例中,模型38所产生的合成运行输出参数78可由等式(1)的左边结合加权因子68表示。模型38使用合成运行输出参数61来代替缺失的或错误的实际运行参数52。控制器18进一步产生由等式(1)的呈常数G的形式的右边表示的基本相等的实测运行参数52。卡尔曼滤波器64计算调节参数42,以有利于最大程度地减小合成输出(等式(1)的左边)和实测参数(等式(1)的右边)之间的差异。

[0088] 图4示出了在运行循环期间调节燃气轮机的模型(例如燃气轮机5(在图2中显示)的模型38)的示例性方法400。在燃气轮机(例如燃气轮机5)的运行期间,模型38基于燃气轮机5的预先确定的运行特性来产生405预测运行参数41。模型38接收410调节参数,例如压缩机流量数据匹配乘数DMM 44、压缩机效率DMM 46、燃烧器效率DMM 48和涡轮效率DMM 50(在图2中显示),以有利于控制燃气轮机5。预测运行参数41和调节参数42使得模型38能够准确地评估和进行最后的调整。

[0089] 传感器(诸如传感器28(在图1和2中显示))在燃气轮机5的运行期间测量415多个运行参数52。作为响应,传感器28产生表示多个运行参数52的多个信号34。模型38确定420多个运行参数52和多个预测参数41之间的差异值62。模型38确定425多个感测运行参数52中的缺失的感测运行参数52和错误的感测运行参数52中的至少一个,并且基于缺失的感测运行参数52和错误的感测运行参数52中的该至少一个来产生合成输出参数,诸如参数78。

[0090] 使用卡尔曼滤波器(诸如卡尔曼滤波器64(显示图2))来定期地、自动地和实时地调整模型38。卡尔曼滤波器64使用合成输出来产生430应用于模型38的性能调节参数42,以有利于提高模型38的准确性。可使用数学等式阵列来计算调节参数42。卡尔曼滤波器对模型38应用435调节参数42,以有利于在燃气轮机5的运行期间调节模型38。在实施例中,卡尔曼滤波器64优化乘数调节参数42,以有利于最大程度地减小预测参数41和实测运行参数52之间的差异。

[0091] 模型38适应于燃气轮机5的变化的效率、流容量和其它参数。卡尔曼滤波器64所产生430的输出性能乘数使得模型38能够较好地匹配燃气轮机5的实测运行参数52。因而,卡尔曼滤波器64适应可用的传感器28的数量和可用的实测输出参数52的类型的变化。例如,当燃气轮机5的实测运行参数52(诸如轴功率输出60)不可用和/或错误时,卡尔曼滤波器64考虑实测运行参数52的丢失,以有利于调节模型38。

[0092] 本文描述的实施例提供一种燃气轮机控制系统,其通过将滤波器(诸如卡尔曼滤波器)构造成适应缺失的和/或错误的实测数据来使得能够在涡轮的长期运行期间针对燃气轮机中的变化进行自动的调节。模型对其它燃气轮机构件中的一个应用卡尔曼滤波器的数据一致化,或者使用加权因子作为从一个构造转换成另一个构造的手段,而不会在卡尔曼滤波器调节模型时打断计算过程。因此,本文描述的系统和方法用介于燃气轮机构件中的至少两个之间的性能约束来代替缺失的数据。卡尔曼滤波器对其它燃气轮机构件中的一个应用数据一致化,或者使用两个构件的加权平均值。限定约束,以使用加权因子来从一个构造转变成另一个构造,而不会打断计算过程,使得卡尔曼滤波器与涡轮的控制软件集成。

[0093] 系统可结合在新近制造的涡轮内,或者可针对现有的涡轮进行改型/应用。系统适

合现有的涡轮运行同时对卡尔曼滤波器输入变化,并且系统通过改变至少一个加权因子来提供待评估的多个卡尔曼滤波器构造。此外,系统与同一轴上的其它构件(诸如燃料气体压缩机构件)共同起作用。

[0094] 本文描述的系统的技术效果包括在其中运行参数(诸如轴功率输出)的度量缺失、错误和/或无法轻易测量的单轴构造上与卡尔曼滤波器一起使用实时模型。系统的另一个技术效果是有利于在涡轮的长期运行期间针对燃气轮机中的变化进行自动的调节。

[0095] 在上面详细地描述了系统和方法的示例性实施例。系统和方法不限于本文描述的具体实施例,而是相反,系统的构件和/或方法的步骤可独立地并且与本文描述的其它构件和/或步骤分开来使用。例如,系统和方法也可与其它功率系统和方法结合起来使用,而且不限于仅用本文描述的燃气轮机来实践系统和方法。相反,示例性实施例可结合许多其它涡轮或功率系统应用来实施和使用。

[0096] 虽然可在一些图中显示本发明的多种实施例的特定特征,而在其它图中不显示,但这仅是为了方便。根据本发明的原理,图的任何特征可结合任何其它图的任何特征来参照和/或声明。

[0097] 本书面描述使用示例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使本领域任何技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何层或系统,以及实行任何结合的方法。本发明的可取得专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它示例。如果这样的其它示例具有不异于权利要求的字面语言的结构要素,或者如果它们包括与权利要求的字面语言无实质性差异的等效结构要素,则它们意于处在权利要求的范围之内。

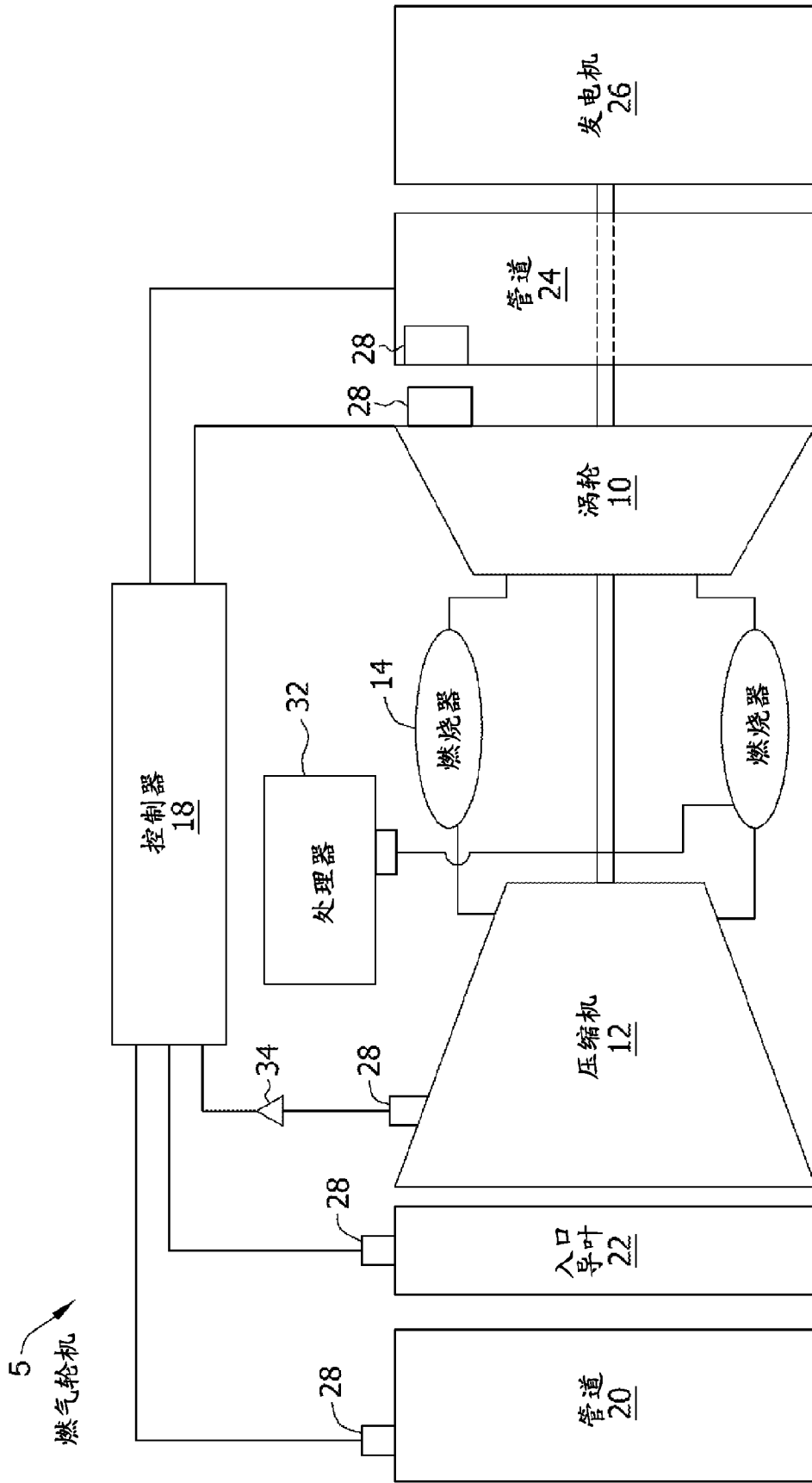


图 1

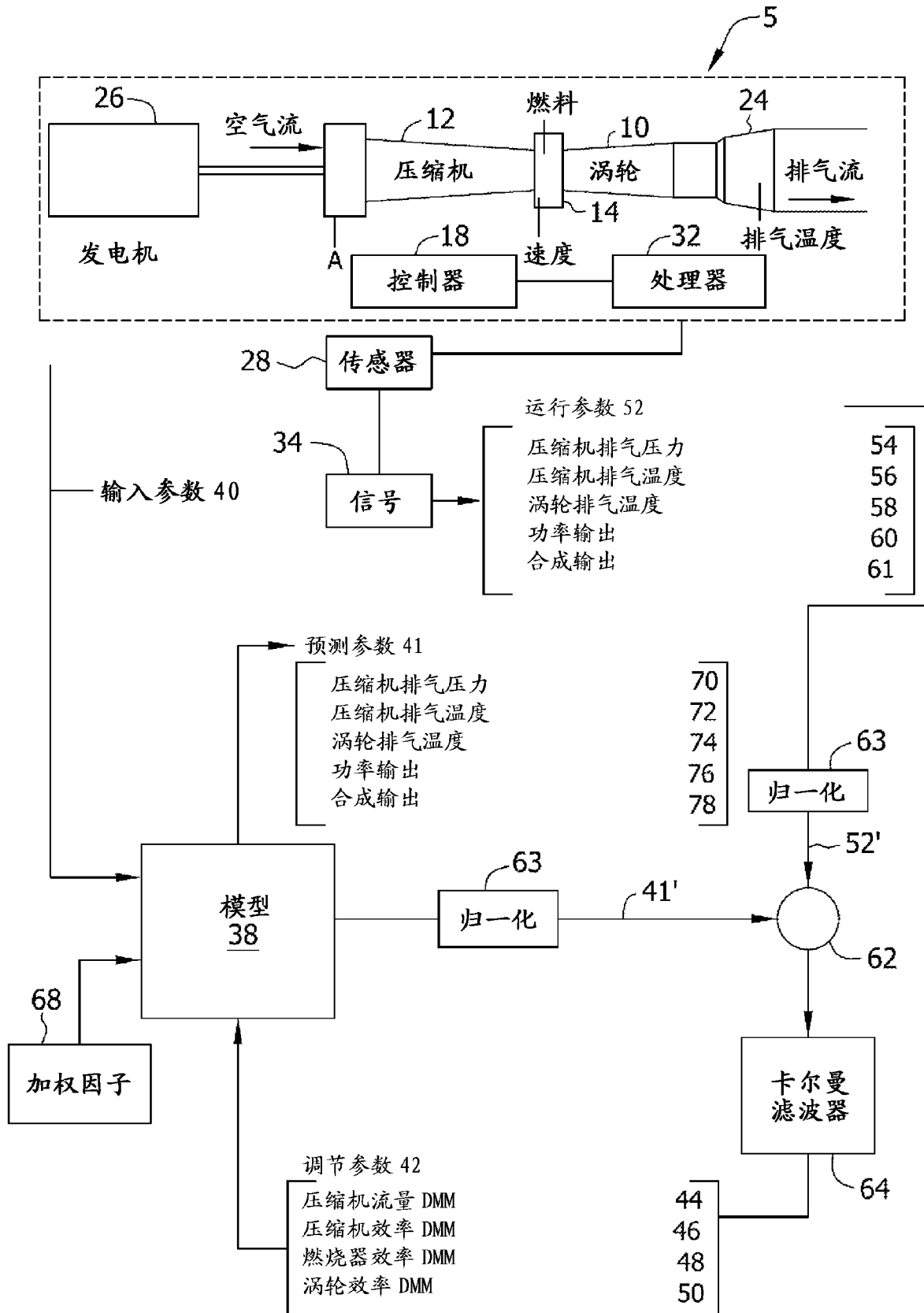


图 2

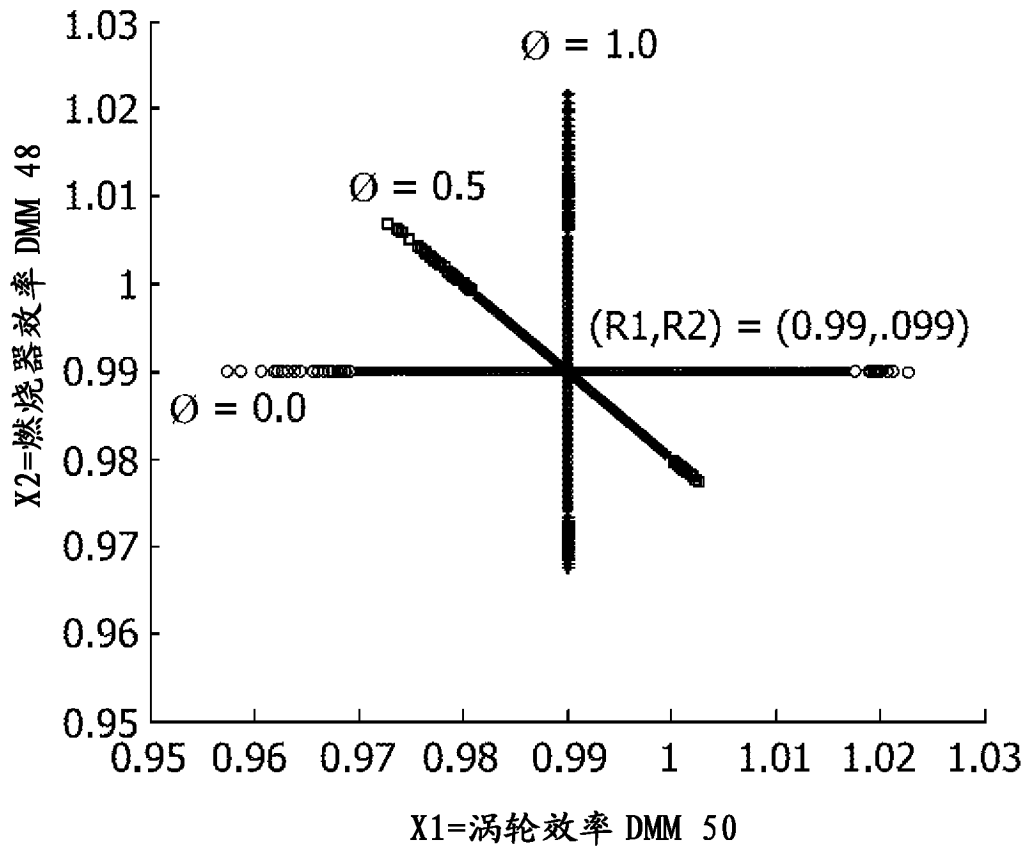


图 3

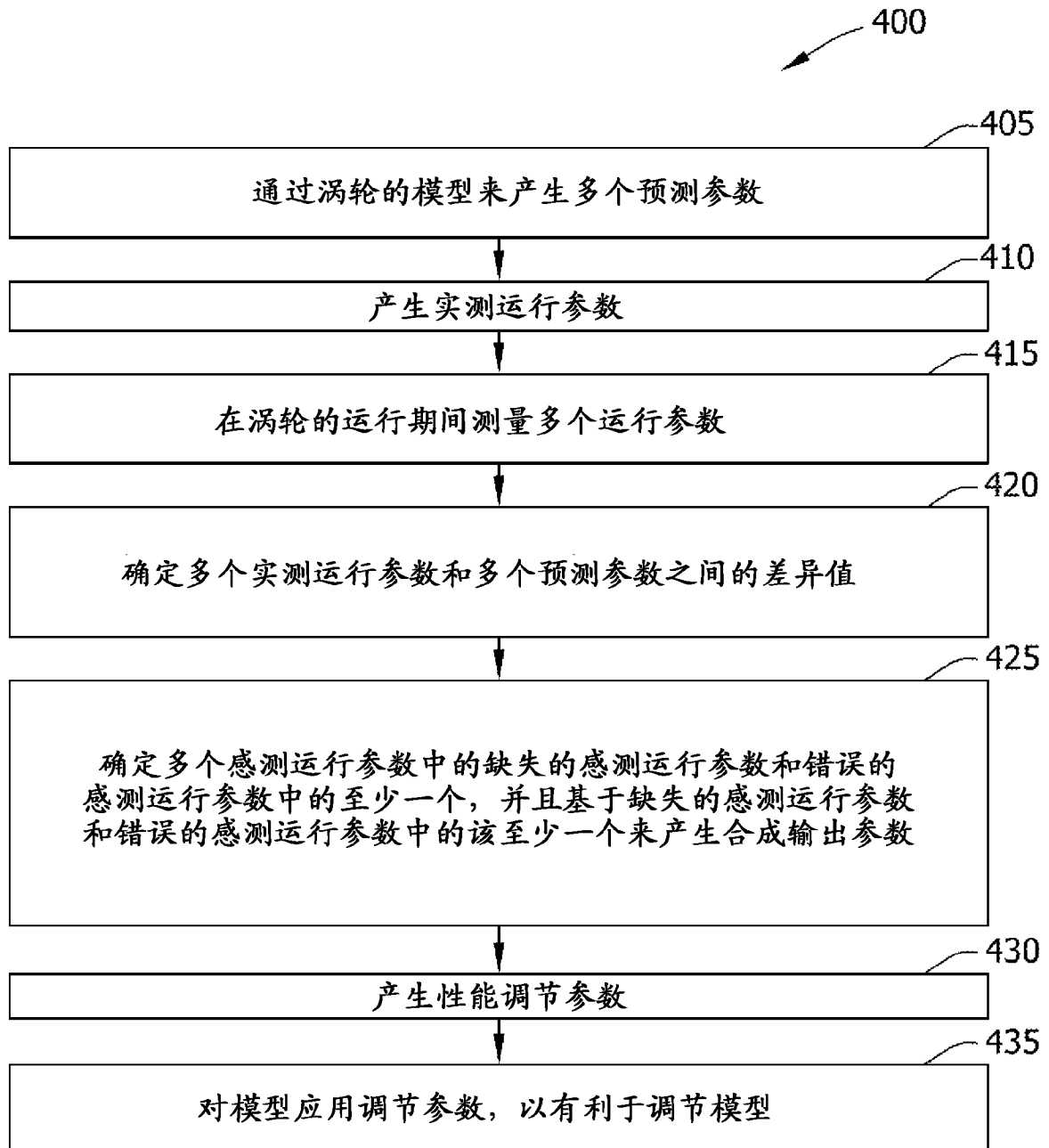


图 4