



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103216338 B

(45)授权公告日 2016.08.03

(21)申请号 201310026206.7

(22)申请日 2013.01.18

(30)优先权数据

13/352729 2012.01.18 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 A.库马 S.查特吉 P.G.博南尼

A.V.塔维尔

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51)Int.Cl.

F02C 9/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 1216338 A,1999.05.12,

CN 101166935 A,2008.04.23,

CN 1626783 A,2005.06.15,

EP 1300566 A2,2003.04.09,

US 2004076218 A1,2004.04.22,

审查员 胡浩

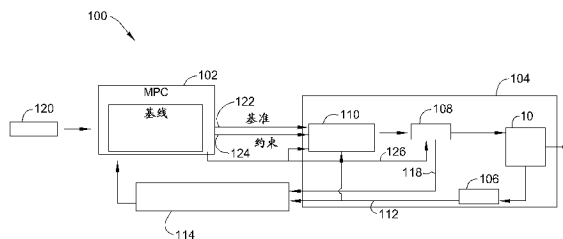
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

用于管理发动机的功率的方法和系统

(57)摘要

本发明涉及用于管理发动机的功率的方法和系统。具体而言,本发明涉及一种用于发动机(10)的在线功率管理的功率管理系统(100)。该功率管理系统包括配置成从以第一带宽操作的发动机控制系统(104)接收至少一个数据输入(112)的基线功率管理构件(102),其中该基线功率管理构件配置成以第二带宽操作,以及模型预测控制装置(204)。该模型预测控制装置配置成利用该至少一个数据输入和发动机的闭环模块来对期望的未来时间段预测发动机操作条件,基于所述预测而确定最佳发动机功率管理,得出用于期望优化目标的约束优化,并且输出最佳发动机功率管理。



1. 一种用于发动机(10)的在线功率管理的功率管理系统(100),所述功率管理系统包括:

基线功率管理构件(202),其配置成从以第一带宽操作的发动机控制系统(104)接收至少一个数据输入(112),其中,所述基线功率管理构件配置成以第二带宽操作;以及

模型预测控制装置(204),其配置成:

利用所述至少一个数据输入和所述发动机的闭环模型来对期望的未来时间段预测发动机操作条件;

基于所述预测而确定最佳发动机功率管理;

得出用于期望优化目标的约束优化;并且

输出所述最佳发动机功率管理。

2. 根据权利要求1所述的功率管理系统,其特征在于,所述基线功率管理构件还配置成利用所述至少一个数据输入来确定基线发动机功率管理。

3. 根据权利要求1所述的功率管理系统,其特征在于,所述至少一个数据输入包括传感器输入、促动器位置输入和外界条件输入中的至少一个。

4. 根据权利要求1所述的功率管理系统,其特征在于,所述模型预测控制装置还配置成利用所确定的基线发动机功率管理和闭环发动机模型来对未来时间段预测发动机操作条件。

5. 根据权利要求1所述的功率管理系统,其特征在于,所述最佳发动机功率管理还包括基准、开环输入和约束限制中的至少一个。

6. 根据权利要求1所述的功率管理系统,其特征在于,所述基线功率管理构件还配置成接收通过低通滤波器滤波的至少一个数据输入。

7. 一种用于在飞行器(14)中使用的燃气涡轮发动机(10),所述燃气涡轮发动机包括:

至少一个传感器(106),其配置成感测发动机参数并配置成生成代表所述发动机参数的传感器输入(112);

控制系统(104),其配置成控制至少一个所述燃气涡轮发动机;以及

用于发动机的在线功率管理的功率管理系统(100),所述功率管理系统包括:

基线功率管理构件(202),其配置成接收至少一个数据输入;以及

模型预测控制装置(204),其配置成:

利用所述至少一个数据输入和闭环发动机模型来对未来时间段预测发动机操作条件;

基于所述预测而确定最佳发动机功率管理;

得出用于期望优化目标的约束优化;以及

输出所述最佳发动机功率管理。

8. 根据权利要求7所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述控制系统配置成利用所述最佳发动机功率管理来控制至少一个所述燃气涡轮发动机。

9. 根据权利要求7所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述至少一个传感器是温度传感器、压力传感器、速度传感器、转矩传感器、流量传感器、外界条件传感器和促动器位置传感器中的至少一种。

10. 根据权利要求7所述的燃气涡轮发动机,其特征在于,所述至少一个传感器和所述控制系统在配置成以第一带宽操作的闭环发动机控制系统中操作。

用于管理发动机的功率的方法和系统

[0001] 与联邦资助的研发有关的声明

[0002] 本发明根据由美国空军授予的F33615-03-D-2352-GOVT在政府资助下完成。政府对本发明拥有一定权利。

技术领域

[0003] 本公开的领域总体上涉及涡轮发动机,并且更具体地,涉及用于发动机的动态在线功率管理的方法和系统。

背景技术

[0004] 在至少一些已知的飞行器发动机中,功率管理系统是离线配置的。在离线配置中,确定用于受控输出(例如,总推力、风扇速度)的控制基准时间表(schedule)、用于输入(例如,一些可变几何形状)的开环时间表和约束限制(例如,燃料-空气比率、转子速度变化率等)的单独优化。基准时间表然后由发动机在操作期间利用并且不再更新直至下一次离线配置。

[0005] 在当前发动机的复杂性增加以及输入与输出之间的多变量交互的前提下,功率管理系统的离线配置不必要地限制了发动机的总体执行性能,即使使用先进的发动机控制技术。在一些发动机、尤其是飞行器发动机,将由于在飞行控制与发动机控制之间的紧密集成而最频繁地在瞬态下操作的情况下,最佳功率管理的设计变得更富有挑战性,其中飞行控制将连续地调整某些关键的发动机控制变量。

发明内容

[0006] 在一个实施例中,提供一种用于控制涡轮发动机的在线功率管理的方法。该方法包括使发动机控制系统以第一带宽操作,将来自发动机控制系统的至少一个数据输入滤波为第二带宽,以及通过以第二带宽操作的功率管理系统接收至少一个经滤波的数据输入。该方法还包括利用该至少一个经滤波的数据输入来预测发动机操作条件,基于该预测而确定最佳发动机控制,得出用于期望优化目标的约束优化,以及向发动机控制系统输出最佳发动机控制。

[0007] 在另一实施例中,提供一种用于涡轮发动机的在线功率管理的方法,所述方法包括:使发动机控制系统以第一带宽操作;将来自所述发动机控制系统的至少一个数据输入滤波为第二带宽;通过以所述第二带宽操作的功率管理系统接收所述至少一个经滤波的数据输入;利用所述至少一个经滤波的数据输入和闭环动态发动机模型来对期望的未来时间段预测发动机操作条件;基于所述预测而确定最佳发动机功率管理;得出用于期望优化目标的约束优化;以及将所述最佳发动机功率管理输出到所述发动机控制系统。

[0008] 在另一实施例中,滤波至少一个数据输入还包括滤波传感器输入、促动器位置输入和外界条件输入中的至少一个。

[0009] 在另一实施例中,方法还包括利用所述至少一个经滤波的数据输入来确定基线发

动机功率管理。

[0010] 在另一实施例中,预测发动机操作条件还包括利用所确定的基线发动机功率管理来预测发动机操作条件。

[0011] 在另一实施例中,输出所述最佳发动机功率管理还包括输出基准、开环输入和约束限制中的至少一个。

[0012] 在另一实施例中,滤波还包括粗略估计所述至少一个数据输入。

[0013] 在另一实施例中,粗略估计还包括对预定时间段粗略估计所述至少一个数据输入。

[0014] 在另一实施例中,提供一种功率管理系统。该功率管理系统包括配置成接收至少一个数据输入的基线功率管理构件和模型预测控制装置(control)。该模型预测控制装置配置成利用该至少一个数据输入来预测发动机操作条件,基于该预测而确定最佳发动机控制,得出用于期望优化目标的约束优化,并且输出最佳发动机控制。

[0015] 在另一实施例中,提供一种用于在飞行器中使用的燃气涡轮发动机。该燃气涡轮发动机包括配置成感测发动机参数并配置成生成代表该发动机参数的传感器输入的至少一个传感器、配置成控制所述燃气涡轮发动机和飞行器中的至少一个的控制系统、以及用于动态地管理发动机的操作的功率管理系统。该功率管理系统包括配置成接收至少一个数据输入的基线功率管理构件和模型预测控制装置。该模型预测控制装置配置成利用该至少一个数据输入来预测发动机操作条件,基于该预测来确定最佳发动机控制,得出用于期望优化目标的约束优化,并且输出最佳发动机控制。

[0016] 在另一实施例中,燃气涡轮发动机中的功率管理系统以第二带宽操作。

[0017] 在另一实施例中,所述燃气涡轮发动机还包括配置成粗略估计从第一带宽到第二带宽的传感器输入的至少一个低通滤波器。

[0018] 在另一实施例中,所述最佳发动机功率管理还包括基准、开环输入和约束限制中的至少一个。

附图说明

[0019] 图1是示例性可变循环燃气涡轮发动机的示意图。

[0020] 图2是可与图1中所示的燃气涡轮发动机一起使用的示例性功率管理系统的示意图。

[0021] 图3是图2中所示的功率管理系统的示例性实施方案的示意图,该实施方案采用了对已有的基线功率管理方案(scheme)的修改。

[0022] 图4是用于与图2中所示的功率管理系统一起使用的示例性流程图。

[0023] 部件列表

[0024] 10 发动机

[0025] 12 纵向中心线

[0026] 14 飞行器

[0027] 16 入口

[0028] 18 外界空气

[0029] 20 风扇组件

[0030]	22	涡轮发动机
[0031]	24	HPC
[0032]	26	燃烧器
[0033]	28	HPT
[0034]	30	LPT
[0035]	32	增强器(augmentor)
[0036]	34	第一轴
[0037]	36	第二轴
[0038]	38	外壳体
[0039]	40	内壳体
[0040]	42	前区段
[0041]	44	旁通管道
[0042]	46	扩散器衬套
[0043]	48	阀组件
[0044]	50	内旁通管道
[0045]	52	外旁通管道
[0046]	54	风扇旁通流
[0047]	56	内旁通流
[0048]	58	外旁通流
[0049]	60	分离衬套
[0050]	62	阀部分
[0051]	64	密封件
[0052]	66	第一空气流部分
[0053]	68	旁通空气
[0054]	70	排放装置
[0055]	72	风扇入口温度传感器
[0056]	74	总压力传感器
[0057]	76	排出静压力传感器
[0058]	78	排出静压力传感器
[0059]	80	管道静压力传感器
[0060]	82	衬套静压力传感器
[0061]	84	火焰探测器
[0062]	86	排气温度传感器
[0063]	88	压缩机排出温度传感器
[0064]	90	压缩机入口温度传感器
[0065]	92	风扇速度传感器
[0066]	94	核心速度传感器
[0067]	100	功率管理系统
[0068]	102	功率管理构件

[0069]	104	控制系统
[0070]	106	传感器
[0071]	108	促动器
[0072]	110	发动机控制器
[0073]	112	传感器数据
[0074]	114	低通滤波器
[0075]	118	促动器位置数据
[0076]	120	外界飞行条件数据
[0077]	122	基准
[0078]	124	约束
[0079]	126	控制输入
[0080]	200	实施方案
[0081]	202	基线功率管理构件
[0082]	204	模型预测控制装置(MPC)
[0083]	210	优选控制
[0084]	212	最佳修正
[0085]	214	基准
[0086]	216	开环输入
[0087]	218	约束限制
[0088]	300	示例性流程图
[0089]	302	所接收的数据
[0090]	304	确定功率管理
[0091]	308	输出功率管理
[0092]	310	执行模型预测
[0093]	312	确定功率管理
[0094]	314	输出功率管理。

具体实施方式

[0095] 本文中所述的实施例在诸如全权数字式发动机控制装置(FADEC)和/或机载计算机的控制系统内提供模型。该模型用来利用测量的参数而在操作期间在控制系统中管理功率。本文中所述的实施例可在系统内实施并且足够灵活以满足用于系统的不同操作模式的严格控制规格。例如,本文中所述的实施例可在具有翼载模式和喷气动力模式的飞行器中实施,其中本文中所述的实施例可适合于以喷气动力模式或悬停模式操作的要求。

[0096] 以下详细描述以举例方式而不是以限制方式来说明实施例。如本文所用,以单数叙述并前接用词“一”或“一个”的元件或步骤应该理解为不排除多个元件或步骤,除非清楚地叙述了这种排除。此外,本公开对“一个实施例”的参考不应解释为排除也结合了所叙述的特征的另外的实施例的存在。

[0097] 图1是具有纵向中心线12的示例性可变循环燃气涡轮发动机10的示意图。燃气涡轮发动机10被示为与飞行器14联用。但是,应理解,燃气涡轮发动机10可在任何合适的商

业、工业、和/或民用系统和/或应用中使用。燃气涡轮发动机10包括环形入口16,其接收被引导到风扇组件20下游的外界空气18。发动机10还包括核心燃气涡轮发动机22,其包括与入口16成轴向流动关系的高压压缩机(HPC)24、燃烧器26、高压涡轮(HPT)28、低压涡轮(LPT)30和增强器32。HPT 28经由第一轴34为HPC 24提供动力。LPT 30经由第二轴36为风扇组件20提供动力。发动机10还包括与内壳体40隔开的外壳体38。内壳体40包括限定旁通管道44的前区段42。在该示例性实施例中,增强器32包括扩散器衬套46。

[0098] 在该示例性实施例中,燃气涡轮发动机10还包括在旁通管道44内联接的阀组件48。阀组件48将旁通管道44分离成径向内旁通管道50和径向外旁通管道52。更具体而言,在该示例性实施例中,内旁通管道50和外旁通管道52大致同心地对准。因此,并且在该示例性实施例中,进入旁通管道44的风扇旁通流54被阀组件48分割成内旁通流56和外旁通流58。此外,在该示例性实施例中,阀组件48调整被引导通过内旁通管道50的内旁通流56的体积和被引导通过外旁通管道52的外旁通流58的体积。

[0099] 在该示例性实施例中,分隔衬套60与阀组件48的后部62接触并联接至扩散器衬套46上以有利于引导内旁通流56通过内旁通管道50。此外,分隔衬套60还有利于引导外旁通流58通过外旁通管道52。密封件64在阀部分62与分隔衬套60之间延伸,以有利于减少外旁通流58向内旁通管道50中的泄漏。

[0100] 在操作期间,通过入口16进入发动机组件10的空气被风扇组件20压缩。离开风扇组件20的压缩空气流被分流成被引导到核心涡轮发动机22中的第一空气流部分66和被引导通过旁通管道44的第二空气流部分或旁通空气68。第一空气流部分66被HPC 24压缩并被引导到燃烧器26。从燃烧器26排出的空气流在通过排放装置70从发动机10排出前使涡轮28和30旋转。此外,由阀组件48引导的旁通空气68通过排放装置70从发动机10排出。

[0101] 在示例性实施例中,燃气涡轮发动机10是军用涡轮发动机,诸如可从俄亥俄州辛辛那提市的通用电气公司购得的F110发动机。备选地,燃气涡轮发动机10是商用涡轮发动机,诸如CFM56燃气涡轮发动机和/或CF34-10燃气涡轮发动机,和/或船用/工业发动机,诸如LM6000发动机,所有这些也可从通用电气公司购得。此外,应了解的是,在其它实施例中,燃气涡轮发动机10可以是包含类似构件的任何燃气涡轮发动机,诸如可从通用电气公司购得的F136发动机。

[0102] 图2是可与燃气涡轮发动机10一起使用的示例性功率管理系统100的示意图。在该示例性实施例中,功率管理系统100包括与闭环发动机控制系统104通信的功率管理构件102。控制系统104包括发动机10、多个传感器106、多个促动器108和发动机控制装置110。

[0103] 传感器106监视发动机和/或飞行器操作并将在发动机操作期间的实时实际传感器数据或传感器输入112输入到诸如构件102的功率管理模型。示例性传感器106包括但不限于风扇入口温度传感器72、压缩机入口总压力传感器74、风扇排出静压力传感器76、压缩机排出静压力传感器78、排放管道静压力传感器80、排放衬套静压力传感器82、火焰探测器84、排气温度传感器86、压缩机排出温度传感器88、压缩机入口温度传感器90、风扇速度传感器92和核心速度传感器94。在该示例性实施例中,传感器102监视发动机转子速度、发动机温度、发动机压力、流体流量和/或转矩。

[0104] 在该示例性实施例中,促动器位置数据118被输入到构件102。促动器位置数据118包括但不限于燃料流促动器、可变面积促动器、可变定子促动器和/或泄放阀位置。在该示

例性实施例中,外界飞行条件数据120被输入到构件102。外界飞行条件数据120包括但不限于外界温度、外界压力、飞行器马赫数和/或发动机功率设定参数,诸如风扇速度或发动机压力比率。在备选实施例中,任何合适的的数据被输入到功率管理系统100。在一个实施例中,低通滤波器114被安置在传感器106与构件102之间以及促动器108与构件102之间,使得构件102仅接收在传感器数据112和促动器位置数据118中的低通频率。

[0105] 在该示例性实施例中,控制系统110在FADEC中实施。备选地,控制系统110可在机载计算机和/或适合于控制发动机10和/或飞行器14的任何其他系统中实施。更具体而言,在该示例性实施例中,控制系统110控制发动机10的操作,诸如燃料喷射、喷嘴的定位、可变旁通、和/或升力风扇面积、在带有多个旁通流的系统中的内、外阻流(blocker)门、可变定子、和/或阀位置。此外,在该示例性实施例中,基准122和约束124由控制系统110用来控制至少一种发动机操作。控制系统110还接收传感器输入112以控制发动机10的至少一种操作。

[0106] 在操作中,构件102接收数据112、118和120,基于所接收的数据112、118和120而预测发动机性能,并且响应于发动机性能预测而优化发动机控制。在该示例性实施例中,构件102将基准122和约束124输出到控制系统110并基于发动机性能预测而将控制输入126直接输出到飞行器14内的促动器108。

[0107] 在示例性实施例中,控制系统104内的所有构件都以也称为快速内环的内环带宽运行。在该示例性实施例中,内环带宽提供发动机10、控制装置110、传感器106和促动器108的接近实时的动态更新。构件102和外界飞行条件数据120以也称为慢速外环的外环带宽运行。在该示例性实施例中,所接收的数据112和118是可见于内环带宽中的动态的粗略估计。内环带宽的粗略估计通过经低通滤波器114滤波来自内环的传感器信息来实现。低通滤波器114接近瞬时地接收传感器数据112和促动器位置数据108并且得出数据的快速变化(fast variation)的平均数。在该示例性实施例中,滤波器114向构件102提供数据112和118的1秒的粗略估计。备选地,滤波器114可提供有利于如本文中所述的管理发动机的功率的数据112和118的任何时间的粗略估计,其包括但不限于2秒或任何多秒。

[0108] 图3是图2中所示的功率管理系统的示例性实施方案200的示意图。在该示例性实施例中,实施方案200图示了图2的构件102的细节。实施方案200包括基线功率管理构件202和模型预测控制装置(MPC)204。在该示例性实施例中,基线构件202接收传感器数据112、促动器位置数据118和外界飞行条件数据120。基线功率管理构件202包括预先加载到构件中的表格,其提供在离线配置期间预先配置的基准和约束限制。将所接收的数据104和118与预先加载的表格进行比较,以输出将由发动机控制装置110所接收的优选控制210。在该示例性实施例中,MPC 204再检查优选控制210并向优选控制210产生最佳修正212。最佳修正212可包括基准214、开环输入216和约束限制218。

[0109] 优化通过以下方式发生:

$$[0110] \quad O = \sum_{i=1}^{i=N_h} (Y_{ref_flk,k+i} - Y_{i+k})^T Q (Y_{ref_flk,k+i} - Y_{i+k}) \quad (1)$$

$$[0111] \quad + \sum_{i=0}^{i=c_k} \dot{\Delta}_{mpc,k+i}^T R \dot{\Delta}_{mpc,k+i} \quad (2)$$

$$[0112] \quad + \sum_{i=1}^{i+F_k} (L^{opt} Y_{k+i}^{opt}) \quad (3)$$

[0113] 其中0是用于MPC 204的优化目标,其计算经优化的变量 Δ_{MPC} 212,并且 $\dot{\Delta}_{mpc}$ 表示它们的变化率。Y代表受控输出并且 Y_{ref_filt} 是用于来自基线功率管理构件202的受控输出的经滤波的基准。在示例性实施例中,基准被滤波以实现与外环带宽匹配的期望带宽。 Y^{opt} 是优化输出且 L^{opt} 是用于该优化输出的线性权数。Q是用于各控制输出对跟踪误差加权的对角矩阵且R是对MPC作用的变化率加权的对角矩阵。

[0114] 在该示例性实施例中,式(1)和式(2)的使用确保了关键受控输出偏离较小地跟踪原始设计值。式(3)实现了期望性能目标的最大可能改善,例如提高的推力性能(FGT),或涡轮温度中的降低,或承受限制约束的减少的比燃料消耗量(SFC)。在一个实施例中,利用为优化输出提供的特定目标而以此方式使用二次成本(cost)。

[0115] 在备选实施例中,使用频率加权函数来确定最佳修正212。在这种实施例中,使用下式:

$$[0116] \quad O = \sum_{i=1}^{i=F_k} (Y_{ref_filt,k+i} - Y_{i+k})^T Q (Y_{ref_filt,k+i} - Y_{i+k}) \quad (4)$$

$$[0117] \quad + \sum_{i=0}^{i=c_k} \dot{\Delta}_{mpc,k+i}^T F_{\Delta mpc}^T(z) R F_{\Delta mpc}(z) \dot{\Delta}_{mpc,k+i} \quad (5)$$

$$[0118] \quad + \sum_{i=1}^{i+F_k} (L^{opt} F_{Y^{opt}}(z) Y_{k+i}^{opt}) \quad (6)$$

[0119] 与(1)、(2)和(3)相似,0是用于MPC 204的优化目标,其计算经优化的变量 Δ_{MPC} 212,并且 $\dot{\Delta}_{mpc}$ 表示它们的变化率。变量Y代表受控输出并且 Y_{ref_filt} 是用于来自基线功率管理构件202的受控输出的经滤波的基准。在该示例性实施例中,基准被滤波以实现与外环带宽匹配的期望带宽。变量 Y^{opt} 是优化输出并且 L^{opt} 是用于该优化输出的线性权数。变量Q是用于各控制输出对跟踪误差加权的对角矩阵,并且R是对MPC 204作用的变化率加权的对角矩阵。在这种实施例中, $F_Y(z)$ 、 $F_{\Delta mpc}(z)$ 、 $F_{Y^{opt}}(z)$ 是意图以离散时间函数操作的频率加权函数。将式(4-6)中的问题的解法改写为线性系统上的未加权线性二次控制问题,其中:

$$[0120] \quad \dot{\Delta}_{mpc,k} = F_{\Delta mpc}(z) \dot{\Delta}_{mpc,k} \quad (7)$$

$$[0121] \quad \bar{Y}_k = F_Y(z) Y_k \quad (8)$$

$$[0122] \quad \bar{Y}_k^{opt} = F_{Y^{opt}}(z) Y_k^{opt} \quad (9)$$

$$[0123] \quad \bar{Y}_{ref,k} = F_Y(z) Y_{ref,k} \quad (10)$$

[0124] 未经滤波的变量,约束输出 Y_k 和MPC 204变化 $\Delta_{k,k}$ 上的约束被转换为经滤波的变量 $\bar{Y}_k$ 和 $\bar{\Delta}_{k,k}$ 上的当量约束。

[0125] (4)、(5)和(6)的使用使得系统100和200能够在不具备低通滤波器114的情况下操作。频率加权函数实现了在期望的较低带宽的动态在线功率管理而不干扰闭环控制系统104的高带宽性能。

[0126] 图4是用于与图2中所示的功率管理系统100联用的示例性流程图300。在该示例性实施例中,数据由构件102接收302。在一个实施例中,所接收302的数据包括传感器数据、促动器位置数据和外界飞行条件数据中的至少一个。备选地,系统100可接收有利于如本文中所述管理功率的任何数据。在该示例性实施例中,从所接收的数据确定304基线发动机功率管理。利用包括预先限定的查找表的基线功率管理构件202来确定基线发动机功率管理。然后做出判断是否使用动态在线功率管理。如果不使用动态在线功率管理,则输出308所确定304的基线发动机功率管理。在一个实施例中,发动机功率管理包括基准和约束并且被输出308到发动机控制器110。在备选实施例中,发动机功率管理包括开环输入时间表并且被输出308到促动器108(参见图2中关于校正信号126的注释)。备选地,发动机功率管理可包括基准、约束和开环输入时间表的任何组合,其可以被输出到发动机内有利于如本文中所述地管理功率的任何构件。

[0127] 如果使用动态在线功率管理,则由MPC 204利用所确定304的基线发动机功率管理和所接收302的数据来执行310闭环发动机模型预测。在该示例性实施例中,闭环发动机模型对未来的预定时间利用所确定304的基线发动机功率管理和所接收302的数据来预测发动机10的操作条件。在一个实施例中,MPC 204对未来5秒执行模型预测310。备选地,MPC 204可对任何未来时间增量,包括但不限于1秒、10秒、30秒和60秒来执行模型预测310。

[0128] 利用所执行的310模型预测,确定312最佳发动机功率管理。在一个实施例中,利用目标函数来确定312最佳发动机功率管理。在确定312最佳发动机功率管理时使用的目标函数包括但不限于最大推力性能(FGT)或总推力、最低涡轮温度或最小比燃料消耗量(SFC)。在一个实施例中,系统100可如用户所希望的那样在线在不同目标之间切换。不同目标之间的切换允许利用MPC的动态功率管理,与离线手动设计并且不能在线改变的传统离线基线功率管理相反。在该示例性实施例中,所确定312的最佳发动机功率管理是通过经受约束的上述目标函数的优化而获得的,该约束包括但不限于发动机安全性和操作性能输出限制、大小限制和在MPC 204上的修正率限制。

[0129] 在该示例性实施例中,所确定312的最佳发动机功率管理被输出314。在一个实施例中,最佳发动机功率管理包括输出314到发动机控制器110的基准和约束。在备选实施例中,最佳发动机功率管理包括输出314到促动器108的开环输入时间表。备选地,最佳发动机功率管理可包括基准、约束和开环输入时间表的任何组合,并且最佳发动机功率管理可被输出到发动机内有利于如本文中所述管理功率的任何构件。

[0130] 上述实施例提供了用于发动机的动态在线功率管理系统。更具体而言,本文中所

述的动态在线功率管理系统可在飞行器中实施,以优化用于控制燃气涡轮发动机的操作参数,诸如推力。此外,本文中所述的功率管理系统提供了带宽分离设计。因此,可实现不干扰飞行器发动机中的快速带宽发动机控制的低带宽功率管理或类似的动态物理系统性能优化空间。

[0131] 以上详细描述了用于管理发动机的功率的方法和系统的示例性实施例。方法和系统并不限于本文中所述的特定实施例,而是相反地,系统的构件和/或方法的步骤可与本文中所述的其它构件和/或步骤独立地和分开地利用。例如,该方法也可与其它功率管理系统和方法相结合地使用,且并不限于仅使用如本文中所述的燃气涡轮发动机系统和方法来实施。而是,示例性实施例可结合许多其它功率系统应用来实施和利用。

[0132] 虽然本公开的各种实施例的特定特征可在一些附图中示出而在其它附图中未示出,但这只是为了方便。按照本公开的原理,附图的任何特征可结合任何其它附图的任何特征来进行论述和/或要求权利。

[0133] 此书面描述使用了包括最佳模式在内的实例来公开,并且还使本领域任何技术人员能够实施本公开,包括制造并利用任何装置或系统以及执行任何结合的方法。本公开可取得专利权的范围通过权利要求来限定,并且可包括本领域技术人员所想到的其它实例。如果此类其它实例具有与权利要求的字面语言并无不同的结构元件,或者它们包括与权利要求的字面语言无实质性区别的等同结构元件,则此类其它实例预期在权利要求的范围内。

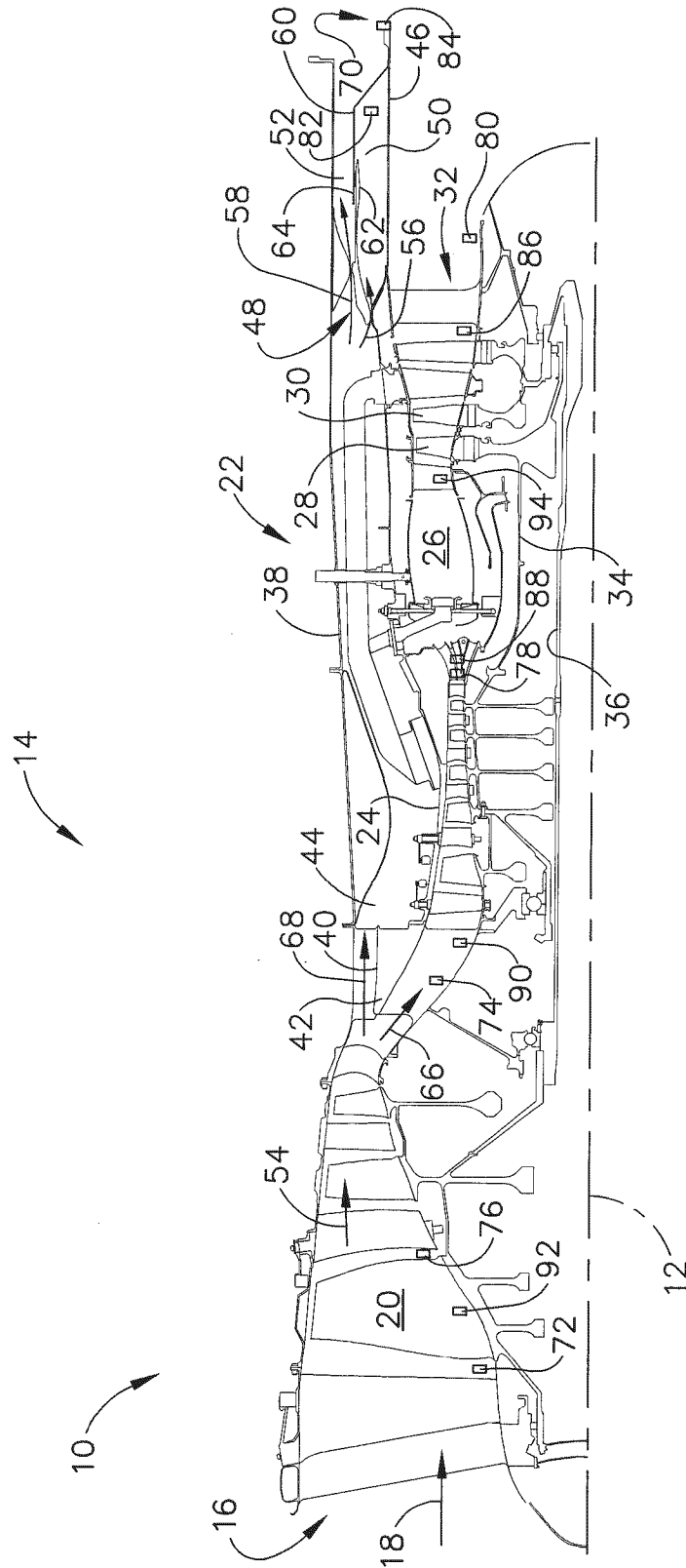


图 1

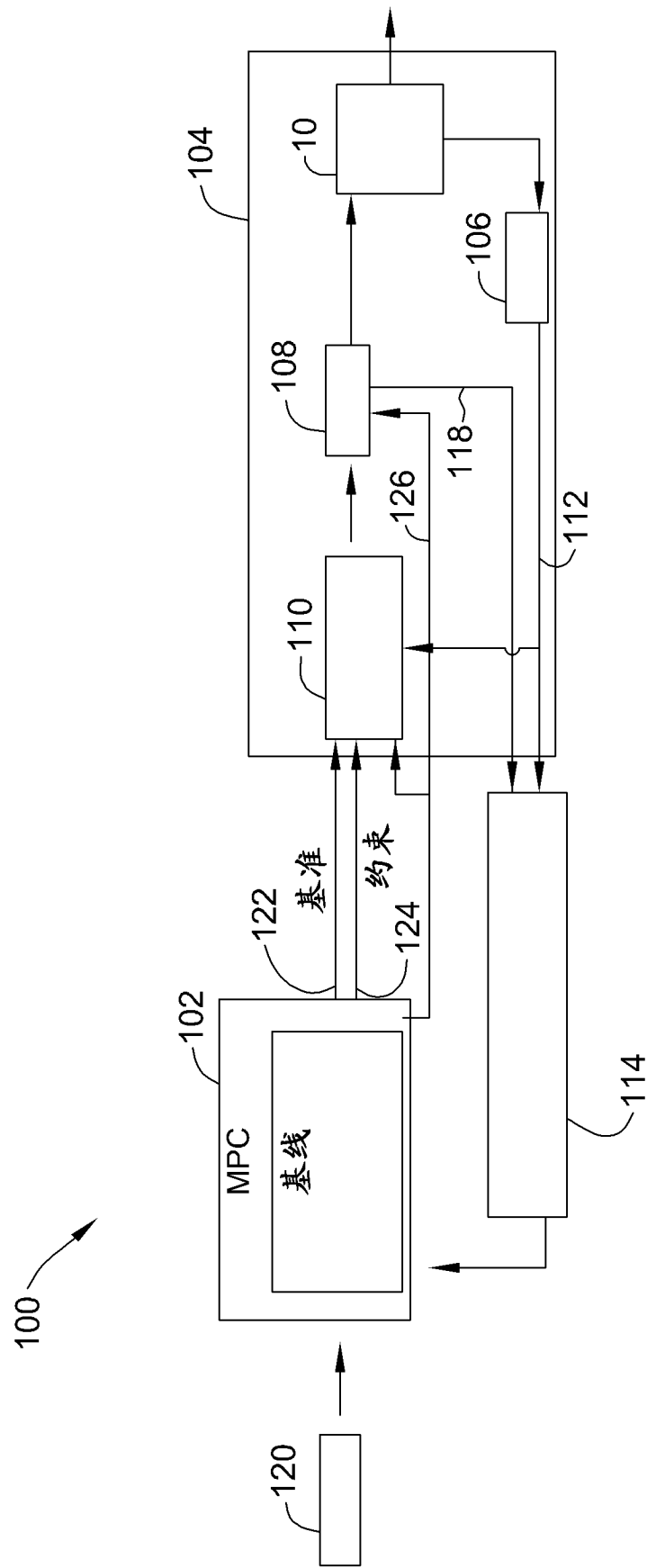


图 2

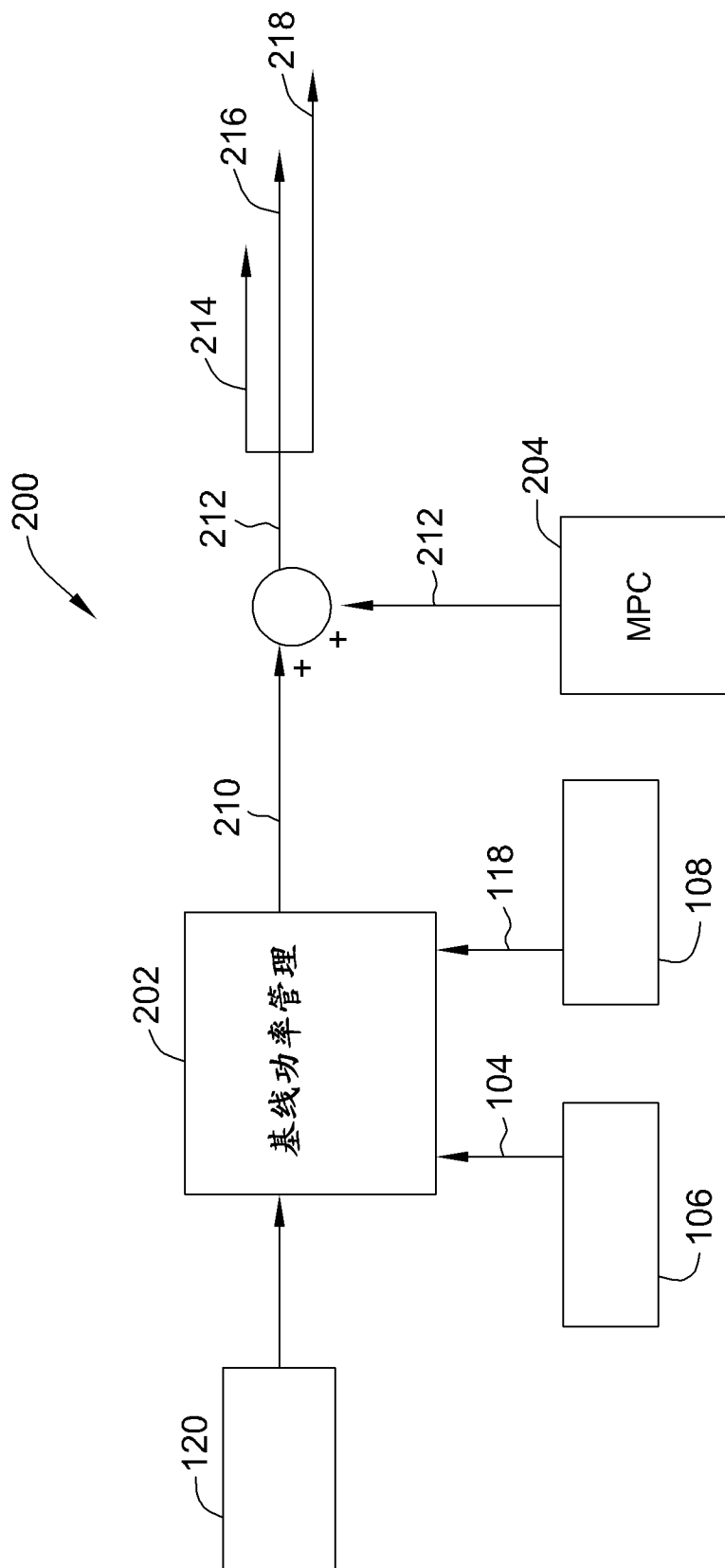


图 3

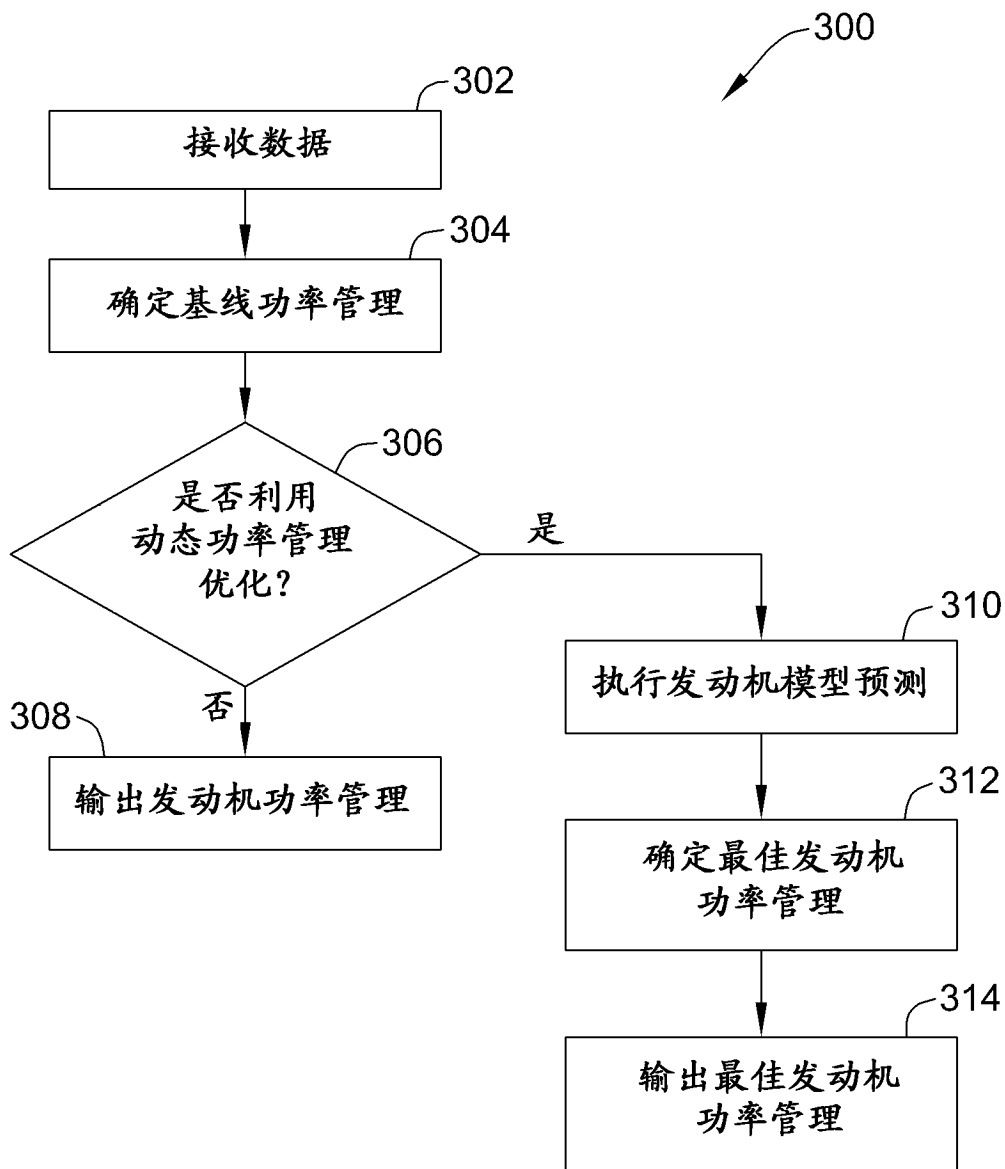


图 4