



(10)授权公告号 CN 105556097 B

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201480051341.X

(22)申请日 2014.09.01

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105556097 A

(43)申请公布日 2016.05.04

(30)优先权数据

1358424 2013.09.03 FR

1361430 2013.11.20 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.03.17

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2014/052154 2014.09.01

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/033046 FR 2015.03.12

(73)专利权人 斯奈克玛

地址 法国巴黎

(72)发明人 克莱门特·伯纳德 罗伊克·波拉

塞巴斯蒂安·夏劳德

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

代理人 郭志岐 姚开丽

(51)Int.Cl.

F02C 7/228(2006.01)

F02C 9/34(2006.01)

F02C 7/232(2006.01)

F23K 5/04(2006.01)

(56)对比文件

US 5809771 A, 1998.09.22,

CN 102032568 A, 2011.04.27,

EP 2063087 A2, 2009.05.27,

EP 1988267 A2, 2008.11.05,

CN 102829488 A, 2012.12.19,

GB 2320063 A, 1998.06.10,

EP 1143128 A2, 2001.10.10,

GB 1402625 A, 1975.08.13,

GB 1402996 A, 1975.08.13,

审查员 孙龙飞

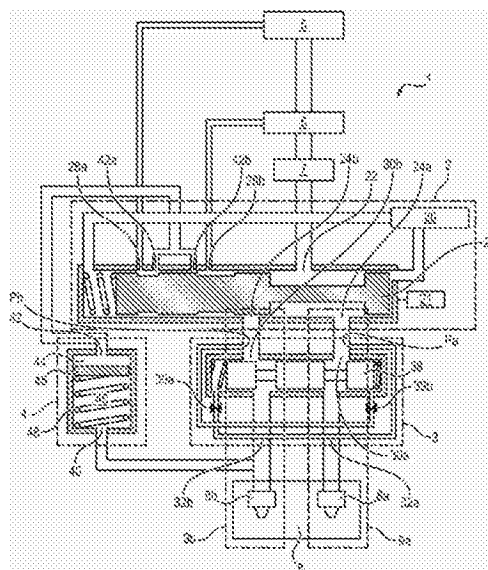
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

用于涡轮机的多点式燃料喷射系统以及相关的调节方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于涡轮机的燃料系统(1),该燃料系统包括:-控制回路(9a),-主回路(9b),-流量调节器(2),该流量调节器适于根据涡轮机的速度对控制回路(9a)和主回路(9b)中的燃料流量进行调节,以及-排放箱(4),该排放箱被设计成:根据主回路(9b)和其所连接到的箱(5)或高压泵(6)之间的压力差将燃料从主回路(9b)抽出、在主回路中存储燃料以及将燃料排放到主回路中。



1. 一种燃料系统(1),用于涡轮发动机,所述燃料系统(1)适于将燃料喷射到所述涡轮发动机的燃烧室(8)中,所述燃料系统(1)包括:

- 先导回路(9a),所述先导回路(9a)适于将燃料喷射到所述燃烧室(8)中,
- 主回路(9b),所述主回路(9b)适于将燃料喷射到所述燃烧室(8)中,以及
- 流量调节器(2),所述流量调节器(2)适于根据所述涡轮发动机的速度对所述先导回路(9a)和所述主回路(9b)中的燃料流量进行调节,所述流量调节器(2)包括位于第一构型和第二构型之间的移动阀柱(26),在所述第一构型中,所述主回路(9b)被堵塞,而所述先导回路(9a)是流通的,在所述第二构型中,所述主回路(9b)和所述先导回路(9a)同时是流通的,

所述燃料系统(1)的特征在于,所述燃料系统(1)还包括:

- 燃料箱(5),
- 高压泵(6),所述高压泵(6)适于对所述燃料箱(5)的出口处的燃料进行增压,以及
- 净化箱(4),所述净化箱(4)在一个侧部上选择性地连接至所述燃料箱(5)或所述高压泵(6)并且在另一侧部上连接至所述主回路(9b),所述净化箱(4)适于根据所述主回路(9b)和其所连接到的所述燃料箱(5)或高压泵(6)之间的压力差将所述主回路(9b)中的燃料吸出、存储并净化。

2. 根据权利要求1所述的燃料系统(1),进一步包括位于所述流量调节器(2)的下游处的压力调节器(3),所述压力调节器(3)适于改变所述先导回路(9a)和所述主回路(9b)中的压力并减小所述先导回路(9a)和所述主回路(9b)之间的位于所述压力调节器(3)的上游处的压力损失差。

3. 根据权利要求2所述的燃料系统(1),其中,所述净化箱(4)在所述压力调节器(3)的下游处被连接至所述主回路(9b)。

4. 根据权利要求1至3中一项所述的燃料系统(1),其中,所述净化箱(4)由所述流量调节器(2)控制,所述流量调节器(2)选择性地所述净化箱(4)连接至所述燃料箱(5)或所述高压泵(6),以使得:

- 在所述移动阀柱(26)的第一构型中,所述净化箱(4)被连接至所述燃料箱并存储容纳在所述主回路(9b)中的燃料,以及

- 在所述移动阀柱(26)的第二构型中,所述净化箱(4)被连接至所述高压泵(6)并在所述主回路(9b)中净化在所述移动阀柱(26)处于第一构型时存储的燃料。

5. 根据权利要求2或3所述的燃料系统(1),其中,所述压力调节器(3)包括调节装置,所述调节装置适于改变所述主回路(9b)和所述先导回路(9a)的位于所述流量调节器(2)的下游处的通道截面以限制所述主回路(9b)和所述先导回路(9a)中的压力损失。

6. 根据权利要求5所述的燃料系统(1),其中,所述调节装置由两个对抗的压力(Pa,Pb)控制,所述两个对抗的压力(Pa,Pb)分别与所述先导回路(9a)的入口处的压力(Pa)以及所述主回路(9b)的入口处的压力(Pb)相对应,以调整所述主回路(9b)和所述先导回路(9a)的通道截面。

7. 根据权利要求6所述的燃料系统(1),其中,所述调节装置进一步包括阀柱(38),所述阀柱(38)适于调节所述主回路(9b)和所述先导回路(9a)的通道截面,所述阀柱(38)的位置根据所述先导回路(9a)的入口处的压力(Pa)以及所述主回路(9b)的入口处的压力(Pb)处

于动态平衡。

8. 根据权利要求1或2所述的燃料系统(1), 进一步包括位于所述流量调节器(2)的上游的燃料配量单元FMU(7)。

9. 根据权利要求1或2所述的燃料系统(1), 其中, 所述流量调节器(2)由伺服阀(20)致动, 并且所述流量调节器(2)进一步包括线性差动变压器LVDT(21), 所述线性差动变压器LVDT(21)适于确定所述移动阀柱(26)在所述流量调节器(2)中的构型。

10. 一种涡轮发动机, 包括燃烧室(8), 其特征在于, 所述涡轮发动机包括根据权利要求1至9中一项所述的燃料系统(1), 所述燃料系统(1)适于将燃料喷射到所述燃烧室(8)中。

11. 一种调节方法, 其特征在于, 所述调节方法使用了根据权利要求1至9中一项所述的燃料系统(1), 所述燃料系统(1)通过先导回路(9a)和主回路(9b)将具有入口流量的燃料喷射到涡轮发动机的燃烧室(8)中, 所述调节方法包括以下步骤:

- 通过将移动阀柱(26)在第一构型和第二构型之间移动来根据涡轮发动机的速度对所述先导回路(9a)和所述主回路(9b)中的燃料流量的分配进行调节, 在所述第一构型中, 所述主回路(9b)被堵塞, 而所述先导回路(9a)是流通的, 在所述第二构型中, 所述主回路(9b)和所述先导回路(9a)同时是流通的, 以及

- 通过选择性地所述净化箱(4)连接至燃料箱(5)或所述高压泵(6)来根据所述流量调节器(2)的移动阀柱(26)的位置对所述净化箱(4)进行控制, 以便将所述主回路(9b)中的燃料吸出、存储或净化。

12. 根据权利要求11所述的调节方法, 其中:

- 通过控制所述移动阀柱(26)的位置对所述先导回路(9a)和所述主回路(9b)之间的入口燃料流量的分配进行调节, 所述移动阀柱(26)改变所述先导回路(9a)的入口处的燃料通道截面(S_{pilote})以及所述主回路(9b)的入口处的燃料通道截面($S_{principale}$), 所述先导回路(9a)和所述主回路(9b)各自接收入口流量的百分比,

- 与入口燃料流量无关地, 所述移动阀柱(26)的每个位置确定由所述先导回路(9a)接收的入口流量的百分比以及由所述主回路(9b)接收的入口流量的百分比, 以使得能够通过所述移动阀柱(26)的位置进行控制以对入口流量的分配进行调节,

所述方法进一步包括以下步骤: 在该步骤期间, 对燃料入口流量的分配进行校正以便遵循针对所述先导回路(9a)和/或所述主回路(9b)待接收的最小燃料流量或最大燃料流量。

用于涡轮机的多点式燃料喷射系统以及相关的调节方法

技术领域

[0001] 本发明涉及涡轮发动机的燃烧室的领域,尤其是航空器的涡轮发动机的燃烧室的领域,并且本发明更具体地涉及这些燃烧室中的空气和燃料喷射系统。

[0002] 更确切的来说,本发明涉及具有双回路燃料喷射的喷射系统,该喷射系统包括中央喷嘴以及外周喷嘴,中央喷嘴一般称为先导喷嘴(pilot nozzle),中央喷嘴输送(deliver)针对低速优化的恒定燃料流量,外周喷嘴有时也称为主喷嘴,外周喷嘴输送针对高速优化的间歇燃料流量。针对在燃烧室的不同运行速度下将空气和燃料的喷射进行适配性改良以减少其燃料消耗和其污染物(诸如氮氧化合物和废气)的排放的这些喷射系统已经是成熟的技术。

背景技术

[0003] 通常,航空器涡轮发动机包括燃料箱、燃烧室以及适于对从燃料箱朝燃烧室的燃料流动进行调节的燃料系统。

[0004] 燃料系统包括布置在燃烧室中的一组燃料喷嘴、用于从燃料箱进行增压的燃料泵、用于对流到喷嘴的燃料流动进行控制的FMU(燃料配量单元,Fuel Metering Unit)、以及将燃料配量单元流体连接至燃料喷嘴的燃料供给回路。

[0005] 在涡轮发动机的启动期间,燃料通过泵从燃料箱被泵送至FMU,并且一旦具有足够的启动压力,FMU便将燃料发送至喷嘴。

[0006] 燃料系统可包括多个流动路径。例如,燃料系统可包括两组喷嘴(主组以及辅助组)、用于每个组的管路、以及布置在FMU的下游的分流阀。

[0007] 在这种系统中,燃料根据涡轮发动机的速度被输送至主喷嘴和辅助喷嘴。例如,在涡轮发动机的启动期间,最初仅通过主供给回路将燃料供给至主喷嘴。然而,一旦来自于主燃料喷嘴的燃料均匀且满意的进行燃烧,随后燃料还通过辅助供给回路被供给至辅助喷嘴。换言之,主供给回路供给先导流动,该先导流动触发燃烧过程,而辅助供给回路具有主流量,该主流量适于一旦在先导流动被不断地燃烧时完成并强化燃烧过程。

[0008] 为在涡轮发动机关闭之后减少与燃料系统的管道中存在的残余燃料的相关的问题,文献US 5 809 771提出通过连接至先导喷嘴和主喷嘴的阀对燃料系统的管道进行净化,该阀适于将燃料吸出、储存,然后在涡轮发动机停机时将燃料返回。

[0009] 但是,燃料系统的操作通过FMU的出口处可用的压力被直接地控制,这例如考虑到涡轮发动机的老化而不会使流量充分地适用于涡轮发动机的速度或随时间逐步形成燃料分配值。另外,在文献US 5 809 771中,燃料仅在涡轮发动机停止工作时被净化。另外,使用两个燃料供给回路通常牵涉到两个回路之间的不同的压力损失。

[0010] 最后,由于主供给回路是间歇流量,在燃料系统能够忍受的恶劣条件的影响下,特别是在温度的影响下,管道中会形成焦化的风险。

[0011] 文献EP 2 535 466提出了一种用于涡轮发动机的燃料系统,该燃料系统适于将燃料喷射到涡轮发动机的燃烧室中,该燃料系统包括先导回路、主回路以及流量调节器。然

而,该燃料系统不包括用于在没有燃料通过主回路时防止焦化形成的装置。

[0012] 同样地,文献EP 2 063 087也描述了一种用于涡轮发动机的燃料系统,该燃料系统适于将燃料喷射到涡轮发动机的燃烧室中,该燃料系统包括先导回路、主回路以及流量调节器。该文献还提出了当在发动机停止工作时对回路进行净化。然而,净化装置未被详细说明。

[0013] 最后,文献EP 1 988 267描述了一种用于涡轮发动机的燃料系统,该燃料系统适于将燃料喷射到涡轮发动机的燃烧室中,该燃料系统包括先导回路、两个主回路、流量调节器以及净化箱。燃料系统的构型在这里也是如此的以使得其仅在涡轮发动机停机时对主回路进行净化。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于提出一种燃料系统,尤其是用于航空器涡轮发动机的燃料系统,该燃料系统包括两个燃料供给回路,该两个燃料供给回路被配置成根据涡轮发动机的速度将燃料喷射到燃烧室中以限制焦炭形成的风险,并且如果需要,该燃料系统还可消除两个回路之间的压力损失差。

[0015] 为此,本发明提出一种用于涡轮发动机的燃料系统,该燃料系统适于将燃料喷射到涡轮发动机的燃烧室中,该燃料系统包括:

[0016] -先导回路,该先导回路适于将燃料喷射到燃烧室中,

[0017] -主回路,该主回路适于将燃料喷射到燃烧室中,以及

[0018] -流量调节器,该流量调节器适于根据涡轮发动机的速度对先导回路和主回路之间的燃料流量的分配进行调节,所述流量调节器包括位于第一构型和第二构型之间的移动阀柱,在第一构型中,主回路被堵塞,而先导回路是流通的,在第二构型中,主回路和先导回路同时是流通的,以及

[0019] -燃料箱、高压泵以及净化箱,该高压泵适于对燃料箱的出口处的燃料进行增压,该净化箱在一个侧部上选择性地连接至燃料箱或高压泵并且在另一侧部上连接至主回路,所述净化箱适于根据主回路和其所连接到的燃料箱或高压泵之间的压力差将主回路中的燃料吸出、存储并净化。

[0020] 上文中描述的燃料系统的一些优选的但非限制性的特征如下:

[0021] -燃料系统进一步包括位于流量调节器的下游处的压力调节器,压力调节器适于改变先导回路和主回路中的压力并减小先导回路和主回路之间的位于压力调节器的上游处的压力损失差,

[0022] -净化箱在压力调节器的下游处被连接至主回路,

[0023] -净化箱由流量调节器控制,流量调节器选择性地净化箱连接至燃料箱或高压泵,以使得:

[0024] *在阀柱的第一构型中,净化箱被连接至箱并存储容纳在主回路中的燃料,以及

[0025] *在阀柱的第二构型中,净化箱被连接至高压泵并在主回路中净化在阀柱处于第一配置时存储的燃料,

[0026] -压力调节器包括调节装置,该调节装置适于改变主回路和先导回路的位于流量调节器的下游处的通道截面以限制所述回路中的压力损失,

[0027] -调节装置由两个对抗的压力控制,该两个对抗的压力分别与先导回路的入口处的压力以及主回路的入口处的压力相对应以调整所述主回路和先导回路的通道截面,

[0028] -调节装置进一步包括阀柱,该阀柱适于调节主回路和先导回路的通道截面,阀柱的位置根据先导回路的入口处的压力以及主回路的入口处的压力而处于动态平衡,

[0029] -该燃料系统进一步包括位于流量调节器的上游的燃料配量单元FMU,以及

[0030] -流量调节器由伺服阀致动,并且流量调节器进一步包括线性差动变压器LVDT,该线性差动变压器LVDT适于确定阀柱在流量调节器中的构型。

[0031] 根据第二方面,本发明还提出一种涡轮发动机,该涡轮发动机包括如上文所述的燃料系统,该燃料系统适于将燃料喷射到涡轮发动机的燃烧室中。

[0032] 根据第三方面,本发明提出了一种调节方法,该调节方法实施上文所述的燃料系统,该燃料系统通过先导回路和主回路将具有入口流量的燃料喷射到涡轮发动机的燃烧室中,所述调节方法包括以下步骤:

[0033] -通过将移动阀柱在第一构型和第二构型之间移动来根据涡轮发动机的速度对先导回路和主回路中的燃料流量的分配进行调节,在第一构型中,主回路被堵塞,而先导回路是流通的,在第二构型中,主回路和先导回路同时是流通的,以及

[0034] -通过选择性地将净化箱连接至箱或高压泵来根据流量调节器的移动阀柱的位置对净化箱进行控制,以便将主回路中的燃料吸出、存储或净化。

[0035] 上文中所述的调节方法的一些优选的但非限制性的特征如下:

[0036] -通过控制移动阀柱的位置来对先导回路和主回路之间的入口燃料流量的分配进行调节,所述移动阀柱改变先导回路的入口处的燃料通道截面以及主回路的入口处的燃料通道截面,先导回路和主回路各自接收入口流量的百分比(fraction),与入口燃料流量无关地,移动阀柱的每个位置确定由先导回路接收的入口流量的百分比以及由主回路接收的入口流量的百分比,以使得能够通过通过对阀柱的位置进行控制以对入口流量的分配进行调节,并且该方法进一步包括以下步骤:在该步骤期间,对入口燃料流量的分配进行校正以便遵循针对先导回路和/或主回路待接收的最小燃料流量或最大燃料流量;

[0037] -该方法包括以下步骤:使主回路中的位于燃料系统的压力调节器的上游的压力和先导回路中的位于所述压力调节器的上游的压力均衡;

[0038] -该方法还包括以下步骤:选择待由先导回路或主回路接收的入口燃料流量的百分比X,其中,X介于0和100%之间;以及将移动阀柱移动至能够获得所述百分比X的位置;

[0039] -先导回路和主回路具有的入口端口具有相同形式的截面,该方法包括由以下公式分别确定由先导回路(9a)和主回路(9b)接收的入口燃料流量的百分比 $X_{circuit}$ 的步骤:

$$X_{circuit} = \frac{S_{circuit}}{S_{pilote} + S_{principal}}, S_{circuit} \text{ 分别为先导回路和主回路的入口处的燃料通道截面的表面, } S_{pilote} \text{ 为先导回路的燃料通道截面的表面,以及 } S_{principal} \text{ 为主回路的燃料通道截面的表面};$$

[0040] -先导回路和主回路具有的入口端口具有不同形式的截面,该方法包括由以下公式分别确定由先导回路和主回路接收的入口燃料流量的百分比 $X_{circuit}$ 的步骤:

$$X_{circuit} = \frac{K_{circuit} S_{circuit}}{K_{pilote} S_{pilote} + K_{principal} S_{principal}}, S_{circuit} \text{ 分别是先导回路和主回路的入口处的燃料通道截面的表面, } K_{circuit} \text{ 是常数,其分别连接至先导回路和主回路的入口端口的截面的形式,}$$

S_{pilote} 是先导回路的燃料通道截面的表面,以及 $S_{principal}$ 是主回路的燃料通道截面的表面;

[0041] -该方法包括以下步骤:根据用于先导回路和主回路的最小流量和最大流量的范围,对移动阀柱的位置进行控制以便以给定的间隔分别对先导回路和主回路的燃料通道截面的表面进行隔离,使得先导回路和主回路的压力损失分别处于预定的区间内。

[0042] 本发明的准备工作已获得来自欧洲联盟的处于资助协议号为ACP1-GA-2011-283216-LEMCO TEC的范围内的第七构架项目FP7/2007-2013的融资。

附图说明

[0043] 通过阅读以下详细说明并参照以非限制性示例给出的附图,本发明的其它特征、目的和优点将更加清楚地显现,在附图中:

[0044] 图1示出了根据本发明的涡轮发动机的燃料系统的实施例,该燃料系统处于与涡轮发动机的低速相对应的第一构型,

[0045] 图2示出了图1的燃料系统,该燃料系统处于第一构型和第二构型之间的过渡构型,该过渡构型对应于涡轮发动机的速度的变化,

[0046] 图3示出了图1的燃料系统,该燃料系统处于与涡轮发动机的高速相对应的第二构型,

[0047] 图4示出了先导回路和主回路之间的燃料分配的调节方法的实施例的步骤,以及

[0048] 图5示出了用于根据针对回路中的一个的流量限制对燃料分配进行校正的步骤。

具体实施方式

[0049] 燃料系统

[0050] 燃料系统1在燃料的流动方向上从上游到下游包括,

[0051] -燃料箱5,

[0052] -高压泵6,高压泵6适于对来自燃料箱的燃料进行增压,以及

[0053] -燃料配量单元FMU7,燃料配量单元FMU7通过高压泵6供给燃料并且适于通过燃料供给回路对流至燃烧室8的燃料流动进行控制。

[0054] 燃料供给回路包括两组喷嘴8a、8b以及流量调节器2(或分流阀),两组喷嘴8a、8b各自被联接至供给回路9a、9b,流量调节器2被布置在FMU7的下游。

[0055] 更确切地,供给回路包括先导回路9a和主回路9b,先导回路9a适于通过先导喷嘴8a连续地将燃料喷射到燃烧室8中,主回路9b适于通过主喷嘴8b间歇地将燃料喷射到燃烧室8中。

[0056] 先导回路9a和主回路9b的流量通过设置在FMU7和先导喷嘴8a以及主喷嘴8b之间的流量调节器2进行控制。流量调节器2根据涡轮发动机的速度调节每个供给回路9a、9b之间的流量分配,并且流量调节器2可例如通过伺服阀20被致动。

[0057] 最后,燃料系统1还包括布置在流量调节器2的下游的压力调节器3,该压力调节器3适于改变先导回路9a和主回路9b中的压力,其目的是为了减少或消除两个回路9a、9b之间的处于压力调节器3的上游处的压力损失差。

[0058] 更确切地,流量调节器2包括

[0059] -入口端口22,入口端口22通过高压泵6和FMU7将源自燃料箱的燃料吸入,

[0060] -先导排放端口24a,先导排放端口24a适于将先导回路9a中的燃料朝向先导喷嘴8a排出,

[0061] -主排放端口24b,主排放端口24b适于将主回路9b中的燃料朝向主喷嘴8b排出,以及

[0062] -移动阀柱 (spool) 26,移动阀柱26包括第一构型和第二构型,在第一构型下,阀柱26堵塞主排放端口24b,先导排放端口24a是流通的,在第二构型下,先导排放端口24a和主排放端口24b同时是流通的。因此,在第一构型下,燃料仅通过先导喷嘴8a被喷射在燃烧室8中,而在第二构型下,主喷嘴8b也将燃料喷射在燃烧室8中。在该构型下,阀柱26的位置涉及到先导回路9a和主回路9b之间的流量的分配百分数。

[0063] 流量调节器2的阀柱26的位置由伺服阀20来控制。燃料系统1还可包括线性差动变压器LVDT21 (Linear Variable Differential Transformer),该线性差动变压器LVDT21能够将阀柱26在流量调节器2中的构型的信息返回。

[0064] 压力调节器3就其本身而言包括:

[0065] -先导吸入端口30a,先导吸入端口30a将源自先导排放端口24a的燃料吸入,

[0066] -主吸入端口30b,主吸入端口30b将源自主排放端口24b的燃料吸入,

[0067] -先导出端口32a,先导出端口32a适于将来自先导回路9a的燃料朝向先导喷嘴8a排出,

[0068] -主出口端口32b,主出口端口32b适于将来自主回路9b的燃料朝向主喷嘴8b排出,

[0069] 每组吸入端口30a、30b和出口端口32a、32b通过相应回路的供给管线被连接,以及

[0070] -调节装置,调节装置适于分别改变主回路9b和先导回路9a的在流量调节器2和主喷嘴8b以及先导喷嘴8a之间的管线的通道截面,以限制这些回路9a、9b中的压力损失。

[0071] 压力调节器3的调节装置包括移动阀柱38,该移动阀柱38适于改变主回路9b和先导回路9a的在流量调节器2和喷嘴8a、8b之间的管线中的燃料通道截面。

[0072] 例如,阀柱38由两个对抗的压力进行控制,该两个对抗的压力分别对应于先导吸入端口30a处的压力 P_a 和主吸入端口30b处的压力 P_b 。为此,阀柱38的位置由对抗压力 P_a 和 P_b 通过先导管路和主管路进行控制,先导管路适于将先导吸入端口30a处的压力转移 (transplant) 并将该压力施加至阀柱38的第一侧部,主管路适于将主吸入端口30b处的压力转移并将该压力施加至阀柱38的第二侧部。以这种方式,阀柱38根据调节器3的在先导喷嘴8a和主喷嘴8b的供给回路中的每个中的入口处的压力 P_a 和 P_b 而在当前处于动态平衡。

[0073] 在附图中,主回路9b位于左侧,而先导回路9a位于右侧。因此,在先导回路9a中转移的压力 P_a 被施加到阀柱38的左侧,而在主回路9b中转移的压力 P_b 被施加到阀柱38的右侧。

[0074] 所以,当只有先导电路9a通过流量调节器2供给燃料时,先导吸入端口30a处的压力 P_a 大于主吸入端口30b处的压力 P_b 。为避免增加压力损失,因此阀柱38移动成使得其不会堵塞先导回路9a的供给管线 (图1)。

[0075] 然而,当主回路9b也通过流量调节器2供给燃料时,在主吸入端口30b处的压力 P_b 上升,这使压力调节器3的阀柱38移动成使得压力调节器3的在主回路9b和先导回路9a中的入口处的压力相等。在图3中,阀柱38相对于图1移动到左侧。

[0076] 压力调节器3的阀柱38的位置根据压力 P_a 和 P_b 的值来确定。例如,如果压力 P_b (在

主吸入端口30b处)大于压力Pa(在先导吸入端口30a处),阀柱38移动以通过部分堵塞并扩大主回路9b的供给管线中的通道截面来减少先导回路9a的供给管线中的通道截面,这样的结果是增加先导回路9a中的压力损失并减小主回路9b中的压力损失。由于转移其各自的吸入端口30a、30b处的压力的主管路和先导管路,阀柱38因此向左侧移动。

[0077] 在一个实施例中,压力调节器3还可包括布置在主管路和辅助管路上的流量限制器39a、39b,流量限制器39a、39b适于使流量变得平滑并防止由于主回路9b的状态(流通/堵塞)的变化而引起的任何压力峰值。

[0078] 燃料系统1还包括净化箱4,净化箱4适于将主回路9b的供给管线中的燃料吸出、存储并返回。目的是在不使用该回路期间对回路9b进行净化,以防止形成焦炭、节约燃料,然后将燃料送回至回路9b中以在主回路9b从堵塞状态转变成流通状态时对管线进行预填充。

[0079] 为此,净化箱4包括净化端口40以及致动端口42,该净化端口40连接到主回路9b的供给管线,优选地,该供给管线位于压力调节器3的主出口端口32b和主喷嘴8b之间,优选地,该致动端口42通过流量调节器2可选择地连接到燃料箱5或高压泵6。为此,致动端口42被联接到调节器2的第一端口42a以及调节器2的第三端口42b,第一端口42a适于在阀柱26处于其第一构型时与调节器2的第二端口28a流体连通,第三端口42b适于在阀柱26处于其第二构型时与调节器2的第二端口28b流体连通。

[0080] 净化箱4的操作类似于液压蓄能器,并且净化箱4包括移动隔壁45,移动隔壁45界定出致动腔44和净化腔46。以这种方式,根据净化箱4是否连接到燃料箱5或高压泵6,致动端口42和净化端口40之间的压力差使净化箱4的隔壁45进行移动。实际上,净化端口40处的压力等于主回路9b中的在喷嘴8b处的压力,而致动端口42处的压力等于燃料箱5的压力或高压泵6的出口处的压力。

[0081] 隔壁45可进一步通过压缩弹簧48朝向静止位置被施压。弹簧48的刚度根据用于净化箱4的致动腔44和净化腔46的优选体积以及可用的操作压力来确定。

[0082] 根据一个实施例,净化箱4由流量调节器2控制,使得流量调节器2的阀柱26的构型确定净化箱4的构型。

[0083] 因此,在流量调节器2的第一构型中,净化箱4的致动端口42通过第一端口42a和第二端口28a被连接到燃料箱5。因此,致动腔44中的压力等于燃料箱5的压力,而净化腔46中的压力等于在主回路9b中的在主喷嘴8b处的压力。由于主回路9b中的压力高于燃料箱5中的压力,净化箱4的隔壁45被放置在致动端口42的一侧。

[0084] 在流量调节器2的第二构型中,净化箱4的致动端口42通过第三端口42b和第四端口28b被连接到高压泵6。因此,致动腔44中的压力等于高压泵6的压力,而净化腔46中的压力保持为等于主回路9b中的压力。由于主回路9b中的压力低于高压泵6处的压力,因此,净化箱4的壁沿净化端口40的方向移动。

[0085] 有利地,流量调节器2的阀柱26被布置成:在阀柱26到达其第二构型之前经由第二通道28b将净化箱4的致动端口42连接到高压泵6,以使得净化箱4能够在流量调节器2通过压力调节器3使燃料进入主回路9b之前将容纳在其净化腔46中的燃料喷射到主回路9b。

[0086] 燃料系统1可如下文所述地操作。

[0087] 当存在低推力(图1)时,只有先导回路9a是流通的,而主回路9b被堵塞。因此,流量调节器2的阀柱26处于其第一构型,即,阀柱26堵塞主排放端口24b,先导排放端口24a是流

通的。

[0088] 燃料在FMU7的命令下通过泵6进行增压,然后被喷射到流量调节器2中。由于阀柱26处于其第一构型,因此燃料仅移动到先导供给回路9a,使得先导回路9a中的压力Pa(先导吸入端口30a处)大于主回路9b中的压力。因此,压力调节器3的阀柱38被定位成不增加先导管线的压力损失:因此,阀柱38通过压力Pa被控制到右侧。

[0089] 另外,在流量调节器2的阀柱26的第一构型中,净化箱4被连接到燃料箱5。因此,致动腔44中的压力低于净化腔46中的压力,从而使得隔壁45与致动端口42相邻。因此,净化腔46容纳早前被吸入到主回路9b中的燃料(参见下文中的关于图2和图3的说明)。

[0090] 当推力变大时(图3),主回路9b也必须是流通的。因此,流量调节器2的阀柱26移动至其第二构型以使主排放端口24b是流通的,其中,先导排放端口24a保持为流通的。

[0091] 燃料在FMU7的命令下一直通过泵6进行增压,然后被喷射到流量调节器2中。由于阀柱26处于其第二构型,因此燃料同时移动至先导回路9a和主回路9b中。因此,压力Pb(主吸入端口30b处)增加,使得压力调节器3的阀柱38移动以同时限制先导回路9a和主回路9b中的压力损失。在附图所示的实施例中,阀柱38通过Pa和Pb之间的压力差被控制到左侧,直到阀柱到达其平衡点处为止,即,直到先导排放端口32a处的压力Pa和主排放端口32b处的压力Pb相等时为止。

[0092] 当流量调节器2的阀柱26从第一构型移动到第二构型(图2)时,净化箱4的被连接至燃料箱5的致动端口42变成连接至高压泵6。因此,致动腔44中的压力变成大于净化腔46中的压力,从而使得隔壁45沿净化端口40的方向移动。容纳在净化腔46中的燃料被喷射到主回路9b的位于压力调节器3和主喷嘴8b之间的供给管线中,这对供给回路进行预填充并因此降低了用于经由主回路9b将燃料喷射到燃烧室8中的时间响应。

[0093] 当流量调节器2的阀柱26到达其第二构型时,致动端口42仍被连接到高压泵6,以使得隔壁45被保持到净化端口40的一侧。实际上,由于存在于泵6和主喷嘴8b之间的调节器2、3和FMU7增加了压力损失,因此高压泵6的出口处的燃料的压力大于主回路9b中的燃料的压力。

[0094] 显然,从流量调节器2的阀柱26的第一构型到第二构型的转换是连续的,并且反之亦然。因此,净化箱4将容纳在其净化腔46中的燃料喷射到主回路9b中的步骤正好在主回路9b变得流通之前发生。

[0095] 当推力再次变得较低时(图1),仅先导回路9a必须是流通的,而主回路9b需要被堵塞。因此,流量调节器2的阀柱26返回至其第一构型以堵塞主排放端口24b,先导排放端口24a被保持为流通的。

[0096] 因此,燃料再次仅移动到先导回路9a中,使得先导回路9a中的压力Pa(先导吸入端口30a处)再次大于主回路9b中的压力。因此,压力调节器3的阀柱38被移动以使得不会增加先导管线的压力损失:因此,阀柱38通过压力Pa被控制到右侧。

[0097] 此外,当流量调节器2的阀柱26返回至其第一构型时,净化箱4的致动端口42被重新连接至燃料箱5。因此,致动腔44中的压力低于净化腔46中的压力,从而使得隔壁45沿致动端口42的方向移动。因此,容纳在主回路9b中的燃料被吸出以填充净化腔46并限制在主回路9b中形成焦炭。

[0098] 调节方法

[0099] 现对实施早前描述的燃料系统的调节方法进行描述。该调节方法适用于诸如先前描述的系统的所有变型。

[0100] 源自燃料配量单元FMU7并到达流量调节器2处的燃料具有待在先导回路9a和主回路9b之间进行分配给定的入口流量。

[0101] 调节方法包括以下步骤：通过对移动阀柱26的位置进行控制以对先导回路9a和主回路9b之间的燃料入口流量的分配进行调节。

[0102] 这种调节方法可通过计算机类型的处理单元进行管理，该处理单元对伺服阀20进行控制并在入口处接收来自操作者或来自航空器的其他系统（诸如航空器的中央单元）的流量分配的命令。

[0103] 移动阀柱26改变先导回路9a的入口处的燃料通道截面 S_{pilote} 以及主回路9b的入口处的燃料通道截面 $S_{principal}$ ，先导回路9a和主回路9b各自接收入口流量的百分比。

[0104] 截面 S_{pilote} 与位于先导回路9a的入口处的排放端口24a的未覆盖的截面相对应，而截面 $S_{principal}$ 与位于主回路9b的入口处的排放端口24b的未覆盖的截面相对应。

[0105] 根据移动阀柱26平移的位置，这些未覆盖的截面的表面或多或少是大的。

[0106] 以这种方式，先导回路9a接收入口流量的百分比X（入口燃料流量的X%），而主回路9b接收入口流量的互补的百分比1-X（入口燃料流量的（1-X）%）。

[0107] 回路9a、9b中的每个的入口处的流量W被表示为：

$$[0108] \quad W = K \cdot S \cdot \sqrt{\Delta P \rho}$$

[0109] 在该公式中：

[0110] -K为常数，其分别取决于先导回路和主回路的入口端口（此处即分别为流量调节器2的排放端口24a和24b）的截面的形式；

[0111] -S分别为先导回路和主回路的入口处的燃料通道截面的表面（在这种情况下，其分别是排放端口24a和24b的未覆盖的截面的表面）；

[0112] - ΔP 为压力损失，该压力损失分别对应于流量调节器的入口与先导回路的入口之间的压力差和流量调节器的入口与主回路的入口之间的压力差；

[0113] - ρ 为燃料的体积量。

[0114] 在先导回路9a和主回路9b的压力损失 ΔP 相等且先导回路9a和主回路9b的常数K相等的情况下（在先导回路和主回路的入口截面具有相同形式的情况下），分别通过先导回路9a和主回路9b接收到的入口燃料流量的百分比 $X_{circuit}$ 从以下公式中被确定：

$$[0115] \quad X_{circuit} = \frac{S_{circuit}}{S_{pilote} + S_{principal}}$$

[0116] 在该公式中：

[0117] - $S_{circuit}$ 分别是先导回路9a和主回路9b的入口处的燃料通道截面的表面。这分别是流量调节器的排放端口24a、24b的未被移动阀柱26覆盖的剩余的截面的表面，

[0118] - S_{pilote} 是先导回路9a的入口处的燃料通道截面的表面。这是流量调节器的排放端口24a的未被移动阀柱26覆盖的剩余的截面的表面，以及

[0119] - $S_{principal}$ 是主回路9b的入口处的燃料通道截面的表面。这是流量调节器的排放端口24b的未被移动阀柱26覆盖的剩余的截面的表面。

[0120] 因此,该公式根据移动阀柱26的位置对待由每个回路接收的入口流量的百分比进行确定。

[0121] 实际上,移动阀柱26的位置确定先导回路9a的入口处的燃料通道截面以及主回路9b的入口处的燃料通道截面。

[0122] 因此,与入口燃料流量无关地,移动阀柱26的每个位置确定由先导回路9a接收的入口流量的百分比 X_{pilot} 以及由主回路9b接收的入口流量的百分比 $X_{principal}$,这使得能够通过移动阀柱26的位置来控制对入口流量的分配进行调节。

[0123] 因此,先导回路9a和主回路9b之间的入口流量的分配的控制规律被简化,因为它仅取决于移动阀柱26的位置,并且不取决于入口流量的值。移动阀柱26的位置通过位移传感器21得知。

[0124] 此外,使用单个移动阀柱26省去由使用若干配量单元而导致的失误,这种失误在多个配量单元的情况下会被增加。

[0125] 在先导回路9a和主回路9b的入口处的压力损失 ΔP 不同的情况下,该方法包括在燃料系统1中布置并使用压力调节器3。这种压力调节器使以下压力变得均衡:

[0126] -主回路9b中的位于燃料系统1的压力调节器3的上游处的压力 P_b ,以及

[0127] -先导回路9a中的位于所述压力调节器3的上游处的压力 P_a 。

[0128] 因此,流量的分配的控制只取决于移动阀柱26的位置。

[0129] 在先导回路9a和主回路9b具有的入口端口具有不同形式的截面的情况下,即,排放端口24a和排放端口24b具有不同形式的入口截面,分别由先导回路9a和主回路9b接收的燃料入口流量的百分比 $X_{circuit}$ 由以下公式确定:

$$[0130] \quad X_{circuit} = \frac{K_{circuit} S_{circuit}}{K_{pilot} S_{pilot} + K_{principal} S_{principal}}$$

[0131] 在该公式中:

[0132] - $S_{circuit}$ 分别是先导回路9a和主回路9b的入口处的燃料通道截面的表面。这分别是流量调节器的排放端口24a、24b的未被移动阀柱26覆盖的剩余的截面的表面,

[0133] - $K_{circuit}$ 为常数,其分别取决于先导回路(K_{pilot})和主回路($K_{principal}$)的入口端口(即流量调节器的排放端口)的截面的形式,

[0134] - S_{pilot} 是先导回路9a的入口处的燃料通道截面的表面。这是流量调节器的排放端口24a的未被移动阀柱26覆盖的剩余的截面的表面,以及

[0135] - $S_{principal}$ 是主回路9b的入口处的燃料通道截面的表面。这是流量调节器的排放端口24a的未被移动阀柱26覆盖的剩余的截面的表面。

[0136] 因此,该公式根据移动阀柱26的位置对待由每个回路接收的入口流量的百分比进行确定。

[0137] 实际上,与入口燃料流量无关地,移动阀柱26的每个位置确定由先导回路9a接收的入口流量的百分比和由主回路9b接收的入口流量的百分比。

[0138] 入口流量的分配的控制(参见图4)可包括以下步骤:

[0139] -选择(步骤E1)待由先导回路9a或主回路9b接收的入口燃料流量的百分比 X ,其中 X 介于0和100%之间。如所理解的,用于回路中的一个的百分比 X 的选择确定另一回路的百分比,该另一回路接收流量的互补的百分比 $1-X$,以及

[0140] -将移动阀柱26移动(步骤E2)至一个位置以获得所述百分比X。该位置是已知的,因为在上文中已强调,入口流量的百分比X只取决于回路的未覆盖的燃料通道截面以及可选地常数 K_{circuit} (见上文的公式)。

[0141] 以这种方式,该方法为每个回路选择介于0和100%之间的入口流量的任意百分比,这确保在值的很宽范围内的精度和控制。

[0142] 图5示出了在收到流量的分配命令后先导回路9a中的流量根据时间的变化。

[0143] 在收到该命令之后,先导回路9a中的流量(曲线50)下降,直到它达到最小流量52为止。

[0144] 为防止先导回路9a中的流量下降到最小流量52以下,该方法包括对入口燃料流量的分配进行校正以便遵循用于先导回路9a的最小流量的步骤。因此,计算机变更移动阀柱26的位置。如图5所示,由于该命令,由先导回路9a接收的流量远离最小流量52移动。

[0145] 该方法同样适用于遵循最大流量。这种校正可同时适用于先导回路9a和/或主回路9b。

[0146] 接收入口燃料流量的值和回路之间的燃料分配值的计算机能够根据参数改变移动阀柱26的位置,该参数诸如为燃烧室中的富度或针对每个回路被遵循的最大流量和最小流量。

[0147] 此外,由于上文中提到的入口流量的分配公式,该方法可包括对移动阀柱26的位置进行控制以便分别以给定的间距对先导回路9a和主回路9b的燃料通道截面的表面进行隔离的步骤,以遵循:

[0148] -用于先导回路9a和主回路9b的最小流量和最大流量的预先确定的范围;

[0149] -用于先导回路9a、主回路9b的压力损失的预先确定的范围(先导回路、主回路的压力损失分别与流量调节器的入口与先导回路的入口之间的压力差和流量调节器的入口与主回路的入口之间的压力差相对应)。例如,该范围取决于回路的出口处的装备以及其用于可容许的压力的规格标准。

[0150] 调节方法改善了分配的控制。尤其地,对单个移动阀柱进行控制降低组件的体积和质量。此外,还减少分配的错误。最后,入口流量的分配控制基于移动阀柱的位置被简化。

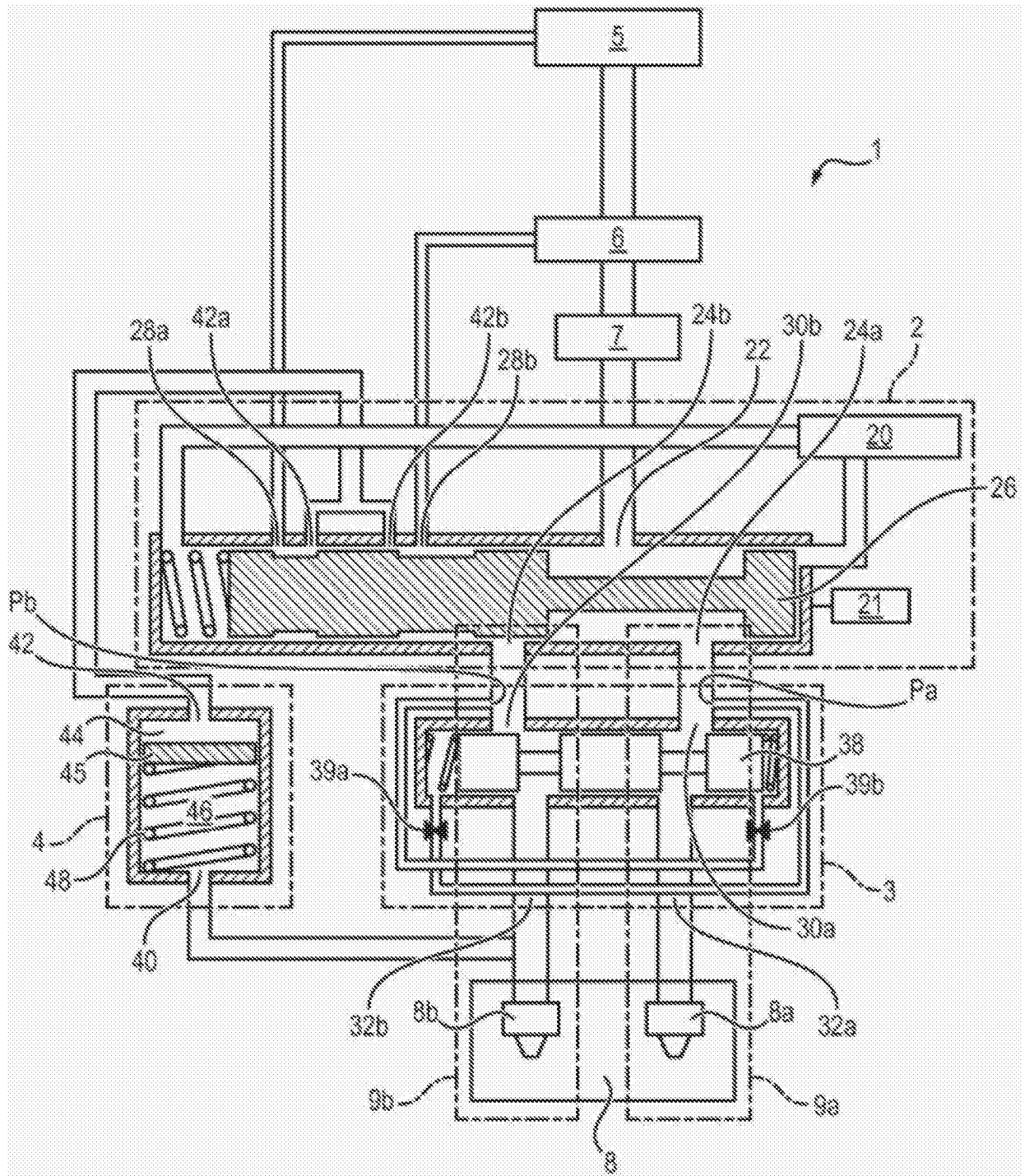


图1

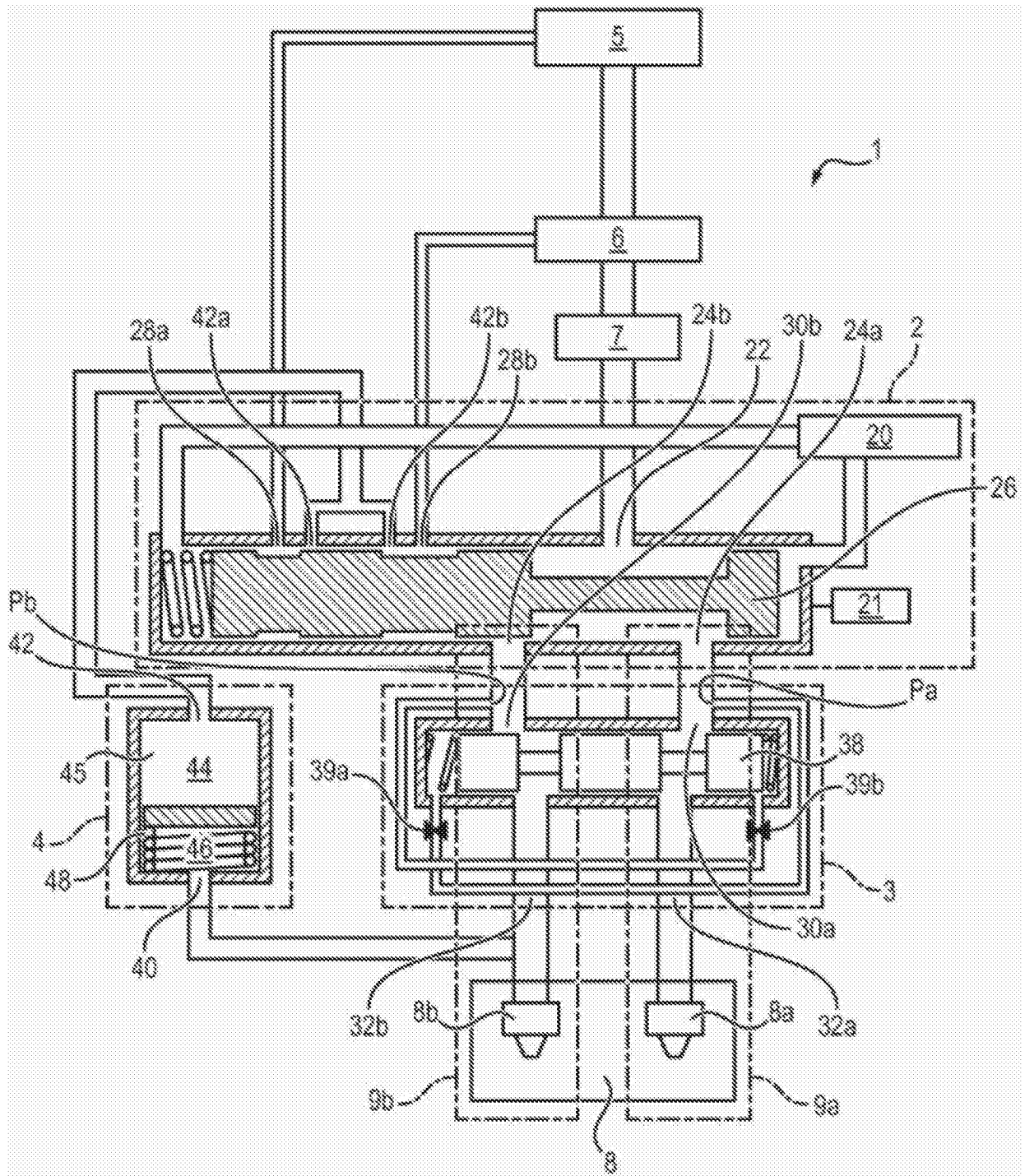


图2

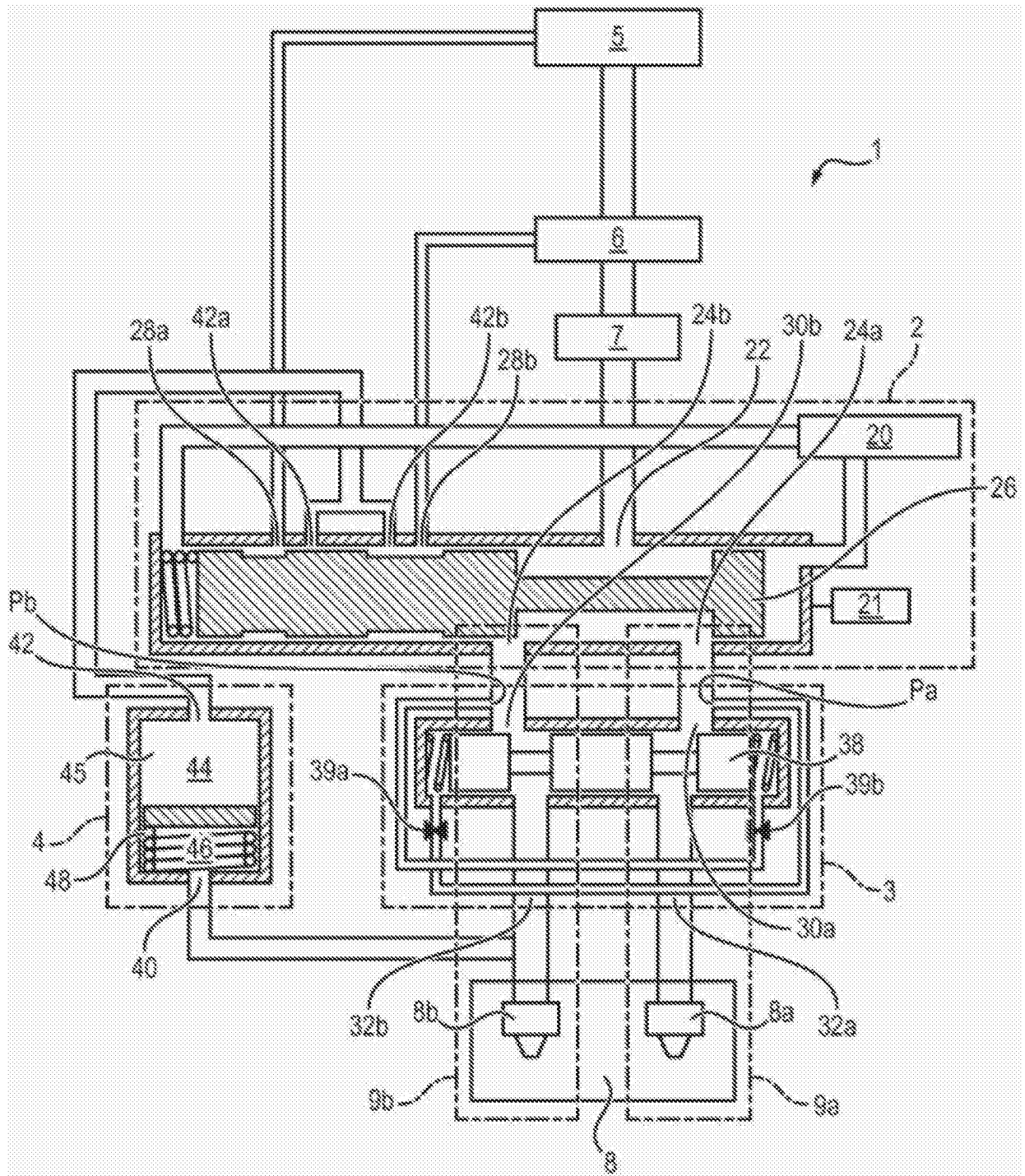


图3

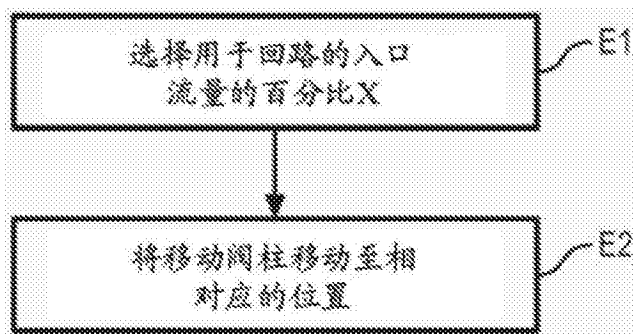


图4

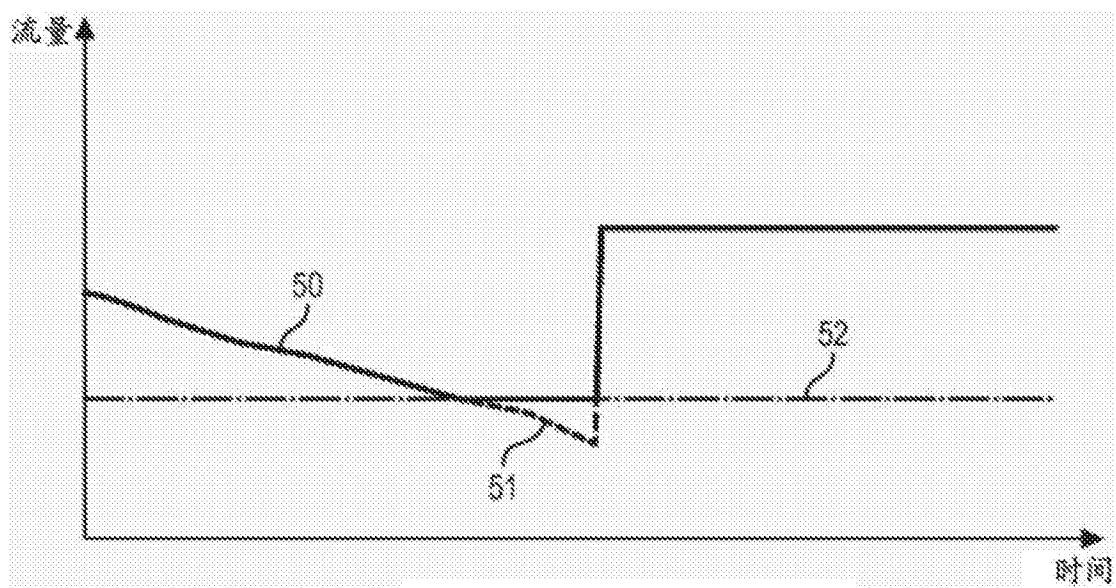


图5