



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102057166 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 11

(21) 申请号 200980121657. 0

代理人 吴鹏 马江立

(22) 申请日 2009. 04. 10

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F15B 11/16(2006. 01)

61/044, 337 2008. 04. 11 US

F15B 21/08(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

F15B 1/02(2006. 01)

2010. 12. 09

B62D 5/07(2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/040219 2009. 04. 10

(87) PCT申请的公布数据

W02009/126893 EN 2009. 10. 15

(71) 申请人 伊顿公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 D·吴 P·布兰纳 C·G·福琼

A·H·雅各达 J·R·凯斯

T·J·斯托尔茨 B·莫里斯

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

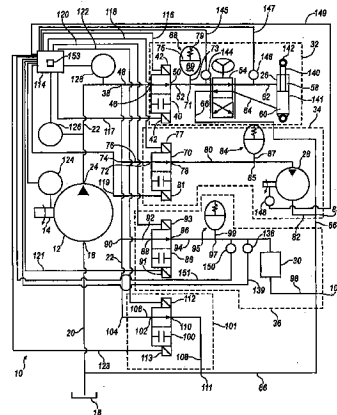
权利要求书 3 页 说明书 17 页 附图 7 页

(54) 发明名称

包括用于驱动多个可变负载的固定排量泵的
液压系统及操作方法

(57) 摘要

示例性液压系统 (10) 包括多个数字阀 (40, 70, 86, 100), 每个阀可与对应的液压负载 (26, 28, 30) 流体连接。数字阀可操作以将对应的液压负载与压力源 (12) 流体连接。所述液压系统还包括与多个数字阀可操作地连接的数字控制器 (114)。该数字控制器配置成分配优先级使得该优先级与多个液压负载中的每一个相关联, 以及基于所分配的优先级制定脉宽调制控制信号。数字控制器将控制信号传输到多个数字阀以控制所述阀的操作。



1. 一种方法,包括:
分配优先级使得所述优先级与多个液压负载中的每个液压负载相关联;
基于所分配的优先级制定脉宽调制控制信号;
将所述控制信号传输到多个数字阀,每个阀可操作以选择性地至少一个所述液压负载与压力源流体连接;以及
响应于所述控制信号按顺序致动所述数字阀的至少一个子组。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括在单个操作循环致动每个所述数字阀不超过一次。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述控制信号限定出操作循环期间的的时间周期,在所述时间周期中相应的阀布置在打开位置和关闭位置。
4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,在每个操作循环期间每个阀打开和关闭不超过一次。
5. 根据权利要求2所述的方法,还包括基于相关联的液压负载所分配的优先级以有序的次序致动所述阀。
6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,首先致动与具有最高优先级的所述液压负载相关联的所述阀。
7. 根据权利要求5所述的方法,还包括使每个所分配的优先级基于所述特定液压负载的压力需求。
8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,首先致动与具有最高压力需求的所述液压负载相关联的所述阀。
9. 根据权利要求7所述的方法,还包括有序地致动所述阀,所述有序地致动从与具有最高压力需求的所述液压负载相关联的所述阀开始并基于其余液压负载的所述压力需求以有序的降序次序进行。
10. 根据权利要求7所述的方法,还包括有序地致动所述阀,所述有序地致动从与具有最低压力需求的所述液压负载相关联的所述阀开始并基于其余液压负载的所述压力需求以有序的升序次序进行。
11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述控制信号的所述制定包括为每个所述数字阀确定一工作循环,所述工作循环限定出时间周期,在所述时间周期期间所述阀布置在关闭位置和打开位置。
12. 根据权利要求11所述的方法,还包括:
为所述多个液压负载中的每一个液压负载确定流量需求;以及
为每个所述阀确定一工作循环,所述工作循环被计算以产生所述相关联的液压负载的所述流量需求。
13. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,所述控制阀中的至少一个被分配一工作循环,确定所述工作循环以在所有所述液压负载的总流量需求大于可获得的加压流体的流量时产生小于所述相关联的液压负载的所述流量需求。
14. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,基于所述相关联的液压负载的所述流量需求确定所述工作循环。
15. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,在开始操作循环之前确定用于每个所

述数字阀的所述工作循环。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,贯穿所述操作循环保持用于每个所述数字阀的所述工作循环。

17. 根据权利要求 15 所述的方法,还包括:

在致动所述相应的阀之前评估每个阀的所述工作循环;以及

基于所述相关联的液压负载的所述流量需求修改在开始所述操作循环之前确定的所述工作循环。

18. 一种液压系统,包括:

多个数字阀,每个阀可与对应的液压负载流体连接,所述数字阀可操作以将所述对应的液压负载与压力源流体连接;以及

数字控制器,所述数字控制器与所述多个数字阀可操作地连接,所述数字控制器配置成分配优先级使得多个液压负载中的每一个与所述优先级相关联以及基于所分配的优先级制定脉宽调制控制信号,所述数字控制器可操作以向所述多个数字阀传输所述控制信号以便控制所述阀的操作。

19. 根据权利要求 18 所述的液压系统,其特征在于,所述控制信号被制定为在单个操作循环中致动每个所述数字阀不超过一次。

20. 根据权利要求 19 所述的液压系统,其特征在于,所述控制信号限定出每个操作循环期间的的时间周期,在所述时间周期中相应的阀布置在打开位置和关闭位置。

21. 根据权利要求 20 所述的液压系统,其特征在于,在每个操作循环期间每个阀打开和关闭不超过一次。

22. 根据权利要求 19 所述的液压系统,其特征在于,所述控制器配置成基于所述相关联的液压负载的所分配的优先级以有序次序致动所述阀。

23. 根据权利要求 22 所述的液压系统,其特征在于,与具有最高优先级的所述液压负载相关联的所述阀首先被致动。

24. 根据权利要求 22 所述的液压系统,其特征在于,所述控制器配置成基于所述液压负载的压力需求分配所述优先级。

25. 根据权利要求 24 所述的液压系统,其特征在于,与具有最高压力需求的所述液压负载相关联的所述阀首先被致动。

26. 根据权利要求 24 所述的液压系统,其特征在于,所述控制器配置成有序地致动所述阀,所述有序地致动从与具有最高压力需求的所述液压负载相关联的所述阀开始并基于其余液压负载的所述压力需求以有序的降序次序进行。

27. 根据权利要求 24 所述的液压系统,其特征在于,所述控制器配置成有序地致动所述阀,所述有序地致动从与具有最低压力需求的所述液压负载相关联的所述阀开始并基于其余液压负载的所述压力需求以有序的升序次序进行。

28. 根据权利要求 18 所述的液压系统,其特征在于,所述控制器配置成为每个所述数字阀确定一工作循环,所述工作循环限定出时间周期,在所述时间周期期间所述阀布置在关闭位置和打开位置。

29. 根据权利要求 28 所述的液压系统,其特征在于,所述控制器配置成确定所述多个液压负载中的每一个的流量需求和为每个所述阀确定一工作循环,计算所述工作循环以产

生所述相关联的液压负载的所述流量需求。

30. 根据权利要求 29 所述的液压系统,其特征在于,所述控制阀中的至少一个被分配一工作循环,所述工作循环被确定为在所有所述液压负载的总流量需求大于可获得的加压流体的流量时产生小于所述相关联的所述液压负载的所述流量需求。

31. 根据权利要求 28 所述的液压系统,其特征在于,基于所述相关联的液压负载的所述流量需求确定所述工作循环。

32. 根据权利要求 28 所述的液压系统,其特征在于,在开始操作循环之前确定用于每个所述数字阀的所述工作循环。

33. 根据权利要求 32 所述的液压系统,其特征在于,贯穿所述操作循环保持用于每个所述数字阀的所述工作循环。

34. 根据权利要求 32 所述的液压系统,其特征在于,所述控制器配置成在致动所述相应阀之前评估每个阀的所述工作循环,和基于所述相关联的液压负载的所述流量需求修改在开始所述操作循环之前确定的所述工作循环。

包括用于驱动多个可变负载的固定排量泵的液压系统及操作方法

背景技术

[0001] 液压系统可包括多个液压负载,各液压负载可具有可随时间变化的不同流量和压力需求。该液压系统可包括用于向液压负载供应加压流体流的泵。该泵可具有可变或固定排量构型。固定排量泵通常比可变排量泵更小、更轻和更便宜。一般而言,固定排量泵为每个泵操作循环传递一定体积的流体。但是,根据泵的构型和泵的制造精度,泵的输出流量实际上可由于从泵出口侧至泵入口侧的内部泄漏而随着系统压力水平的提高而降低。可通过调节泵的速度来控制固定排量泵的输出体积。关闭或限制固定排量泵的出口将导致系统压力相应升高。为了避免使液压系统过压,固定排量泵通常利用压力调节器或卸荷阀在泵输出超过多个液压负载的流量需求期间控制系统内的压力水平。该液压系统还可包括各种用于控制向多个负载分配加压流体的阀。

附图说明

[0002] 图 1 是包括用于驱动多个液压负载的固定排量泵的示例性液压系统的示意图。

[0003] 图 2 是多个用于控制向多个液压负载分配加压流体的控制阀所采用的示例性工作循环的图示。

[0004] 图 3 是可在采用图 2 所示的示例性阀工作循环时存在的示例性相对流体流量和压力水平的图示。

[0005] 图 4 是可在采用图 2 所示的示例性阀工作循环时存在的相对泵输出压力水平的图示。

[0006] 图 5 是液压系统所采用的控制阀的示例性排序的图示。

[0007] 图 6A 和图 6B 是改变图 5 所示的阀排序次序以适应液压负载的压力需求变化的图示。

[0008] 图 7A 和图 7B 是时延对系统压力的影响的图示。

[0009] 图 8A 和图 8B 是渐进式脉宽控制的示例性实施方案的图示。

[0010] 图 9 是跨越顺序操作的三个单独的控制阀所出现的示例性压降的图示。

[0011] 图 10 图示了基于图 9 所示的相应压降计算出的时延压力误差。

[0012] 图 11 是图 9 的一部分的放大图,其示出了一个控制阀关闭与下一相继的控制阀打开之间的转换时段。

具体实施方式

[0013] 现参照接下来的说明以及附图详细示出所公开的系统和方法的说明性方案。虽然附图示出了一些可行方案,但附图不一定按比例并且某些特征可被放大、略去或部分剖切以更好地图示和说明本发明。此外,在此进行的说明并非旨在进行穷举或者将权利要求限制或局限于图中所示和以下详细说明所公开的精确形式和构型。

[0014] 图 1 示意性地示出用于控制多个流体回路的示例性液压系统 10,所述多个流体回

路结合有多个具有可变流量和压力需求的液压负载。用于驱动液压负载的加压流体由液压固定排量泵 12 提供。泵 12 可包括任何种类的公知的固定排量泵,包括但不限于齿轮泵、叶片泵、轴向活塞泵和径向活塞泵。泵 12 包括用于驱动泵的驱动轴 14。驱动轴 14 可与外部动力源如发动机、电动机或其它能够输出旋转扭矩的动力源连接。泵 12 的进口端口 16 经泵进入通道 20 与流体储器 18 流体连接。泵排放通道 22 与泵排放端口 24 流体连接。尽管为了示例性图示而示出单个泵 12,但液压系统 10 可包括多个泵,每个泵均具有它们与共同流体节点流体连接的相应排放端口,可从该流体节点向单独的流体回路供应加压流体。多个泵可例如并联地流体连接以实现更大的流量,或例如当对于一定流量期望更高的压力时串联地流体连接。

[0015] 泵 12 能够产生可用来选择性地驱动多个液压负载的加压流体流。基于图示的目的,液压系统 10 被示为包括三个单独的液压负载,尽管应当理解也可根据具体应用的需求设置更少或更多的液压负载。举例而言,这三个液压负载可包括液压缸 26、液压马达 28 和杂项液压负载 30,该杂项液压负载 30 可包括任何种类的被液压致动的装置。当然,应当理解的是,根据具体应用的需求,也可使用其它类型的液压负载代替或结合所示液压负载 26、28 和 30 中的一个或多个。

[0016] 各液压负载 26、28 和 30 可与单独的流体回路相关联。第一流体回路 32 包括液压缸 26;第二流体回路 34 包括液压马达 28;第三流体回路 36 包括杂项液压负载 30。在示例性图示中,这三个流体回路在流体汇接处 38 与泵排放通道 22 并联地流体连接。

[0017] 每个流体回路包括以数字控制阀示出的控制阀,以便分别控制与相应流体回路相关联的液压负载的操作。控制阀可控制通过各相应流体回路的时间平均流量和对应的压力水平。各控制阀可包括致动器,该致动器在被致动时打开相应控制阀以允许加压流体流经该控制阀到达相关联的液压负载。当利用时间平均流量方案时,使用通常称为脉宽调制(“PWM”)的方法通过重复循环控制阀(即,打开和关闭阀)来控制流体通过控制阀的流量。控制阀在采用脉宽调制时的任何给定时刻为完全打开或完全关闭的。可通过调节控制阀被打开和关闭的时间周期——也称为阀工作循环(dutycycle)——来控制通过控制阀的时间平均流量和对应的压力水平。例如,阀被大致打开百分之五十(50%)的时间的工作循环将大致产生控制泵的瞬时流量输出的大约百分之五十(50%)的时间平均流量。控制阀的流量输出的固有波动趋于随着控制阀的操作频率的增加而降低。控制阀的流量的固有波动可导致可被分配给负载的压力脉动。蓄积器通常定尺寸成使得对于特定应用而言该压力脉动小到可以接受。增加蓄积器尺寸会不利地影响对负载压力的改变进行响应所需的时间。可增加工作循环的操作频率,这可减小所需的蓄积器尺寸同时既减小响应时间又减小压力波动的大小。如果频率增加得足够高,则可以利用油和传送装置的自然柔性来满足对负载的压力脉动需求而省去蓄积器。阀操作速度限制和阀功率损失的增加——使效率下降——会限制工作循环的操作频率。

[0018] 继续参照图 1,液压系统 10 包括第一控制阀 40,其用于控制加压流体从泵 12 到第一流体回路 32、特别是到液压缸 26 的分配。控制阀 40 可为以前述使用脉宽调制的方式操作的数字阀。尽管在图 1 中被示意性地示出为双向、双位置阀,但应当理解的是,根据具体应用,也可使用其它阀构型。控制阀 40 包括经进入通道 48 在流体汇接处 38 与泵排放通道 22 流体连接的进入端口 46。控制阀 40 的排放端口 50 与排放通道 52 流体连接。第一控制

阀 40 还可包括致动器 42, 致动器 42 可操作以响应控制信号来选择性地打开和关闭进入端口 46 与排放端口 50 之间的流体通路。致动器 42 可构造成打开而非关闭控制阀 40, 这种情况下可采用第二致动器 43 来选择性地关闭该阀。致动器 42 和 43 可具有任何种类的构型, 包括但不限于导阀、螺线管和诸如弹簧的偏压部件。

[0019] 可通过经排放通道 52 与控制阀 40 流体连接的液压缸控制阀 54 进一步控制加压流体从控制阀 40 到液压缸 26 的分配。液压缸控制阀 54 操作以在液压缸 26 的第一腔室 58 与第二腔室 60 之间选择性地分配从控制阀 40 接收的加压流体。第一供应通道 62 将第一腔室 58 与液压缸控制阀 54 流体连接, 第二供应通道 64 将第二腔室 60 与液压缸控制阀 54 流体连接。设置有与液压缸控制阀 54 流体连接的储器返回通道 60, 以使从液压缸 26 排放的流体回到流体储器 18。

[0020] 利用脉宽调制控制的数字阀通常不产生连续的流量输出, 而是产生周期性的输出, 其中一定量的流体从阀排放, 接下来的一段时间不产生流体排放。为了帮助补偿控制阀的周期性的输出和向液压负载传送更均匀的加压流体流, 可设置蓄积器 68。蓄积器 68 在阀工作循环的排放阶段期间储存从控制阀 40 排放的加压流体。所储存的加压流体可在控制阀 40 关闭期间释放, 以补偿控制阀 40 的周期性的排放和向液压负载 26 传送更恒定的加压流体流。

[0021] 蓄积器 68 可具有任何种类的构型。例如, 蓄积器 68 的一个形式可包括用于接收和储存加压流体的流体储器 69。储器 69 可经供应 / 排放通道 73 在流体汇接处 71 与排放通道 52 流体连接。蓄积器 68 可包括可动隔膜 75。可调节隔膜 75 在蓄积器 68 内的位置, 以选择性地改变储器 69 的容积。偏压机构 79 沿趋于使储器 69 的容积最小化 (即, 远离偏压机构 79) 的方向压迫隔膜 75。偏压机构 79 施加与储器 69 内存在的加压流体所施加的压力相对抗的偏压力。如果两个相对抗的力不平衡, 则隔膜 75 将被移位以增加或减小储器 69 的容积, 从而恢复两个相对抗的力之间的平衡。例如, 当控制阀 40 被打开时, 在流体汇接处 71 的压力水平将趋于增加。一般而言, 储器 69 内的压力水平对应于在流体汇接处 71 的压力。如果储器 69 内的压力超过由偏压机构 79 所产生的对抗力, 则隔膜 75 将朝偏压机构 79 移位, 从而增加储器的容积和可储存在储器 69 中的流体量。随着储器 69 继续充装流体, 由偏压机构 79 所产生的对抗力也将增加到使偏压力和从储器 69 内施加的相对抗的压力基本上相等的值。当两个相对抗的力达到平衡时, 储器 69 的容量将保持基本上恒定。另一方面, 关闭控制阀 40 通常导致在流体汇接处 71 的压力水平下降到储器 69 内的压力水平以下。这与隔膜 75 两侧的压力此时不平衡相结合将导致储存在储器 69 内的流体经供应 / 排放通道 73 排放到排放通道 52 和被传送到液压负载 26。

[0022] 液压系统 10 还可包括第二控制阀 70, 其用于控制加压流体从泵 12 到第二流体回路 34、特别是到液压马达 28 的分配。控制阀 70 也可以前述使用脉宽调制的方式操作的高频数字阀。尽管在图 1 中被示意性地示出为双向、双位置阀, 但应当理解的是, 根据具体应用的需求, 也可使用其它阀构型。控制阀 70 包括经控制阀进入通道 76 在流体汇接处 74 与泵排放通道 22 流体连接的进入端口 72。控制阀 70 也可包括致动器 77, 致动器 77 可操作以响应控制信号来选择性地打开和关闭进入端口 72 与排放端口 78 之间的流体通路。致动器 77 可构造成打开而非关闭控制阀 70, 这种情况下可采用第二致动器 81 来选择性地关闭该阀。致动器 77 和 81 可具有任何种类的构型, 包括但不限于导阀、螺线管和诸如弹簧的

偏压部件。

[0023] 与液压马达 28 流体连通的液压马达供应通道 80 与控制阀 70 的排放端口 78 流体连通。继而可经在流体汇接处 83 与储器返回通道 66 流体连接的排放通道 82 从液压马达 28 排放液压流体。可在供应通道 80 内设置第二蓄积器 84, 以便以与前文所述的关于蓄积器 68 的方式基本相同的方式储存加压流体。蓄积器 84 可经供应 / 排放通道 87 在流体汇接处 85 与液压马达供应通道 80 流体连接。从控制阀 70 排放的加压流体可用来在控制阀 70 的排放阶段期间充填蓄积器 84。所储存的加压流体可在控制阀 70 关闭期间释放, 以帮助使被传送到液压负载 28 的加压流体流的波动最小化。

[0024] 液压系统 10 还可包括用于控制加压流体从泵 12 到第三流体回路 36 的分配的第三控制阀 86。类似于控制阀 40 和 70, 控制阀 86 也可为以前述使用脉宽调制的方式操作的高频数字阀。尽管在图 1 中被示意性地示出为双向、双位置阀, 但应当理解的是, 根据具体应用的需求, 也可使用其它阀构型。控制阀 86 的进入端口 88 经控制阀进入通道 92 在流体汇接处 90 与泵排放通道 22 流体连接。控制阀 86 还可包括致动器 93, 致动器 93 可操作以响应控制信号来选择性地打开和关闭进入端口 88 与排放端口 96 之间的流体通路。致动器 93 可配置成打开而非关闭控制阀 86, 这种情况下可采用第二致动器 91 来选择性地关闭该阀。致动器 91 和 93 可具有任何种类的构型, 包括但不限于导阀、螺线管和诸如弹簧的偏压部件。

[0025] 液压负载供应通道 94 将控制阀 86 的排放端口 96 与液压负载 30 流体连接。可经在流体汇连处 103 与储器返回通道 66 流体连接的排放通道 98 从液压负载 30 排放加压的液压流体。可设置蓄积器 95, 以与前文所述的关于蓄积器 68 的方式基本相同的方式储存加压流体。蓄积器 95 可经供应 / 排放通道 99 在流体汇接处 97 与液压负载供应通道 94 流体连接。从控制阀 86 排放的加压流体可用来在控制阀 86 的排放阶段充填蓄积器 95。所储存的加压流体可在控制阀 86 关闭时释放, 以帮助抵消流向液压负载 30 的加压流体流中的波动。

[0026] 关闭或限制固定排量泵 12 的出口会导致液压系统 10 内的压力达到不期望的水平。为了避免液压系统在泵输出超过液压负载的流量需求期间过压, 可设置与旁通流体回路 101 相关联的旁通控制阀 100。旁通控制阀 100 的进入端口 102 经进入通道 106 在流体汇接处 104 与泵排放通道 22 流体连接。旁通控制阀 100 可操作以选择性地允许由泵 12 所产生的过剩流量卸放到流体储器 18。旁通排放通道 108 与旁通控制阀 100 的排放端口 110 流体连接并在流体汇接处 111 与储器返回通道 66 流体连接。旁通控制阀 100 还包括致动器 112, 致动器 112 可操作以响应控制信号来选择性地打开和关闭进入端口 102 与旁通阀 100 的排放端口 110 之间的流体通路。致动器 112 可配置成打开而非关闭旁通控制阀 100, 这种情况下可采用第二致动器 113 来选择性地关闭该阀。致动器 112 和 113 可具有任何种类的构型, 包括但不限于导阀、螺线管和诸如弹簧的偏压部件。

[0027] 可设置控制器 114 以控制控制阀 40、70、86 和 100 的操作。更普遍地, 控制器 114 可形成基于更普通的系统的电子控制单元 (ECU) 的一部分或可与这种 ECU 操作地通信。此外, 控制器 114 可包括例如微处理器、中央处理单元 (CPU) 和数字控制器。

[0028] 更具体而言, 控制器 114 和任何相关联的 ECU 为通常能够执行存储在计算机可读媒介上的指令如用于执行一个或多个文中所述过程的指令的装置的示例。计算机可执行的

指令可从使用各种公知的编程语言和 / 或技术所形成的计算机程序汇编或编译而成, 所述编程语言包括但不限于 Java、C、C++、Visual Basic、Java Script、Perl 等, 这些编程语言可单独使用或相结合。一般而言, 处理器 (例如微处理器) 例如从存储器、计算机可读媒介等接收指令并执行这些指令, 从而执行一个或多个处理, 包括一个或多个文中所述的处理。可使用各种公知的计算机可读媒介存储和传输这些指令或其它数据。

[0029] 计算机可读媒介 (也称为处理器可读媒介) 包括任何参与提供可由计算机 (例如通过计算机的处理器、微控制器等) 读取的数据 (例如指令) 的有形媒介。这种媒介可采取多种形式, 包括但不限于非易失性媒介和易失性媒介。非易失性媒介可包括例如光盘或磁盘、只读存储器 (ROM) 和其它永久存储器。易失性媒介可包括例如动态随机存取存储器 (DRAM), 其通常构成主存储器。计算机可读媒介的通常形式包括例如软盘、软磁盘、硬盘、磁带、任何其它磁性媒介、CD-ROM、DVD、任何其它光学媒介、穿孔卡、纸带、带孔图案的任何其它有形媒介、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EEPROM、任何其它存储芯片或存储磁带、或可由计算机读取的任何其它媒介。

[0030] 传输媒介可有利于通过将指令从一个构件或装置传达到另一个构件或装置来进行指令处理。例如, 传输媒介可有利于移动装置 110 与电信服务器 126 之间的电子通信。传输媒介可包括例如同轴电缆、铜线和光纤, 包括包含与计算机的处理器联接的系统总线的线。传输媒介可包括或传播声波、光波和电磁辐射, 例如在射频 (RF) 和红外线 (IR) 数据通信期间产生的那些声波、光波和电磁辐射。

[0031] 以数字控制器 114 为例说明。第一控制线路 116 将控制器 114 与控制阀 40 的致动器 42 可操作地连接。第二控制线路 117 将控制器 114 与控制阀 40 的致动器 43 可操作地连接。第三控制线路 118 将控制器 114 与控制阀 70 的致动器 77 可操作地连接。第四控制线路 119 将控制器 114 与控制阀 70 的致动器 81 可操作地连接。第五控制线路 120 将控制器 114 与控制阀 86 的致动器 93 可操作地连接。第六控制线路 121 将控制器 114 与控制阀 86 的致动器 91 可操作地连接。第一旁通控制线路 122 将控制器 114 与旁通控制阀 100 的致动器 112 可操作地连接。第二旁通控制线路 123 将控制器 114 与旁通控制阀 100 的致动器 113 可操作地连接。控制器 114 可配置成响应各种系统输入来控制控制阀的操作, 所述系统输入例如液压负载的压力和流量需求、泵速度、泵出口压力和从泵 12 排放的流体流量。根据具体应用的需求, 液压系统 10 可包括各种用于监控系统的各种操作特征的传感器, 并且可包括速度传感器 124、压力传感器 126 和流量传感器 128 及其它。

[0032] 可使用脉宽调制数字地控制控制阀 40、70、86 和 100。通常, 当采用脉宽调制时控制阀完全打开或完全关闭。此外, 在任何特定情况下通常仅一个控制阀完全打开, 尽管连续的阀的打开和关闭顺序的一部分可同时出现, 随后将更详细地说明这一点。当阀打开时, 基本上从泵 12 排放的所有流体量均通过控制阀。以此方式操作控制阀产生总体上周期性的流体输出, 其中泵 12 的全部流体输出从控制阀排放或根本不排放。控制阀 40、70、86 和 100 通常在较高的操作频率下被操作。操作频率定义为每单位时间完成的工作循环的数量, 通常用循环 / 秒或赫兹表示。

[0033] 可通过调节相应的阀工作循环来控制通过控制阀 40、70、86 和 100 的流体的有效流量。完整的工作循环包括控制阀的一次打开和一次关闭。工作循环可用控制阀打开的时间与工作循环操作周期的比来表示。可将工作循环操作周期定义为完成一个工作循环所需

的时间。工作循环通常用操作周期的百分比来表示。例如,百分之七十五(75%)工作循环是控制阀在大约百分之七十五(75%)的时间打开而在百分之二十五(25%)的时间关闭。术语“有效流量”是指在一个完整的工作循环期间从控制阀排放的流体的时间平均流量,其用泵 12 的流量输出的百分比来表示。通过将在一个完整的工作循环期间从控制阀排放的流体的总量除以工作循环操作周期的泵 12 的流量输出来确定有效流量。例如,在百分之七十五(75%)工作循环下操作控制阀将产生泵 12 的流量输出的百分之七十五(75%)的有效排放流量。

[0034] 控制阀 40、70、86 和 100 的示例性工作循环在图 2 中示出。应当理解的是,图 2 所示工作循环是为了说明和示出液压系统的各个方面而选择的有代表性的工作循环。在实践中,用于特定控制阀的工作循环将有可能与所示的工作循环不同,并且实际上任何或所有工作循环可连续变化以适应各种液压负载的改变的操作需求。

[0035] 可为每个操作循环再评估各控制阀 40、70、86 和 100 所采用的工作循环并按需进行调节以适应改变的负载条件。确定控制阀 40、70、86 和 100 的适当的工作循环可考虑的因素可包括液压负载 26、28 和 30 的流量和压力需求、泵 12 的流量输出、泵 12 的排放压力和泵 12 的操作速度等。

[0036] 工作循环沿着由图 2 中的实线表示的大致方波形进行。各控制阀的工作循环通常具有相同的操作周期。基于说明的目的,图 2 中示出 20 毫秒的操作周期。但是,在实践中,可根据液压系统 10 的构型和使用该液压系统的具体应用的需求选择更长或更短的操作周期,前提是各控制阀总体上采用相同的操作周期。操作周期可连续变化以适应改变的操作条件。

[0037] 可通过改变它们相应的工作循环来控制控制阀 40、70、86 和 100 的有效流量。用于各控制阀 40、70、86 和 100 的工作循环可连续变化以适应改变的负载条件。控制器 114 可配置成确定各控制阀的工作循环。控制器 114 还可配置成传输对应于所期望的工作循环的控制信号,所述工作循环可用来控制相应控制阀的操作。控制器 114 可包括用于基于各种输入确定适当的工作循环的逻辑。

[0038] 控制器 114 所采用的控制策略可基于开环或闭环控制方案。在闭环系统中,控制器 114 可从各种传感器接收反馈信息,这些传感器用来监控各种操作参数,例如,仅举几例为压力、温度和速度。控制器 114 可使用从传感器接收的信息调节(如果需要)相应控制阀的工作循环以实现期望的负载性能。闭环系统可允许更精确地控制各种操作参数,例如压力、速度和流量。例如,可使用闭环系统来控制施加在液压负载 30 上的压力。控制器 114 可从压力传感器 138 接收与施加在液压负载 30 上的实际压力有关的反馈信息。通信线路 139 将压力传感器 138 与控制器 114 可操作地连接。控制器 114 可使用压力数据来计算压力误差,该压力误差对应于由控制器 114 命令的压力与如通过压力传感器 138 检测的施加在液压负载 30 上的压力之差。如果该压力误差落在选定的误差范围之外,则控制器 114 可修改控制阀 86 的工作循环以在液压负载 30 处实现所期望的压力。

[0039] 闭环系统还可用来执行负载感测控制方案。采用负载感测的液压系统具有监控系统压力的能力和按需进行适当调节以在操作该液压负载所需的压力下提供所期望的流量的能力。可通过监控跨越定位在向液压负载供应加压流体的通道内的孔口的压降来执行负载感测。通常将跨越该孔口的压降设定在预定的固定值。在跨越孔口的压降固定的情况下,

通过该孔口的流量仅取决于孔口的流通面积。这使得能够通过调节孔口的流通面积同时保持所期望的恒定压降来控制流体被传送到液压负载的流量。增加孔口流通面积使流量增加,而减小孔口流通面积使流量降低。跨越孔口的压降的变化——可由于例如被液压负载移动的工作负载增加——将导致传送到液压负载的流体的流量相应改变。可检测跨越孔口的压降和通过调节上游孔口压力来补偿跨越孔口的压降,以实现所期望的压降。

[0040] 当试图控制要求特定流量同时保持跨越计量孔口的特定压降的液压装置时负载感测能力可为有利的。液压缸 26 是这种装置的一个示例。液压缸 26 可用于各种应用中。举例而言且基于说明的目的,将在动力转向系统的背景下描述液压缸 26,尽管应当理解液压缸 26 的其它应用也是可能的。液压缸 26 可包括以可滑动方式设置在缸壳体 141 内的活塞 140。活塞 140 的端部 142 经一组连杆与车轮连接。活塞 140 可通过向第一腔室 58 和第二腔室 60 选择性地传送加压流体而在缸壳体 141 内纵向地滑动。被传送到相应腔室的流体流量决定活塞 140 移动的速度。液压缸控制阀 54 操作以在液压缸 26 的流体腔室 58 和 60 之间分配加压流体。液压缸控制阀 54 包括控制被传送到液压缸 26 的流体流量的可变孔口。液压缸控制阀 54 对用户输入进行响应,使阀调节孔口尺寸以实现所期望的流量和将所述流引导到液压缸 26 中的适当腔室。

[0041] 可通过将一对压力传感器 144 和 146 分别布置在液压缸控制阀 54 的上游和下游来执行负载感测控制方案。第一通信线路 145 和第二通信线路 147 可分别将压力传感器 144 和 146 与控制器 114 可操作地连接。压力传感器可配置成将指示相应传感器位置处的压力的压力信号发送到控制器 114。控制器 114 使用压力数据利用控制器 114 中包含的逻辑制定(算出, formulate)适当的控制信号,以控制控制阀 40 的操作。控制信号包括可经控制线路 116 被发送到致动器 42 的脉宽调制信号。致动器 42 响应于收到的信号而打开和关闭控制阀 40。控制器 114 确定适当的控制信号的脉冲宽度,该脉冲宽度通过能够在所期望的压力范围内将所期望的流量传送到液压缸控制阀 54 而计算得出。控制器 114 监控跨越液压缸控制阀 54 中的孔口的压降并可按需调节控制信号以保持所期望的跨越该孔口的压降。例如,增加施加在活塞 140 的端部 142 上的对抗力可导致由压力传感器 146 监控的下游压力相应增加和跨越液压缸控制阀 54 中的孔口的压降相应降低。降低的压降还可导致流向液压缸 26 的流体的流量相应降低。为了补偿流量的降低,控制器 114 可通过调节对控制阀 40 的操作进行控制的控制信号的工作循环来增加液压缸控制阀 54 入口处的压力,该压力使用压力传感器 144 进行监控。入口处的压力可增加一量,该量足以实现与在施加在活塞 140 的端部 142 上的对抗力增加之前所存在的跨越孔口的压降相同的跨越孔口的压降。这样,尽管作用在活塞上的力连续波动,仍可将所期望的传送到液压缸 26 的流量并因此将活塞的致动速度保持在所期望的水平。

[0042] 闭环系统还可用来控制液压装置如液压马达 28 的速度。控制器 114 可从速度传感器 148 接收指示液压马达 28 的转速的反馈信息。通信线路 149 将速度传感器 148 与控制器 114 可操作地连接。控制器 114 可使用速度数据来计算对应于控制器 114 命令的速度与如通过速度传感器 148 检测的液压马达 28 的实际转速之差的速度误差。如果该速度误差落在选定的误差范围之外,则控制器 114 可修改控制阀 70 的工作循环以使液压马达 28 在所期望的速度下操作。

[0043] 闭环系统还可用来控制传送到液压装置如液压装置 30 的液压流体的流量。控制

器 114 可从流量传感器 150 接收指示传送到液压装置 30 的流体的流量的反馈信息。通信线路 151 将流量传感器 150 与控制器 114 可操作地连接。控制器 114 可使用流量数据来计算对应于控制器 114 命令的流量与如通过流量传感器 150 检测的实际流量之差的流量误差。如果该流量误差落在选定的误差范围之外,则控制器 114 可修改控制阀 86 的工作循环以实现所期望的流量。

[0044] 控制器 114 还可包括用于控制最大待命 (standby) 压力的逻辑。最大待命压力表示可施加在液压负载上的最大压力。数字高压待命控制通常用于与模拟液压系统中所采用的高待命减压阀相同的目的。但是,减压阀可与数字高压待命控制相结合用作后备措施。最大待命压力设置通常设为低于减压阀 (如果使用减压阀) 的压力设置。这防止了减压阀在正常操作条件下打开,这种打开可导致不期望的能量损失。一旦压力达到最高允许水平,控制器 114 就可将用来控制与该液压负载相关联的控制阀的操作的控制信号的脉冲宽度调节为零。这使控制阀关闭以防止压力的任何进一步增加。

[0045] 控制器 114 还可包括用于控制低待命压力的逻辑。低待命压力控制操作以帮助确保当液压负载不需要任何流量时总是将预定的最低压力传送到该负载。保持最低待命压力可使液压负载能以可预测和合理的响应方式进行反应。低待命压力可由控制器 114 产生具有窄脉冲宽度的脉宽调制控制信号以控制与该液压负载相关联的控制阀来保持。窄脉冲宽度控制信号使阀具有有效打开,该有效打开足够大以允许充足的流量通过控制阀以补偿系统泄漏同时将压力保持在最低待命压力水平。

[0046] 低压待命控制可例如与采用液压缸 26 的动力转向系统结合使用。低待命压力通常在动力转向系统定位在空档位置时出现。在动力转向系统处于空档位置的情况下,控制器 114 可发出低待命压力命令信号以指示液压缸控制阀 54 将所需压力传送到液压缸 26。低待命压力足以允许液压缸 26 稳定地维持车辆的期望转向几何形状和能够实现转向机构的快速致动。在实践中,控制器 114 可制定脉宽调制控制信号以便基于所需压力水平的最大值和低待命压力水平中的较高者来操作控制阀。

[0047] 继续参照图 2,控制阀 40 被示为采用示例性的百分之四十 (40%) 工作循环;控制阀 70 被示为采用示例性的百分之三十 (30%) 工作循环;控制阀 86 被示为采用示例性的百分之二十 (20%) 工作循环;控制阀 100 被示为采用示例性的百分之十 (10%) 工作循环。应当理解的是,图 2 所示的工作循环仅基于说明的目的。在实践中,用于特定控制阀的工作循环可不同于所示的工作循环,并且实际上可随时间变化以适应改变的负载需求。

[0048] 继续参照图 1 和图 2,控制阀 40、70、86 和 100 采用共同的操作周期,基于说明的目的,该操作周期可被设为二十 (20) 毫秒。如前文所述,实际操作周期可根据液压系统 10 的构型和操作需求变化。控制阀以这样的方式被一个接一个地有序致动,即当一个阀关闭或在某些情形中接近关闭时下一阀打开。通常,在任何特定时刻仅一个阀完全打开,尽管可存在被有序致动的阀的打开和关闭顺序互相交叉的较短时段。在一给定操作循环期间,每个阀通常仅打开和关闭一次。单个操作循环包括仅通过可用控制阀的至少一个子组一次的循环。不同操作循环的阀循环次序可改变。

[0049] 当操作液压系统 10 时,可能存在液压负载的流量需求超过泵 12 的流量输出的情形。当出现这种情形时,可对可用流量将以何种比例在液压负载之间分配进行判断。这可通过对每个液压负载分配一优先级来实现。例如,可认为优先级一 (1) 为最高优先级,优先

级二 (2) 为第二高优先级, 依次类推。每个液压负载均可被分配一优先级。旁通回路通常被分配最低优先级。

[0050] 可使用各种标准来确定优先级分配, 包括但不限于安全顾虑、效率考虑、操作者便利性等。根据具体应用的需求, 每个液压负载可被分配单独的优先级或多个液压负载可被分配同一优先级。对每个负载的优先级分配可例如借助于存储器 153 保存在控制器 114 中, 或保存在与控制器 114 操作通信的系统级电子控制单元 (ECU) 的存储器或其它有形存储机构中。

[0051] 可基于液压负载的优先级等级将可用流量分配给液压负载, 使被分配最高优先级 (即优先级 1) 的液压负载接收它们需要的全部流量, 而其余液压负载接收减少的流量或根本不接收流量。对流体回路 32、34、36 和 101 的可能的优先级分配的示例和基于该优先级分配所形成的流量分配在下面的表 1 中示出。基于此示例的目的, 假设液压泵 12 具有一百五十 (150) 升 / 分的最大输出。基于说明的目的, 包括液压缸 26 的第一流体回路 32 被分配优先级一。第二流体回路 34 和第三流体回路 36 被分配优先级二。通常被分配最低优先级的旁通流体回路 101 被分配优先级三。在此示例中, 第一流体回路需要全部可用流量的三分之二 (百分之 66.7) 或 100 升 / 分。第二和第三流体回路均需要可用流量的三分之一 (百分之 33.3) 或 50 升 / 分。由于所有三个流体回路的总流量需求超过来自泵 12 的可用流量, 所以被分配低于第一流体回路的优先级的第二和第三流体回路将仅接收它们需要的流量的一部分。第一流体回路将接收其 100 升 / 分的总流量需求。这剩余 50 升 / 分在第二和第三流体回路之间进行分配。由于第二和第三流体回路具有相同的优先级, 所以剩余的 50 升 / 分在两个流体回路之间均匀分配, 每个回路接收 25 升 / 分。在此示例中旁通流体回路不接收流体, 这是因为所有可用流体在其它三个流体回路之间进行分配。

[0052] 表 1

[0053] 可用总流量 = 150 升 / 分

[0054]

流体回路	优先级	所需流量	所需流量	命令流量	实际流量
1-3 和旁通	1-3 1=最高 3=最低	升/分	全部可用流量的百分比	全部可用流量的百分比	升/分
第一流体回路 (32)	1	100	66.7	66.7	100
第二流体回路 (34)	2	50	33.3	16.65	25
第三流体回路 (36)	2	50	33.3	16.65	25
旁通流体回路 (101)	3	n/a	余量	0	0

[0055] 控制阀被致动的次序可对液压系统的效率产生一定影响。可基于各种选定标准以有序的次序致动阀, 例如, 以压力降低或压力上升的次序。可基于液压负载如液压负载 26、28 和 30 的压力需求来确定致动控制阀的次序。通常, 供应具有最高压力需求的液压负载的

控制阀首先被致动,接下来是供应具有次高压需求的液压负载的控制阀,依次类推直到所有控制阀均被致动。如果某一液压负载不需要压力,则与该未操作的液压负载相关联的控制阀在该特定操作循环期间将不会打开。旁通控制阀 100(如果存在)通常在所有其余控制阀(即,控制阀 40、70 和 86)均已被致动之后最后被致动。一旦所有控制阀均已被致动,则当前操作循环完成并且可开始下一操作循环。

[0056] 用于控制阀 40、70、86 和 100 的可能排序次序的示例在图 5 中图示。该图中的上部曲线 152 代表示例性的系统压力轮廓,例如,通过压力传感器 126(见图 1)所测得的。示例性的各通道压力曲线 154、156 和 158 代表在液压负载 26(相应的液压负载)的入口处存在的压力。“通道 #1 压力”曲线 154 示出在液压缸 26 的入口处测得的随时间变化的压力。“通道 #2 压力”曲线 156 示出在液压马达 28 的入口处测得的随时间变化的压力。“通道 #3 压力”曲线 158 示出在杂项液压负载 30 的入口处测得的随时间变化的压力。在该图的底部示出的大致方波的曲线 160 图示了控制阀 40、70、86 和 100 的打开和关闭顺序。标有“#1”的脉冲示出控制阀 40 的示例性打开和关闭。标有“#2”的脉冲示出控制阀 70 的示例性打开和关闭。标有“#3”的脉冲示出控制阀 86 的示例性打开和关闭。标有“旁通”的脉冲示出旁通控制阀 100 的示例性打开和关闭。由于在此示例中液压缸 26 具有最高压力需求,所以控制阀 40 将被首先致动,接下来依次为控制液压马达 28 的操作的控制阀 70 和控制杂项液压负载 30 的操作的控制阀 86。旁通控制阀 100 最后被致动。如果可能需要改变该排序次序的液压负载的压力需求没有发生改变,则对于随后的操作循环可重复同一顺序。

[0057] 控制阀排序的次序可不总是恒定的。不同的操作循环的排序次序可变化,并且在某些情况下在操作循环的中途变化,以适应操作条件如负载压力需求的改变。如果一液压负载的压力需求高于其余液压负载中的一个或多个的压力需求,则可重新安排排序次序使得控制阀继续从最高压力需求到最低压力需求进行排序。例如,在图 5 中,液压缸 26 被示为具有最高压力需求,接下来依次是液压马达 28 和杂项液压负载 30。控制阀相应地按降序排序,控制阀 40 首先被致动,接下来依次是控制阀 70 和 86。旁通阀 100 最后被致动。如果杂项液压负载 30 的压力需求变成高于液压马达 28 的压力需求,例如,如图 6 所示,则可重新排列排序次序,使得控制阀 86 在控制阀 70 之前被致动。修改后的排序次序在图 6B 中示出。如果需要,可在每个随后的操作循环开始时重新评估和调节排序次序。不同操作循环的操作周期也可变化。

[0058] 可通过在操作循环中途调节控制阀的脉冲宽度以适应液压负载的流量需求的改变来实现整个系统性能的提高。这与在操作循环开始时确定用于每个液压负载的脉冲宽度并在该操作循环期间保持相同的脉冲宽度形成对比。在操作循环中途调节脉冲宽度的渐进式脉冲宽度控制可改善受系统的操作循环频率直接影响的系统带宽。渐进式脉冲宽度控制的示例性方案在图 8A 和图 8B 中图示。图 8A 示出一操作循环,其中在该操作循环开始时确定用于每个液压负载和旁路(图 8A 中用“1”、“2”、“3”和“旁路”标出)的脉冲宽度。在图 8A 所示的示例中,操作循环已进行到由图 8A 中标记为“当前”的线所确定的时刻。控制阀 2(图 8A 中标为“2”)当前处于向对应的液压负载供应流量的过程中。假设在其工作循环中途与控制阀 2 相关联的液压负载的流量需求增加。为了适应该增加的流量要求,用于控制控制阀 2 的控制信号的脉冲宽度可增加并且用于控制控制阀 3 或旁通阀的信号脉冲宽度可与同控制阀 2 相关联的脉冲宽度的增加成比例地减小。改变工作循环以适应与控制阀

2 相关联的液压负载的增加的流量需求在图 8B 中反映。由于与控制阀 1 相关联的液压负载的流量需求在当前操作循环内已得到满足,所以在下一操作循环开始前将不会提供其流量需求的任何改变。

[0059] 再次参照图 5,一个控制阀关闭而下一控制阀打开的时间选择可影响液压系统的效率。有效控制关闭一个阀与打开下一阀之间的时延可帮助最大限度地减少可在流体回路如第一流体回路 32、第二流体回路 34、第三流体回路 36 和旁通流体回路 101(见图 1)之间过渡时产生的能量损失。该时延在图 5 中表示为“ Δt ”。第一时延(Δt_1)代表开始关闭旁通阀 100 与开始打开控制阀 40 之间的延迟。第二时延(Δt_2)代表开始关闭控制阀 40 与开始打开控制阀 70 之间的延迟。第三时延(Δt_3)代表开始关闭控制阀 70 与开始打开控制阀 86 之间的延迟。第四时延(Δt_4)代表开始关闭控制阀 86 与开始打开旁通阀 100 之间的延迟。

[0060] 在确定适当的时延时可考虑的因素可包括泵 12 与控制阀 40、70、86 和 100 之间的流体供应回路的容积和柔量。该时延还随流体回路之间的压力差变化。

[0061] 如果开始关闭一个控制阀与开始打开下一相继的控制阀之间的时延过长,则由于通向控制阀的供应回路中存在的流体被压缩可造成能量浪费,从而产生系统压力尖峰。此现象在图 7B 中图示。图 7B 中的位于上部的图示出当第一控制阀关闭和下一控制阀打开时系统压力(P)(例如,由图 1 中的压力传感器 126 感测到的压力)的示例性改变。图 7B 中的位于下部的图图示了示例性打开和关闭两个控制阀。阀在($A^{0\%}$)处完全打开。位于下部的曲线的左部图示了第一阀的关闭,该曲线的右部图示了第二阀的打开。由于时延短,所以存在于液压泵与控制阀之间的流体供应回路(即图 1 中的泵排放通道 22)中的流体被压缩而形成可在图 7B 的位于上部的压力曲线中观察到的压力尖峰。

[0062] 如果开始关闭一个阀与开始打开下一相继的阀之间的延迟过短,则流体可从前一液压负载(阀 1)回流到下一液压负载(阀 2)。此现象在图 7A 中图示。图 7A 中的位于上部的曲线示出当第一控制阀关闭和下一控制阀打开时系统压力(P)的示例性改变。图 7A 中的位于下部的曲线图示出控制阀的示例性打开和关闭。阀在($A^{0\%}$)处完全打开。在此示例中,第二控制阀在第一控制阀已完全关闭之前开始打开。注意到,在图 7A 的位于上部的图中示出的系统压力在第一控制阀开始关闭时开始下降。尽管具有短时延可能不必然导致效率下降,除非例如流体从液压负载回流到罐,例如流体储器 18(见图 1),但当确定将提供液压负载所需的净流量的控制信号脉冲宽度时仍可考虑此情况。相应地,还可期望优化开始关闭旁通控制阀与开始打开按顺序的第一控制阀之间的时延以及开始关闭按顺序的最后一个控制阀与开始打开旁通阀之间的时延。确定适当的时延可在使如图 7A 所示的控制阀之间出现的回流量最小化与使如图 7B 所示的系统压力尖峰最小化之间进行折衷。

[0063] 可使用以下方程确定时延(Δt):

$$[0064] \quad \Delta t = \alpha * \Delta P + \text{TimeDelayAdder}$$

[0065] 其中:

[0066] Δt (时延)为开始关闭一个控制阀与开始打开下一相继的阀之间的时间(见例如图 5);

[0067] α 为可取决于各种参数的参数,例如,取决于阀转换速度、阀摩擦、泵流量、热效应、液压流体的有效体积模量和内泵或阀集管的内部容积;

[0068] ΔP 为液压负载与泵出口之间的压力差 ;和

[0069] TimeDelayAdder 为根据经验确定的用于优化时延的校正系数。

[0070] 举例而言,在 α 取决于集管容积、泵流量和液压流体的有效体积模量的情况下,可使用以下方程确定时延 (Δt) :

$$[0071] \quad \Delta t = \frac{\Delta PV}{\beta Q} + TimeDelayAdder$$

[0072] 其中 :

[0073] Δt (时延)为开始关闭一个控制阀与开始打开下一相继的阀之间的时间(见例如图 5) ;

[0074] ΔP 为液压负载与泵出口之间的压力差 ;

[0075] V 为泵出口与控制阀的入口之间的流体回路的流体容积 ;

[0076] β 为液压系统的有效体积模量 ;

[0077] Q 为泵的流量 ;和

[0078] TimeDelayAdder 为根据经验确定的用于优化时延的校正系数。

[0079] 可使用以下方程确定体积模量 :

$$[0080] \quad \beta = V \frac{\partial P}{\partial V} = V \frac{dP}{dt} \bigg/ \frac{dV}{dt}$$

[0081] 体积模量随压力非线性地变化。液压流体的体积模量随温度、夹带空气、流体成分和其它物理参数变化。液压系统的体积模量代表液压系统硬件的体积和刚度并且是确定适当时延的因素。液压系统的有效体积模量是流体的体积模量和系统硬件的体积模量的汇编。在实践中,体积模量可显著变化,并且在可能的情况下可进行测量以获得用于计算时延的准确体积模量。例如,可通过在所有控制阀 40、70、86 和 100 关闭的情况下监控来自泵 12 的流体流量变化的液压系统 10 中的压力上升来实现有效体积模量的测量。可使用以下方程近似得出泵流量 :

[0082] 泵流量 = (泵每分钟转数 (RPM)) × (泵每转排量) × (近似容积效率) 可使用位于泵 12 与控制阀 40、70、86 和 100 之间的流体供应回路中的压力传感器(即图 1 中的压力传感器 126) 监控压力上升。可生成包含随压力变化的有效体积模量的映射图的查找表并将其存储在控制器 114 的存储器 163 中以便用于计算时延。

[0083] 可在液压系统的初始起动期间绘制体积模量的映射图以提供初始操作映射图。可在液压流体加热直到达到稳态状态期间周期地测量体积模量。在前面的操作循环期间获得的用于类似系统条件的体积模量映射图可用于对比和用于评估液压系统的状态。例如,体积模量的大幅降低可表示液压流体中夹带的空气显著增加或液压系统软管或管道即将失效。

[0084] 方程中包括的用于计算时延 (Δt) 的参数 TimeDelayAdder 是用于优化时延 (Δt) 的校正系数。参数 α 和参数 TimeDelayAdder 可根据经验确定。时延方程的 α 项——可对应于例如方程 ($\Delta PV/\beta Q$) 或另一函数关系——提供了对开始关闭一个控制阀与开始打开下一相继的阀之间的延迟量的估计。但是,由于它只是一种估计,所以计算出的时延 (Δt) 可能不会产生使系统压力尖峰最小化与使在依次被致动的控制阀之间出现的回流最小化之间的最佳平衡。

[0085] 可通过计算对应的时延压力误差来评定时延 (Δt) 评估的有效性, 该时延压力误差至少部分地解释了与系统压力尖峰和从一个控制阀到下一控制阀的回流二者相关联的损失。可使用以下方程计算时延压力误差:

[0086] 时延压力误差 = $\text{MAX}[(P_{\text{泵}} - (P_{\text{负载}} - \Delta P_{\text{阀}}), 0)] + \text{ABS}(\text{MIN}[P_{\text{泵}} - P_{\text{负载}}, 0])$ 其中:

[0087] $P_{\text{泵}}$ 为从泵 12 输出的压力, 例如使用压力传感器 126 检测的;

[0088] $P_{\text{负载}}$ 为传送到液压负载 (即液压负载 26、28 和 30) 的压力; 和

[0089] $\Delta P_{\text{阀}}$ 为跨越控制阀 (即控制阀 40、70、86 和 100) 的稳态压降。

[0090] 跨越控制阀的稳态压降 ($\Delta P_{\text{阀}}$) 可从存储在控制器 114 的存储器 153 中的查找表获得, 其中稳态压降与泵 12 的流量相关。可使用测得的泵 RPM——其可例如使用速度传感器 124 检测——和前述用于确定泵流量的方程来计算泵 12 的流量。

[0091] 参照图 9-11 可更好地理解时延压力误差的实质。图 9 图示了当阀依次打开和关闭时跨越三个单独的控制阀 (即控制阀 40、70 和 86) 所产生的压降的示例性波动。这三个控制阀可以前述方式被依次致动。在此示例中, 控制阀 40 首先打开, 接下来依次是控制阀 70 和控制阀 86。跟踪每个控制阀从该阀首先开始打开的时间点直到该阀完全关闭的时间点的跨越该阀的压降。所有三个阀的跨越阀的稳态压降相同并由在图 9 和图 11 中同样示出的水平线表示。但是, 应当理解, 不必每个阀均具有相同压降。注意到, 相继的控制阀的压降曲线在一个阀正在关闭且下一阀正在打开的转换期间可至少部分地重叠。这是由于随后被致动的阀在前一阀完全关闭之前开始打开。

[0092] 如可从图 9 观察到的, 跨越特定控制阀的压降在该阀在其打开位置与关闭位置之间转换时可明显不同于该阀的对应稳态压降。可以从压降曲线检测可在转换期间出现的低效率。例如, 在特定控制阀正在打开时出现的超过稳态压降的跨越该阀的压降的尖峰 (即图 9 中的压力峰值 162、164 和 166) 可表明时延 (Δt) 过短, 导致流体从正在关闭的控制阀回流到正在打开的控制阀。在控制阀正在关闭时出现的跨越特定控制阀的负压降 (即负压降 168、170 和 172) 可表示流体从正在关闭的控制阀流到向控制阀供应流体的通道 (例如, 泵排放通道 22)。在特定控制阀正在关闭时出现的超过稳态压力的跨越该控制阀的压降的尖峰 (即图 11 中的压力尖峰 167) 可表示时延 (Δt) 过长, 导致系统压力尖峰。

[0093] 图 11 是图 9 的一部分的放大图, 其示出控制阀 70 关闭与控制阀 86 打开之间的示例性转换时段。注意到, 在控制阀开始关闭时出现的高于稳态压降的跨越控制阀 40 的压降中存在尖峰。这是由于控制阀 40 在控制阀 70 已开始打开之前开始关闭。液压泵 12 与控制阀 40 之间的流体供应回路中存在的流体在该控制阀关闭时被压缩, 从而产生系统压力中的尖峰。

[0094] 继续参照图 11, 跨越控制阀 40 的压降在控制阀 70 开始打开时开始下降到稳态压降以下, 并在阀 40 关闭时继续下降。跨越控制阀 40 的压降在阀 40 继续关闭且阀 70 继续打开时最终变成负值。负压降可表示存在从控制阀 40 至泵排放通道 22 的回流。跨越控制阀 70 的压降中的尖峰还可为流体从控制阀 40 回流至控制阀 70 的信号。系统压力中的尖峰和流体从控制阀 40 到控制阀 70 的回流可对系统效率产生不利影响。最大限度地减少这些损失可提高液压系统的总效率。

[0095] 继续参照图 11, 可通过将跨越控制阀的压降超过稳态压降的量 (图 9 和图 11 中表示为压降“A”) 和压降低于零的量 (图 9 和图 11 中表示为压降“B”) 相加来计算在特定时

间点例如图 11 中的时间“T”的时延压力误差。时延压力误差中的第一项 ($\text{MAX}[(P_{\text{泵}} - (P_{\text{负载}} - \Delta P_{\text{阀}}), 0)]$) 对应于压降“A”且第二项 ($\text{ABS}(\text{MIN}[P_{\text{泵}} - P_{\text{负载}}, 0])$) 对应于压降“B”。可在整个操作循环中的各种时间间隔计算时延压力误差。使用来自图 9 的压降计算出的时延压力误差的曲线图在图 10 中示出。注意到,一旦跨越控制阀的压降达到稳态,时延压力误差就为零。

[0096] 可通过使时延压力误差最小化来优化时延 (Δt)。这可通过递增地改变时延 (Δt) 方程中的参数 TimeDelayAdder 直到获得最小时延压力误差来实现。对每个 TimeDelayAdder 值计算新时延 (Δt)。然后使用修改的时延 (Δt) 来操作对应的控制阀和跟踪因此得到的跨越控制阀的压降。基于最新压降数据计算新的时延压力误差并与前面计算出的时延压力误差进行对比。此过程一直继续到确定最小时延压力误差。可将对应于最小时延压力误差的最优 TimeDelayAdder 以及对应的压力和流量以查找表的形式存储在控制器 114 的存储器 153 中以便将来参考。

[0097] 参照图 1 至图 4 对液压系统 10 的示例性操作循环的操作进行描述。控制阀 40、70、86 和 100 的示例性工作循环在图 2 中示出。将控制阀 40、70、86 和 100 的随时间变化的流体输出表示为泵 12 的流体输出的百分比。示例性操作循环在时间为零时开始。基于说明的目的,假设液压负载 26 最初具有最高压力需求,接下来依次是液压负载 28 和液压负载 30。控制阀以降序被致动,从控制具有最高压力需求的液压负载的控制阀 40 开始,接下来依次是控制阀 70、86 和 100。示例性操作循环具有二十 (20) 毫秒的持续时间,其对应于各所述工作循环的操作周期。图 2-4 中示出两个连续的操作循环,第二操作循环在时间为 20 毫秒时开始并在时间为四十 (40) 毫秒时结束。控制阀 40、70、86 和 100 的操作循环均在相同时间开始和结束。

[0098] 图 4 图示了如通过压力传感器 126 检测到的出现在泵排放端口 24 下游的流体压力中的随时间变化的相对波动。由于液压系统内存在的较低的压力损失,当对应的控制阀打开时由压力传感器 126 检测到的压力合理地近似为在相应负载的入口处存在的压力。

[0099] 图 3 图示了在相应的液压负载的入口附近存在的随时间变化的相对流量和压力水平。在不包括液压负载的旁通流体回路 101 的情形中,压力和流量为形成在旁通排放通道 108 内的压力和流量。由于系统内存在较低的压力损失,液压负载的入口附近存在的压力非常接近由压力传感器 126 在泵排放端口 24 处检测到的压力。因此,特定液压负载的入口压力曲线 (如图 3 所示) 大致对应于在控制阀打开期间在泵排放端口 24 处存在的压力 (如图 4 所示)。

[0100] 继续参照图 1-4,该示例性操作循环可通过控制器 114 向致动器 42 发送控制信号来指示致动器打开控制阀 40 和建立进入端口 46 与排放端口 50 之间的流体连接而开始 (图 2-4 中时间为零时)。基于百分之四十 (40%) 工作循环,控制阀 40 将在大约八 (8) 毫秒的时间内保持打开。在控制阀 40 处于打开位置的情况下,从泵 12 排放的全部流体量将经控制阀 40 (见图 2) 到达流体汇接处 71。根据液压负载 26 的流量和压力需求,到达流体汇接处 71 的一部分流体将经排放通道 52 和根据液压缸控制阀 54 的当前流量设置经第一供应通道 62 或第二供应通道 64 被传送到液压负载 26。流体被传送到液压负载 26 的随时间变化的流量在图 3 中图示。其余到达流体汇接处 71 的流体将经供应 / 排放通道 73 到达蓄积器 68 以充填蓄积器。如图 4 所示,在控制阀 40 打开期间,由压力传感器 126 检测到的压力

(其接近在液压负载 26 的进入端口附近存在的压力水平,如图 3 所示)将由于液压负载 26 限制来自泵 12 的流体的流量而开始上升。在控制阀 40 已打开大约八 (8) 毫秒的时间后,控制器 114 可向致动器 42 发送控制信号,指示致动器关闭控制阀 40。在控制阀 40 处于关闭位置的情况下,在流体汇接处 71 的压力和流量开始下降。这又导致储存在蓄积器 68 中的加压流体被释放到排放通道 52 内。如可从图 3 观察到的,从蓄积器 68 排放的流体至少部分地补偿由于控制阀 40 关闭所产生的排放通道 52 内存在的流量和压力的下降。结果是排放通道 52 内的流体流量和压力水平在大约八 (8) 毫秒至大约二十 (20) 毫秒的时间段出现逐渐降低,而不是如果未采用蓄积器 68 所可能出现的突然下降。压力和流量将继续下降直到控制阀 40 在随后的操作循环——其在等于大约二十 (20) 毫秒的时间开始——期间打开(见图 2 和图 3)。只要操作条件未发生改变,随后的操作循环的压力和流量曲线将基本相同。

[0101] 在关闭控制阀 40 后,控制器 114 可向致动器 77 发送控制信号,指示致动器打开控制阀 70 和建立进入端口 72 与排放端口 78 之间的流体连接。基于百分之三十 (30%) 工作循环,控制阀 70 将在大约六 (6) 毫秒的时段——在大约八 (8) 毫秒开始并在大约十四 (14) 毫秒结束——保持打开。在控制阀 70 处于打开位置的情况下,从泵 12 排放的全部流体流量将经控制阀 70(见图 2) 到达流体汇接处 85。

[0102] 如图 4 所示,泵排放通道 22 内的压力(如通过压力传感器 126 检测的)将在打开控制阀 70 后首先下降到在压力曲线的点 174 处表示的水平。根据液压负载 28 的流量和压力需求,到达流体汇接处 85 的流体的一部分将经液压马达供应通道 80 被传送到液压负载 28。液压负载 28 的进入端口附近的随时间变化的流体流量在图 3 中图示。其余到达流体汇接处 85 的流体将经供应/排放通道 87 到达蓄积器 84 以充填蓄积器。在控制阀 70 打开期间(大约八 (8) 毫秒与十四 (14) 毫秒之间的时间段),由压力传感器 126 检测到的压力(见图 4)和液压负载 28 的进入端口附近的压力水平(见图 3)将开始上升到当控制阀 70 首先被打开时产生的初始压力(图 4 的点 174)之上。在控制阀 70 已打开大约六 (6) 毫秒的时间后,控制器 114 可向致动器 77 发送控制信号,使控制阀 70 关闭进入端口 72 与排放端口 78 之间的流体通路。在控制阀 70 关闭的情况下,在流体汇接处 85 的压力水平和流体流量将开始下降。这将导致储存在蓄积器 84 中的加压流体在控制阀 70 关闭期间(14 毫秒-28 毫秒的时间段)排放到液压马达供应通道 80 内。如可从图 3 观察到的,从蓄积器 84 排放的流体至少部分地补偿当控制阀 70 关闭时出现的流量和压力的下降。结果是排放通道 80 内的流量和压力水平在从大约十四 (14) 毫秒到大约二十八 (28) 毫秒的时间段出现逐渐降低。压力和流量将继续下降直到控制阀 70 在随后的操作循环——其在等于大约二十八 (28) 毫秒的时间开始——期间再次打开。只要随后的操作条件未发生改变,随后的操作循环的压力和流量曲线将基本相同。

[0103] 在关闭控制阀 70 后,控制器 114 可向致动器 93 发送控制信号,指示致动器打开控制阀 86 以建立进入端口 88 与排放端口 96 之间的流体连接。基于百分之二十 (20%) 工作循环,控制阀 86 将在大约四 (4) 毫秒的时段——在大约十四 (14) 毫秒开始并且在大约十八 (18) 毫秒结束——保持打开。在控制阀 86 处于打开位置的情况下,从泵 12 排放的全部流体流量将经控制阀 86(见图 2) 到达流体汇接处 97。如图 4 所示,泵排放通道 22 内的压力(如通过压力传感器 126 检测的)将在打开控制阀 86 后首先下降到在压力曲线的点

176 处表示的水平。根据液压负载 30 的流量和压力需求,到达流体汇接处 97 的流体的一部分将经液压负载供应通道 94 被传送到液压负载 30。液压负载 30 的进入端口附近的随时间变化的流体流量在图 3 中图示。其余到达流体汇接处 97 的流体将经供应 / 排放通道 99 到达蓄积器 95 以充填蓄积器。在控制阀 86 打开期间(大约十四(14)毫秒到大约十八(18)毫秒的时间段),由压力传感器 126 检测到的压力(见图 4)和液压负载 30 的进入端口附近的压力(见图 3)将开始上升到当控制阀 86 首先被打开时产生的初始压力(图 4 的点 176)之上。在控制阀 86 已打开大约四(4)毫秒的时间后,控制器 114 可向致动器 93 发送控制信号,使控制阀 86 关闭进入端口 88 与排放端口 96 之间的流体通路。在控制阀 86 处于关闭位置的情况下,在流体汇接处 97 的压力水平和流体流量将开始下降。这将导致储存在蓄积器 95 中的加压流体在控制阀 86 关闭期间(大约十八(18)毫秒到大约三十四(34)毫秒的时间段)排放到液压负载供应通道 94 内。如可从图 3 观察到的,从蓄积器 95 排放的流体至少部分地补偿当控制阀 86 关闭时出现的流量和压力的下降。结果是排放通道 94 内的流量和压力水平在 18 毫秒与 34 毫秒之间的时间段出现逐渐降低。压力和流量将继续下降直到控制阀 86 在随后的操作循环期间(在等于大约三十四(34)毫秒的时间)再次打开。只要随后的操作条件未发生改变,随后的操作循环的压力和流量曲线将基本相同。

[0104] 在关闭控制阀 86 后,控制阀 100 可选择性地打开以将泵排放通道 22 内存在的任何过剩压力卸放到流体储器 18。控制器 114 可向致动器 112 发送控制信号,指示致动器打开旁通控制阀 100 以建立进入端口 102 与排放端口 110 之间的流体连接。基于百分之十(10%)工作循环,控制阀 86 将在二(2)毫秒的时段——在十八(18)毫秒开始并且在二十(20)毫秒结束——保持打开。控制阀 86 在大约二十(20)毫秒时的关闭对应于当前操作循环的结束和随后的操作循环的开始。在控制阀 100 处于打开位置的情况下,从泵 12 排放的全部流体流量将经控制阀 100(见图 2)和旁通排放通道 108 到达储器返回通道 66。如图 4 所示,泵排放通道 22 内的压力(如通过压力传感器 126 检测的)将在控制阀 100 打开时下降到压力曲线的点 178 处表示的水平,并且将保持在该压力直到控制阀 100 在等于大约二十(20)毫秒的时间时关闭。在旁通控制阀 100 已打开二(2)毫秒的时间后,控制器 114 可向致动器 112 发送控制信号,使控制阀 100 关闭进入端口 102 与排放端口 110 之间的流体通路。

[0105] 当旁通控制阀 100 关闭时当前的示例性操作顺序完成。可通过致动控制阀 40 开始随后的操作顺序并重复前述操作顺序。如果操作条件发生改变,例如,液压负载的压力需求已增加或降低,则可重新评估受影响的控制阀工作循环和按需调节以适应改变的操作条件。

[0106] 关于文中所述的过程、系统、方法等,应当理解的是,尽管已将这些过程等的步骤描述为根据特定排序的顺序发生,但这些过程可通过与文中所述次序不同的次序执行的所述步骤来实施。还应当理解的是,可同时执行特定步骤,可增加其它步骤,或者可省略文中所述的特定步骤。换句话说,文中对过程的描述是为了说明特定实施例而提供的,而不应当被认为对主张专利权的发明进行限制。

[0107] 应该理解的是,以上说明旨在进行说明而非加以限制。在阅读以上说明后,不同于所提供的示例的许多实施例和应用对本领域的技术人员来说将是显而易见的。本发明的范围不应参照以上说明来确定,而应当参照所附权利要求及这些权利要求享有的等同方案的

全部范围来确定。预期和计划本文所述领域中将出现未来的开发,且所公开的系统和方法将结合在这些未来的实施方式中。总之,应当理解的是,本发明能够进行修改和变更且仅由以下权利要求限制。

[0108] 权利要求中使用的所有术语旨在给出它们最宽泛的合理结构和它们的如本领域的技术人员所理解的普通含义,除非文中清楚地作出相反的指示。特别地,单数冠词如“一”、“该”、“所述”等的使用应当理解为叙述一个或多个所表示的元件,除非权利要求明确地作出相反的限制。

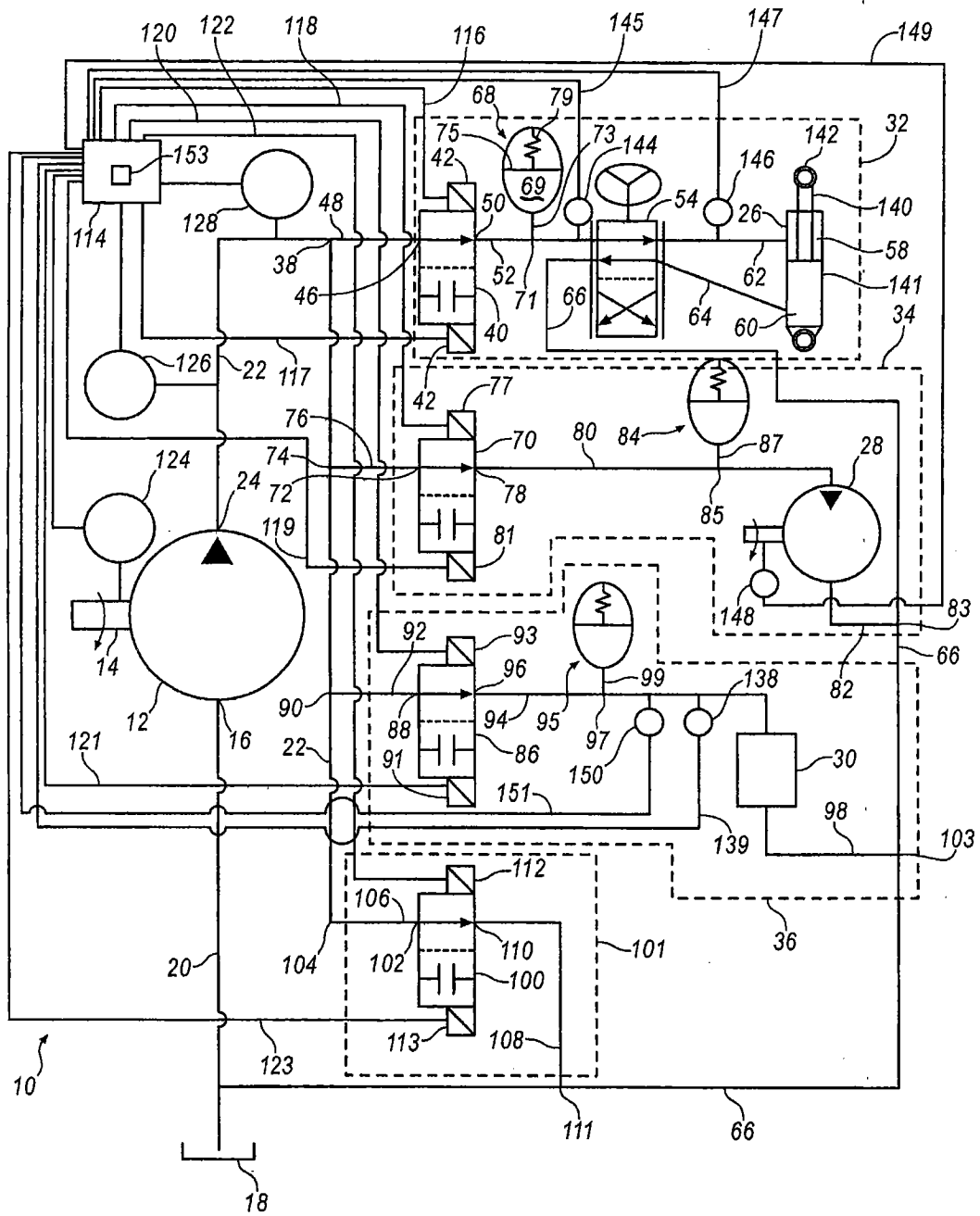


图 1

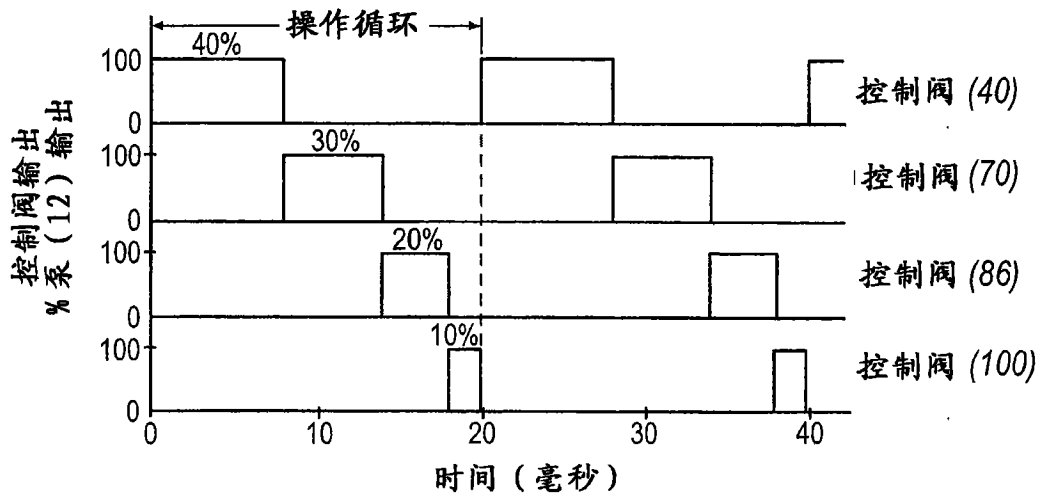


图 2

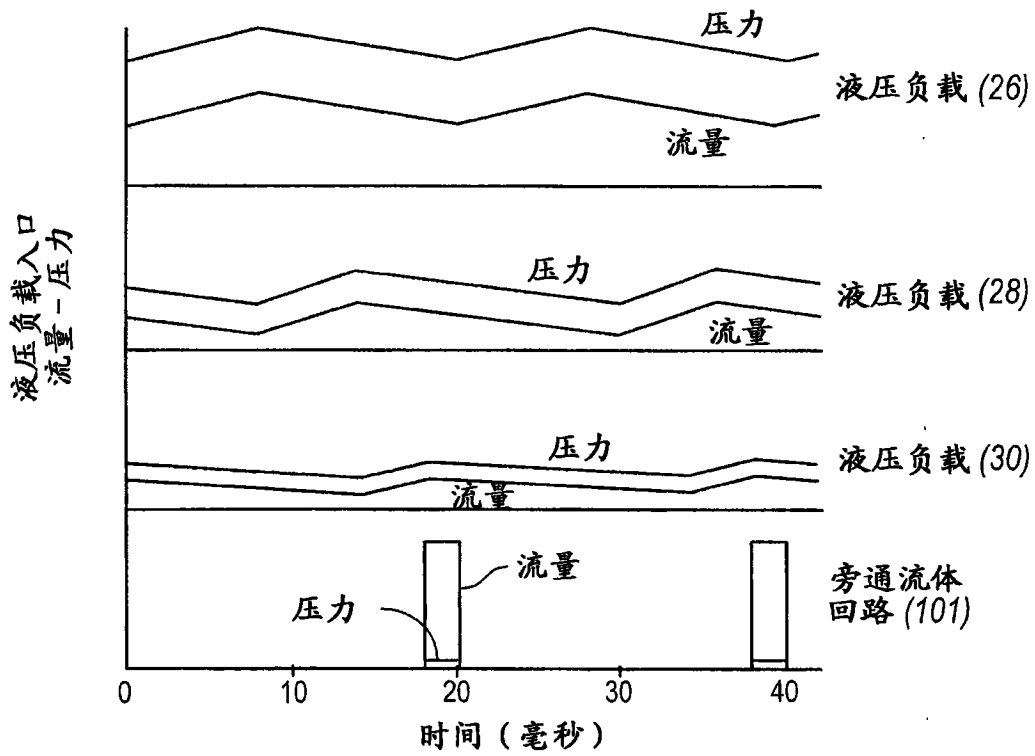


图 3

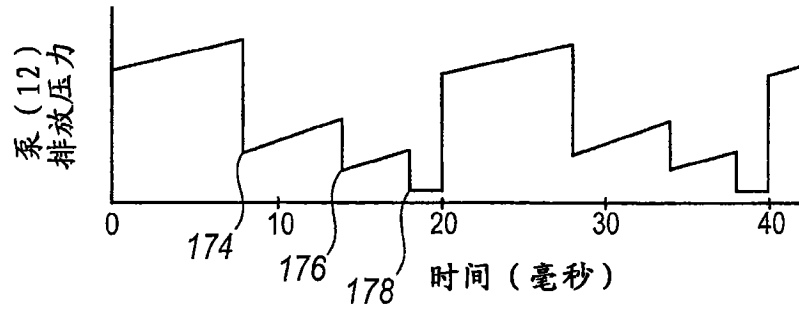


图 4

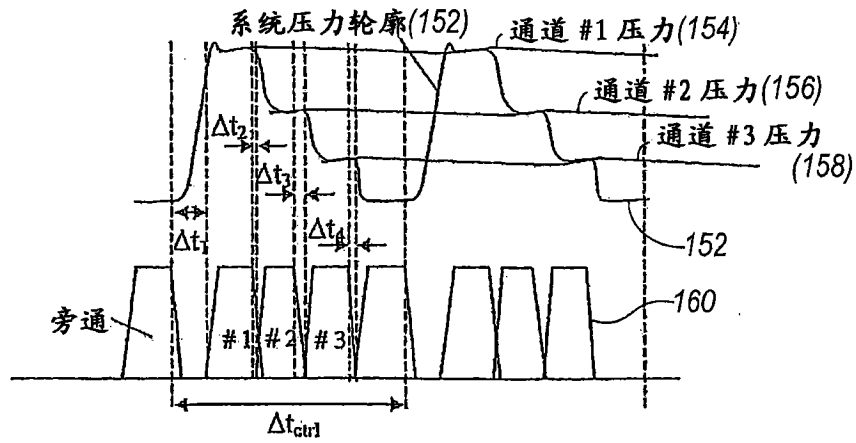


图 5

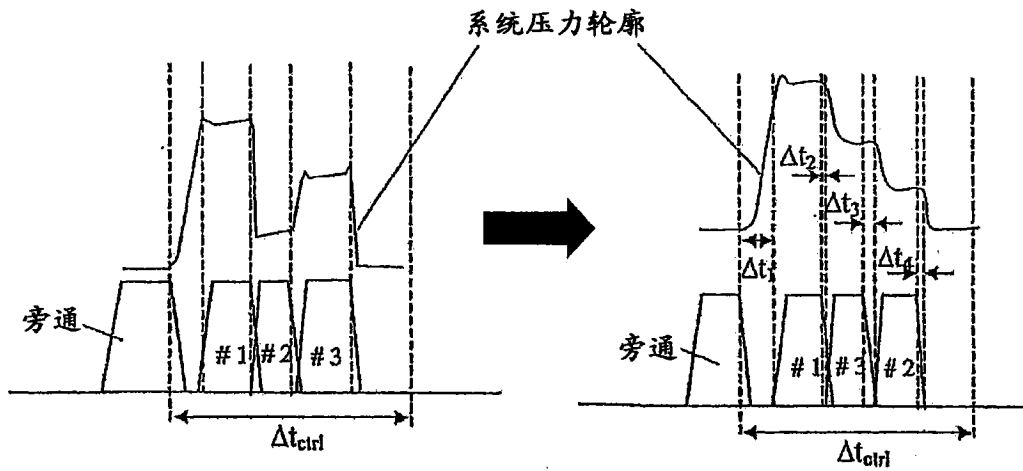


图 6A

图 6B

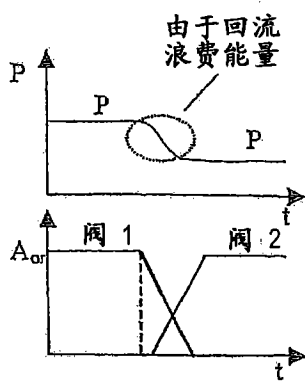


图 7A

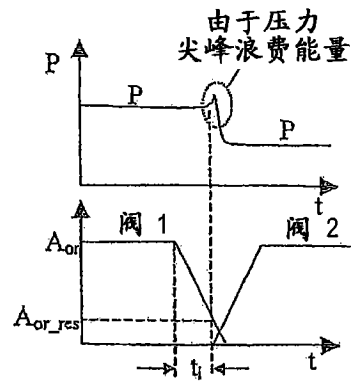


图 7B

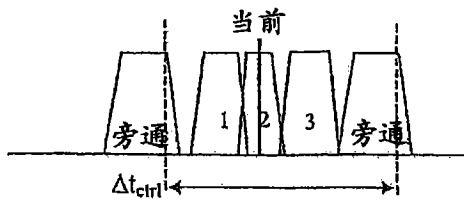


图 8A

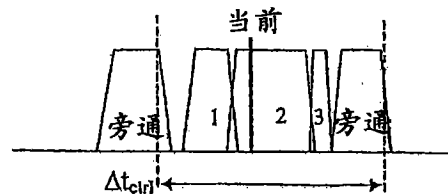


图 8B

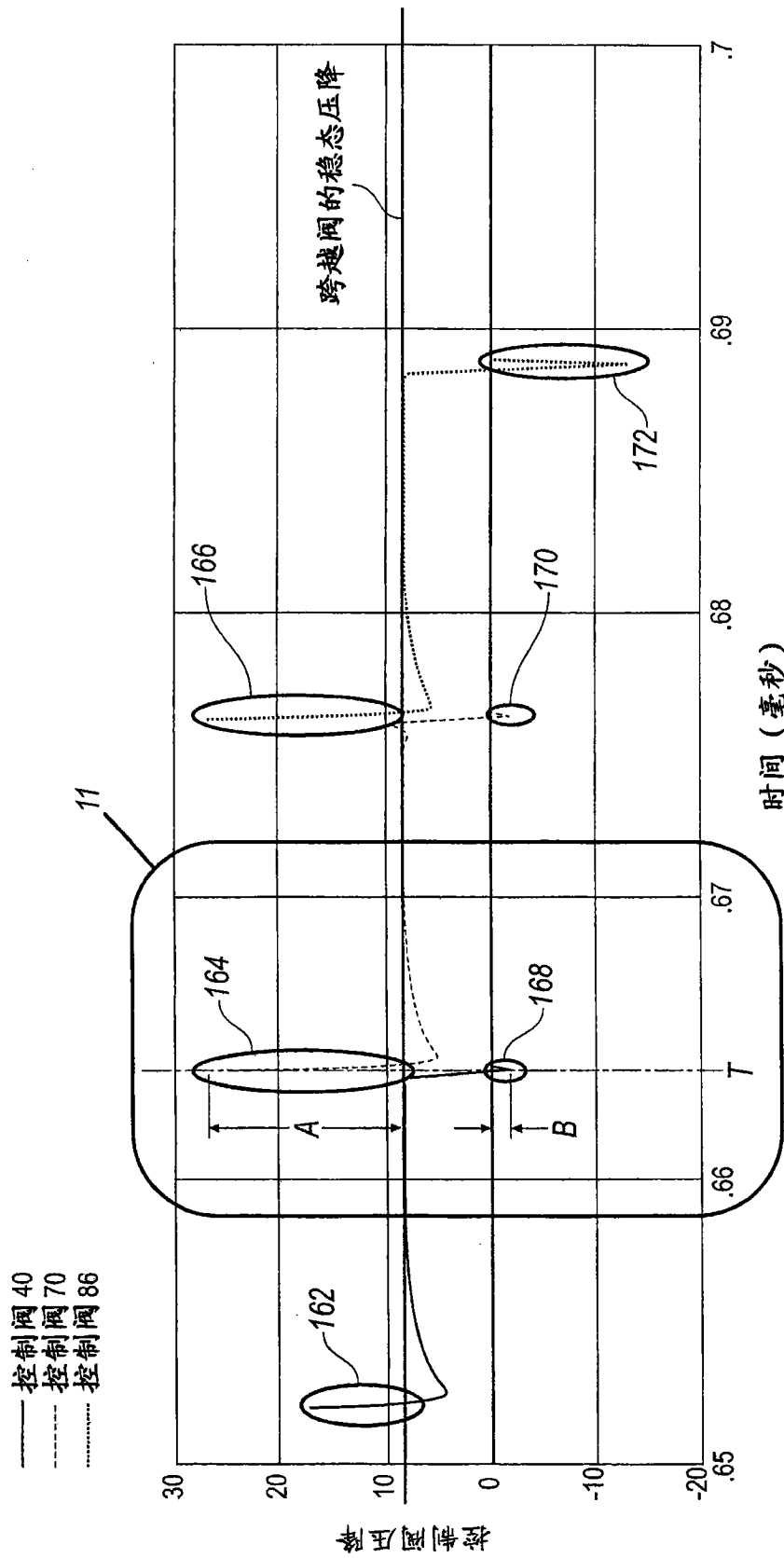


图 9

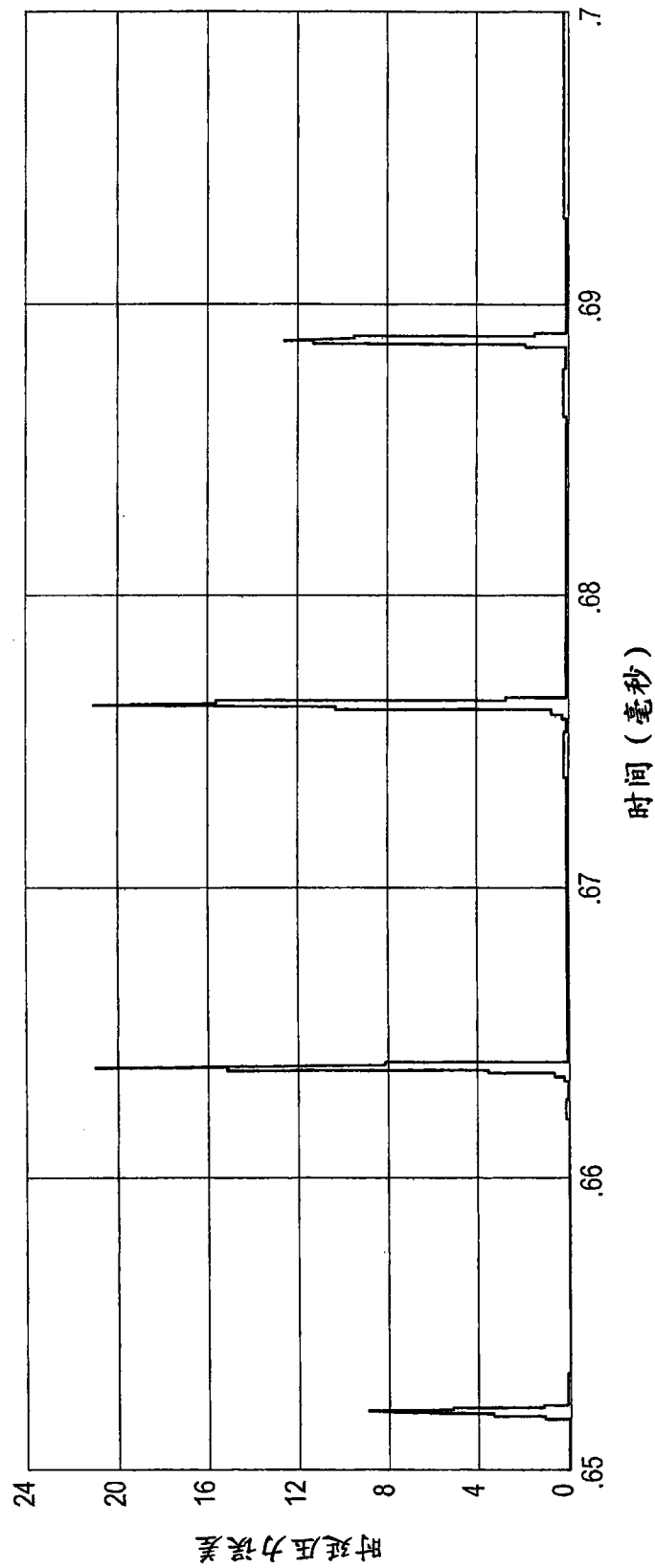


图 10

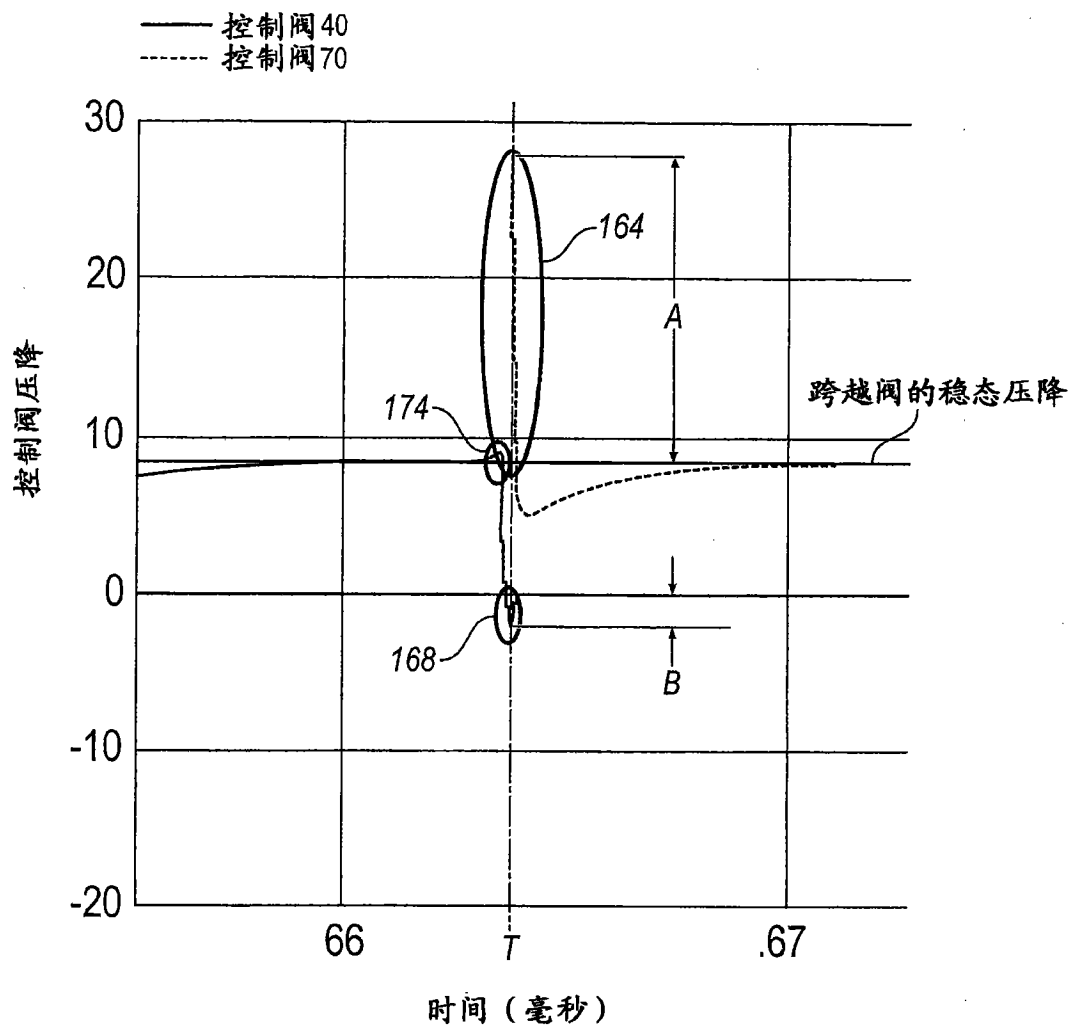


图 11