



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102265035 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 06

(21) 申请号 200980152463. 7

(22) 申请日 2009. 12. 23

(30) 优先权数据

102008064490. 0 2008. 12. 23 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 06. 23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2009/067851 2009. 12. 23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/072808 DE 2010. 07. 01

(73) 专利权人 凯撒空压机欧洲股份公司

地址 德国科堡

(72) 发明人 托马斯·奥贝尔

(74) 专利代理机构 北京中博世达专利商标代理

有限公司 11274

代理人 申健

(51) Int. Cl.

F04B 49/00(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 03/095841 A1, 2003. 11. 20, 说明书摘要、说明书附图1、说明书第6-10页、权利要求12-13.

WO 03/095841 A1, 2003. 11. 20, 说明书摘要、说明书附图1、说明书第6-10页、权利要求12-13.

US 5343384 A, 1994. 08. 30, 说明书摘要、说明书附图1、说明书第4-6栏.

US 5343384 A, 1994. 08. 30, 说明书摘要、说明书附图1、说明书第4-6栏.

US 4580947 A, 1986. 04. 08, 全文.

EP 0431287 A1, 1991. 06. 12, 全文.

US 5967761 A, 1999. 10. 19, 全文.

CN 1291684 A, 2001. 04. 18, 全文.

CN 101144470 A, 2008. 03. 19, 全文.

审查员 孙玉帅

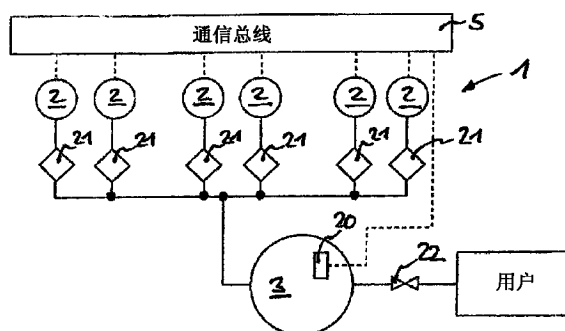
权利要求书4页 说明书15页 附图2页

(54) 发明名称

用于控制压缩器系统的方法

(57) 摘要

本发明涉及用于控制压缩器系统的方法,所述压缩器系统包括多个可选地具有不同的设计和/或性能的压缩器,其中该压缩器系统意图保持加压流体系统中的预定义的超压,虽然可能甚至会使从加压流体系统抽取加压流体发生波动,其中以固定或者可变的时间间隔确定用于使所述系统适应于当前状态的变换操作,其中-在预选择步骤中,优选地考虑到当前状态,变换供选方案被从多个以组合方式获得的变换供选方案中排除;-在主选择步骤中,剩余的变换供选方案被相互权衡同时参考一个最优化标准或者多个最优化标准,并且在给定的标准中间选择优化的变换供选方案,和-在控制步骤中,所选择的变换供选方案被输入用于在压缩器系统中的实施。



1. 一种用于控制压缩器系统 (1) 的方法, 所述压缩器系统包括多个压缩器 (2), 其中所述压缩器系统 (1) 意图保持加压流体系统中的预定义的超压, 尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体的波动抽取的可能性, 其中以固定或者可变的时间间隔确定用于使所述加压流体系统适应于当前状态的变换操作, 其中

- 在基于选择标准执行的预选择步骤 (10) 中, 考虑到当前状态, 变换供选方案 (13) 被从多个以组合方式获得的变换供选方案 (13) 中排除;

- 在主选择步骤 (11) 中, 当参考一个最优化标准或者多个最优化标准时剩余的所述变换供选方案 (13) 被相互权衡, 并且在所述一个最优化标准或者多个最优化标准中间选择最优化的变换供选方案 (13), 和

- 在控制步骤 (12) 中, 所选择的变换供选方案 (13) 被输出用于在压缩器系统中的实施。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述压缩器系统 (1) 的控制采取措施以在达到可变的接通压力 (102) 时增加压缩的加压流体的产生, 而在达到可变的关断压力 (103) 时, 减少压缩的加压流体的产生。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述关断压力 (103) 在逐项的基础上采用能量优化法被评估。

4. 控制压缩器系统 (1) 的方法, 所述压缩器系统包括多个压缩器 (2), 其中所述压缩器系统 (1) 意图保持加压流体系统中的预定义的超压, 尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体的波动抽取的可能性, 其中所述压缩器系统 (1) 的控制采取措施以在达到可能可变的接通压力 (102) 时增加压缩的加压流体的产生, 而在达到可能可变的关断压力 (103) 时减少压缩的加压流体的产生, 其中所述关断压力 (103) 是可变的, 其特征在于, 所述关断压力 (103) 作为所述压缩器系统 (1) 的当前构造的函数和 / 或考虑到限定的变换操作而改变。

5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 所述关断压力 (103) 在逐项的能量优化的基础上被评估。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 最优化的关断压力 (103) 通过以计算方法求取在与一个变换供选方案 (13) 相关的预定义的周期性时间间隔中的总的功损与其时间间隔的商的最小值来确定, 其中所述总的功损包括在所述时间间隔中全载运行压缩器 (2) 的功损、在所述时间间隔中待被接通的全部所述压缩器 (2) 的无负载运行功损及在所述时间间隔中待被接通和关断的全部所述压缩器 (2) 的变换功损之和。

7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 最优化的关断压力 (103) 基于下面的公式计算:

$$\Delta p_{\text{switch,opt}} = \sqrt{\{[\sum (P_{\text{no-load}} \cdot T_{\text{no-load}}) + \sum W_{\text{switch}}] / [0.5 \cdot r_{\text{load}} \cdot (P_{\text{load1}} / |dp/dt|_{\text{average1}} + P_{\text{load2}} / |dp/dt|_{\text{average2}})]\}}$$

(6),

其中

W_{switch} 为变换功损,

$P_{\text{no-load}}$ 为待变换的各个压缩器的无负载性能,

$T_{\text{no-load}}$ 为在各个待变换压缩器的无负载时的运行后时间,

r_{load} 为加载运行压缩器的负载性能的每压力单元的相对增加,

P_{load1} 为包括待变换的压缩器的负载性能,

$|dp/dt|_{average1}$ 为所期望的平均压力在实时压力廓线中朝向关断压力增加的量,

P_{load2} 为排除待变换的压缩器的负载性能,和

$|dp/dt|_{average2}$ 为所期望的平均压力在压力廓线中从 $|dp/dt|_{average1}$ 朝向接通压力增加的和待变换的压缩器的压力补偿效应。

8. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,在所述关断压力(103)的计算中考虑如下因素:

- 加载运行压缩器(2)的能量需求,和 / 或
- 待被变换到无负载运行状态或者停止状态的所述压缩器的无负载运行损失,和 / 或
- 无负载运行压缩器的无负载运行损失,和 / 或
- 每个变换供选方案(13)的待被变换的所述压缩器的变换损失能量。

9. 根据权利要求3或5所述的方法,其特征在于,在用于控制压缩器系统(1)的所述方法中计算所述接通压力(102),使得实时压力廓线尽可能精确地达到计算的自适应压力(101),所述计算的自适应压力(101)低于所述接通压力(102)。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据最优化标准评价用于减少加压流体的产生的变换供选方案(13),而不是评价用于增加加压流体的产生的所述变换供选方案(13)。

11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在最优化标准中间权衡和选择用于减小加压流体的产生的变换供选方案(13)以作出决定,所述最优化标准主要地或者专有地把待考虑的不同变换供选方案(13)的各个总的能量花费考虑在内。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,包括在对不同变换供选方案(13)的总的能量花费的考虑中的至少是:

- 加载运行压缩器的能量需求和 / 或
- 待变换到无负载运行状态或者停止状态的所述压缩器的无负载运行损失和 / 或
- 所述无负载运行压缩器的无负载运行损失和 / 或
- 每个变换供选方案(13)的待被变换的所述压缩器的变换损失能量。

13. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述变换供选方案(13)的评价和选择以实时的方式发生。

14. 根据权利要求2或4所述的方法,其特征在于,所述关断压力(103)和 / 或所述接通压力(102)的确定以实时的方式进行。

15. 根据权利要求1或4所述的方法,其特征在于,所述压缩器系统(1)的控制的进行考虑到来自以往变换操作的经验参数。

16. 根据权利要求15所述的方法,其特征在于,所述经验参数包括:

- 各个压缩器(2)或者压缩器(2)的特定组合的能量需求水平和 / 或
- 所述压缩器(2)的接通响应时间和 / 或
- 所述加压流体用户的消费行为和 / 或
- 压力的蓄存器的尺寸和 / 或
- 所述压缩器(2)或压缩器(2)的特定组合的压力补偿度。

17. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,所述经验参数包括:

- 根据所述加压流体系统的储存容积和安装方案的压缩器 (2) 的压力补偿度和 / 或
- 根据压缩器 (2) 的先前运行模式、环境温度、维护状态、磨损状态和污染状态的压缩器 (2) 的能量需求水平和 / 或
- 根据加压流体的抽取的变化的通常型式的、压缩器 (2) 的接通响应时间和压力补偿度。

18. 根据权利要求 1 或 4 所述的方法,其特征在于,压缩器 (2) 或压缩器 (2) 的組合的接通足够早地进行,使得考虑到所述压缩器 (2) 或所述压缩器 (2) 的組合的启动行为,实时压力廓线尽可能精确地达到自适应压力 (101)。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在确定待被变换到加载的压缩器 (2) 的变换供选方案 (13) 中选择这样的压缩器 (2) 或压缩器 (2) 的組合,所述压缩器或压缩器的組合具有用于能量需求水平的有利经验参数值。

20. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在待变换到加载的压缩器 (2) 的变换供选方案中选择这样的压缩器 (2),该压缩器是无负载的并且仍具有长的剩余无负载运行时间,和 / 或,这样的压缩器 (2) 被选择作为待变换到无负载状态或者停止状态的压缩器 (2),所述压缩器具有低的剩余无负载功。

21. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,关断压力 (103) 的确定和 / 或接通压力 (102) 的确定在假设恒定的加压流体减少的状态下进行。

22. 根据权利要求 1 或 4 所述的方法,其特征在于,所述加压流体的抽取的当前值的确定通过测量装置来确定或者根据以往实时压力廓线、所述压缩器 (2) 的运行状态和 / 或压缩器系统 (1) 的可能自适应调节的蓄存器尺寸计算出。

23. 根据权利要求 2 或 4 所述的方法,其特征在于,在预定义的状态下,在达到所述接通压力 (102) 或者所述关断压力 (103) 时被触发的接通指令或者关断指令被抑制,和 / 或另外的接通指令或关断指令以与达到所述接通压力 (102) 或者所述关断压力 (103) 无关的方式被触发。

24. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在确定就能量而言相当的多个变换供选方案 (13) 时,所考虑的压缩器 (2) 的运行小时数作为进一步的标准被额外地考虑在内。

25. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,考虑到可能的变换組合的启动行为,所确定的关断仅在确保可能地必要的接通操作能够及时进行时由所述控制触发。

26. 用于压缩器系统 (1) 的控制装置 (4),所述压缩器系统包括多个压缩器 (2),所述多个压缩器用于实施根据权利要求 1 或 4 所述的方法,其中,所述压缩器系统 (1) 意图保持加压流体系统中的预定义的超压,尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体发生波动抽取的可能性,其中以固定或者可变的时间间隔确定用于使所述加压流体系统适应于当前状态的变换操作,并且其中所述控制装置包括:

- 排除装置 (6),所述排除装置考虑到所述当前状态将变换供选方案 (13) 从多个以组合方式获得的变换供选方案 (13) 中排除,这基于选择标准而执行,

- 选择装置 (7),所述选择装置参考一个或多个最优化标准相互权衡所述剩余的变换供选方案 (13),并且从所述一个最优化标准或多个最优化标准中间选择最优化的变换供选方案 (13),及

– 输出装置 (8), 所述输出装置构造用以输出所选择的变换供选方案 (13) 以在所述压缩器系统中实施。

27. 用于压缩器系统 (1) 的控制装置 (4), 所述压缩器系统包括多个压缩器 (2), 所述多个压缩器用于实施根据权利要求 1 或 4 所述的方法, 其中, 所述压缩器系统 (1) 意图保持加压流体系统中的预定义的超压, 尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体发生波动抽取的可能性, 并且其中所述控制装置 (4) 包括:

– 关断压力确定装置 (9), 所述关断压力确定装置基于过量的加压流体, 以作为所述压缩器系统的当前构造的函数的方式和 / 或考虑到限定的变换操作确定关断压力 (103)。

用于控制压缩器系统的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于控制压缩器系统的方法,该压缩器系统包括多个可选地具有不同的设计和/或性能的压缩器。同时,本发明涉及用于这样的压缩器系统的控制装置,及用于这样的压缩器系统的控制的数据记录。

背景技术

[0002] 为供给充分的加压流体,压缩器系统,可选是用于工业应用的压缩器系统,通常要求大量的单独的压缩器用于供给该加压流体。为有效地运行这样的压缩器系统,不仅在压缩器系统的设计和规划过程中日益考虑到各个部件及整个压缩器系统的成本有效性,而且在其运行过程中也考虑到该因素。在必须满足的环境法规和质量要求之外,关于压缩器系统的成本有效性的这些方面通常也被考虑在内。压缩器系统的能耗就此而论占总的运行成本的直到 80%,这是为什么能量需求对压缩器系统操作者而言是主要成本因素的一个原因。

[0003] 为利用压缩器系统的节能潜力,发现除关于热回收或者减小泄漏的措施之外,例如使用适当的控制和调节系统使得显著地降低了压缩器系统的运行成本。对于压缩器系统的控制或调节例如使得能够适当地将各种压缩器分割并且因此分别减小了失效的风险,即有助于压缩器系统的维护。在压缩器失效的情况中,例如,处于无负载状态或者停止状态的其它压缩器能够通过所述控制或调节而被应用 (be addressed) 并被促使提供加压流体,以防止压缩器系统的运行压力下降或处于其停止状态。

[0004] 在最简单的情况中,级联调节或者压力段调节被用于控制包括多个压缩器的压缩器系统,在各情况中该调节决定所述压缩器系统中的哪个压缩器在预定义的运行状态下被接通或者关断。在级联调节中,根据各个压缩器的接通或关断由所述控制确定,每个压缩器被赋予一个确定的压力范围。由于被赋予压缩器的各个压力范围的定义,该压力范围也称为压力段,通过分别地接通与其它的压缩器相比具有增加的传送量的压缩器而接通更大量的压缩器,甚至在高的加压流体抽取流率 (withdrawal rate) 的情况下也能够满足所需要的加压流体的量。但是,这样的调节中的缺点在于通常未考虑到加压流体的当前消耗或者加压流体的当前抽取的变化。

[0005] 改进的压力段控制利用了经由单个压力段控制任意所期望数目的压缩器的可能性。这样的控制方法一方面能够达到在压缩器系统中占优势的加压流体的最大压力的减小,同时在另一方面减小了压缩器系统中的一些能量损失。

[0006] 然而,已经显示了在来自压缩器系统中的加压流体的波动抽取 (fluctuating withdrawal) 的情况下在各个压缩器相互之间的通常修匀 (typical graduation) 的压力段调节不适于如下地控制压缩器系统,即不适于一方面能够充分地满足对于加压流体的需求,另一方面能够以在能量上有效的方式控制压缩器系统。例如,在压缩器系统中能够出现运行的状态 (states) 或者群集 (constellations),这会导致加压流体的不充分供给或者导致加压流体的供给在能量上效率极其低下。根据现有技术中已知的这些缺点,由此任务

在于提出用于压缩器系统的改进的控制方法,该控制方法使得甚至在来自压缩器系统的加压流体的流动抽取的情况下也能够充足地供给加压流体,其中同时地,由于该控制导致的变换操作应尽可能地经济。

发明内容

[0007] 根据本发明,该任务通过根据权利要求 1 和权利要求 3 所述的用于控制压缩器系统的方法来解决,所述压缩器系统包括多个可选地具有不同的设计和 / 或性能的压缩器。另外,该任务通过根据权利要求 25 和权利要求 26 所述的用于该压缩器系统的控制装置、及根据权利要求 27 和权利要求 28 所述的用于控制该压缩器系统的数据记录来解决。

[0008] 本发明所基于的该任务可选地通过一种用于控制压缩器系统的方法解决,该压缩器系统包括多个压缩器,所述多个压缩器可选地具有不同的设计和 / 或性能,其中所述压缩器系统意图保持加压流体系统中的预定义的超压,尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体的波动抽取的可能性,其中以固定或者可变的时间间隔确定用于使所述系统适应于当前状态的变换操作,其中在预选择步骤中,优选地考虑到当前状态,变换供选方案被从多个以组合方式获得的变换供选方案中排除,其中在主选择步骤中,当参考一个最优化标准 (criterion) 或者多个最优化标准 (criteria) 时剩余的变换供选方案被相互权衡,并且在所述给定的标准中间选择最优化的变换供选方案,和其中在控制步骤中,所选择的变换供选方案被输出用于在压缩器系统中的实施。

[0009] 该任务另外通过一种用于控制压缩器系统的方法解决,该压缩器系统包括多个压缩器,所述多个压缩器可选地具有不同的设计和 / 或性能,其中所述压缩器系统意图保持加压流体系统中的预定义的超压,尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体的波动抽取的可能性,其中所述系统的控制采取措施以在达到可能可变的接通压力时增加压缩的加压流体的产生,而在达到可能可变的关断压力时减少压缩的加压流体的产生,其中关断压力是可变的并且能够作为所述压缩器系统的当前构造的函数和 / 或考虑到限定的变换操作 (所述压缩器系统构造的限定的改变) 而改变。

[0010] 在这里及在下文中,应进行预定义的过压的维护使得由实际压力处理能够达到的自适应压力不被或者仅仅被不明显地和 / 或大略上底切 (undercut),并且可选地压力上限不被或仅仅被不明显地和 / 或大略上超过。

[0011] 本发明的任务另外通过一种用于压缩器系统的控制装置解决,所述压缩器系统包括多个压缩器,所述多个压缩器可选地具有不同的设计和 / 或性能,其中所述压缩器系统意图保持加压流体系统中的预定义的超压,尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体的波动抽取的可能性,其中以固定或者可变的时间间隔确定用于使所述系统适应于当前状态的变换操作,并且其中所述控制装置包括:排除装置,其优选地考虑到所述当前状态将变换供选方案从多个以组合方式获得的变换供选方案中排除;选择装置,其参考一个最优化标准或者多个最优化标准相互权衡所述剩余的变换供选方案,并且从给定的标准中间选择最优化的变换供选方案;及输出装置,其构造用以输出所选择的变换供选方案以在所述压缩器系统中实施。

[0012] 本发明所基于的任务进一步通过一种用于压缩器系统的控制装置解决,所述压缩器系统包括多个压缩器,所述多个压缩器可选地具有不同的设计和 / 或性能,其中所述压

缩器系统意图保持加压流体系统中的预定义的超压, 尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体的波动抽取的可能性, 其中所述控制装置包括关断压力确定装置, 在产生过多加压流体时, 所述关断压力确定装置以作为所述压缩器系统的当前构造的函数的方式和 / 或考虑到限定的变换操作 (所述压缩器系统构造的限定的变化) 确定关断压力。

[0013] 本发明的任务进一步通过优选地构造用于在数据网络中的传输或者存储在数据载体上的数据记录解决, 该数据记录用于控制压缩器系统, 其中所述压缩器系统包括压缩器, 所述多个压缩器可选地具有不同的设计和 / 或性能, 其中所述压缩器系统意图保持加压流体系统中的预定义的超压, 尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体的波动抽取的可能性, 其中以固定或者可变的时间间隔确定用于使所述系统适应于当前状态的变换操作, 其中在预选择步骤中, 优选地考虑到当前状态, 变换供选方案被从多个以组合方式获得的变换供选方案中排除, 其中在主选择步骤中, 参考一个最优化标准或者多个最优化标准使剩余的所述变换供选方案被相互权衡, 并且在所述给定的标准中间选择最优化的变换供选方案, 和其中在控制步骤中, 所选择的变换供选方案被输出用于在压缩器系统中的实施。

[0014] 本发明的任务进一步通过优选地构造用于在数据网络中的传输或者存储在数据载体上的数据记录解决, 该数据记录用于控制压缩器系统, 其中所述压缩器系统包括可选地具有不同的设计和 / 或性能的多个压缩器, 其中所述压缩器系统意图保持加压流体系统中的预定义的超压, 尽管甚至具有来自所述加压流体系统的加压流体的波动抽取的可能性, 其中所述系统的控制采取措施以在达到可变的接通压力时增加压缩的加压流体的产生, 而在达到可变的关断压力时减少压缩的加压流体的产生, 其中关断压力是可变的并且能够作为所述压缩器系统的当前构造的函数和 / 或考虑到限定的变换操作 (所述压缩器系统构造的限定的改变) 而改变。

[0015] 在这里及在下文中, 术语“控制”也应理解为“调节”的含义。因为控制压缩器系统的方法及本方法的各个实施方式能够表现出控制专有的特征和调节专有的特征两者, 为得于清晰的理解, 现在忽略对于令人烦恼的术语的严格鉴别。

[0016] 本发明的核心思想在各情况中是在实施用于使加压流体系统适应于当前状态的变换操作之前将多个可能的变换供选方案考虑在内, 参考一个最优化标准或者多个最优化标准这些变换供选方案被相互权衡, 以能够选择最可能的变换供选方案用于实施。为此, 大量可能的变换供选方案由于在实施主选择步骤之前使用预选择步骤而能够被排除, 由此相应地仅较少数目的可能变换供选方案必须被相互比较。该不同选择步骤的分离允许最优化的可能变换供选方案的较快速的选择, 所述选择的最优化的变换供选方案然后在控制步骤中经由变换指令被输出用于在压缩器系统中实施。

[0017] 结果, 能够在较短且连续的时间间隔中进行变换操作, 由此能够实施改进的使加压流体系统对于压缩器系统的当前状态的自适应。作为进一步的结果, 提高了压缩器运行的成本有效性。如果发生重大的来自加压流体系统的加压流体的抽吸, 例如, 压缩器系统控制可以通过进行预选择步骤以避免不需要的通过参考一个或多个最优化标准而比较大量的可能变换供选方案的复杂权衡, 并且可以将权衡限制于较少量的可能且适当的变换供选方案的范围内。因此, 本控制可以通过仍然适当且最有可能的变换供选方案在非常短的时间中响应来自加压流体系统的加压流体的重大抽吸。

[0018] 本发明的另一个核心思想在于压缩器系统的控制在达到关断压力时采取措施用于减少压缩的加压流体的产生,其中关断压力是可变的。本控制因此与根据现有技术已知的通常的压力段控制不同,在通常的压力段控制中变换操作通常在达到固定的预定义的压力值时被触发。关断压力的可变设计允许致动操作对于压缩器规划的当前构造的适当的自适应,分别地也能够根据压缩器系统构造的限定的变化将限定的致动操作考虑在内。

[0019] 使用了通常的压力段控制的压缩器系统的使用效率低的根本原因能够是,一方面,过大的给定的压力段暂时地引起加压流体系统中的不需要地高的压力,由此加载的压缩器必须做不需要的功。另一方面,过小的给定压力段能够导致不需要的频繁变换操作,这在很大程度上能够导致与这些变换操作相关联的不需要的功。

[0020] 上文中及下文中,接通压力应理解为虚拟压力值,当达到该接通压力时压缩器系统的控制使得变换操作被实施,该变换操作抵抗在加压流体系统中占优势的超压的下降。因此,接通压力比同样地限定为虚假压力值的关断压力低,当达到关断压力时,同样地引起在压缩器系统中的在升高的实时(real)压力轮廓线处的变换操作,该操作使压缩器被关断。接通压缩器及关断压缩器在这里能够包括不仅分别将整个压缩器单元接通进入加载运行状态或者将整个压缩器单元关断进入无负载运行状态即停止状态,而且包括使输出向更高值或者更低值的渐次变化。

[0021] 与在压缩器系统中实施的变换供选方案一致,发生了在压缩器系统中的占优势的压力的(超压)的变化廓线。构成实际地可测参数的该压力廓线示出了在其时间进程中的局部最小值和局部最大值,该最大值和最小值来自于加压流体从加压流体系统的抽回或者由各个压缩器进行的加压流体的供给。在超过关断压力时待执行的通常的变换操作是压缩器或者压缩器组从加压状态向无负载运行状态或者停止状态的变换,或者另外地是加载运行的压缩器或者压缩器组的运行功率的降低。在低于比关断压力低的接通压力时,将要在压缩器系统中实施的通常的变换操作是处于停止状态或无负载运行状态的压缩器向加载运行状态的变换,或者另外地是加载运行压缩器或者压缩器组的运行功率的提升以执行增大的加压流体的传送。

[0022] 由于压缩器的技术结构特性,在超过关断压力时的变换操作基本上被立即实施。但是,在压缩器系统中减小并且下降至低于接通压力的超压处实现的变换操作通常仅在特定的时间延迟(死区时间(dead time))后实施,因为压缩器从停止状态或者无负载运行状态启动到所期望的运行速度要求在技术方面所需要的初步运行。因此,在关断压缩器时这样的预运行时间与接通压缩器时相比较短,但是,两个变换操作引起了通常在时间上交错的感应(induced)变换操作的实施。

[0023] 因此,虚拟关断压力在实践中与待达到的实时压力廓线的局部最大值相同。确实是在加压流体需求非常快速地减小和/或误选择过小的压缩器以关断负载的情况下,例外是可能的,但是在实践中几乎很少出现。与此相反,虚拟接通压力通常显著地在待达到的虚拟自适应压力之上,实时压力进程的最小值应对应于该虚拟自适应压力,尽管接通操作被使得在下降至低于接通压力时被实施,但由于压缩器的固有延迟时间,所述接通操作仅能够开始在时间上交错的全加压流体供给。

[0024] 用于控制压缩器系统的本方法的任务因此在于确定接通压力使得实时压力廓线的最小值尽可能精确地达到自适应压力(adaptation pressure)而又不低于自适应压力。

换句话说,所述自适应压力是实时压力廓线的最小值应尽可能精确地达到的虚拟压力。因此自适应值是用于实时压力值的不被底切的缺省值,如果可能,该缺省值在一个可能的实施方式中能够作为压缩器系统的当前运行状态的函数而被可变地评估。

[0025] 为符合加压流体系统内的部件的压阻极限,如果可能,通常还需要实时压力廓线不超过压力上限。相应地,最迟在达到压力上限时,适当的变换操作在压缩器系统中被触发,例如,触发处于加载状态的压缩器的关断,使得如果可能实时压力廓线不超过压力上限。在实践中,压力上限通常能够被设定成高于接通压力,所述接通压力由于用于使能耗最小化的标准的原因而在逐项的基础上确定,从而关断压力及很大程度上与该关断压力对应的实时压力廓线的最大值以不影响压力上限的方式产生,并且因此在自适应压力和压力上限的压力公差范围内,而在能耗方面具有优势或者不存在能耗方面的问题。

[0026] 如果用于各个变换操作的虚拟接通压力在逐项的基础上评估,从而实时压力廓线以尽可能精确的方式在下降的压力廓线处达到自适应压力,这对于整个压缩器系统的能耗具有积极影响,因为防止了由于压缩器被过早接通的原因而造成的不必要的压力水平升高并且不会发生不需要的功特性 (work performance)。

[0027] 此时应注意到,发生由压缩器系统的控制确定虚拟接通压力,使得实时压力廓线的最小值尽可能精确地达到给定的自适应压力,而不下降到自适应压力以下或仅不显著地下降到自适应压力以下和 / 或大略上下降到自适应压力以下。为此,接通压力被确定成使得待变换到加载状态的压缩器或者压缩器组的接通响应时间跟踪预测的压力廓线。由压缩器系统的控制进行的接通压力或关断压力的确定也能够由压缩器系统的控制基于时间而不是基于压力来保证,其中接通压力或者关断压力的确定由适当地确定接通时间或关断时间代替。基于时间的控制因此等效于基于压力的所述控制。与确定接通压力一样 (同样适用于关断时间或者关断压力),确定接通时间在各情况中在逐项的基础上被执行用于将来的变换操作。

[0028] 另外,应注意到,提供的用于在加压流体系统中供给预定义的超压的方法也能够类似地用在其中必须保持不被超过的负压的真空系统中,该负压用户能够获得。接通由相应的系统包括的泵结果将使系统中产生的加压流体的压力下降,并且因此在抽取真空或者例如由于泄漏的原因而使真空劣化的情况中,关断泵或者泵组将引起加压流体系统中的压力的升高。根据技术人员的理解,能够类似地将用于控制系统以保持预定义的超压的本方法转移到用于控制其中预定义的负压不应被超过的压缩器或者泵系统的方法。

[0029] 用于控制压缩器系统的本方法的一个优选实施方式提供了对于系统的控制,在达到可能的可变接通压力时,采取措施增加压缩的加压流体的产生,并且在达到可能地可关断压力时,采取措施减小压缩的加压流体的产生。

[0030] 用于控制压缩器系统的本方法的另一个优选实施方式提供了待评估的关断压力,可选地在逐项的基础上采用能量优化法计算。因此,压缩器系统主要以优化的目的进行控制,即,使能量需求最小化,其中同时维持预定义的超压,即优选地不底切 (undercut) 或者仅不显著地底切和 / 或大略上被底切。优化即最小化在下文中应仅理解为在可能的变换供选方案的范围内的优化即最小化。由于该能量需求最小化,本方法显著地不同于传统的压力段控制方法,传统的压力段控制方法将压力作为加压流体系统中的最重要的控制参数进行控制,而不是控制压缩器系统的能量需求。由于通过从多个不同变换供选方案中选择适

当的变换供选方案而可获得的技术上的自由度的利用,能够实现目标节能。可选地,在该情况中能够确定可变接通压力使得在实时压力廓线下降到接通压力以下时,虚拟的自适应压力在实时压力廓线的转折点中尽可能精确地对应于实时压力的最小值。这样的优化一方面允许保持所希望的压力水平,而另一方面保持较低的所需要的变换操作的数目,这样产生了非常成本有效的运行。

[0031] 在根据本发明的方法的另外的实施方式中,优化的关断压力通过以计算方法求取在与一个变换供选方案相关的预定义的周期性时间间隔中的总的功损与其时间间隔的商的最小值来确定。在本情况中,总的功损包括在所述时间间隔中全载运行压缩器的功损、在所述时间间隔中待被接通的全部压缩器的无负载运行功损及在所述时间间隔中将要被接通和关断的全部压缩器(2)的变换功损之和。该周期性时间间隔在本示例中是基于所称的变换周期的观察结果。该(虚拟)变换周期是时间压力廓线,其类似地(周期性地)在时间间隔内重复从最小压力值向最大压力值上升并且再下降到最小压力值,这会在加压流体的在时间上基本上恒定的抽取时发生,即至少在变换周期的持续时间上发生。为了简化的计算,可以假设发生加压流体从加压流体系统的抽取使得在最小压力值与最大压力值之间的实时压力廓线能够在各情况中假设成线性或者由直线来逼近。在达到接通压力时待变换到加载状态的压缩器或者在达到关断压力时待变换到无负载状态的压缩器假定是已知的并且另外能够借助于适当的启发预先选择。另外还通常假设剩余压缩器的运行状态仅受实际压力的压力廓线的影响,或者保持不变。

[0032] 变换周期涉及实际的周期长度,同样地涉及周期性压力廓线。以该简化假设为前提,压缩器系统所包括的全部压缩器在一个变换周期中的即在先前所述的周期性时间间隔中的平均能量需求能够在一个封闭的数学表达式中最小化。但是,为此,不需要观察全部压缩器的总的平均能量需求,而是适当地定义的总的功率损失 P_v 能够被假设作为替代的简化。在最简单的情况中,该功率损失能够根据前述的总的功损及以一个变换周期的周期性时间间隔的长度作为除数计算出。由此限定的总的功损是在一个变换周期内的在时间上平均功损。如下面将更为详细地说明的,简单的数学处理允许计算出优化的变换周期压力差,这能够从易于确定的参数获得。该变换周期差由关断压力与自适应压力之间的差限定。

[0033] 测试已经显示,以变换周期压力差的优化作为优化标准的控制或调节方法已经在减小压缩器系统的能耗方面获得了相当大的成功。

[0034] 本发明的方法的另一个发展另外能够将如下的参数考虑在关断压力的计算中:所述加载运行的压缩器的能量需求,可选地当抵抗连续地增加的压力供给时的能量需求,和/或待被变换到无负载运行状态或者停止状态的压缩器的无负载运行损失,和/或所述无负载运行压缩器的无负载运行损失,和/或每个变换供选方案的待被变换的压缩器的变换损失能量。为此,所涉及的参数能够根据已知的启发来确定或者另外在适当的测试中即借助于适当的计算方法来确定。它们可选地还能够包括各个压缩器的以时间表的形式表述的时间行为,所述时间表以定量形式用于全载状态、无负载状态或变换状态,其中一个变换时间与变换操作的完整实施之间的时间延迟也能够明确地考虑在内。因此,该延迟时间也能够作为计算参数被考虑在适当的接通压力或关断压力的确定中。

[0035] 依据本实施方式,接通压力也可以采用控制压缩器系统的方法来计算,使得实时压力廓线尽可能精确地达到计算的自适应压力,该自适应压力低于接通压力,优选地偏差

小于 5%，进一步优选地小于 2%，并且进一步优选地不低于或仅不显著地低于和 / 或大略上低于接通压力。相应地，能够确保在压缩器系统中保持预定义的超压，其中同时形成对于压缩器系统的成本有效的并且有效率的控制。

[0036] 根据本发明的方法的另一个实施方式提供了根据最优化标准评价的用于减少加压流体的产生的变换供选方案，而不是提供用于增加加压流体的产生的变换供选方案。因此能够产生本发明的方法的另外的分化型自适应，由此例如能够实现实时压力廓线在其转折点处即在其最小压力值和最大压力值处尽可能精确地达到预定义的自适应压力和在一个变换周期的持续时间中在逐项的基础上根据能耗最优化的标准计算或确定的关断压力。

[0037] 在根据本发明的用于控制压缩器系统的方法的另一个发展实施方式中，在最优化标准中间权衡和选择用于减小加压流体的产生的变换供选方案，所述最优化标准主要地或者专有地把待考虑的不同变换供选方案的各个总的能量花费考虑在内。

[0038] 在另一个发展实施方式中，在不同变换供选方案的总的能量花费中所考虑内容至少包括：加载运行压缩器的能量需求和 / 或处于空转运行状态或者处于停止状态的待变换压缩器的无负载运行损失和 / 或空转运行压缩器的无负载运行损失和 / 或每变换供选方案的待变换压缩器的变换损失能量。由于总的能量花费是以优化的方式在逐项的基础上在压缩器系统的使用的整个时间段上计算出，并且直接参与适当的变换供选方案的选择，实现了对于压缩器系统的可选地能量有效的控制。

[0039] 依据本实施方式，变换供选方案的评价和选择能够实时发生。在这里和在下文中，“实时”将理解为时间维，其显著地比待实施的两个变换供选方案的时间序列短。因此，以足够的速度发生变换供选方案的评价和选择，以能够将加压流体系统中的加压流体的意外重要变化考虑在内。换句话说，由于评价和选择变换供选方案造成的延迟在该控制方法中不需要明确地考虑在内。

[0040] 在根据本发明的方法的另一个实施方式中，实时进行关断压力和 / 或接通压力的确定。因此，能够以足够的速度进行控制与加压流体系统中的改变的运行状态的紧密自适应，而不会在确定关断压力和 / 或接通压力所需要的时间中出现本质上新的运行状态，而该新的运行状态将需要选择另一个变换供选方案。

[0041] 在根据本发明的方法的另一个优选实施方式中，考虑到以往变换操作中的经验参数进行系统的控制（自适应控制）。该控制可选地能够确定接通压力，使得变换到加压的压缩器的生产启动被足够早地进行，以使实时压力廓线的压力转折相对于自适应压力尽可能紧密地发生。为此，该控制方法能够自适应地获悉每个压缩器的接通响应时间，该接通响应时间应理解为在用于实施变换供选方案的接通指令与实际开始影响该实时压力廓线之间的时间段。接通压力能够选择成使得接通响应时间等于期望实时压力廓线从接通压力下降到自适应压力的时间段。该时间段能够通过进一步的压力廓线的预测基于适当的假设例如基于线性下降的压力廓线的假设来估计。

[0042] 在其它方式之外，对于每个压缩器的接通响应时间的自适应获悉能够通过在一个压缩器或者压缩器组的实时压力廓线的若干所选择的周期性时间间隔上评价实时压力廓线来进行。通过适当地形成新的值例如移动平均值，该自适应地获悉的接通响应时间能够被进一步更新，甚至被连续地更新。

[0043] 为此，所述控制的该自适应学习行为决定性地支持优化压缩器系统的能量需求的

目标。该自适应行为在本情况中通常基于基础的学习算法和自适应参数,该参数通过控制方法的进程中的控制得以重新调整并且可以从所述控制中以更新的方式获得而用于对变换供选方案的进一步的评价和选择。相应地,该自适应学习行为允许所述控制自动地适应于压缩机系统在运行操作中的任意在技术上与调节相关的特性和状态。由于在技术上与应用相关的参数也能够被收集和评价(能量需求的水平),就能量优化而言,该控制灵活性适应于压缩机系统在运行状态中的行为。

[0044] 基础学习算法能够通过评价在整个较长的时间段上跟踪的测量值或者通过评价适当数目的单个事件来计算。两种方案都适用于在压缩机系统的运行操作中调节自适应参数,同时不考虑对自适应参数的计算的短期影响或者单个影响。

[0045] 所述控制的该自适应行为允许处理仅较少量的控制参数,其中所述控制的该控制行为并不要求被手工优化或者再优化,并且即使对于压缩机系统的扩展或者结构上替代的情况,也不需要任何其它的自适应。基本参数在本情况中通常是自适应压力,而关断压力或变换周期压力差将从关断压力和自适应压力基于关于使能量需求最小化的标准而获得。因此,控制的启动和维护所用的技术上的运行和维护的花费被最小化。

[0046] 在根据本发明的方法的另一个发展实施方式中,所述经验参数包括各个压缩机或者压缩器的特定组合的能量需求水平(每流体量的能量需求)和/或压缩器的接通响应时间和/或加压流体用户的消费行为和/或所述蓄存器的尺寸和/或压缩机或压缩器的特定组合的压力补偿。

[0047] 能量需求的水平作为自适应参数说明了单个压缩机或压缩器的组合在运行操作中的能量利用,并且表示为能量需求与通过所涉及的压缩机传送的流体量的比率。在本情况中,能量需求及传送的流体的量在适当地选择的整个时间段上如下计算,即对基于计算和/或度量方式可取得的功率消耗或传送的量进行数值积分。由于能量需求水平的计算以足够的精度说明了全部实际上进行的功(加载功,无负载运行,功损,变换功损)及实际传送的流体的量,能量需求的水平例如与根据压缩器的纯理论标称值计算得出的值相比,能够以较精确的方式反映在运行操作中的实际能量利用。

[0048] 为此,在控制中能够考虑到对于如下的压缩机或者压缩机组,其中该压缩机或者压缩机组由于以往的在能量方面不利的加载周期而表现出相应地较低的能量利用并且可能在待被接通负载的聚集物的选择中被非真实地长时间分类为低水平(正反馈),该能量需求水平成功地通过补偿机制适应于压缩机系统的当前能量利用特性。

[0049] 在本情况中,还应该注意,当接通到负载时,通常地处于无负载状态并且具有显著地大的剩余无负载功率的压缩机相对于具有显著地较小的剩余无负载功或者其马达已经被关断以通过避免无负载功损和启动功而节省能量的压缩机是优选的。另外,当变换离开负载时,通常地,在压缩机中具有相等或者类似尺寸的这些压缩机是优选的,这些压缩机具有所期望的小的无负载功损,以由此通过避免无负载功而节省能量。

[0050] 各个压缩机对于所述控制的压力技术效果作为自适应参数以压缩机的压力补偿度的形式得以说明并且能够经由变换操作的压力补偿效果通过对全部适当数量的单个事件求平均而被确定。在本情况中,变换操作的压力补偿效果能够从时间上的压力变化取得。

[0051] 由于在待变换的压缩机的选择中,优选地仅考虑压力补偿效果(压力补偿度之和)适应于压缩机系统的当前运行状态(当前压力廓线)的压缩机或者压缩机组,所选择

的压缩器的变换通常使得及时确立所期望的压力廓线,从而在实际中不需要另外的在能量方面不利的变换操作。

[0052] 在以加压流体的减少中的快速变化为特征的运行状态中,能够在限定的状态下选择压缩器,其压力补偿效果就压力方向的转折点而言不能完全补偿实时压力廓线,这构成了实时压力廓线在变换时的补偿不足。在该情况中,所述控制因此能够将变换时间提前一个适应于补偿不足的程度的时间段。依据本实施方式,设置时间缓冲以在需要时及时变换其它的压缩器,由此能够实现优化地没有其它的压缩器需要变换或者能够实现在接通操作之后,压力能够优化地在较长的时间段上稳定在能量有利的水平上。

[0053] 另外,在非常罕见的情况中,在加压流体被从压缩器系统抽取的强烈波动的状态下,能够发生自适应压力被不可接受地底切。在这样的情形中,所述控制能够根据需要通过立即将一个或多个另外的压缩器变换至负载而立即或者情形自适应地抵抗实时压力廓线相对于所需要的自适应压力的偏差。仍然在运行接通操作期间,即在接通的压缩器的压力补偿效果启动之前,能够基于实时压力廓线检查是否期望将来的压力补偿效果足以确立所期望的实时压力廓线。如果确定将来的压力补偿效果是足够的,则没有另外的压缩器将被变换到负载。否则,一个或多个压缩器被立即变换到负载。

[0054] 在根据本发明的方法的替代实施方式中,经验参数能够包括:根据加压流体系统的储存容积和安装方案的、压缩器的压力补偿度和/或根据压缩器的先前运行模式、环境温度、维护状态、磨损状态和污染状态的压缩器的能量需求水平和/或根据加压流体的抽取的变化的通常型式的、压缩器的接通响应时间和压力补偿度。因此,该控制不仅能够自适应地获悉纯粹的压缩器专有特性,而且能够自适应地获悉通过压缩器与运行状态或者与各个使用环境的相互作用产生的部分特性。

[0055] 在根据本发明的方法的进一步优选实施例中,同样的特征在于,压缩器或压缩器的组合的接通被执行的足够早,从而使在对压缩器或压缩器组合的启动行为的考虑中,可选地在对优选地自适应获悉接通响应时间的考虑中,实时压力廓线尽可能精确地达到自适应压力,优选地具有小于5%的偏差,更优选地具有小于2%的偏差,更优选地不低于或仅仅不显著的和/或大略地低于自适应压力。因此,所述实时压力廓线在相对窄的范围内并在其最小压力值处尽可能精确地达到虚拟地确定的自适应压力。

[0056] 在根据本发明的方法的另外的优选的实施方式中,能够提供在待变换到负载的变换供选方案的确定中优选地选择这样的压缩器或者压缩器的组合,其具有用于能量需求的水平的经验参数的有利的值。因此,保证了压缩器系统的可能的节能运行。

[0057] 在控制压缩器系统的方法的另一个实施方式中,在待变换到负载的压缩器的变换供选方案的确定中优选地选择这样的压缩器,其处于无负载状态或者仍具有长的剩余无负载运行时间或者剩余的无负载功,和/或这样的压缩器被优选地选择作为待变换到具有低的无负载运行时间或者无负载功损的无负载状态或者停止状态的压缩器。因此,作为全部损的和的总的功损也减少,因为在待选择的变换供选方案的确定中就能量优化而言考虑到了无负载功率的减小。

[0058] 根据本发明的方法的另一个优选实施方式提供了将要在恒定的加压流体的减小的假设下进行的变换供选方案的确定和/或关断压力的确定和/或接通压力的确定。在本情况中,恒定的加压流体减少的假设仅对于各个下一接通压力或关断压力的确定是合理

的。对于将来的及随后的接通压力或关断压力的后续确定,根据需要,以用于加压流体减少的、新的且反过来恒定的值作为基础。该恒定的加压流体减少的假设允许在包括下一接通操作的变换周期中的实时压力廓线就能量而言易于通过数学方法处理的表达式来计算。相应地,也能够计算出在变换周期的时间段上的与压缩器系统的运行相关的能量优化或者最大化效率。

[0059] 在根据本发明的方法的另外的实施方式中,加压流体的抽取的当前值的确定通过测量装置确定和 / 或根据以往的实时压力廓线、压缩器的运行状态和 / 或可能的自适应地获悉的压缩器系统的蓄存器尺寸计算出。

[0060] 在根据本发明的方法的另一实施方式中,其特征在于,在预定义的状态下,在达到接通压力或者关断压力时被触发的接通指令或者关断指令被抑制,和 / 或另外的接通指令或关断指令以与达到接通压力或者关断压力无关的方式被触发。另外的关断指令由此能够例如在接近压力上限时被触发,以防止实时压力廓线超过压力上限。另外,确定的接通指令能够在降低的压力廓线的由于加压流体从加压流体系统的减小的抽取的原因而出现的清楚且持久的正的曲率时被抑制,以能够更好地评估将来的实时压力廓线。因此,关断指令也能够在增加的实时压力廓线的由于增加的被抽取的加压流体的原因而出现的清楚且持久的负曲率时被抑制。这里,由控制选择用于进行改进的能量计算的变换供选方案在初始被抑制,以能够更好地估计进一步的加压廓线并且相应地进行关于能耗而改进的将来的变换操作。

[0061] 同样地,在根据本发明的方法的另一个优选实施方式中,多个变换供选方案被确定作为能量等效的另外的标准,比如所考虑的压缩器的运行小时数。因此,能够保证压缩器系统所包括的不同压缩器的运行小时数最大程度地均一,由此能够将单个压缩器的维护减耗量或者使用减耗量减小至预定的程度。

[0062] 依据根据本发明的方法的另一个实施方式,所确定的关断仅由控制在确保考虑到可能的变换组合的启动行为而能够及时进行可能必须的接通操作时释放。这样的对于压缩器系统的压缩器或者压缩器的组合的启动行为的考虑允许在加压流体系统中总是保持预定义的超压。由此能够避免由于释放了所确定的不能被及时实施的变换操作的原因而对于另外的压缩器或者压缩器组的不可预料的且在通常情况中在能量方面不利的接通。

[0063] 在从属权利要求中公开了本发明的另外的实施方式。

附图说明

[0064] 下面将基于借助于附图说明的示例性实施方式更为详细地说明本发明。

[0065] 在图中:

[0066] 图 1 是包括多个压缩器的压缩器系统的示意图;

[0067] 图 2 是用于控制图 1 中所示的压缩器系统的根据本发明的控制装置的一个实施方式的示意图;

[0068] 图 3 是采用流程图图示的根据本发明的控制的一个实施方式的示意图;

[0069] 图 4 是根据本发明的根据所述控制方法的一个实施例的在压缩器系统中标识特定控制参数的实时压力廓线的图示。

具体实施方式

[0070] 图 1 示出了压缩器系统 1 的示意图,其总计包括六个压缩器 2,每个压缩器均连接到通信总线 5。经由适当的压力管线,每个压缩器 1 被连接到例如能够实现为干燥器或者过滤器的处理单元 21。该六个压缩器 2 对加压流体容器 3 供给流体,加压流体容器 3 另外具有通信地联接到通信总线 5 的测量装置 20。测量装置 20 在本情况中允许例如加压流体容器 3 内的压力状态被连续测量并且能够将测量的参数经由通信总线 5 提交到压缩器系统 1 的控制,测量的参数就控制工程而言在控制方法 41(这里未示出)中是可获得的。

[0071] 由压缩器 2 供给在加压流体容器 3 中的加压流体经由能够替代地包括另外的功能元件 22(在本情况中,例如控制阀)的适当的压力管线被送至用户,以用于加压流体的抽取。对于在加压流体容器 3 内保持的超压的控制或调节借助于这里未示出而通信地联接到通信总线的中央控制装置 4 来进行。在本情况中,压缩器 2 与通信总线 5 之间的通信能够经由传统的有线信号线或者另外地经由无线通信路径发生。

[0072] 根据本实施方式,所选择的通信协议能够确保下面更为详细地说明的控制方法被实时地执行。在加压流体容器 3 中占优势的压力由测量装置 20 检测,优选地同样以实时方式检测。实际中,以小于 1 秒的时间间隔进行采样,优选地采用小于 1/10 秒的时间间隔对于此目的是适当的。在通常的加压流体应用中,测量装置 20 将测量压力容器 3 中的超压。在另外可能的真空应用中,测量装置 20 将如上所述地测量同样地能够提供在加压流体容器 3 中的负压。如对于技术人员将清楚的,用于此目的的压缩器 2 能够被适当的真空泵替代。由测量装置 20 检测的压力值能够根据使用的目的在绝对的或者时间差分的或者组合的基础上或多或少地被平滑地估计,以被引入到该控制或调节方法中。除其他内容之外,由此被调整的压力值尤其能够用于计算在能量上最优化的关断压力 103(这里未示出)、用于计算压缩器的压力补偿度、和用于计算压缩器的在停止状态或者在无负载状态时的接通响应时间。

[0073] 另外,能够支撑地提供另外的测量装置,该另外的测量装置同样连接到中央控制装置并且确定所测量的加压流体消耗,即确定加压流体的抽取以以较高的精度确定例如接通响应时间。

[0074] 除其他内容外,压缩器的经由通信总线 5 与中央控制装置交换的运行数据涉及每个压缩器的当前运行状态。该信息被控制或调节方法需要并在其他事情中用于选择将要被变换到加载的压缩器。另外,该信息包括马达速度,所述控制方法基于马达速度能够确定压缩器或者压缩器组的能耗。当压缩器例如处于无负载运行状态即所期望的运行后时间时,该信息能够进一步包括关于用于评估运行后时间的压缩器内部压力传感器的信息,及该信息还能够包括关于压缩器是否完全或者完全不处于加载运行状态的信息。替代地,所提到的压缩器的运行数据的一些或者全部还能够通过数据处理建模或者逼近,从而该运行数据不需要经由通信总线 5 来交换并且中央控制装置能够以充足的近似度取得全部这样的数据。

[0075] 由于应用技术方面的原因,压缩器系统 1 另外能够包括编辑元件 21,该编辑元件使系统内部流动压力发生特征变化。但是,编辑元件 21 在压缩器系统 1 内的影响能够通过控制或调节的适当自适应学习行为被适当地补偿。在压缩器和中央加压流体容器之间的加压流体传送中的由于过滤器被不断污染的原因引起的不断增加的时间延迟,该时间延迟表

现为从关断状态及无负载运行状态变换到加载运行状态的不断增加的接通响应时间,例如能够被自适应地补偿。这样不断增加的接通响应时间能够由所述控制简单地补偿,从而不断增加的过滤器污染并不会影响在加压流体容器 3 内保持预定义的超压。

[0076] 基于应用技术方面的考虑,压缩器系统 1 另外能够包括一个或多个用于压力稳定的压力调节阀。

[0077] 图 2 示出了控制装置 4 的控制方法的示意图。控制装置 4 在本情况中与通信总线 5 通信地联系并且能够读入和读出数据。控制装置 4 可选地能够将变换指令经由通信总线 5 传输到单个压缩器 2。为输送控制参数,即输入表示压缩器 2 的特征的数据,控制装置 4 包括输送接口 40。所述数据被输送到控制方法 41,其中控制方法 41 能够被实施为就自适应控制方法而言的软件应用。控制方法 41 产生适当的控制指令,即产生经由通信总线 5 被输送到压缩器 2 的用于控制压缩器 2 的变换指令。控制方法 41 包括用于该目的的控制算法 42,该控制算法在自适应压力 101 和压力上限 104 之间的压力容差范围内优化压缩器系统的能量需求。这里,应注意到控制算法 42 还能够理解为调节算法。控制装置 4 另外地包括这里未示出的系统时钟,该系统时钟具有能够为控制方法 41 提供适当的定时的适当的计时器。

[0078] 依据本实施方式,控制算法 42 允许能量导向的自适应调节和通过以能量为目标的方式在可取得的压力容差范围内评估待被关断负载的压缩器的关断压力 103。为此,控制算法 42 以算术分析的形式计算能量方面最优化的关断压力 103。该最优化的关断压力 103 依据本实施方式并根据关断压力 103 由描述了压缩器系统 1 的全部压缩器 2 在一个变换周期中的总的功率损失的函数的最小值限定。依据本实施方式,这里在计算中考虑如下假设,即加压流体的抽取保持平均恒定并且因此变换周期在两个连续的最小压力值也即最大压力值之间均匀地重复。平均恒定的压力流体抽吸的假设允许在实时压力廓线中也考虑到压力廓线波动。

[0079] 为此,能量导向的控制算法 42 利用本调节技术的自由度,在于这些自由度未由固定地预定的控制参数或者另外地过小的或者严格的预定压力调节范围占用或者限制,而是关于能量对所述自由度进行优化。待变换的压缩器 2 的选择和时间点即用于待实施的变换操作的压力均未参数化,而是通过控制方法 41 在逐项的基础上以能量优化的方式计算。

[0080] 在控制方法 41 的能量导向之外,控制方法 41 的特征还在于关于在运行操作中的使自适应参数适应的自适应行为。为此,该自适应行为决定性地支持压缩器系统 1 的能量需求的优化。该自适应行为基于包含于控制方法 41 的自适应算法 43,其中自适应算法 43 在压缩器系统的运行中调节全部的自适应参数并且使得这些自适应参数对于控制算法 42 可用。该自适应行为另外允许待变换的压缩器的选择自动与调节相关的、固定的和可变的特征即压缩器系统的状态及其在运行操作中的使用相适应。该自适应参数的示例能够是压缩器 2 的每传送的流体量的能量需求,及加压流体系统的压力技术方面的有效储存容积和压缩器 2 的瞬态变换行为。

[0081] 图 3 以流程图的形式示出了依据用于控制压缩器系统 1 的创造性方法的一个实施方式的单个步骤的序列的示意图。在本情况中,所确定的变换供选方案 13 在未更详细地示出的控制装置 4 的排除装置 6 中的预选择步骤 10 中被从多个以组合方式可用的变换供选方案 13 中排除,优选地同时考虑当前状态。该预选择例如能够基于考虑了预定的变换供选

方案 13 的技术可行性的选择标准来进行。在本情况中,例如,总计有八个可以组合的变换供选方案 13 可用,其中四个变换供选方案 13(被打叉划掉)已经示出为不适合当前运行状态且因此预先被划掉。在剩余的四个变换供选方案 13 中,参考一个或多个优化标准通过相互权衡在预选择步骤 10 中未被划掉的全部变换供选方案 13,在未更详细示出的控制装置 4 的选择装置 7 中的主选择步骤 11 中选择一个变换供选方案 13。在主选择步骤 11 中评估的所选择的变换供选方案 13 在控制步骤中被输出到未更详细地示出的控制装置 4 的输出装置 8 中,用于在压缩器系统 1 中实施。在本情况中,输出被象征性地图示为信息从输出装置 8 向通信总线 5 的转发,但是,这并不应被理解为限定。

[0082] 图 4 示出了加压流体系统中的实时压力廓线 105 在周期性时间间隔 T_{switch} 中的图示。这里,周期性时间间隔 T_{switch} 的长度仅与一个变换周期的长度有关。依据本创造性控制方法的一个实施方式,所述控制在可用的压力容差范围内依据能量优化的原则评估将要加载状态变换的压缩器 2 的各个关断压力 103。本压力容差范围在本情况中是在不被底切的自适应压力 103 与不被超过的压力上限 104 之间的压力范围。依据本实施方式,待被变换到负载的压缩器 2 的能量优化的变换周期压力差和能量优化的关断压力 103 通过算术分析方法被计算出作为能量优化值。对于该计算,将假设加压流体的抽吸是平均恒定的。压力下降能够因此表示为近似地描述了实时压力廓线的线性下降的直线的上升。类似地,加压流体系统内的加压流体的增加能够通过作为单调上升的直线的、真实地上升的压力廓线进行很大程度上类似的算术平均来描述。

[0083] 在加压流体的平均恒定抽吸的这些假设下,包括下一个接通操作的变换周期能够通过简单的算术表达式进行与能量有效的描述。由于该简单的算术表达式的原因,可以计算压缩器系统在这样的变换周期中的能量优化即最大效率。为此,控制方法 41 调节待变换的压缩器 2 的关断压力 103,使得整体上的依赖变换周期的总的功率损失(每周期性时间间隔 T_{switch} 的总的功损)最小化。

[0084] 加载运行及变换和空转运行的压缩器 2 均根据变换周期而对该功率损失起作用。加载运行压缩器(负载功)的能量需求随变换周期压力差而增加,因为其内部工作压力差在平均水平上增加。与此相反,待变换的压缩器的变换功损及无负载功损随增加的变换周期压力差而减小,因为变换周期的数量(频率)减小。在能量优化中的损失部分之和在计算的变换周期压力差中占有最小量。将要被最小化的表达式根据下面的方程(1)得出:

$$[0085] \quad P_v = (\Delta W_{\text{load}} + \Delta W_{\text{no-load}} + \Delta W_{\text{switch}}) / T_{\text{switch}} \quad (1)$$

[0086] 在本情况中, ΔW_{load} 是加载运行压缩器在每变换周期中由于与接通压力相比的压力升高的原因产生的功损, $\Delta W_{\text{no-load}}$ 是待变换的压缩器在每变换周期中由于无负载特性及其运行后时间的原因产生的无负载功损, ΔW_{switch} 是待变换的压缩器 2 由于在无负载运行中的切换期间的慢的内部压力补偿处理,可能是马达的重启,和当变换到负载时的内部压力适应的原因而产生的变换功损, T_{switch} 是在时间上扩展过周期性的压力升高和随后的压力下降的变换周期的持续时间。

[0087] 该总的功损的各个部分在本情况中依据方程(2)计算出:

$$[0088] \quad \Delta W_{\text{load}} = 0.5 \cdot r_{\text{load}} \cdot \Delta p_{\text{switch}}^2 \cdot (P_{\text{load1}} / l_{\text{dp}} / dt_{\text{average1}} + P_{\text{load2}} / l_{\text{dp}} / dt_{\text{average2}}) \quad (2)$$

[0089] 在本情况中, r_{load} 是加载运行压缩器 2 的负载性能的每压力单元的相对增加,

Δp_{switch} 是变换周期差, P_{load1} 是压缩器的负载性能, 其中该压缩器包括待变换的压缩器 2 且在接通压力 102 下沿压力廓线的进程朝向关断压力 103 加载运行, $1dp/dt1_{\text{average1}}$ 是所期望的平均压力在实时压力廓线中朝向关断压力 103 基于相同时间段计算出的增加量, P_{load2} 是压缩器的负载性能, 其中该压缩器包括待变换的压缩器 2 且在接通压力 102 下沿压力廓线的进程朝向关断压力 103 加载运行, $1dp/dt1_{\text{average2}}$ 是所期望的平均压力在压力廓线中从 $1dp/dt1_{\text{average1}}$ 朝向接通压力 102 增加的量和待变换的压缩器 2 的压力补偿效应。

[0090] 无负载功损 $\Delta W_{\text{no-load}}$ 基于下面的方程 (3) 计算:

$$[0091] \quad \Delta W_{\text{no-load}} = \sum (P_{\text{no-load}} \cdot T_{\text{no-load}}) \quad (3)$$

[0092] 本情况中, $P_{\text{no-load}}$ 是待变换的各个压缩器的无负载性能, 并且 $T_{\text{no-load}}$ 是在各个待变换压缩器的无负载时的运行后时间, 且被限制成在接通和关断之间的时间。

[0093] 变换功损 ΔW_{switch} 被计算作为待变换的压缩器 2 的每变换周期的变换功损 W_{switch} 之和, 以如下方程 (4) 计算:

$$[0094] \quad \Delta W_{\text{switch}} = \sum W_{\text{switch}} \quad (4)$$

[0095] 另外, 变换周期的周期性时间间隔易于依据方程 (5) 基于根据图 4 的简单几何考虑而得出的如下相互关系计算出:

$$[0096] \quad T_{\text{switch}} = \Delta p_{\text{switch}} \cdot (1/dt1_{\text{average1}} + 1/1dp/dt1_{\text{average2}}) \quad (5)$$

[0097] 能量优化变换周期压力差 $\Delta p_{\text{switch, opt}}$ 的计算能够使用方程 (1) 简单地将用于各个功损 ΔW_{load} 、 $\Delta W_{\text{no-load}}$ 、 ΔW_{switch} 及周期性时间间隔的长度 (变换周期持续时间) T_{switch} 插入根据变换周期用于功率损失 P_v 的方程 1 的公式中, 随后根据变换周期压力差 Δp_{switch} 推导 (derive) 并且相应地使该偏差 (derivation) 归零。结果, 能量优化的变换周期压力差 $\Delta p_{\text{switch, opt}}$ 能够表示为根据方程 (6) 的在数学上易于处理的表达式:

$$[0098] \quad \Delta p_{\text{switch, opt}} = \sqrt{\{[\sum (P_{\text{no-load}} \cdot T_{\text{no-load}}) + \sum W_{\text{switch}}] /$$

$$[0099] \quad [0.5 \cdot r_{\text{load}} \cdot (P_{\text{load1}}/1dp/dt1_{\text{average1}} + P_{\text{load2}}/1dp/dt1_{\text{average2}})]\} \quad (6)$$

[0100] 在加压流体的应用中的能量优化关断压力由自适应压力 101 与计算的能量优化变换周期压力差 $\Delta p_{\text{switch, opt}}$ 之和而得出。如对于本领域技术人员将清楚的, 在相应的真空应用中, 例如, 能量优化关断压力 103 作为两个先前提到的值的差而得出。

[0101] 另外, 应指出, 根据本实施方式的控制方法将各个压缩器 2 或者压缩器 2 的组合的延迟时间考虑在内, 该延迟时间根据压缩器 2 的接通或关断与状态的变化的实际实施方式的时间点之间的时间来确定。因此, 接通时间 T_{on} 与实时压力廓线 105 的最小压力值相比在时间上提前, 而关断时间 T_{off} 与实时压力廓线 105 的最大压力值相比在时间上提前。

[0102] 另外, 图 4 示出了用于说明目的的部分地理想化的变换周期。压力上限 104 通过系统偶然性限定, 即通过部件的压差阻力来限定。图中最低的线表示已经讨论过若干次的自适应压力 101。这里所说明的变换周期中的压力廓线在 (局部) 最小值 P_{min} 与 (局部) 最大值 P_{max} 之间移动。在时间点 T_{AB} 处, 即在上升压力廓线处达到关断压力 103 时, 采取措施减小压缩的加压流体的产生, 其具有如下的效果, 即压力短暂地上升到关断压力 103 上方达到 (局部) 最大值 P_{max} , 但接着压力增加转折进入压力下降。一旦在下降压力廓线处达到接通压力 102, 则采取措施增加压缩的加压流体的产生, 从而压力进一步降低至 (局部) 的最小值 P_{min} , 而该压力降低接着转折成为新的压力升高。

[0103] 应注意, 此处全部的单独的或者采用组合形式的上述部件对于本发明是必要的,

可选地是在附图示出的细节。本发明的各种变形例对于本领域技术人员将是熟知的。

[0104] 附图标记列表

[0105] 1 压缩器系统

[0106] 2 压缩器

[0107] 3 加压流体容器

[0108] 4 控制装置

[0109] 5 通信总线

[0110] 6 排除装置

[0111] 7 选择装置

[0112] 8 输出装置

[0113] 9 关断压力确定装置

[0114] 10 预选择步骤

[0115] 11 主选择步骤

[0116] 12 控制步骤

[0117] 13 变换供选方案

[0118] 20 测量装置

[0119] 21 处理单元

[0120] 22 功能元件

[0121] 30 数据记录

[0122] 40 输送接口

[0123] 41 控制方法

[0124] 42 控制算法

[0125] 43 自适应算法

[0126] 101 自适应压力

[0127] 102 接通压力

[0128] 103 关断压力

[0129] 104 压力上限

[0130] 105 实时压力廓线

[0131] T_{on} 接通时间

[0132] T_{off} 关断时间

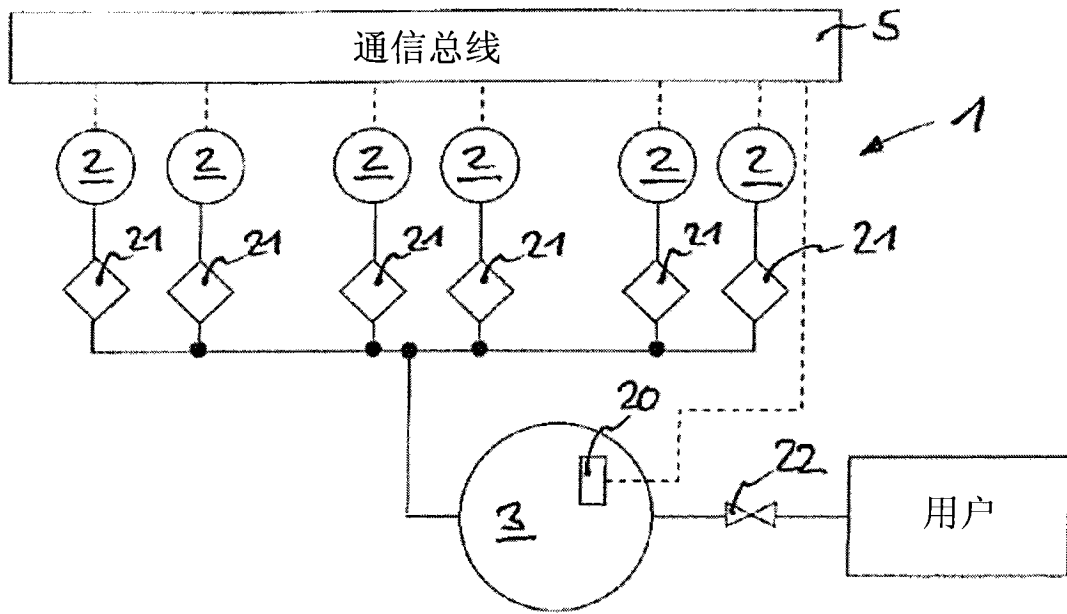


图 1

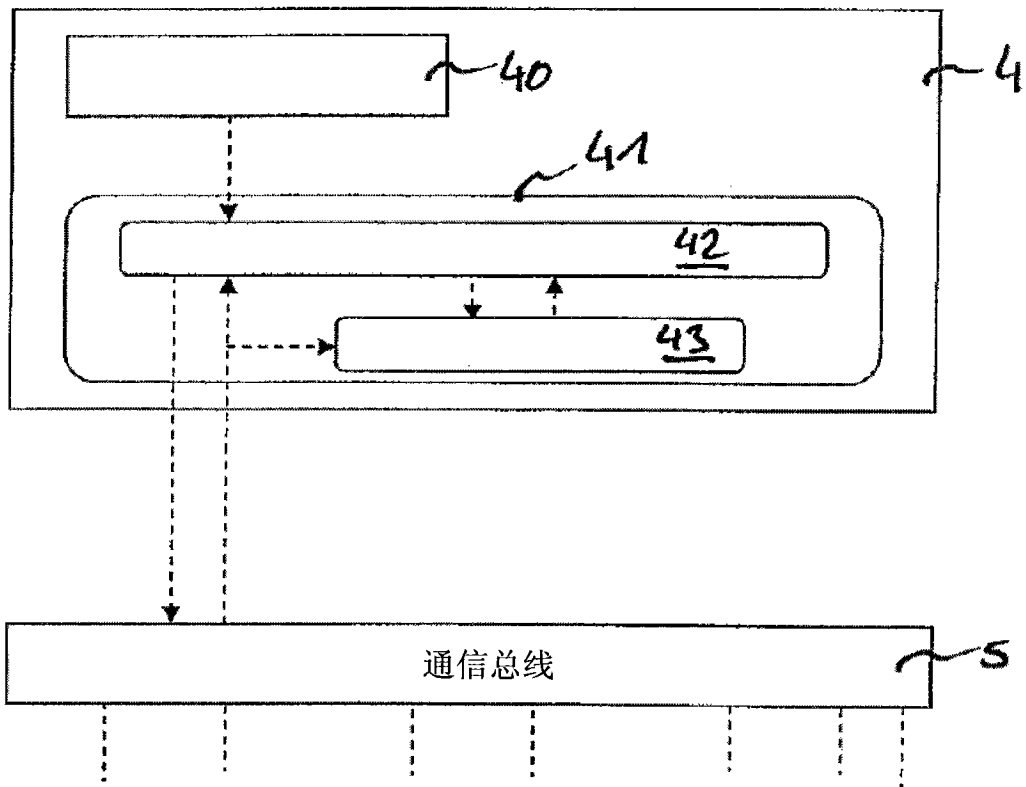


图 2

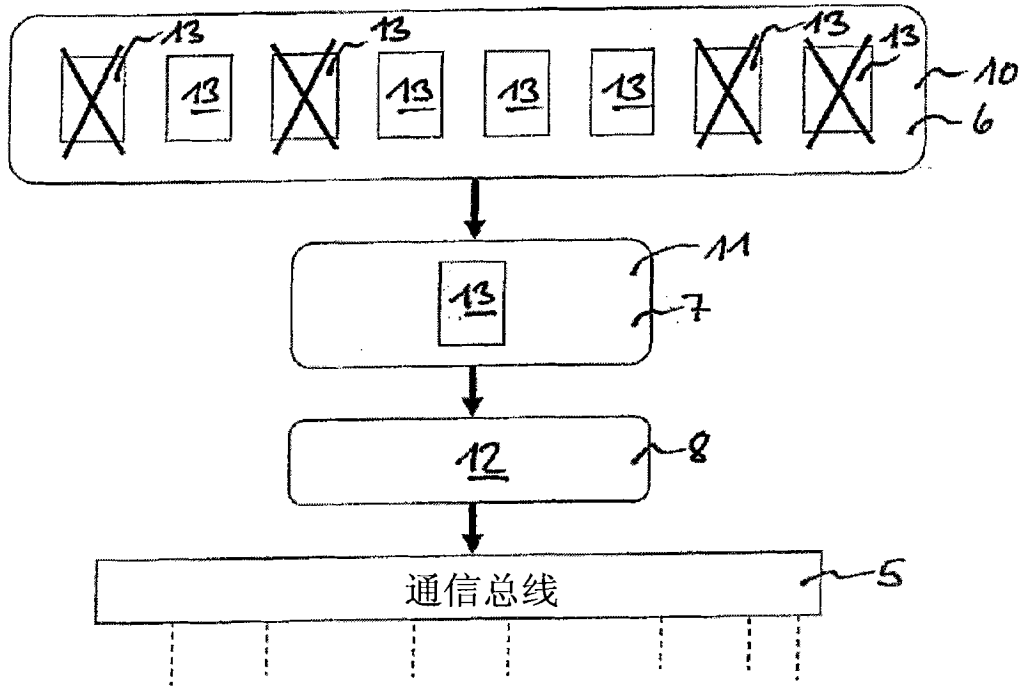


图 3

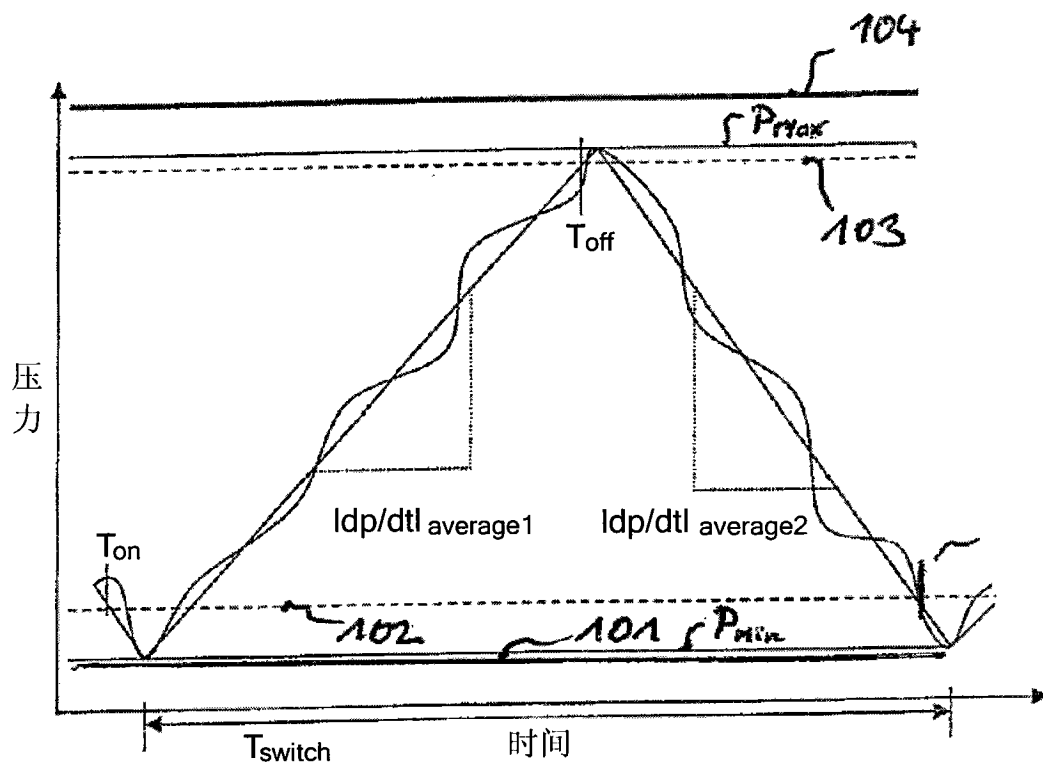


图 4