

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

F17D 1/00

F17D 3/01

F17D 3/18 G01F 1/34

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98118369.7

[45]授权公告日 2002 年 5 月 15 日

[11]授权公告号 CN 1084863C

[22]申请日 1998.8.17

[21]申请号 98118369.7

[30]优先权

[32]1997.8.15 [33]EP [31]97810570.8

[73]专利权人 亚瑞亚·勃朗勃威力有限公司

地址 瑞士巴登

[72]发明人 S·赫普内尔

[56]参考文献

EP0669287A1 1995.8.30 C30B1/00

US5307668 1994.5.3 G01N9/32

审查员 吕俊卿

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

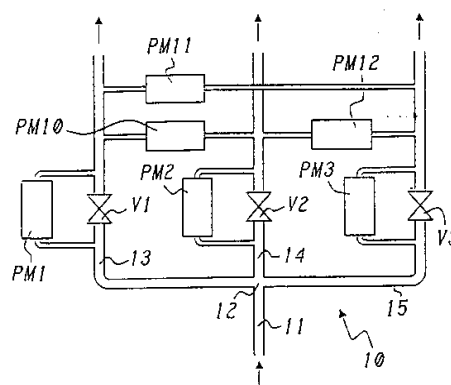
代理人 崔幼平 林道棠

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图页数 2 页

[54]发明名称 用于控制流动介质分配的管道系统及其操作方法

[57]摘要

用于控制流动介质分配的管道系统(10)包括一根主管(11),它在分叉点(12)上分叉为每根支管(13,14,15),每根支管内的可变节流阀(V1,V2,V3)可用于调节在,每条支管道(13,14,15)中的物料流量,以及附属每只节流阀(V1,V2,V3)的第一测压装置(PM1,PM2,PM3),用于测量相应节流阀(V1,V2,V3)处的流动介质的压力降。在有限的附加费用情况下通过下述方式实现测量过程中的重复信息:即在两条支管(13,14或13,15或14,15)之间、沿流动方向在节流阀(V1,V2或V1,V3或V2,V3)之后至少设置一只第二测压装置(PM10或PM11或PM12),用于测量在相应支管(13,14或13,15或14,15)之间的压力差。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 用于有控制地分配流动介质的管道系统 (10), 包括一根主管 (11), 主管 (11) 在分叉点 (12) 上分叉为多根支管 (13, 14, 15); 每根支管内的可变节流阀 (V1, V2, V3), 可用于调节在每根支管 (13, 14, 15) 内的物料流量, 以及附属于每个节流阀 (V1, V2, V3) 的第一测压装置 (PM1, PM2, PM3), 用于测量在相应节流阀处的流动介质压力降, 其特征在于, 为了在压力测量值中得到重复信息, 在两条支管 (13, 14 或 13, 15 或 14, 15) 之间、沿流动方向在节流阀 (V1, V2 或 V1, V3 或 V2, V3) 之后至少设置一只第二测压装置 (PM10 或 PM11 或 PM12), 用于测量相应支管 (13, 14 或 13, 15 或 14, 15) 之间的压力差。

2. 如权利要求 1 所述的管道系统, 其特征在于, 在每条支管 (13, 14, 15) 及相应的另一条支管 (14 或 13 或 14) 之间设置一只第一测压装置 (PM10 或 PM12), 用于测量相应的支管 (13, 14 或 14, 13 或 15, 14) 之间的压力差。

3. 如权利要求 1 及 2 之一所述的管道系统, 其特征在于, 在每条支管 (13, 14, 15) 及相应的另外两条支管 (14, 15 或 13, 15 或 13, 14) 之间分别设置一只第二测压装置 (PM10, PM11 或 PM10, PM12 或 PM11, PM12), 用于测量相应支管 (13, 14, 15) 之间的压力差。

4. 如权利要求 1 至 3 之一所述的管道系统, 其特征在于节流阀被设计成阀门 (V1, V2, V3)。

5. 如权利要求 1 至 4 之一所述的管道系统, 其特征在于, 使用三条支管 (13, 14, 15)。

6. 用于操作如权利要求 1 所述的管道系统的方法, 其特征在于, 对于每一对支管 (13, 14 或 14, 15 或 13, 15) 而言, 附属的第一测压装置 (PM1, PM2 或者 PM2, PM3 或者 PM1, PM3) 与设置在支管对之间的第二测压装置 (PM10 或 PM12 或 PM11) 分别联合成组, 当每组测压装置的测压装置功能正常时, 测压值的总和为零, 如果某一组内的其中一只第一测压装置 (PM1 或 PM2, PM2 或 PM3, PM1 或 PM3) 出错时, 附属测压值由该组另外两只测压装置所测压力值确定。

7. 如权利要求 6 中所述的方法, 其特征在于, 每只第一测压装置 (PM1, PM2, PM3) 存在于测压装置组内, 而且如果由两个组中的某一个组的另外两只测压装置确定的附属测压值互相一致, 但却不同于由第

一测压装置表示的测压值，认为第一测压装置的测压值出错。

说明书

用于控制流动介质分配的管道系统 及其操作方法

5 本发明涉及一种用于分配流动介质的管道系统，它包括一根主管，主管在某一分叉点上分叉为多根支管；在每一根支管中包括一个可变节流阀，可用以调节每一根支管中的介质流量；还包括用于每个节流阀的第一测压装置，可用于测量流动介质在各节流阀处的压力降。

本发明此外还涉及一种用于操作该管道系统的方法。

10 在发电站技术及至其他应用领域，经常存在下述要求，即用一种可压缩或不可压缩的介质（如冷却水、蒸气、油或同类物）物流供应许多用户。用于此种目的的供应系统典型地由一套管道网络组成，管道网络以分叉点（节点）为特色，在这里，一根主管（介质主流）分叉成为两根或更多的支管（支流），它们通向单个用户或用户群。因此，在许多
15 情况下，有必要根据用户们的要求，控制在每一单个的支管内的流量。为此，可以例如在支管中设置一个控制阀，控制它的行程，使所需流量流过阀门。

控制介质经过控制阀的流量的一个简单方法，就是计算阀门为实现规定流量所必需的行程。阀门行程的计算典型地以在控制阀处所测得的
20 压力损失（即压降）、阀门的特征以及介质的性质为基础。最简单地得到一种如图 1 中所示的管道系统（例如用于工业燃气轮机的燃料供应系统）。在图 1 的管道系统 10 中，主管 11 在分叉点 12（例如）分叉为三根支管 13，14 和 15。在每根支管 13，14，15 中设置一个阀门 V1 或 V2 或 V3，借助于这些阀门，流经各支管的流量得以调节（控制）。阀门 V1、
25 V2、V3 各自同时配置测压装置 PM1 或 PM2 或 PM3，用以测量阀门处的压降。

如果阀门 V1, ..., V3 的阀门行程用 h 表示，那么 h 就是阀门特征 Kv 的一个函数，即：

$$(1) \quad h = h(K_v)$$

30 对于可压缩介质（如燃气轮机的燃气）来说，亚临界流体情况的 Kv 值为

$$(2) \quad K_v = \alpha (dm/dt) [T_M / (p_M - \Delta p)]^{1/2} [1 / \Delta p]^{1/2},$$

式中 α 为常数, dm/dt 、 p_M 和 T_M 为在交叉点 12 或在主管内的流量、压力和温度以及 Δp 为在阀门处的压降。对于规定的流量 dm/dt 来说, K_v 值可以根据实测值的 T_M , p_M 及 ΔP 按式 (2) 确定。阀门行程可以根据规定的阀门特征 $K_v(h)$ 进行计算。对于不可压缩的介质来说, 也可进行类似的确定。

计算阀门行程时最重要的值是在阀门 $V_1, \dots, V_3$ 处测得的压降。如果这一测量出现错误, 将导致供应系统出现不能接受的故障 (如果是燃气轮机, 将导致阀门快速关闭或者甚至), 如发生在冷却水系统的情况下导致安全风险。因此, 在许多情况下, 值得对阀门 $V_1, \dots, V_3$ 的压力降进行重复测量, 这样, 在进行压力降 ΔP 的单个测量时的错误, 就不会波及或影响到工厂连续可靠的运行 (即可用性要求或利用率要求)。

重复测量方案有两重目的: (1) 应该发觉测量错误的发生并鉴别有缺陷的测量装置及测量通道。(2) (不能) 使用的测量值应该由冗余的测量值代替。

在这里应考虑到两种基本的错误类型:

被通知的错误 (NF): 这种错误类型包括由传送器或其它输入/输出 (I/O) 装置通过一个“坏数据质量” (BDQ) 信号通知给控制系统的所有错误。控制系统从 BDQ 信号中知道那一个 ΔP 信号是错误的。这种情况典型地是当测量管道被中断或者在测量链中的某一元件内出现错误的时候发生。

测量值漂移: 这种错误类型描述了测量信号渐渐恶化, 导致所传送的信息不再是对压力降的有效测量值。它无法探测, 相应地也无法通知给控制系统。因而必须采用其他途径来处理这种错误类型。

压力降的重复测量可以根据图 2 采用双重重复信息进行。在双重重复信息的情形中, 每个阀门除了已经存在的测压装置 $PM_1, \dots, PM_3$ 以外, 各自还同时配置了第二套测压装置 $PM_4, \dots, PM_6$ 。如果 (每一阀门) 两个压力测量值过程中的一个发现错误, 它可以转接到另一压力测量值。然而, 这仅对于被通知的错误来说是可能的, 这时值可以通过 BDQ

信号探测到错误的测量过程。与此相反，测量过程的漂移无法通过双重重复信息克服，因为对于每个阀门仅有的两个独立的测量过程来说，不可能确定其中哪一个受到破坏，准确地说漂移。

为了克服这个问题，压力降的重复测量可以根据图 3 采用三重重复信息进行。在三重重复信息的情况下，每个阀门除已有的测压装置 PM1, ..., PM9。发生漂移时，为了确定错误的测量过程，采用 3 中取 2 的选择原则。在 3 中取 2 的选择原则中采用：如果二条测量通道中的两条提供相同的测量值，那么这两条测量通道工作无缺陷，而第三条测量通道发生了则错误。

不仅对于图 2 中所示的双重重复信息来说，而且对于图 3 中所示的三重重复信息来说，均存在下述缺点，即必须使用大量独立的测压装置 PM1、...、PM6 以及 PM1、...、PM9，这尤其对于每条支管采用三个测压装置的三重重复信息来说导致可观的费用。

本发明的目标是把上述类型的管道系统作如下改进，即在记录测量值的时候，以相对较低的附加费用获得增加了的错误容限。

对于上述类型的管道系统来说，该目标这样实现：为了在压力测量值中实现重复，至少在支管中的两条之间沿流动方向在节流点之后，设置一套第二测压装置，用于测量各支管之间的压力差。通过以规定的方式补加第二测压装置，就可以在两个相关支管的节流点处为压力降测量过程获得双重重复信息。这三个测压装置测量全部三个压力（即主管内的压力以及两条支管内节流点之后的压力）之间的差值，这里的三个压力中的每一个分别被两个测压装置当成参照值。因此，当测量无缺陷时，三个测压装置的三个测量值是线性相关的：测量值的总和（当正负号选择正确时）为零。因此，支管的每个压力测量值可以通过两种不同的方式（双重重复）确定：一方面，作为附属第一测压装置的直接测量值，另一方面，来自另外两个测压装置测量值的总和。因此，根据本发明，使用两条支管的三个测压装置可以实现双重重复信息，而如果采用图 2 的模式，可能四个测压装置是必不可少的。

如果要为所有支管实现双重重复信息，则根据本发明的第一优选实施方式，在每条支管分别与另一支管之间设置第二测压装置，用于测量各支管之间的压力差。因此，如有 n 根支管，就需要 $n-1$ 第二个测压装置。

如果采用本发明的原理实现三重重复信息的话，节省将更加显著。
根据本发明的第二种优选实施形式，通过在每条支管，与每两条另外的支管之间设置一只第二测压装置，用于测量各支管间的压差；实现三重重复信息。

5 根据本发明用于操作管道系统的方法，其特征在于：对于每一对支管来说，每只附属的第一测压装置和设置于每一对支管之间的第二测压装置结合为一组测压装置的功能正常时，测压值总和等于零；该操作方法的特色还在于：如果某一组内的其中一只测压装置失灵，则附属的测压值将由该组另外两个测压装置的测量值决定。

10 根据本发明的方法，其优选实施形式的特色在于：每只第一测压装置分别存在于两组测压装置内；其特征在于：如果由两组中每一组的另外两个测压装置所确定附属的压值互相一致，但却不同于第一测压装置所表示的测压值，那么来自第一测压装置的测压值将被视作有误。

下面要借助于与附图有关的实施例更详细地解释本发明。图中所示为：

15 图 1 是根据技术现状带有三条支管的管道系统，在每个限流位置（阀门）带有一只测压装置；

图 2 是图 1 所示系统，在每个限流位置（阀门）带有两只测压装置，以便实现双重重复信息；

20 图 3 是图 1 所示系统，在每个限流位置（阀门）带有三个测压装置，以便实现三重重复信息；以及

图 4 是本发明的一个优选实施例，它以根据图 1 的管道系统为基础，并且有别于图 3，通过位于支管之间的，少数几个附加测压装置实现三重重复信息。

25 在图 4 中表现了根据本发明的管道系统的一种优选实施例，它的一条主管和三条支管，仅仅使用三只附加的测压装置就实现了三重重复信息。管道系统 10 包含一主管 11，主管 11 在分叉点 12 分叉为三条支管 13, 14, 15。在每条支管中安装了作为可控制节流点的阀门 V1, V2 及 V3。阀门 V1, V2, V3 处的压力降（压力损失）首先直接由一只位置并联于阀门的第一测压装置 PM1, 或 PM2 或 PM3 直接测量。为此，如图中所示，
30 在阀门两侧从支管上引出管道与测压装置相连。然而，也可以作以下完全一样合适的设想，即把压力传感器直接设置于阀门前后的支管上，并且把信号线从压力传感器引向实际的测压装置。就此而言图 4 中的系统

就可以与图 1 中的系统直接比较。

有别于图 1 (以及图 3), 在图 4 的实施例中有三个第二测压装置 PM10, PM11 及 PM12, 它们分别设置于阀门 V1, V2 及 V3 的后面支管之间, 并测量管道 13、14 及 15 两两之间的压力差。测压装置 PM1, PM2 及 PM3 也测量阀门 V1, V2 及 V3 处的压力降 ΔP_1 , ΔP_2 及 ΔP_3 。测压装置 PM10, PM11 及 PM12 测量支管 13/14, 13/15 及 14/15 之间的压力差 ΔP_{10} , ΔP_{11} 及 ΔP_{12} 。由于到阀门 V1, V2 及 V3 之间的压力在所有的支管中都应该是一致的, 所以压力差并非线性独立, 而是应该符合下面的等式 (符合电子网络中的网孔定则与节点定则, 即 Kirchhoff 第一、第二定律):

$$\begin{aligned} (3) \quad G &= \Delta P_1 + \Delta P_{10} - \Delta P_2 = 0 \\ (4) \quad G_2 &= \Delta P_2 + \Delta P_{12} - \Delta P_3 = 0 \\ (5) \quad G_3 &= \Delta P_3 - \Delta P_{11} - \Delta P_1 = 0 \\ (6) \quad G_4 &= \Delta P_{11} - \Delta P_{10} - \Delta P_{12} = 0 \end{aligned}$$

从这些等式阐明了能够得出重复压力信息的条件 (制约因素 C1 至 C4)。因此, 例如支管 13 内阀门 V1 处的压力差 (压力降) ΔP_1 可通过三种不同的方式各处独立地测定, 即 (i) 直接通过测压装置 PM1, (ii) 借助于等式 (3) 间接地通过测压装置 PM2 和 PM10, 以及 (iii) 借助于等式 (5) 间接地通过测压装置 PM3 及 PM11。这同样地适用于两个阀门 V2 及 V3 处的压力降。

只要测压装置及附属管道正常工作, 等式 (3) 至 (6) 及其相关条件就得以满足, 即, $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0$ 。一旦某一压力测量值出错, C1 至 C4 中的一个或几个制约因素就不等于零, 并违背了与它们相关的条件。例如如果 ΔP_1 的压力测量值出错, 那么 $C_1 \neq 0$, 而且 $C_3 \neq 0$ 。对于一个出错的测量过程导致违背某些条件的不同情况, 可以列出下述系统逻辑表:

表格

条件	Δp_1	Δp_2	Δp_3	Δp_{10}	Δp_{11}	Δp_{12}
$C_1 = \Delta p_1 + \Delta p_{10} - \Delta p_2 = 0$	1	1	0	1	0	0
$C_2 = \Delta p_2 + \Delta p_{12} - \Delta p_3 = 0$	0	1	1	0	0	1
$C_3 = \Delta p_3 - \Delta p_{11} - \Delta p_1 = 0$	1	0	1	0	1	0
$C_4 = \Delta p_{11} - \Delta p_{10} - \Delta p_{12} = 0$	0	0	0	1	1	1

每个条件 $C_i, i=1, \dots, 4$ 确定了矩阵的一行，而每个压力测量值 $\Delta P_j, j=1, \dots, 3, 10, \dots, 12$ 确定了矩阵的一列。对于一个出错的压力测量值 ΔP_j 来说，条件 C_i 的违背由一个第 j 列第 i 行的矩阵元素“1”来标示。未被违背的条件则相应地用矩阵元素“0”来标示。如果象在

5 上述实施例中那样， ΔP_1 的测量值出错，则根据表格，条件 C_1 和 C_3 就被违背（其矩阵元素都为“1”）。条件 C_2 及 C_4 并不受这一错误的影响（其矩阵元素都为“0”）。

反过来，上述表格还允许从被违背的条件来推断出错的压力测量值。出错的测量值可以由其他的压力测量值求解所涉及到的等式推导得出。

10

实例：

测量值表明条件 C_2 和 C_3 未能满足（ $C_2 \neq 0; C_3 \neq 0$ ）。由上面的表格可以推导出， ΔP_3 的压力测量值是错误的（即附属于 ΔP_3 这列的矩阵值为“1”）。缺少的 ΔP_3 测量值可以由 ΔP_2 和 ΔP_{12} 的测量值通过等式（4），

15 或者由 ΔP_1 和 ΔP_{11} 的测量值通过等式（5）推导得出。

上面解释的步骤可以适用于只有一个压力测量值出错的情形。而当多个（两个或更多）压力测量值同时出错时，情况就不一样了。上面以表格形式所列的矩阵元素值分配，就不再明确了。虽然可以（根据条件 C_1 至 C_4 的违背情况），断定存在错误的压力测量值，但无法明确地确定哪几个压力测量值是错误的。

20

实例：

当条件 C_1, C_2 及 C_3 被违背（ $C_1 \neq 0; C_2 \neq 0; C_3 \neq 0$ ）时，则 ΔP_1 及 ΔP_2 ，或 ΔP_2 及 ΔP_3 ，或 ΔP_1 及 ΔP_3 或 $\Delta P_1, \Delta P_2$ 和 ΔP_3 的测量值可能出错。如果只有两个测量值是错误的，而且例如通过相应的 BDQ 信号可以识别 ΔP_1

25 和 ΔP_3 的测量值是错误的，那么可以由 ΔP_{10} 及 ΔP_2 通过等式（3）推导算出 ΔP_1 ，以及由 ΔP_2 及 ΔP_{12} 通过等式（4）推导算出 ΔP_3 。

如果同时三个测量值出错，那么只有当 $\Delta P_1, \Delta P_2$ 及 ΔP_3 中至少一个测量值准确无误时，才能重现阀门 V_1, V_2, V_3 处的错误测量值。

实例：

如果 $\Delta P_1, \Delta P_2$ 及 ΔP_{10} 的压力测量值是错误的，那么可以由 ΔP_3 及 ΔP_{11} 通过使用式（5）算出 ΔP_1 ，并且可以由 ΔP_3 及 ΔP_{12} 通过使用等式（4）算出 ΔP_2 。

30

只有当 ΔP_1 , ΔP_2 及 ΔP_3 同时出错时, 由于等式系统 (3) 至 (6) 在这种情况下是奇特类型的, 就无法由其他测量值来计算上述值。所对应的 (物理学) 环境是就支管 13, 14, 15 之间的压力差本身来说不包含关于阀门 V1, V2 及 V3 处压力降的任何信息。

5 总之如图 4 所示的系统可以实现下述校正:

a) 如果某一单个的压力测量值由于漂移出错, 探测和辨别错误的压力测量值, 并推导出正确的测量值;

b) 当任意两个测量值同时出错, 例如通过 BDQ 信号探测错误的测量值, 并在辨别出错的测量值之后, 推导出正确的测量值; 以及

10 c) 当任意三个测量值同时出错时, 例如通过 BDQ 信号测量错误的测量值, 并在判别出错的测量值之后推导出正确的测量值; 这时不包括位于阀门处的所有三个压力测量值都同时出错的这种特殊情况。

在上面所讨论的三条支管的实施例中, 三只附加的测压装置 PM10, PM11 及 PM12 足以充分地获得与在图 3 所示的系统中一样的重复信息。

15 如果增加其它支管, 则每条附加支管需要在附加支管与任意两条其它支管之间设置两只附加的测压装置。此时, 与图 3 的布置方式相比, 在三条支管的情况下, 测压装置可以被最大程度的节省。

20 显然, 根据上面的讲述, 可以对本发明进行各种改进和变化。因此可以理解在附属的权利要求范围内, 本发明可以以与其中逐条描述不同的方式实施。

图示标号表

10 管道系统

11 主管

12 分叉点

25 13、14、15 支管

PM1, ...、PM2 测压装置

V1、V2、V3 阀门

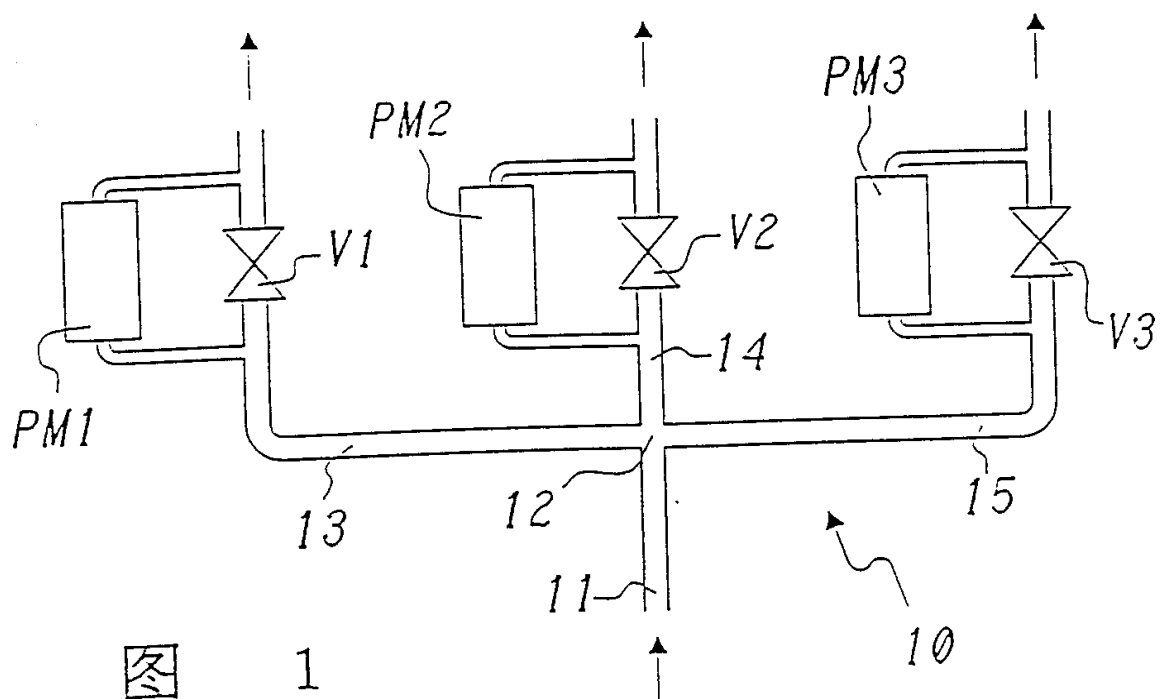


图 1

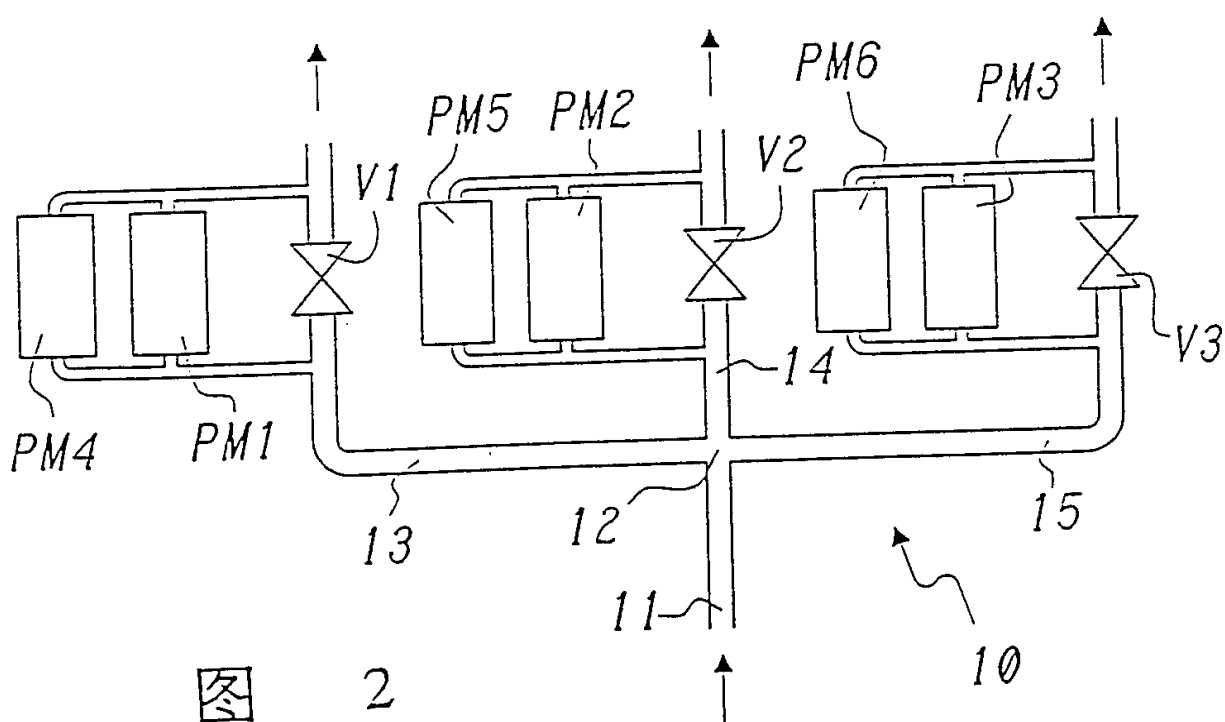


图 2

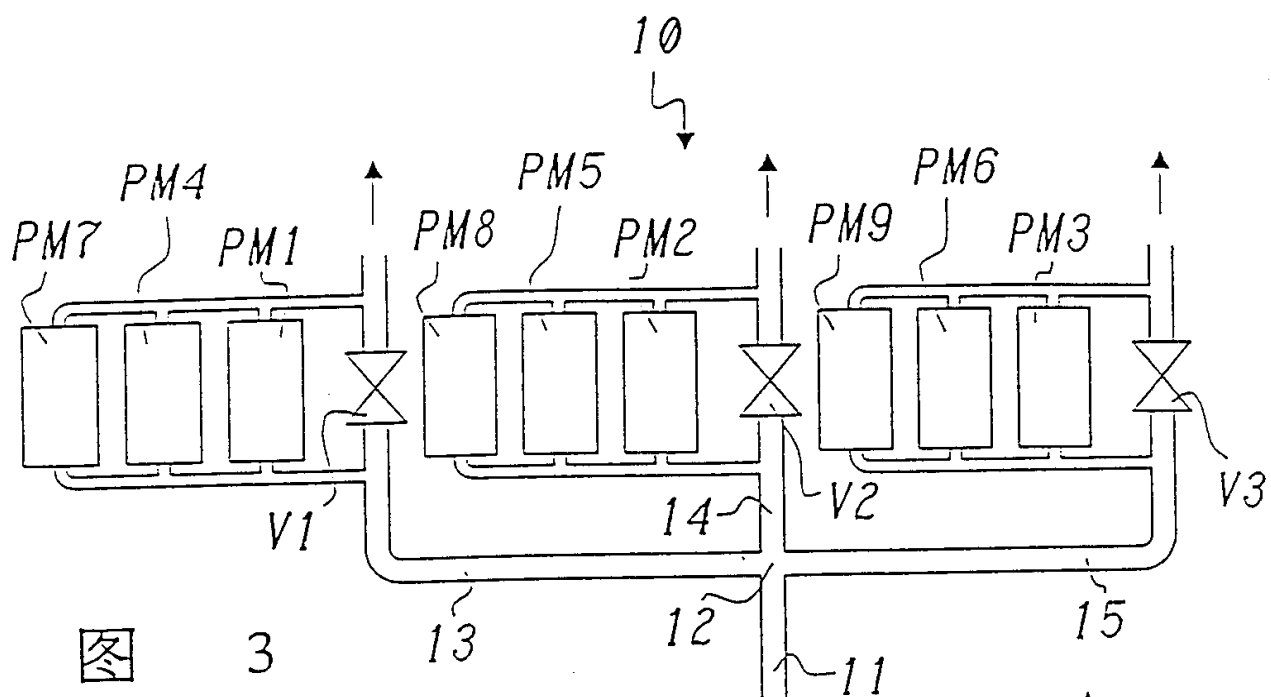


图 3

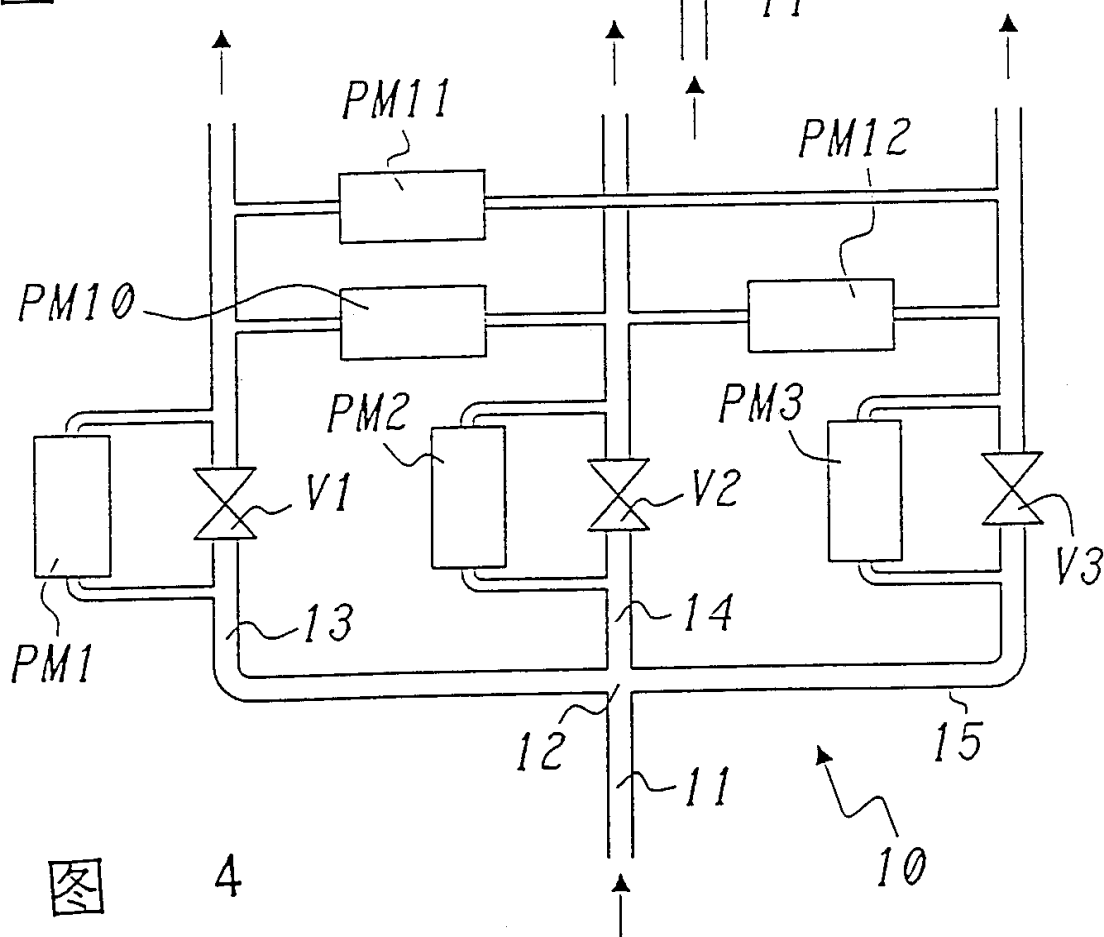


图 4