



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03812774.1

[43] 公开日 2005年8月24日

[11] 公开号 CN 1659371A

[22] 申请日 2003.6.2 [21] 申请号 03812774.1

[30] 优先权

[32] 2002. 6. 3 [33] AT [31] A843/2002

[32] 2003. 5. 19 [33] AT [31] A767/2003

[86] 国际申请 PCT/AT2003/000160 2003. 6. 2

[87] 国际公布 WO2003/102403 德 2003. 12. 11

[85] 进入国家阶段日期 2004. 12. 3

[71] 申请人 多瑙温德可更新的能源提取参股两合公司

地址 奥地利克洛斯特新堡

[72] 发明人 C·霍勒切克 K·恩格尔哈特

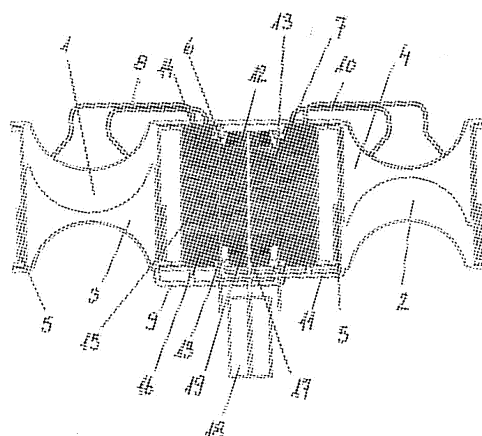
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
代理人 苏娟 赵辛

权利要求书4页 说明书13页 附图5页

[54] 发明名称 将热能转换为动能的方法和装置

[57] 摘要

本发明涉及将热能转换为动能的方法和装置，其中工作介质在至少一个工作室经受状态变化，该工作空间通过移动元件分隔。工作介质在至少两个封闭的工作空间(1, 2)之间来回流动。工作介质通过工作机在工作空间(1, 2)之间被引导以输送有效功。然后工作介质借助移动元件(3, 4)通过再生器(6, 7)从移动元件(3, 4)的一侧流动到其另一侧。工作介质的流动是通过控制件，特别是阀(13, 23, 24, 25, 26)控制的，而每个移动元件(3, 4)通过驱动单元(5)移动。



1. 将热能转换为动能的方法，其中工作介质在至少一个由压气活塞分开的工作室内经受下面的状态变化：

- 压缩，优选是等温压缩，同时在一个压缩腔内散热
- 5       - 在工作介质从压缩腔到膨胀腔的过程中，在再生器内吸热，优选是等容吸热
- 膨胀，优选是等温膨胀，同时在膨胀腔供热并消耗有效功
- 当工作介质返回到压缩腔时，在再生器内散热，优选是等容散热。

10       其特征在于，工作介质在至少两个封闭的工作室（1，2）内往复流动，其中为了释放有效功，工作介质被引导穿过工作室（1，2）之间的机器（12），其中吸热发生在机器（12）之前，而散热发生在机器（12）之后，其特征还在于，在散热以后工作介质在工作室（1，2）内被压缩，其特征还在于，借助压气活塞（3，4）工作介质随后穿过  
15 再生器（6，7）从压气活塞（3，4）的一侧流动到另一侧，其中工作介质的流动是通过控制单元，特别是阀（13，23，24，25，26）进行控制的，并且每个压气活塞（3，4）由一个传动装置（5）移动。

2. 根据权利要求1中所述的方法，其特征在于，工作室（1，2）由压气活塞（3，4）分成双作用工作室（1，2）。

20       3. 根据权利要求1或2中所述的方法，其特征在于，每个压气活塞（3，4）由一个自己的传动装置（5）移动。

4. 根据权利要求1或2中所述的方法，其特征在于，耦合的工作室（1，2）的压气活塞（3，4）通过刚性连接（20）由一个传动装置移动。

25       5. 根据权利要求1至4中一项或多项所述的方法，其特征在于，工作室（1或2）由压气活塞（3或4）分成一个膨胀腔和一个压缩腔，其中用于产生有效功的工作介质离开膨胀腔后穿过分配给该工作室（1或2）的再生器（6或7），以通过工作机（12）释放有效功，在工作机之后，必要时输出冷，流入到耦合工作室（1或2）的压缩腔，然后  
30 通过压气活塞（3或4）的移动从压缩侧穿过分配给该工作室（1或2）的再生器（6或7）进入同一工作室（1或2）的膨胀腔。

6. 根据权利要求1至4中一项或多项所述的方法，其特征在于，

工作室(1或2)由压气活塞(3或4)分成一个膨胀腔和一个压缩腔,其中用于产生有效功的工作介质离开膨胀腔以释放有效功后,必要时穿过一个加热器(14),穿过工作机(12)并随后穿过再生器(6或7)并必要时穿过压缩机(19),必要时穿过另外的冷却器(16),流入到耦合工作室(1或2)的压缩腔,然后通过压气活塞(3或4)的运动从压缩侧穿过分配给该工作室(1或2)的再生器(6或7)流入同一工作室(1或2)的膨胀腔。

7. 根据权利要求1至4中一项或多项所述的方法,其特征在于,工作室(1或2)由压气活塞(3或4)分别分成两个膨胀腔或者两个压缩腔,其中用于产生有效功的工作介质离开膨胀腔之后,穿过分配给该工作室(1或2)的再生器(6或7)以通过工作机(12)释放有效功,在工作机之后,流入到耦合工作室(1或2)的压缩腔,然后通过压气活塞(3或4)的运动从压缩侧穿过分配给该工作室(1或2)的再生器(6或7)流入到同一工作室(1或2)的另一个膨胀腔。

8. 根据权利要求1至4中一项或多项或者x,y所述的方法,其特征在于,在工作机(12)之前,特别是紧接在工作机(12)之前进行等压吸热。

9. 根据权利要求1至4中一项或多项或者x,y所述的方法,其特征在于,通过压力均衡或/和一个压缩机进行压缩。

10. 用于实施根据权利要求1至9中一项或多项所述方法的装置,其特征在于,提供了至少两个封闭的工作室(1,2),其中每个工作室(1,2)通过可由传动装置(5)移动的压气活塞(6,7)分成两个部分,其中一个部分包含一个加热器(14),另一个部分包含一个冷却器(16),每个工作室(1,2)具有一个分配给它的再生器(6,7),其中两个部分都连接在该再生器(6,7)上,其特征还在于,每个工作室(1,2)的至少一个部分连接在工作机(12)上,其中用于随后释放有效功的部分连接在另一个工作室(1,2)的相应部分上,其特征还在于,提供了控制单元,特别是阀(13,23,24,25,26)以控制工作介质。

11. 根据权利要求10中所述的装置,其特征在于,在工作机(12)和单个部分之间的连接中提供了至少一个控制单元,特别是阀(13,23,24,25,26)。

12. 根据权利要求 10 或 11 中所述的装置，其特征在于，提供了四、六或更多偶数个工作室（1，2），其中工作室（1，2）始终成对耦合。

5 13. 根据权利要求 10 至 12 中一项或多项所述的装置，其特征在于，工作机（12）是涡轮机，特别是轴流式涡轮机，辐流式涡轮机或泰斯拉涡轮机。

14. 根据权利要求 10 至 12 中一项或多项所述的装置，其特征在于，工作机（12）是活塞马达。

10 15. 根据权利要求 10 至 12 中一项或多项所述的装置，其特征在于，工作机（12）是螺杆马达。

16. 根据权利要求 10 至 15 中一项或多项所述的装置，其特征在于，压气活塞的传动装置（5）是线性传动装置。

15 17. 根据权利要求 10 至 16 中一项或多项所述的装置，其特征在于，在再生器（6，7）上游有一个加热器（14），并且/或者必要时在再生器（6，7）的下游有一个冷却器（16）。

18. 根据权利要求 10 至 17 中一项或多项所述的装置，其特征在于，工作室（1，2）由压气活塞（3，4）分成一个膨胀腔和一个压缩腔，其特征还在于，膨胀腔与分配给该工作室（1，2）的再生器（6，7）相连，并且再生器（6，7）与工作机（12）相连，其特征还在于，  
20 工作机（12）的流出侧与耦合的另一个工作室（1，2）的压缩腔相连，并且该压缩腔通过分配给该工作室（1，2）的再生器（6，7）与同一工作室（1，2）的膨胀腔相连，其中在再生器（6，7）和工作机（12）的流入侧之间，在工作机（12）的流出侧和压缩腔之间都分别提供了一个控制单元，特别是阀（13，23，24，25，26）。

25 19. 根据权利要求 10 至 17 中一项或多项所述的装置，其特征在于，工作室（1，2）由压气活塞（3，4）分成一个膨胀腔和一个压缩腔，其特征还在于，膨胀腔与工作机（12）的流入侧相连，工作机（12）的流出侧通过再生器（6，7）和必要时通过压缩机（19）与耦合的另一个工作室（1，2）的压缩腔相连，并且该压缩腔通过分配给该工作  
30 室（1，2）的再生器（6，7）与同一工作室（1，2）的膨胀腔相连，其中在膨胀腔和工作机（12）的流入侧之间，在再生器（6，7）流出侧和压缩腔之间分别提供了一个控制单元，特别是阀（13，23，24，

25, 26)。

20. 根据权利要求 10 至 17 中一项或多项所述的装置，其特征在于，工作室（1 或 2）由压气活塞（3 或 4）分成两个膨胀腔或两个压缩腔，其特征还在于，每个膨胀腔通过再生器（6 或 7）与工作机（12）的流入侧相连，工作机（12）的流出侧与耦合的另一个工作室（1 或 2）的压缩腔相连，并且该压缩腔通过再生器（6 或 7）与另一个工作室（1 或 2）的膨胀腔相连，其中在膨胀腔下游的再生器（6 或 7）和工作机（12）流入侧之间，在工作机（12）流出侧和压缩腔之间分别提供了一个控制单元，特别是阀（13, 23, 24, 25, 26）。

21. 根据权利要求 10 至 17 中一项或多项所述的装置，其特征在于，在流动方向上在与工作机（12）相连的部分之后，布置了一个加热器（14）。

22. 根据权利要求 21 中所述的装置，其特征在于，加热器（14）布置为与所述部分位置分开，例如位于加热锅炉的燃烧室内。

15

### 将热能转换为动能的方法和装置

5 本发明涉及一种将热能转换为动能的方法，其中工作介质在至少一个由压气活塞分开的工作室内经受下面的状态变化：

- 压缩，优选是等温压缩，同时在一个压缩腔内散热
- 在工作介质从压缩腔到膨胀腔的过程中，在再生器内吸热，优选是等容吸热
- 膨胀，优选是等温膨胀，同时在膨胀腔供热并释放有效功
- 10 - 当工作介质返回到压缩腔时，在再生器内散热，优选是等容散热。

此外，本发明涉及实施所述方法的装置。

15 从新生的意义上讲，能量不能被“创造”。能量以多种形式存在于自然之中，但并不是每种能量存在形式都能同等地用于人类的需要。木材中含有的能量对于例如加热来说是非常有用的，但却不太适合产生光或为冰箱制冷，等等。

20 尽管对于非常特定的应用有几乎理想的可用能量形式，如例如石油用于汽车，天然气用于工业加热，但从人类愿望来说，通用的能量形式是电能。但是，据我们所知，在自然中几乎没有以这种形式存在的能量。

25 这意味着可用的能量形式必须通过几个步骤首先转换成电能- 并且是以不同的有效程度进行转换。如果采用例如以化学形式将太阳能保存了几百万年的化石能源如煤，天然气和石油来产生电能，那么三个转换过程和相关的工厂是必须的。首先通过燃烧将储存的化学能转换成热。用热产生高压蒸汽，高压蒸汽在蒸汽轮机内将热转换成动能。蒸汽轮机驱动发电机，在发电机内动能最终转换成电能。

30 这些能量转换中的每一个都有特定的效率程度，即每次能量都是有损失的，并且总体效率也相应地低。例如，煤、天然气和石油中储存的能量只有约 40% 可以转换成电能。其余的 60% 都作为所谓的废热损失掉了，不能以电能形式被使用。

在其它的转换过程中，如例如将石油中的化学能转换成动能以驱动汽车，船，火车或者甚至飞机，尽管转换链更短，但效率没有得到

提高。

例如，如果仅考虑全世界消耗的大量的电，就可以看到有多么多的能量不能被使用并损失了。原始能量损失，不能用于转换成电能已经成为一个主要问题，特别是因为这是对有限资源的浪费，但与通过  
5 燃烧将化学能转换成电能相关的环境污染对于未来几代人来说是更严重的问题，例如温室气体造成的气候变化，例如 CO2 问题。

因此，人类几十年来一直试图改善转换过程使其达到最佳，并且试图利用如例如区域供热中的一部分废热是不奇怪的。

把火力发电站的一部分废热用于加热目的已经是对提高转换效率  
10 的一种明显贡献。将其它形式的能量，如例如风能或太阳能转换成电能的努力也取得了初步的成果。

通过应用其它的转换过程缩短转换链并从而提高整体的效率也是非常  
15 有前景的。一种令人感兴趣的这种转换过程已经在斯特林发动机中实现了。斯特林发动机可直接将热能转换成动能，不用通过蒸汽“绕行”。

在蒸汽轮机之后，斯特林发动机是第二老的热机，即可将热能转换成  
20 动能的机器。尽管从原理上讲，斯特林发动机的效率明显比蒸汽轮机和化油器式发动机或柴油发动机高，但它仍未变得非常普遍。蒸汽轮机和化油器式发动机或柴油发动机一直得到进一步的发展，以不但实现令人满意的寿命，而且最重要的是实现最合适的性能，同时效率明显提高，而斯特林发动机几乎被遗忘了。仅仅最近它才开始得到更多的注意，原因在于其较低的环境负担和不受热源限制。但是，为使其达到和现代蒸汽轮机或汽车中的化油器式发动机相同的“成熟”程度，仍需大量的研发工作。

25 例如，仍然需要大量的开发工作以使制成的斯特林发动机的效率提高到理想斯特林发动机效率，理想斯特林发动机的效率与卡诺过程的效率是相同的。对于可能的移动式应用，应该主要在提高性能和改善快速负荷转换过程中的动态特性方面做工作。

30 尽管由于这种研制不足导致其仍未获得令人满意的成果，但与传统的热机相比，斯特林发动机最重要的优点是：

1、它以任何热源工作，如例如太阳热或过程热，生命体燃烧，垃圾掩埋产生的气体或其它可燃的废物甚至废物，等等；

2、连续供热，即可能存在最佳条件下的燃烧，这样排气中几乎不含有任何污染物；

3、封闭循环-无需不断更新工作介质；

4、由于热力上有利的过程，通常可期望获得非常高的效率-即使在部分负荷情况下；

5、运行极其平稳并且无噪音。

目前，从实施例角度看，有三种不同类型的斯特林发动机： $\alpha$ 型， $\beta$ 型和 $\gamma$ 型。这些斯特林发动机类型的区别主要在于工作原理和结构设计。

理想的斯特林过程对应卡诺过程，从而具有非常高的效率。但事实上，精确地实施，即精确地复制理想的，或者更确切地说理论的过程是不可能的。在实施的机器中，必须接受许多与设计相关的偏差，这些偏差对效率和性能有负面影响。

例如在目前已经设计或制造的斯特林发动机中，既不可能实现等容吸热或等容散热，也不可能实现等温压缩或等温膨胀。其主要原因在于不可避免的余隙容积和连续而不是非连续的容积变化。活塞和压气活塞通过带飞轮的曲柄传动移动，所以尽管在死点运动反向，但没有如理论过程所要求的短暂停顿。

$\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 三种类型的发动机对应目前发展的三种基本设计解决方案以在实施的机器中尽可能模拟理想的斯特林过程。

在 $\alpha$ 发动机中，使用了在两个分开的气缸中的两个活塞，其中一个活塞布置在热膨胀腔内，另一个活塞布置在冷压缩腔内。根据步骤或曲轴角度，两个活塞都是工作活塞，然后再次变成压气活塞。

$\alpha$ 发动机的一个重大缺点是热膨胀腔内的活塞密封圈，其大大限制了发动机的寿命，并且目前尚未为其找到满意的解决办法。另一个缺点是曲柄传动导致相关的与理想过程的重大偏差和低效率。

到目前为止，已经发展了许多不同的气缸布置形式，如平行的，对准对置，平行对置，V型气缸或芬克尔斯坦旋转气缸，等等，所有这些类型以相同的方式工作，具有相同的弱点和相同的低效率。

在 $\beta$ 机器中，使用了一个活塞和一个压气活塞，其中活塞和压气活塞都布置在同一个气缸内。对于活塞和压气活塞的复杂运动，其中活塞和压气活塞根据循环相向运动，然后向同一方向运动，例如向曲

轴方向运动，或者其中的一个应该停止不动，而另一个在移动，需要复杂的齿轮，例如菱形齿轮。

与 $\alpha$ 机器类似， $\beta$ 机器的主要缺点是密封会变干。此外，尽管有复杂的齿轮，但活塞和压气活塞的运动象曲柄传动一样起作用，因此具有运动反向的死点，但没有真正的停顿。在 $\beta$ 类型中，实施的斯特林发动机实际获得的效率远远低于理想斯特林过程的效率。

$\beta$ 型机器的另一个主要缺点是压气活塞滑杆在压缩活塞内的复杂密封系统。由于活塞和压气活塞布置在同一个气缸内，所以压气活塞的滑杆穿过压缩活塞。

目前已经发展了许多不同的 $\beta$ 型机器的实施例，如例如兰金-Napie 或兰飞利浦公司，但都没有影响 $\beta$ 机器的缺点。

在 $\gamma$ 机器中，活塞和压气活塞布置在不同的气缸内。这避免了压缩活塞中的压气活塞滑杆使用的复杂密封系统。但反过来影响效率的无用容积却增加了。

如已经对 $\alpha$ 和 $\beta$ 机器所述的， $\gamma$ 机器的最大缺点是工作活塞的干密封。此外，由曲轴传动或类似曲柄的传动产生的活塞和压气活塞运动使得在实施的机器中无法很好地近似理想斯特林过程。因此， $\gamma$ 机器的效率明显低于理想斯特林过程。

$\gamma$ 机器的另一个主要缺点是较大的无用容积和较低的压缩比，其中较大的无用容积对效率产生了额外的负面影响，因此只能获得中等的容积性能。

除了所述单作用机器外，双作用斯特林机器也得到了发展和实施，特别是 $\alpha$ 类型的，如 Franchot 斯特林发动机。在该发动机中，斯特林过程不仅在两个活塞上方的空间发生，而且还在每个活塞下方发生，即两个气缸与活塞的顶部和底部一起始终执行两个不同斯特林过程的两个不同循环。因此，两个活塞和它们的气缸限定了四个可变容积，可将它们看作成对地组成两个单独的 $\alpha$ 机器。和单作用 $\alpha$ 机器中一样，膨胀活塞和压缩活塞必须具有约 $90^\circ$ 的相位差。

双作用 $\alpha$ 机器如 Franchot 斯特林发动机的效率不比单作用 $\alpha$ 机器高。严重的缺点和问题是相同的。仅仅可通过紧凑性改善容积性能。

西门子斯特林发动机也是已知的，其具有任何数量的气缸，是大部分高功率斯特林发动机的标准构造，如例如功率约为52千瓦的4-95'

联合斯特林。在该实施例中，还发展了许多模型，如例如气缸布置为一列，布置为“U”或“V形”，布置为矩形或圆形。尽管在西门子斯特林发动机中加热器，再生器和冷却器的布置是这样选择的，即外壳中的活塞密封位于冷的部分，但 $\alpha$ 机器的基本缺点仍然存在。

5 已知也尝试过用自由活塞布置或作为圆形活塞发动机，Wankel系统，实施斯特林发动机原理。但这些实施例中没有一个提高了效率；相反地，除了与 $\alpha$ 机器相比效率更低以外，反而扩大了缺点及问题。

一般来说，由于热交换器、再生器和回流管中的余隙容积，所有这些各种斯特林发动机的实施例都具有缺点，这些余隙容积额外降低了压力比并从而降低了效率。

10 本发明的目的在于提供一种上述类型的方法，一方面避免了上述缺点，另一方面使得可以第一次以这样的方式实施斯特林发动机，即与以前相比，其工作方式可更接近理想的斯特林过程。

所述目的是通过本发明实现的。

15 根据本发明的方法的特征在于，工作介质在至少两个封闭的工作室内往复流动，其中为了释放有效功，工作介质在工作室之间移动穿过一个工作机，其中吸热发生在工作机之前，而散热发生在机器之后，其特征还在于，在散热以后工作介质在工作室内被压缩，其特征还在于，借助压气活塞工作介质随后穿过再生器从压气活塞的一侧流动到

20 另一侧，其中工作介质的流动是通过控制单元，特别是阀进行控制的，并且每个压气活塞由一个传动装置移动。通过本发明，能够第一次实现比所有目前实施的斯特林发动机明显高的效率。

效率较高的原因主要在实施的工作过程更接近理论循环过程，这是通过本发明的方法实现的。由于工作介质在两个耦合的工作室内的温差和由此引起的压力差，工作介质向冷腔内流动并从而通过工作机做功。引起的平衡状态是因为工作介质的较大部分位于冷腔内。在随后的等容再生器循环中，通过供热，在两个工作室之间再次以镜像方式建立了压力差并再次通过工作机将压力差转换成功。该行为与振荡电路类似，并且通过恒定的卡诺效率，可以实现比理论上的理想斯特

25 林过程中更高的相对工作介质的功率密度。

30 根据本发明的一个特定设计方案，工作室被压气活塞分成双作用工作室。这样，由于取消了流出路径，所以过程可加快。此外，取消

了可能有的在其它情况下必须的缓冲空间的密封。

根据本发明的一个特定特征，每个压气活塞由一个单独的传动装置移动。根据本发明的该特征，没有曲柄传动装置或类似曲柄的传动装置，曲柄传动装置是导致实施的过程与理想斯特林过程近似程度差的主要原因。代替曲柄传动装置，使用了线性传动装置，可独立于其它运动地对该装置进行控制，因此例如在压气活塞中可实现任意次的任意长的停顿时间。

根据本发明的另一个设计，耦合工作室的压气活塞由传动装置通过刚性连接移动。这允许设计简单，其中例如两个热或冷腔相互耦合。这允许热-热腔完全浸入在热源内，冷-冷腔完全浸入在冷源内，而不会因为冷和热源工作介质之间的热传导造成损失。两个压气活塞由刚性滑杆相连，该滑杆吸收两个压气活塞之间的作用力。为移动压气活塞，只需要克服摩擦阻力和流动损失。再生器也可位于滑杆之内或之外。滑杆本身不需被密封。相对工作介质量的理论功率密度比理想斯特林过程中的高。该设计允许使用低温进行发电和制冷。

根据本发明的一个具体实施例，工作室由压气活塞分成膨胀腔和压缩腔，其中用于产生有效功的工作介质离开膨胀腔后穿过分配给该工作室的再生器，以通过工作机释放有效功，在工作机之后，必要时输出冷，流入到耦合工作室的压缩腔，然后通过压气活塞的移动从压缩侧穿过分配给该工作室的再生器进入同一工作室的膨胀腔。该实施例是所谓的“冷”发动机。工作机可以设计得非常简单，因为它不承受高温应力。此外，可通过被再生器冷却的冷工作介质的膨胀产生冷，产生的冷在进入冷工作空间之前可通过热交换器得到利用。效率和功率密度比 $\gamma$ 型斯特林发动机高，其中 $\gamma$ 型斯特林发动机具有用法兰连接在冷侧的活塞。

根据本发明的另一个实施例，工作室由压气活塞分成膨胀腔和压缩腔，其中用于产生有效功的工作介质离开膨胀腔以释放有效功后，必要时穿过一个加热器，穿过工作机并随后穿过再生器并必要时穿过压缩机，必要时穿过另外的冷却器，流入到耦合工作室的压缩腔，然后通过压气活塞的运动从压缩侧穿过分配给该工作室的再生器流入同一工作室的膨胀腔。该实施例是所谓的“热”发动机。这种类型的理论效率与卡诺效率的理论值接近，相对工作介质量的理论功率密度比

理想斯特林过程的高。

根据本发明的另一个实施例，工作室由压气活塞分别分成两个膨胀腔或者两个压缩腔，其中用于产生有效功的工作介质离开膨胀腔之后，穿过分配给该工作室的再生器以通过工作机释放有效功，在工作机之后，流入到耦合工作室的压缩腔，然后通过压气活塞的运动从压缩侧穿过分配给该工作室的再生器流入到同一工作室的另一个膨胀腔。如前面所述，该“低温”发动机允许利用低温发电和制冷。

根据本发明的另一个具体实施例，特别就在工作机之前进行等压吸热。最主要的优点在于，压气活塞中的温度限制为最高的再生器温度，其中再生器温度比加热器温度低。

根据本发明的另一个有利实施例，压缩是通过压力均衡和/或压缩机实现的。如果仅通过压力均衡实现压缩，那么可以去掉一个旋转电机，即压缩机。这无疑会使过程更简单。如果集成了压缩机，那么可实现更高的效率。

但是，本发明的另一个目的在于提供用于实现根据本发明方法的装置。

用于实现方法的根据本发明的装置的特征在于，提供了至少两个封闭的工作室，其中每个工作室通过可由传动装置移动的压气活塞分成两个部分，其中一个部分包含一个加热器，另一个部分包含一个冷却器，每个工作室具有一个分配给它的再生器，其中两个部分都连接在该再生器上，其特征还在于，每个工作室的至少一个部分连接在工作机上，其中用于随后释放有效功的部分连接在另一个工作室的相应部分上，其特征还在于，提供了控制单元，特别是阀以控制工作介质。如上面所述，通过根据本发明的装置实现了较高的功率密度。

根据本发明装置的另一个优点在于，可以低的时钟频率操作机器。工作室没有真正的活塞密封圈并从而避免了特别在较大活塞容积情况下出现的密封问题。通过消除该问题，可使用容积大的工作室，容积大的工作室可以低的时钟频率和间断地操作。这样，就实现了对理想斯特林过程的近似。

通过比传统斯特林发动机中更慢的时钟频率和从而更长的热交换时间，可更好地实现等温过程。工作室的大传热表面允许使用生物质燃料。

另一个优点是使余隙容积最小。余隙容积是不参与热力过程的容积，因此其对效率有不利的影 响。表面上它是通过活塞的正弦运动产生的，实际上是由工作介质流经的再生器容积，加热器管容积等等产生的。大容积工作室和相比之下的小容积元件如工作机，再生器，加 5 热器和冷却器之比导致了有利的余隙容积和工作容积比率，该比率明显低于当前实施的机器的比率。

驱动力最小也是一个优点。驱动力是由在工作室内等容推移工作介质产生的流动阻力，起动阀门，和必要时通过压缩机压缩工作介质组成的。取消了主要成分之一，即干运行活塞密封环的摩擦力以及曲 10 柄传动装置的摩擦力。

总之，因而可以说，通过取消处于温度应力作用下并且干运行的活动密封圈，该密封圈是目前的主要问题，就可以按标准的机械工程制造该发动机。工作室和工作机分离允许使用标准的机件。由于快速 15 旋转的工作机，发电机可以具有较小的结构尺寸。取消机械驱动单元也简化了结构。压气活塞不必与工作机同步，可以相互独立地分别设定最佳工作点。

根据本发明的一个具体特征，在工作机和单个部分之间的连接中各提供了至少一个控制单元，特别是阀。其用于使工作循环与再生器 20 循环脱开。作为通过阀进行控制的替代方案，还可使用狭缝控制。

根据本发明的另一个具体特征，提供了四、六或更多的偶数个工作室，其中工作室始终成对耦合。通过增加耦合工作室的数量，减少了工作机与过程相关的波动，并且与工作循环相比，再生循环延长了。

根据本发明一个非常具体的特征，工作机是涡轮机，特别是轴流式涡轮机，辐流式涡轮机或泰斯拉涡轮机。使用涡轮机允许取消承受 25 温度应力和干运行的活动密封圈，该密封圈是由活塞驱动的特林发动机中的主要问题。特别是通过盘式或泰斯拉涡轮机，可以实现更好的等温膨胀或压缩。

根据本发明的一个实施例，工作机是活塞马达。该实施例的优点是便宜并可利用标准构件制造。

30 根据本发明的另一个实施例，工作机是螺杆马达。与涡轮机类似，螺杆马达的优点是取消了密封圈。

根据本发明的一个特别的改进方案，压气活塞的传动装置是线性

传动装置。线性传动装置保证了可以精确控制压气活塞的加速度和制动。这使得可以低的损失实现根据理想热力过程的间断运动。因此，可以取消杆或曲柄传动的所有通道和密封。通过改变压气活塞时钟频率就可立即实现可能的快速功率控制，不必通过改变上面的温度来实现。因此，在部分负荷范围内，可实现非常良好的控制。

根据本发明的另一个特征，必要时在再生器的上游和/或下游包括了一个加热器。除工作室内的加热器头部外，该加热器向工作介质供给能量，从而扩大了热区的总吸收面积。

本发明的一个特别的实施例变型的特征在于，工作室由压气活塞分成一个膨胀腔和一个压缩腔，其特征还在于，膨胀腔与分配给该工作室的再生器相连，并且再生器与工作机相连，其特征还在于，工作机的流出侧与耦合的另一个工作室的压缩腔相连，并且该压缩腔通过分配给该工作室的再生器与同一工作室的膨胀腔相连，其中在再生器和工作机的流入侧之间，在工作机的流出侧和压缩腔之间都分别提供了一个控制单元，特别是阀。从这个意义上讲，上面关于“冷”发动机所述的优点是适用的。

本发明另一个具体实施例的特征在于，工作室由压气活塞分成一个膨胀腔和一个压缩腔，其特征还在于，膨胀腔与工作机的流入侧相连，工作机的流出侧通过再生器和必要时通过压缩机与耦合的另一个工作室的压缩腔相连，并且该压缩腔通过分配给该工作室的再生器与同一工作室的膨胀腔相连，其中在膨胀腔和工作机的流入侧之间，在再生器流出侧和压缩腔之间分别提供了一个控制单元，特别是阀。从这个意义上讲，上面关于“热”发动机所述的优点是适用的。

本发明一个替代实施例的特征在于，工作室由压气活塞各分成两个膨胀腔或两个压缩腔，其特征还在于，每个膨胀腔通过再生器与工作机的流入侧相连，工作机的流出侧与耦合的另一个工作室的压缩腔相连，并且该压缩腔通过再生器与另一个工作室的膨胀腔相连，其中在膨胀腔下游的再生器和工作机流入侧之间，在工作机流出侧和压缩腔之间分别提供了一个控制单元，特别是阀。从这个意义上讲，上面关于“低温”发动机所述的优点是适用的。

当然，根据热马达的工作原理，热气体也可被膨胀。

本发明另一个实施例的特征在于，在与工作机相连的部分之后，

在流动方向上提供了一个加热器。由此在工作机之前达到更高的温度，从而改善功率输出。

根据本发明一个有利的改进方案，例如在加热锅炉燃烧室内，加热器与部分局部分开。因此，只有用作加热器的元件才承受最高的温度应力，因此只有这些部分必须做成相应的尺寸。

下面通过附图中所示的实施例实例更详细地解释本发明。

在附图中：

- 图 1 是作为热发动机的将热能转换成动能的装置，
- 图 2 是作为冷发动机的装置，
- 10 图 3 是作为低温发动机的装置，
- 图 4 是带有局部分开的加热器的装置实施例，
- 图 5 是装置工作方式的示意图。

首先声明，在所述实施例中，相同的零件和相同的状态具有相同的参考标号和相同的部件名称，其中在整个说明书中包含的公开内容从意义上可套用具有相同参考标号或相同部件名称的相同零件和相同状态。

如图 1 中所示，利用工作介质将热能转换成动能的装置具有两个封闭的工作室 1, 2，其中每个工作室 1, 2 都由可移动的压气活塞 3, 4 分成两个部分，即一个膨胀腔和一个压缩腔。每个压气活塞 3, 4 可由传动装置，特别是线性传动装置 5 移动。每个工作室 1, 2 都具有分配给它的再生器 6, 7。工作室 1 或 2 的两个部分通过管道 8, 9 或 10, 11 与该再生器 6 或 7 相连。

每个工作室 1 或 2 的一个部分-在所示情况下是膨胀腔-与工作机 12 相连。在工作机 12 之后，用于释放有效功的工作室 1 的膨胀腔与工作室 2 的对应部分-即压缩腔-相连。

为控制工作介质，提供了控制单元，特别是阀 13，这些阀布置在工作机 12 和工作室 1 或 2 的单个部分之间。还可使用狭缝控制代替阀 13。

作为工作机 12，可使用涡轮机，特别是轴流式涡轮机或辐流式涡轮机。当然，活塞马达或螺杆马达也可用作工作机 12。工作机 12 通过轴 17 与发电机 18 相连。

在理想的过程中，工作介质经受下面的状态变化：

- 在压缩腔内等温膨胀，同时散热
- 在工作介质从压缩腔向膨胀腔转移过程中，在再生器 6 或 7 内等容吸热

- 在膨胀腔内通过供热等温膨胀并释放有效功
- 5 - 在流回到压缩腔过程中，在再生器 6 或 7 内等容散热。

通常可以看到，工作介质在两个双作用封闭工作室 1, 2 之间往复流动。为释放有效功，工作介质被引导穿过工作室 1, 2 之间的工作机 12。随后，在双作用工作室 1, 2 内，工作介质通过压气活塞 3 或 4 穿过再生器 6 或 7 从压气活塞 3 或 4 的一侧流到另一侧，其中工作介质的流动是通过阀 13 控制的，每个压气活塞 3, 4 是由传动装置 5 移动的。

如上所述，图 1 示出了作为“热”发动机的装置，也称为 4 象涡轮机，因为工作介质在其最高温度状态被引导穿过工作机 12。膨胀腔与工作机 12 的流入侧相连，工作机 12 的流出侧通过再生器 6 或 7 并通过压缩机 19 与耦合的另一个工作室 2 的压缩腔相连。该压缩腔通过分配给该工作室 2 的再生器 7 与同一工作室 2 的膨胀腔相连，其中在膨胀腔和工作机 12 的流入侧之间，在再生器 7 流出侧和压缩腔之间分别提供了一个阀 13。

再生器 6 或 7 由加热器 14，耦合的再生器 15 和冷却器 16 组成，其中膨胀腔与加热器 14 相连，压缩腔与冷却器 16 相连。此外，再生器 6 或 7 垂直分成单个的部分。这些部分相应地相互密封。在里面部分，工作介质从工作机 12 向压缩机 19 流动，而外面部分用于工作介质的再生器循环。

膨胀腔与分配给该工作室 1 的再生器 6 的加热器 14 相连，再生器 6 与工作机 12 相连。工作机 12 的流出侧通过冷却器 16 与耦合的另一个工作室 2 的压缩腔相连，该压缩腔通过分配给该工作室 2 的再生器 7 与同一工作室 2 的膨胀腔相连。在再生器 6 或 7 与工作机 12 的流入侧之间，在工作机 12 或压缩机 19 的流出侧和压缩腔之间，分别提供了阀 13。

图 2 示出了作为“冷”发动机的 4-象涡轮机。工作室 1, 2 仍然由压气活塞 3, 4 分成膨胀腔和压缩腔。

在该情况下，用于产生有效功的工作介质在离开膨胀腔后，穿过

分配给该工作室 1 的再生器 6 以通过工作机 12 释放有效功, 并且在工作机 12 之后流入耦合的工作室 2 的压缩腔。随后, 工作介质通过压气活塞 4 的运动穿过分配给该工作室 2 的再生器 7 从压缩侧流入到同一工作室 2 的膨胀腔。

- 5 图 3 示出了作为低温发动机的装置。其中压气活塞 3, 4 通过刚性连接 20 由传动装置 5 移动。工作室 1, 2 由压气活塞 3, 4 分别分成两个膨胀腔或两个压缩腔。工作室 1 内的每个膨胀腔通过再生器 6, 7 与工作机 12 的流入侧相连, 工作机 12 的流出侧与耦合的另一个工作室 2 的压缩腔相连。该压缩腔通过再生器 6 或 7 与另一个工作室 1 的膨胀腔相连, 其中在膨胀腔下游的再生器 6 或 7 与工作机流入侧之间, 在工作机 12 流出侧与压缩腔之间, 分别提供了一个阀 13。

10 用于产生有效功的工作介质离开膨胀腔之后, 穿过分配给该工作室 1 的再生器 6 或 7 以通过工作机 12 释放有效功, 并且在工作机 12 之后流入耦合的工作室 2 的压缩腔。随后, 工作介质通过压气活塞 3 或 4 的运动穿过分配给该工作室 2 的再生器 6 或 7 从压缩侧流入到工作室 1 的膨胀腔。

为使工作室 2 冷却, 可将其例如布置在地面以下。

此外, 压气活塞 3 或 4 也可设计为耦合的膜。

20 在图 4 中, 每个工作室 1, 2 由压气活塞 3, 4 分成一个膨胀腔和一个压缩腔。每个压气活塞 3, 4 可由传动装置, 特别是线性传动装置 5 移动。此外, 每个压气活塞 3, 4 布置在导向装置 22 内。每个工作室 1, 2 具有分配给它的再生器 6, 7。工作室 1 或 2 的两个部分通过管子与该再生器 6 或 7 相连。

25 此外, 膨胀腔备有一个中间加热器 21。该中间加热器 21 可设计为分层的中间加热器 21 或者设计成薄片包形式。压缩腔备有一个冷却器 16。

30 膨胀腔必要时通过中间加热器 21 与局部分开的加热器 14 相连。加热器 14 可布置在加热锅炉内。在该加热器 14 内进行等压加热。工作介质从加热器 14 出来穿过工作机 12。工作 12 优选是泰斯拉涡轮机, 它通过直接轴 17 与发电机 18 联接。

再次根据展示一次过程。压缩的工作介质从工作室 1 的压缩腔出来, 穿过分配的再生器 6 和中间加热器 21 流入同一工作室 1 的膨胀腔,

并从而被等容加热。通过移动压气活塞 3 开动通道。离开工作室 1 的膨胀腔后，工作介质穿过外部加热器 14 流入到工作机 12，其中在加热器 14 进行等压吸热。

5 从工作机 12 出来，工作介质穿过再生器 7 和冷却器 16 流入工作室 2 的压缩腔，并被随后的工作介质流或压缩机等温压缩。在工作室 2 的冷却器 16 内释放压缩热。通过工作室 2 内压气活塞 4 的运动，被压缩的工作介质穿过再生器 7 和中间加热器 21 进入工作室 2 的膨胀腔。

10 离开工作室 2 的膨胀腔后，工作介质穿过外部加热器 14 流入工作机 12，其中在加热器 14 进行等压吸热。工作介质从工作机 12 回流到工作室 1 的压缩腔。

原则上，工作介质按 8 字形流动，其中工作机作为中心。单个的过程步骤由相关的阀-未示出-控制。

15 图 5 基于实际的例子描述了带有阀控制的装置的作用方式。在带有压气活塞 3 的工作室 1 内，工作介质温度  $T_0$  为  $530^{\circ}\text{C}$ ，压力  $P_0$  为 30 巴。在带有压气活塞 4 的工作室 2 内，温度  $P_u$  为  $30^{\circ}\text{C}$ ，压缩  $P_u$  为 10 巴。由于工作室 1 和 2 之间的压气活塞循环中产生压力差，阀 23 和阀 24 在流动方向上打开。温度为  $530^{\circ}\text{C}$  的热工作介质从工作室 1 出来穿过阀 23 流入加热器，在那里将工作介质过度加热到  $630^{\circ}\text{C}$ ，然后在工作机 12 内通过多元卸荷返回到  $530^{\circ}\text{C}$ 。随后，工作介质流经阀 24，再生器 7，冷却器 16 进入工作室 2，其中在再生器 7 工作介质被冷却到  $60^{\circ}\text{C}$ ，在冷却器 16 工作介质被冷却到  $30^{\circ}\text{C}$ 。阀 25 和 26 阻断了压力差，直到随后的再生循环之后，即在下一个工作循环中才打开。

25 当工作循环在工作室 1, 2 之间产生了压力均衡之后；即在整个系统中压力是相同的（平均压力），开始再生循环。压气活塞 3, 4 现在向相反的死点位置移动，从而移动工作介质穿过再生器-冷却器单元进入每个压气活塞 3, 4 的另一侧。由此进行的工作介质等容加热或冷却在相关的工作室 1, 2 中产生了压力变化；即当冷进入热时，造成压力上升，当热进入冷时，产生压力下降。从而再生循环结束并且产生的压力差用于随后的工作循环。

30 总之，必须指出，为更易于理解，附图中的单个元件和附件未成比例或按规定比例表示。

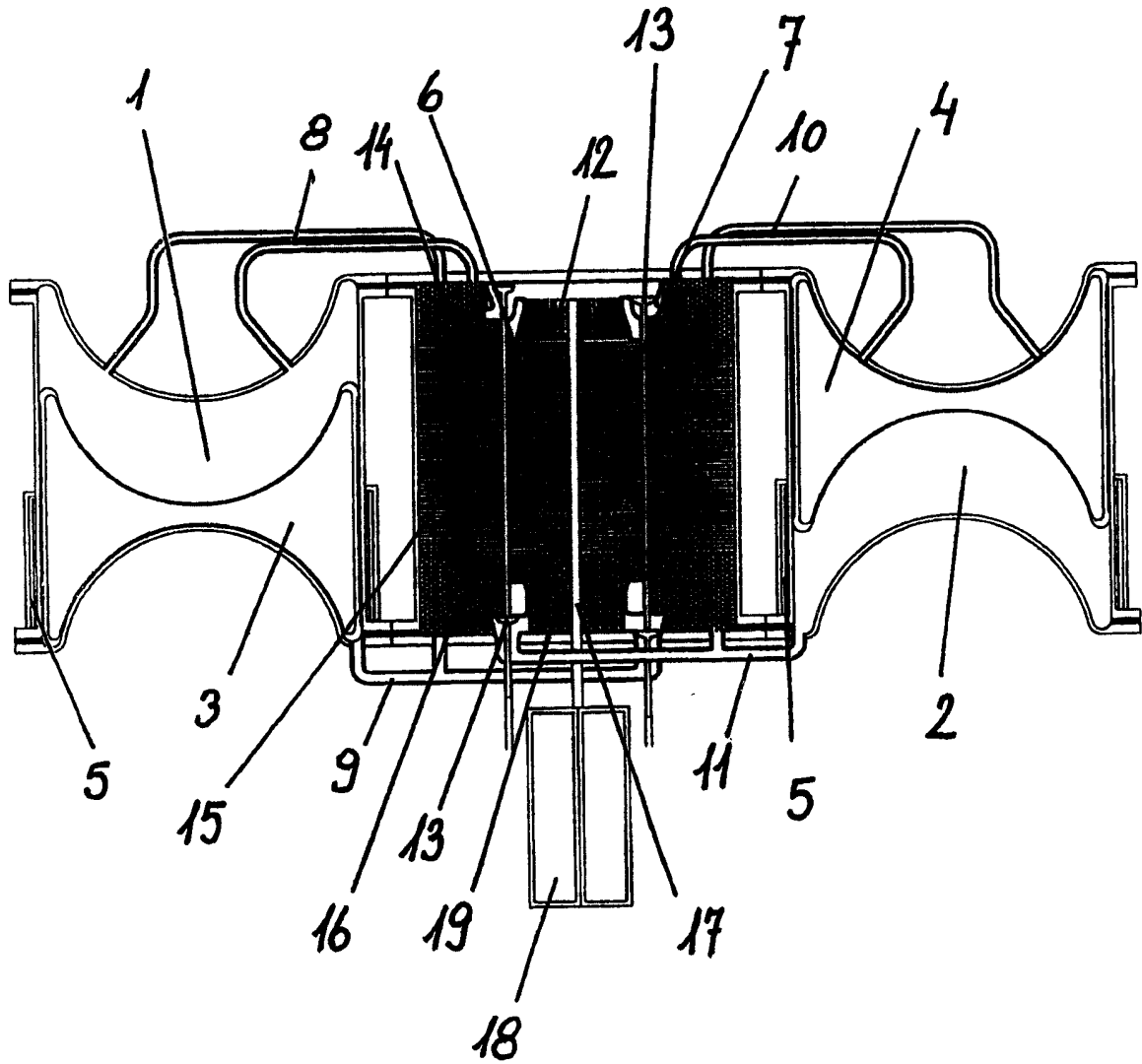


图 1

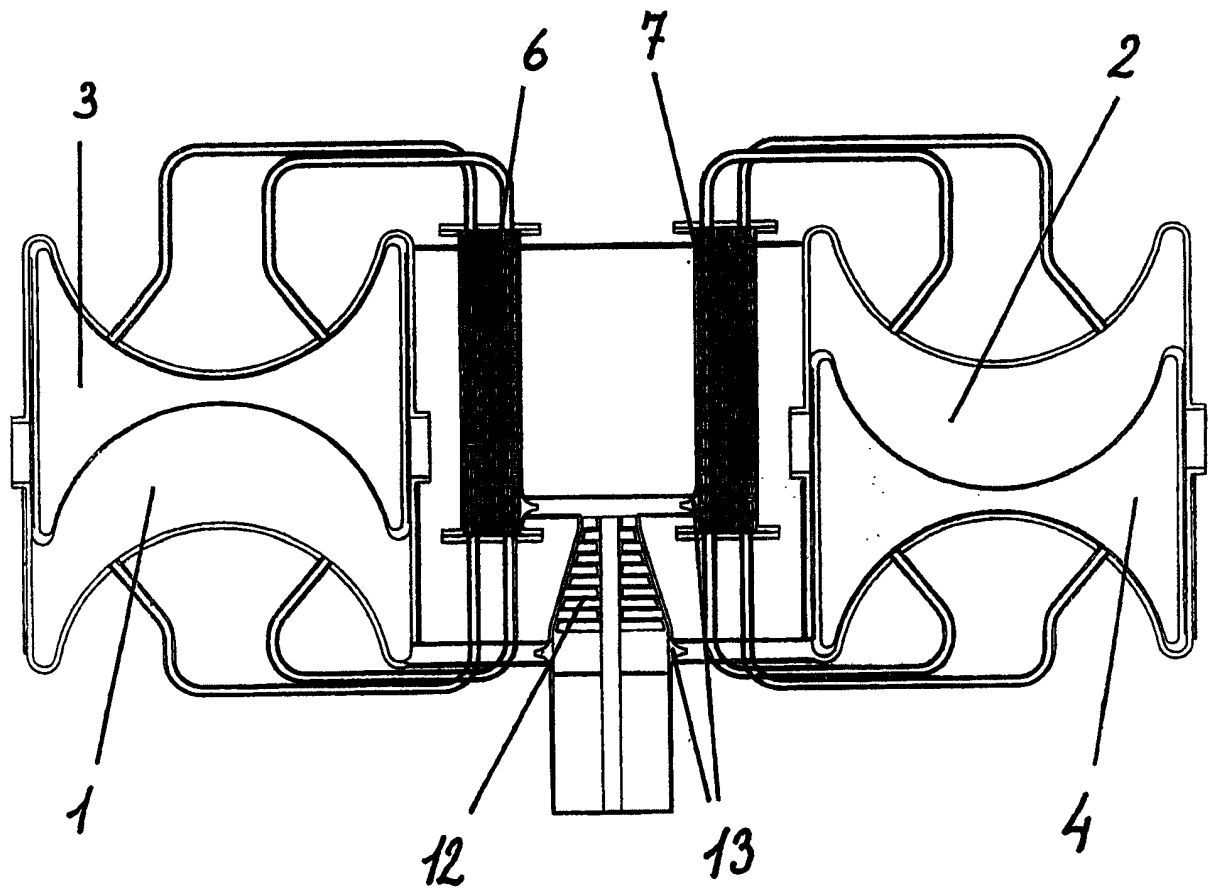


图 2

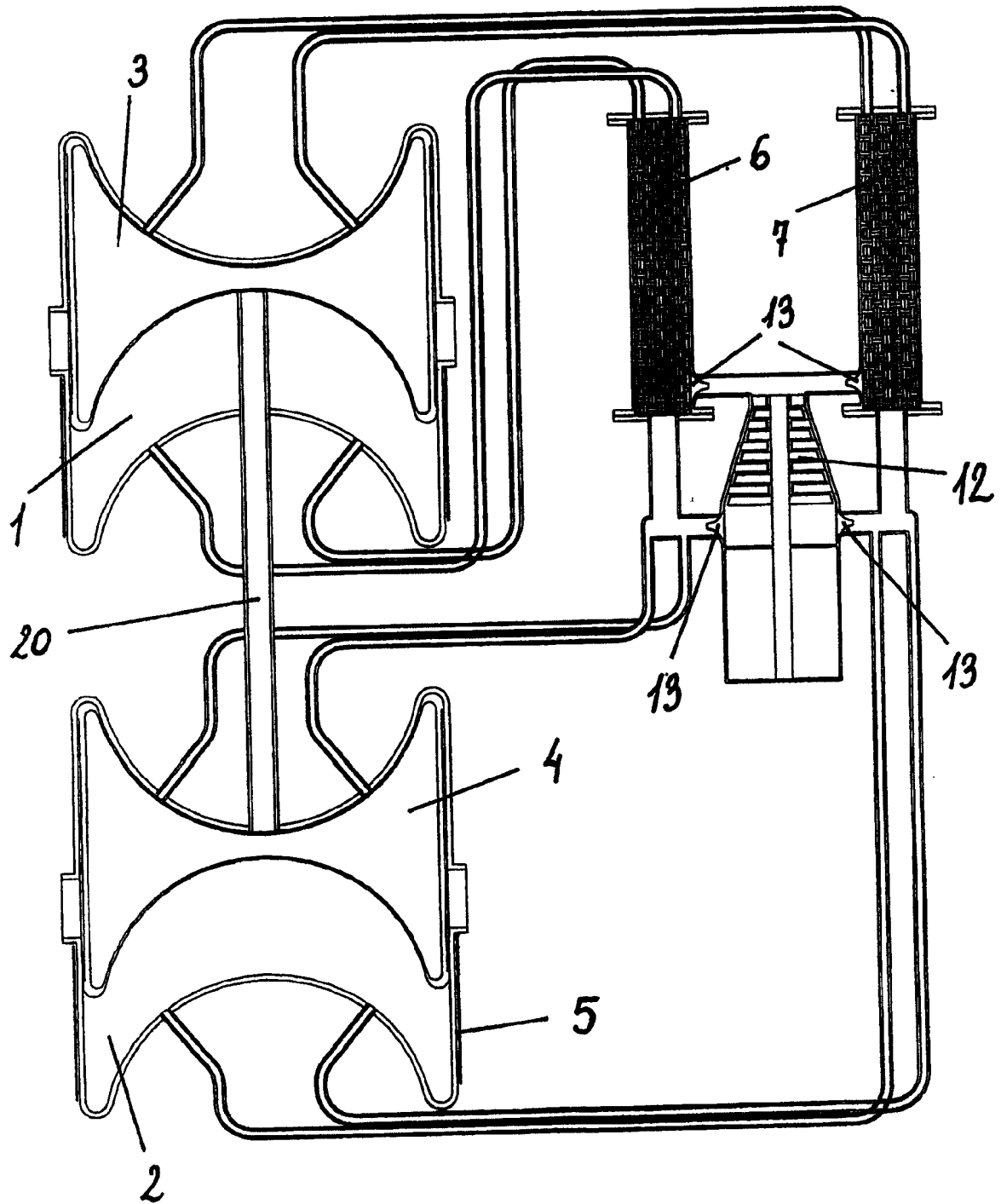


图 3



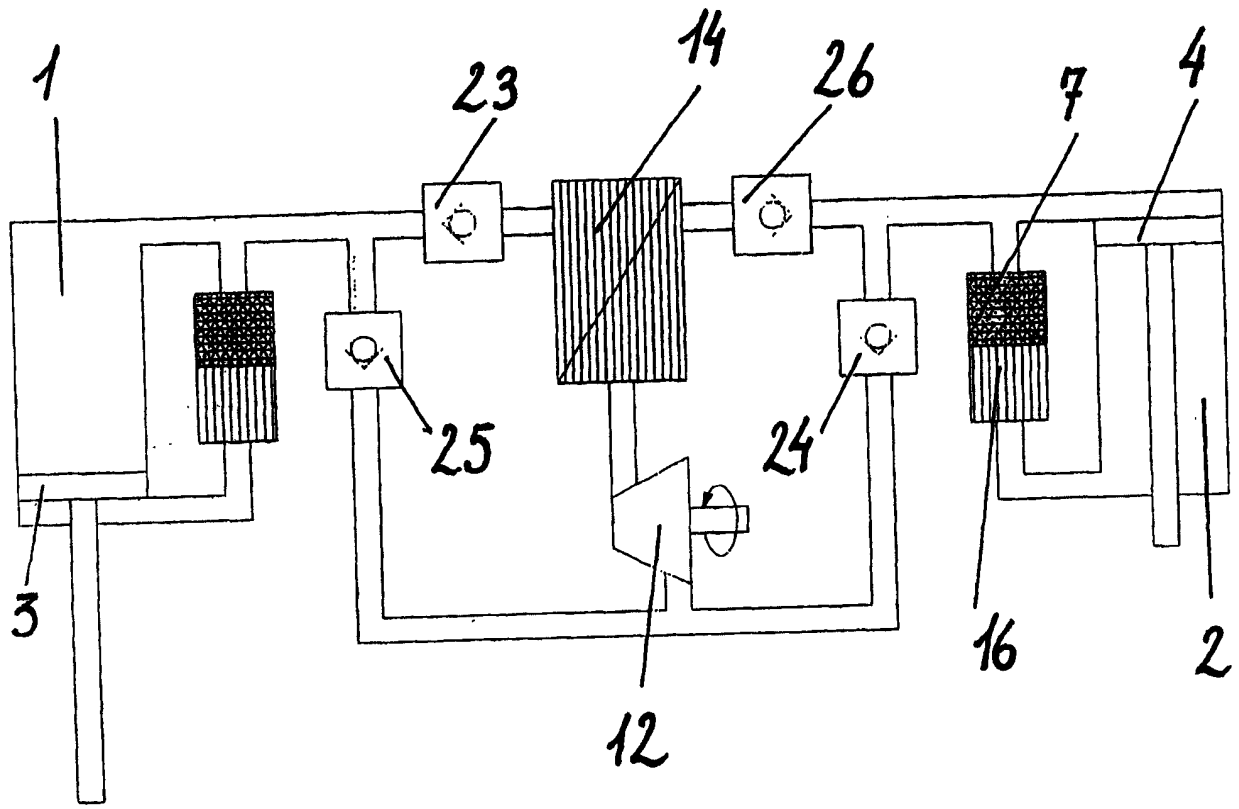


图 5