



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113090495 A

(43) 申请公布日 2021.07.09

(21) 申请号 202110340398.3

F04B 39/12 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.30

F25B 9/06 (2006.01)

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 潘利生 王战中 卢鑫海 魏小林 史维秀

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

F04B 37/12 (2006.01)

F04B 39/00 (2006.01)

F04B 39/06 (2006.01)

F04B 39/10 (2006.01)

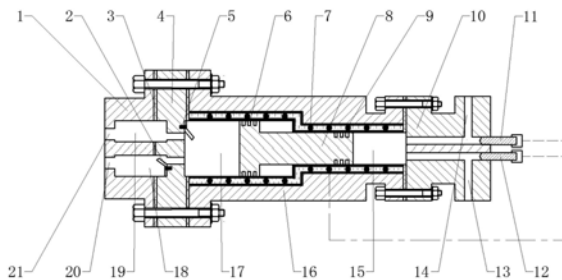
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

## (54) 发明名称

一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机及应用方法、系统

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,包括膨胀压缩机缸体、形成于膨胀压缩机缸体内的腔体、设置于腔体内的永磁活塞以及设置在膨胀压缩机缸体内用于推动永磁活塞运动或实现永磁活塞动能向电能转变的电磁感应线圈层,腔体的两端一对一的配置有低压工质室和高压工质室,低压工质和高压工质在永磁活塞的往复移动中交替进入和排出腔体内并完成低压工质的压缩以及高压工质的膨胀工作;还提供了该活塞式膨胀压缩机的应用系统和方法,通过共用活塞实现了膨胀功能与压缩功能的耦合,提升了部件和系统的能源利用率,并采用电磁感应技术实现了工作腔内外能量的传递,解决了膨胀腔和压缩腔与外界密封问题。



1. 一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,其特征在于,包括膨胀压缩机缸体(16)、形成于所述膨胀压缩机缸体(16)内的腔体(M-5)、设置于所述腔体(M-5)内的永磁活塞(8)以及设置在膨胀压缩机缸体(16)内用于推动所述永磁活塞(8)运动或实现所述永磁活塞(8)动能向电能转变的电磁感应线圈层(M-9),所述腔体(M-5)的两端一对一的配置有低压工质室和高压工质室,所述低压工质和所述高压工质在所述永磁活塞(8)的往复移动中交替进入和排出所述腔体(M-5)内并完成所述低压工质的压缩以及所述高压工质的膨胀工作。

2. 根据权利要求1所述的一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,其特征在于,所述腔体(M-5)由靠近所述低压工质室一侧的压缩腔(17)以及靠近所述高压工质室一侧的膨胀腔(15)组成,所述压缩腔(17)和所述膨胀腔(15)的横截面积比等于所述永磁活塞(8)朝向所述压缩腔(17)一端的端面和所述永磁活塞(8)朝向所述膨胀腔(15)一端的端面的面积比。

3. 根据权利要求2所述的一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,其特征在于,所述低压工质室包括顺次盖合在所述压缩腔(17)端部的压缩缸端盖(4)以及膨胀压缩机左端盖(1),在所述压缩缸端盖(4)与所述膨胀压缩机左端盖(1)以及压缩缸端盖(4)与膨胀压缩机缸体(16)之间设置有垫片(3),所述膨胀压缩机左端盖(1)上分别开设有压缩进气道(21)和压缩排气道(20);

所述压缩进气道(21)向内延伸至所述压缩缸端盖(4)内并形成与所述压缩腔(17)相连通的压缩进气腔(19),在所述压缩腔(17)的内壁通过定位销固定安装有用于在流体压差作用下驱动所述压缩进气道(21)启闭的进气板簧阀片(5);

所述压缩排气道(20)向内延伸至所述压缩缸端盖(4)内并形成与所述压缩腔(17)相连通的压缩排气腔(18),在所述压缩排气腔(18)的内壁通过定位销安装有用于在流体压缩作用下驱动所述压缩排气道(20)启闭的排气板簧阀(2)。

4. 根据权利要求2所述的一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,其特征在于,所述高压工质室包括盖合在所述膨胀腔(15)端部的膨胀压缩机右端盖(10),在所述膨胀压缩机右端盖(10)的内部开设有与所述膨胀腔(15)相连通的膨胀进气道(14)和膨胀排气道(13),所述膨胀进气道(14)上安装有用于电磁驱动所述膨胀进气道(14)启闭的膨胀进气阀(11),所述膨胀排气道(13)上安装有用于电磁驱动所述膨胀排气道(13)启闭的膨胀排气阀(12)。

5. 根据权利要求1所述的一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,其特征在于,所述永磁活塞(8)包括贴壁安装在所述腔体(M-5)内部的永磁芯体(M-3)以及一对一的包裹在所述永磁芯体(M-3)两侧的N极导磁帽(M-2)和S极导磁帽(M-4),在所述N极导磁帽(M-2)和所述S极导磁帽(M-4)之间用非导磁物质隔开以使得所述N极导磁帽(M-2)和所述S极导磁帽(M-4)之间不形成回路,在所述永磁芯体(M-3)靠近所述压缩腔(17)的一端外壁安装有多圈压缩腔活塞环(6),在所述永磁芯体(M-3)靠近所述膨胀腔(15)的一端外壁安装有多圈膨胀腔活塞环(9)。

6. 根据权利要求1所述的一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,其特征在于,所述膨胀压缩机缸体(16)包括顺次包裹在所述腔体(M-5)外部的滑动层(M-8)、磁场屏蔽层(M-10)和承压层(M-11),所述电磁感应线圈层(M-9)设置于所述滑动层(M-8)与所述磁场屏蔽层(M-10)之间;

所述滑动层(M-8)采用不导磁且不导电介质或不构成回路的不导磁导电介质并与所述永磁活塞(8)直接接触;

所述电磁感应线圈层(M-9)包括不少于一组电磁感应线圈(M-1),所述电磁感应线圈(M-1)由导线(7)和包裹在所述导线(7)外部的硬质绝缘介质组成,若干组所述电磁感应线圈(M-1)并排缠绕在所述滑动层(M-8)的周向,且若干组所述电磁感应线圈(M-1)通过电磁感应线圈总线(M-7)连接有相位控制器(M-6),所述相位控制器(M-6)外接交流电网;

所述磁场屏蔽层(M-10)采用导磁不导电介质或不构成回路的导磁导电介质以防止所述永磁活塞(8)磁场泄露;

所述承压层(M-11)采用耐压材质以承受所述腔体(M-5)内部流体与外界的静压差。

7.一种基于权利要求1-6中任一项所述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的应用方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤100、推动永磁活塞沿压缩腔向膨胀腔方向运动,向压缩腔内通入低压工质并将膨胀腔内膨胀后的高压工质排出,直至永磁活塞运动至止停点,压缩腔内充满低压工质,膨胀腔内的高压工质被完全排出;

步骤200、推动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动,向膨胀腔内通入定量高压工质后停止通入,高压工质在膨胀腔内膨胀并对活塞做功,低压工质在压缩腔内被压缩后排出,直至永磁活塞运动至止停点,低压工质被完全排出。

步骤300、重复步骤100和步骤200,永磁活塞进行往复循环运动以实现活塞式膨胀压缩机的连续工作。

8.根据权利要求7所述的一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的应用方法,其特征在于,

在步骤100中,膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层消耗电能以驱动永磁活塞克服摩擦阻力沿压缩腔向膨胀腔方向运动;

在步骤200中,当永磁活塞运动消耗的压缩功率大于获得的膨胀功时,膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层消耗电能以驱动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动;

当永磁活塞运动消耗的压缩功率小于获得的膨胀功时,膨胀功驱动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动并通过膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层向外输出电能。

9.一种包含权利要求1-6中任一项所述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的应用系统,其特征在于,包括与活塞式膨胀压缩机(C-3)相连并形成循环回路的蒸发器(C-1)和冷凝器(C-2),所述活塞式膨胀压缩机(C-3)的压缩腔(17)的出口端与所述蒸发器(C-1)的进口端相连以使得高压工质在蒸发器(C-1)内吸热达到高温高压状态,所述蒸发器(C-1)的出口端与所述活塞式膨胀压缩机(C-3)的膨胀腔(15)相连接以使得高温高压的流体进入所述膨胀腔(15)内,经所述膨胀腔(15)膨胀做功后的低温低压工质进入所述冷凝器(C-2)内被冷却为液体,所述冷凝器(C-2)的出口与所述压缩腔(17)相连以实现液态工质增压。

10.一种包含权利要求1-6中任一项所述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的应用系统,其特征在于,包括与活塞式膨胀压缩机(C-3)相连并形成循环回路的蒸发器(C-1)和冷凝器(C-2),所述活塞式膨胀压缩机(C-3)的膨胀腔(15)的出口与所述蒸发器(C-1)的进口相连以使得低温低压的工质在所述蒸发器(C-1)内吸热蒸发为气态,经所述蒸发器(C-1)出口的气态工质进入所述活塞式膨胀压缩机(C-3)的压缩腔(17)被压缩为高温高压状态,所述压缩腔(17)的出口与所述冷凝器(C-2)的进口相连以使得高温高压工质被冷却为液态,经所述冷凝器(C-2)出口的液态工质进入所述膨胀腔(15)内膨胀做功。

## 一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机及应用方法、系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及流体膨胀压缩技术领域,具体涉及一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机及应用方法、系统。

### 背景技术

[0002] 近年来,世界各国对能源的需求越来越大,能源的高效利用符合人类社会的可持续发展要求。在热力发电、制冷、热泵等循环中,存在一个增压过程和一个降压过程。在热力发电循环系统中,通过膨胀部件(透平或膨胀机)实现工质压力的降低并对外输出功率,通过增压部件(泵或压缩机)实现工质压力的升高并消耗功率;在制冷、热泵循环系统中,通过膨胀部件(膨胀阀、节流阀、毛细管或膨胀机)实现工质压力的降低并对外输出功率,通过增压部件(压缩机)实现工质压力的升高并消耗功率。目前,无论是热力发电的正循环系统,还是制冷热泵的逆循环系统,膨胀部件和增压部件均独立设置,即正循环的膨胀部件向系统外输出功率(如电能),而增压部件消耗系统外输入的功率(如电能);逆循环的压缩部件消耗系统外输入的功率(如电能),而膨胀部件向系统外输出功率(如电能)或通过绝热节流的方式消耗这部分膨胀功。若通过设备将膨胀过程与压缩过程耦合起来,实现膨胀过程向压缩过程传递功率,则可减少能源间的转换过程,实现热力系统性能的提升。

[0003] (CN211623711U)公开了一种摆动转子式膨胀压缩机,可以有效回收节流过程的膨胀功,减少冷量损失;还减少了机械运动部件带来的摩擦损失、运动冲击、振动以及噪声。但结构略复杂,加工成本较高。除此以外,大多类似技术通过共用联轴器或转子将膨胀部件和压缩部件耦合。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机及应用方法、系统,以解决现有技术中膨胀部件和增压部件均独立设置,能源转换过程多,热力系统性能不高的技术问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明具体提供下述技术方案:

[0006] 一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,包括膨胀压缩机缸体、形成于所述膨胀压缩机缸体内的腔体、设置于所述腔体内的永磁活塞以及设置在膨胀压缩机缸体内用于推动所述永磁活塞运动或实现所述永磁活塞动能向电能转变的电磁感应线圈层,所述腔体的两端一对一的配置有低压工质室和高压工质室,所述低压工质和所述高压工质在所述永磁活塞的往复移动中交替进入和排出所述腔体内并完成所述低压工质的压缩以及所述高压工质的膨胀工作。

[0007] 作为本发明的一种优选方案,所述腔体由靠近所述低压工质室一侧的压缩腔以及靠近所述高压工质室一侧的膨胀腔组成,所述压缩腔和所述膨胀腔的横截面积比等于所述永磁活塞朝向所述压缩腔一端的端面与所述永磁活塞朝向所述膨胀腔一端的端面的面积比。

[0008] 作为本发明的一种优选方案,所述低压工质室包括顺次盖合在所述压缩腔端部的压缩缸端盖以及膨胀压缩机左端盖,在所述压缩缸端盖与所述膨胀压缩机左端盖之间设置有垫片,所述膨胀压缩机左端盖上分别开设有压缩进气道和压缩排气道;

[0009] 所述压缩进气道向内延伸至所述压缩缸端盖内并形成与所述压缩腔相连通的压缩进气腔,在所述压缩腔的内壁通过定位销固定安装有用于在流体压差作用下驱动所述压缩进气道启闭的进气板簧阀片;

[0010] 所述压缩排气道向内延伸至所述压缩缸端盖内并形成与所述压缩腔相连通的压缩排气腔,在所述压缩排气腔的内壁通过定位销安装有用于在流体压缩作用下驱动所述压缩排气道启闭的排气板簧阀。

[0011] 作为本发明的一种优选方案,所述高压工质室包括盖合在所述膨胀腔端部的膨胀压缩机右端盖,在所述膨胀压缩机右端盖的内部开设有与所述膨胀腔相连通的膨胀进气道和膨胀排气道,所述膨胀进气道上安装有用于电磁驱动所述膨胀进气道启闭的膨胀进气阀,所述膨胀排气道上安装有用于电磁驱动所述膨胀排气道启闭的膨胀排气阀。

[0012] 作为本发明的一种优选方案,所述永磁活塞包括贴壁安装在所述腔体内部的永磁芯体以及一对一的包裹在所述永磁芯体两侧的N极导磁帽和S极导磁帽,在所述N极导磁帽和所述S极导磁帽之间用非导磁物质隔开以使得所述N极导磁帽和所述S极导磁帽之间不形成回路,在所述永磁芯体靠近所述压缩腔的一端外壁安装有多圈压缩腔活塞环,在所述永磁芯体靠近所述膨胀腔的一端外壁安装有多圈膨胀腔活塞环。

[0013] 作为本发明的一种优选方案,所述膨胀压缩机缸体包括顺次包裹在所述腔体外部的滑动层、磁场屏蔽层和承压层,所述电磁感应线圈层设置于所述滑动层与所述磁场屏蔽层之间;

[0014] 所述滑动层采用不导磁且不导电介质或不构成回路的不导磁导电介质并与所述永磁活塞直接接触;

[0015] 所述电磁感应线圈层包括不少于一组电磁感应线圈,所述电磁感应线圈由导线和包裹在所述导线外部的硬质绝缘介质组成,若干组所述电磁感应线圈并排缠绕在所述滑动层的周向,且若干组所述电磁感应线圈通过电磁感应线圈总线连接有相位控制器,所述相位控制器外接交流电网;

[0016] 所述磁场屏蔽层采用采用导磁不导电介质或不构成回路的导磁导电介质以防止所述永磁活塞磁场泄露;

[0017] 所述承压层采用耐压材质以承受所述腔体内部流体与外界的压力差。

[0018] 基于上述,本发明提供了上述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的应用方法,包括如下步骤:

[0019] 步骤100、推动永磁活塞沿压缩腔向膨胀腔方向运动,向压缩腔内通入低压工质并将膨胀腔内膨胀后的高压工质排出,直至永磁活塞运动至止停点,压缩腔内充满低压工质,膨胀腔内的高压工质被完全排出;

[0020] 步骤200、推动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动,向膨胀腔内通入定量高压工质后停止通入,高压工质在膨胀腔内膨胀并对活塞做功,低压工质在压缩腔内被压缩后排出,直至永磁活塞运动至止停点,低压工质被完全排出。

[0021] 步骤300、重复步骤100和步骤200,永磁活塞进行往复循环运动以实现活塞式膨胀

压缩机的连续工作。

[0022] 作为本发明的一种优选方案,在步骤100中,膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层消耗电能以驱动永磁活塞克服摩擦阻力沿压缩腔向膨胀腔方向运动;

[0023] 在步骤200中,当永磁活塞运动消耗的压缩功率大于获得的膨胀功时,膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层消耗电能以驱动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动;

[0024] 当永磁活塞运动消耗的压缩功率小于获得的膨胀功时,膨胀功驱动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动并通过膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层向外输出电能。

[0025] 本发明还提供了一种包含上述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的应用系统,包括与活塞式膨胀压缩机相连并形成循环回路的蒸发器和冷凝器,所述活塞式膨胀压缩机的压缩腔的出口端与所述蒸发器的进口端相连以使得高压工质在蒸发器内吸热达到高温高压状态,所述蒸发器的出口端与所述活塞式膨胀压缩机的膨胀腔相连接以使得高温高压的流体进入所述膨胀腔内,经所述膨胀腔膨胀做功后的低温低压工质进入所述冷凝器内被冷却为液体,所述冷凝器的出口与所述压缩腔相连以实现液态工质增压。

[0026] 本发明还提供了另一种包含上述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的应用系统,包括与活塞式膨胀压缩机相连并形成循环回路的蒸发器和冷凝器,所述活塞式膨胀压缩机的膨胀腔的出口与所述蒸发器的进口相连以使得低温低压的工质在所述蒸发器内吸热蒸发为气态,经所述蒸发器出口的气态工质进入所述活塞式膨胀压缩机的压缩腔被压缩为高温高压状态,所述压缩腔的出口与所述冷凝器的进口相连以使得高温高压工质被冷却为液态,经所述冷凝器出口的液态工质进入所述膨胀腔内膨胀做功。

[0027] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:

[0028] 本发明公开的基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,通过共用活塞实现了膨胀功能与压缩功能的耦合,大幅提升了部件和系统的能源利用率,并采用电磁感应技术实现了工作腔内外能量的传递,彻底解决了膨胀腔和压缩腔与外界的密封问题,进一步提升了其安全性、可靠性和高效性。

## 附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是示例性的,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0030] 图1为本发明实施例提供的活塞式膨胀压缩机的结构示意图;

[0031] 图2为本发明实施例提供的电磁感应线圈连接示意图;

[0032] 图3为本发明实施例提供的活塞式膨胀压缩机第一种应用系统的结构示意图;

[0033] 图4为本发明实施例提供的活塞式膨胀压缩机第二种应用系统的结构示意图。

[0034] 图中的标号分别表示如下:

[0035] 1:膨胀压缩机左端盖;2:排气板簧阀片;3:垫片;4:压缩缸端盖;5:进气板簧阀片;6:压缩腔活塞环;7:导线;8:永磁活塞;9:膨胀腔活塞环;10:膨胀压缩机右端盖;11:膨胀进气阀;12:膨胀排气阀;13:膨胀排气道;14:膨胀进气道;15:膨胀腔;16:膨胀压缩机缸体;17:压缩腔;18:压缩排气腔;19:压缩进气腔;20:压缩排气道;21:压缩进气道;

[0036] M-1-电磁感应线圈;M-2:N极导磁帽;M-3:永磁芯体;M-4:S极导磁帽;M-5:腔体;M-6:相位控制器;M-7:-电磁感应线圈总线;M-8:滑动层;M-9:电磁感应线圈层;M-10:磁场屏蔽层;M-11:承压层;

[0037] C-1:蒸发器;C-2:冷凝器;C-3:活塞式膨胀压缩机。

### 具体实施方式

[0038] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0039] 如图1所示,本发明提供了一种基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机,其特征在于,包括膨胀压缩机缸体16、形成于所述膨胀压缩机缸体16内的腔体M-5、设置于所述腔体M-5内的永磁活塞8以及设置在膨胀压缩机缸体16内用于推动所述永磁活塞8运动或实现所述永磁活塞8动能向电能转变的电磁感应线圈层M-9,所述腔体M-5的两端一对一的配置有低压工质室和高压工质室,所述低压工质和所述高压工质在所述永磁活塞8的往复移动中交替进入和排出所述腔体M-5内并完成所述低压工质的压缩以及所述高压工质的膨胀工作。

[0040] 其中,所述腔体M-5由靠近所述低压工质室一侧的压缩腔17以及靠近所述高压工质室一侧的膨胀腔15组成,根据应用场合和具体工况,膨胀腔15和压缩腔17可设置为等横截面、非等横截面,当膨胀压缩机应用在制冷、热泵循环系统时,压缩腔17的横截面积比膨胀腔15的横截面积要大;当膨胀压缩机应用在发电循环系统中时,膨胀腔15的横截面积比压缩腔17的横截面积要大。非等横截面时,压缩腔17与膨胀腔15横截面积比值等于被压缩流体与膨胀流体的体积流量的比值,相应永磁活塞的压缩侧与膨胀侧横截面积比值也等于被压缩流体与膨胀流体的体积流量的比值。

[0041] 进一步地,所述低压工质室包括顺次盖合在所述压缩腔17端部的压缩缸端盖4以及膨胀压缩机左端盖1,在所述压缩缸端盖4与所述膨胀压缩机左端盖1之间设置有垫片3,所述膨胀压缩机左端盖1上分别开设有压缩进气道21和压缩排气道20;

[0042] 所述压缩进气道21向内延伸至所述压缩缸端盖4内并形成与所述压缩腔17相连通的压缩进气腔19,在所述压缩腔17的内壁通过定位销固定安装有用于在流体压差作用下驱动所述压缩进气道21启闭的进气板簧阀片5;

[0043] 所述压缩排气道20向内延伸至所述压缩缸端盖4内并形成与所述压缩腔17相连通的压缩排气腔18,在所述压缩排气腔18的内壁通过定位销安装有用于在流体压缩作用下驱动所述压缩排气道20启闭的排气板簧阀2。

[0044] 所述高压工质室包括盖合在所述膨胀腔15端部的膨胀压缩机右端盖10,在所述膨胀压缩机右端盖10的内部开设有与所述膨胀腔15相连通的膨胀进气道14和膨胀排气道13,所述膨胀进气道14上安装有用于电磁驱动所述膨胀进气道14启闭的膨胀进气阀11,所述膨胀排气道13上安装有用于电磁驱动所述膨胀排气道13启闭的膨胀排气阀12。

[0045] 上述膨胀腔15的进气阀和排气阀负责实现膨胀进气道14和排气道的联通和断开,并依据永磁活塞8的移动方向和位置,由电磁驱动进行开启和关闭动作。永磁活塞8的移动方向和位置可以根据永磁活塞8与膨胀压缩机缸体16外侧线圈产生的电磁感应信号来确定。

压缩腔17的进气板簧阀片5和排气板簧阀片2负责实现压缩腔进气道21和排气道20的联通和断开。进气板簧阀片5由定位销固定在压缩腔17内壁,排气板簧阀片2由定位销固定在压缩腔18内壁。板簧阀片由其两侧流体压差驱动而开启和关闭。

[0046] 所述永磁活塞8包括设贴壁安装在所述腔体M-5内部的永磁芯体M-3以及一对一的包裹在所述永磁芯体M-3两侧的N极导磁帽M-2和S极导磁帽M-4,在所述N极导磁帽M-2和所述S极导磁帽M-4之间用非导磁物质隔开以使得所述N极导磁帽M-2和所述S极导磁帽M-4之间不形成回路,在所述永磁芯体M-3靠近所述压缩腔17的一端外壁安装有多圈压缩腔活塞环6,在所述永磁芯体M-3靠近所述膨胀腔15的一端外壁安装有多圈膨胀腔活塞环9。

[0047] 如图2所示,所述膨胀压缩机缸体16包括顺次包裹在所述腔体M-5外部的滑动层M-8、磁场屏蔽层M-10和承压层M-11,所述电磁感应线圈层M-9设置于所述滑动层M-8与所述磁场屏蔽层M-10之间;

[0048] 所述滑动层M-8采用不导磁且不导电介质或不构成回路的不导磁导电介质并与所述永磁活塞8直接接触;

[0049] 所述电磁感应线圈层M-9包括不少于一组电磁感应线圈M-1,所述电磁感应线圈M-1由导线7和包裹在所述导线7外部的硬质绝缘介质组成,若干组所述电磁感应线圈M-1并排缠绕在所述滑动层M-8的周向,且若干组所述电磁感应线圈M-1通过电磁感应线圈总线M-7连接有相位控制器M-6,所述相位控制器M-6外接交流电网;

[0050] 所述磁场屏蔽层M-10采用采用导磁不导电介质或不构成回路的导磁导电介质以防止所述永磁活塞8磁场泄露;

[0051] 所述承压层M-11采用耐压材质以承受所述腔体M-5内部流体与外界的压力差。

[0052] 相位控制器可控制每一电磁感应线圈的电流方向和大小,从而实现对所有并排电磁感应线圈相位的调节,亦可整流这些线圈产生的具有不同相位的电流,并向外界输出。采用电流相位控制器,通过调节与永磁活塞相近的电磁感应线圈的电流大小和方向,利用电磁感应原理,实现对永磁活塞的推力或实现永磁活塞动能向电能的转变。当永磁活塞消耗的压缩功大于获得的膨胀功时,以及无功行程需要克服摩擦阻力时,电磁感应线圈消耗电能,推动永磁活塞移动;当永磁活塞获得的膨胀功大于消耗的压缩功时,永磁活塞富裕的功率通过电磁感应线圈以电能的形式向外输出。当永磁活塞移动到接近左止点和右止点时,为防止永磁活塞对压缩腔和膨胀腔端面的撞击,以及防止出现液击现象,将左止点和右止点附近的线圈设置为闭合回路,或通过电流相位控制器设置能产生较大反向磁场的电流,使永磁活塞迅速减速。

[0053] 上述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的应用方法,包括如下步骤:

[0054] 步骤100、推动永磁活塞沿压缩腔向膨胀腔方向运动,向压缩腔内通入低压工质并将膨胀腔内膨胀后的高压工质排出,直至永磁活塞运动至止停点,压缩腔内充满低压工质,膨胀腔内的高压工质被完全排出;

[0055] 步骤200、推动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动,向膨胀腔内通入定量高压工质后停止通入,高压工质在膨胀腔内膨胀并对活塞做功,低压工质在压缩腔内被压缩后排出,直至永磁活塞运动至止停点,低压工质被完全排出。

[0056] 步骤300、重复步骤100和步骤200,永磁活塞进行往复循环运动以实现活塞式膨胀压缩机的连续工作。



[0057] 对上述永磁活塞的运动过程进行具体分析：

[0058] 压缩侧：低压流体被压缩进气道输送至压缩进气腔，当永磁活塞从左止点向右移动时，压缩腔内压力降低至低于压缩进气腔压力，当进气板簧阀片两侧压差足够大时，进气板簧阀片打开，低压流体开始进入压缩腔，当永磁活塞移动到右止点时，进气板簧阀片关闭，低压流体停止进入压缩腔，此时压缩腔内充满低压流体；当永磁活塞从右止点向左移动时，压缩腔内压力不断升高直至高于压缩排气腔压力，当进气板簧阀片两侧压差足够大时，排气板簧阀片打开，高压流体开始进入压缩排气腔，当永磁活塞移动到左止点时，排气板簧阀片关闭，高压流体停止进入压缩排气腔，被排入压缩排气腔内的高压流体被压缩排气道输送至循环系统。

[0059] 膨胀侧：当永磁活塞从右止点向左移动时，膨胀进气阀开启，高压流体通过膨胀进气道输送至膨胀腔，当永磁活塞从右向左移动一段距离后，膨胀进气阀关闭，高压流体在封闭的膨胀腔内膨胀，并对活塞做功，推动永磁活塞继续向左移动，当永磁活塞移动到左止点时，膨胀排气阀开启，随着永磁活塞向右移动，膨胀后的低压流体通过膨胀排气道被排出膨胀腔，当永磁活塞移动到右止点时，全部低压流体通过膨胀排气道被输送至循环系统，膨胀排气阀关闭。

[0060] 在步骤100中，膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层消耗电能以驱动永磁活塞克服摩擦阻力沿压缩腔向膨胀腔方向运动；

[0061] 在步骤200中，当永磁活塞运动消耗的压缩功率大于获得的膨胀功时，膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层消耗电能以驱动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动；

[0062] 当永磁活塞运动消耗的压缩功率小于获得的膨胀功时，膨胀功驱动永磁活塞沿膨胀腔向压缩腔方向运动并通过膨胀压缩机缸体内的电磁感应线圈层向外输出电能。

[0063] 即永磁活塞向左移动时，对左侧流体在压缩腔内的压缩过程消耗功率，而右侧膨胀腔内流体的膨胀过程对永磁活塞做功。永磁活塞与膨胀压缩缸体外侧线圈通过电磁感应原理相联系。当永磁活塞消耗的压缩功率大于获得的膨胀功时，膨胀压缩缸体外侧线圈输入的电能使永磁活塞产生向左移动的动力，补足永磁活塞需要的移动功率，当永磁活塞消耗的压缩功率小于获得的膨胀功时，永磁活塞向左移动做功，通过电磁感应原理使得膨胀压缩缸体外侧线圈向外输出电能。永磁活塞向右移动时，不消耗压缩功，也不获得膨胀功，膨胀压缩缸体外侧线圈消耗电能驱动永磁活塞克服摩擦阻力向右移动。

[0064] 如图3所示，本发明还提供了一种包含上述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的热力发电系统，包括与活塞式膨胀压缩机C-3相连并形成循环回路的蒸发器C-1和冷凝器C-2，所述活塞式膨胀压缩机C-3的压缩腔17的出口端与所述蒸发器C-1的进口端相连以使得高压工质在蒸发器C-1内吸热达到高温高压状态，所述蒸发器C-1的出口端与所述活塞式膨胀压缩机C-3的膨胀腔15相连接以使得高温高压的流体进入所述膨胀腔15内，经所述膨胀腔15膨胀做功后的低温低压工质进入所述冷凝器C-2内被冷却为液体，所述冷凝器C-2的出口与所述压缩腔17相连以实现液态工质增压。

[0065] 该应用系统即为正循环（热力发电）系统，永磁活塞获得的膨胀功大于消耗的压缩功，膨胀压缩机的综合效果是向外输出电能。

[0066] 如图4所示，本发明实施例还提供了另一种包含所述基于电磁感应的活塞式膨胀压缩机的热泵系统，包括与活塞式膨胀压缩机C-3相连并形成循环回路的蒸发器C-1和冷凝

器C-2,所述活塞式膨胀压缩机C-3的膨胀腔15的出口与所述蒸发器C-1的进口相连以使得低温低压的工质在所述蒸发器C-1内吸热蒸发为气态,经所述蒸发器C-1出口的气态工质进入所述活塞式膨胀压缩机C-3的压缩腔17被压缩为高温高压状态,所述压缩腔17的出口与所述冷凝器C-2的进口相连以使得高温高压工质被冷却为液态,经所述冷凝器C-2出口的液态工质进入所述膨胀腔15内膨胀做功。

[0067] 该应用系统即为逆循环(制冷、热泵)系统中,永磁活塞消耗的压缩功大于获得的膨胀功,膨胀压缩机的综合效果是消耗外界电能。

[0068] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

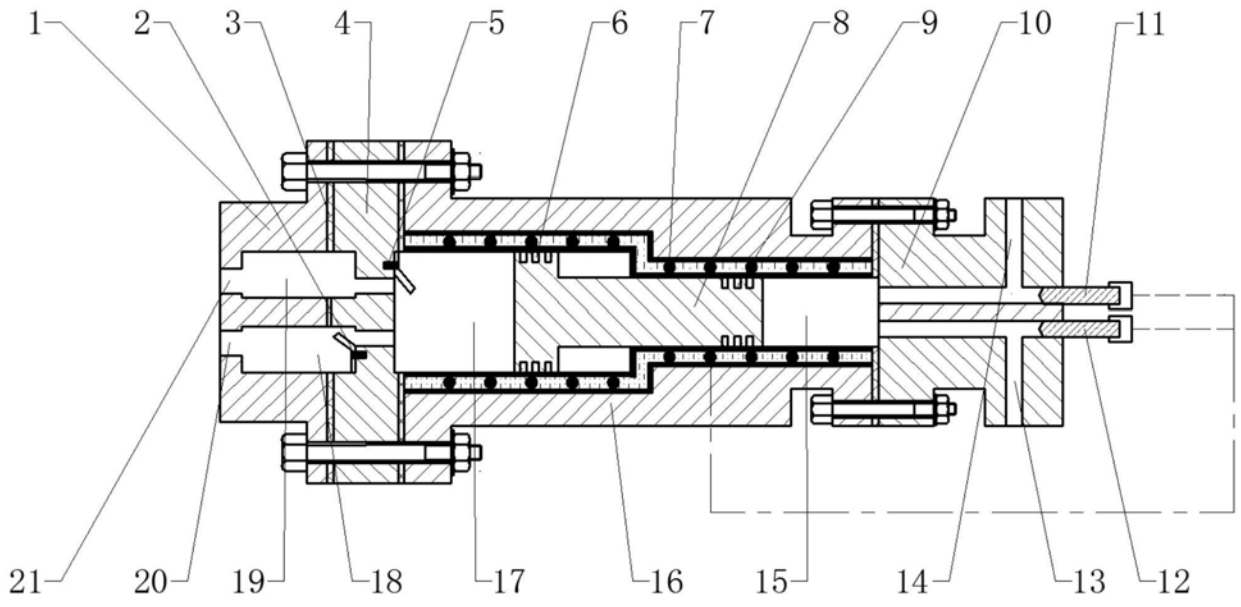


图1

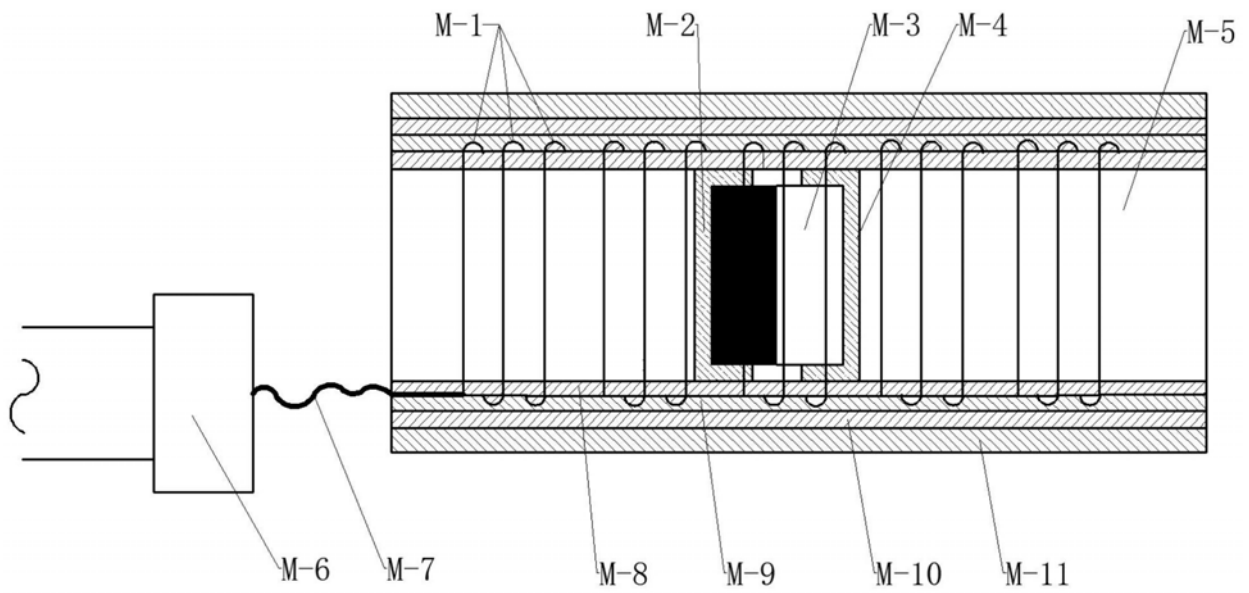


图2

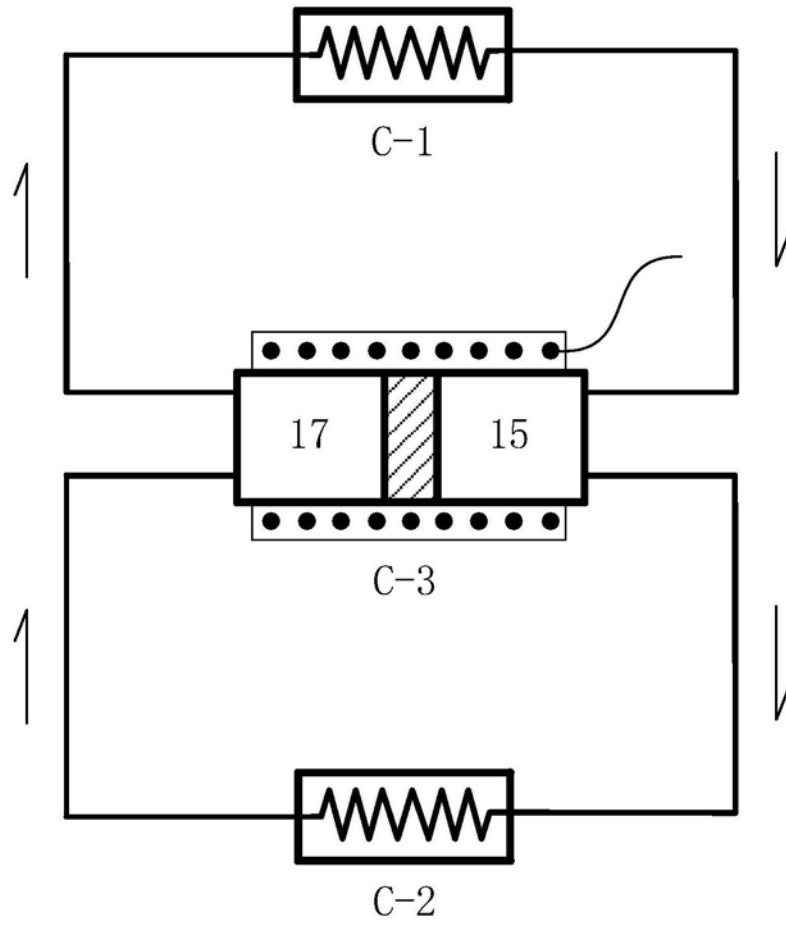


图3

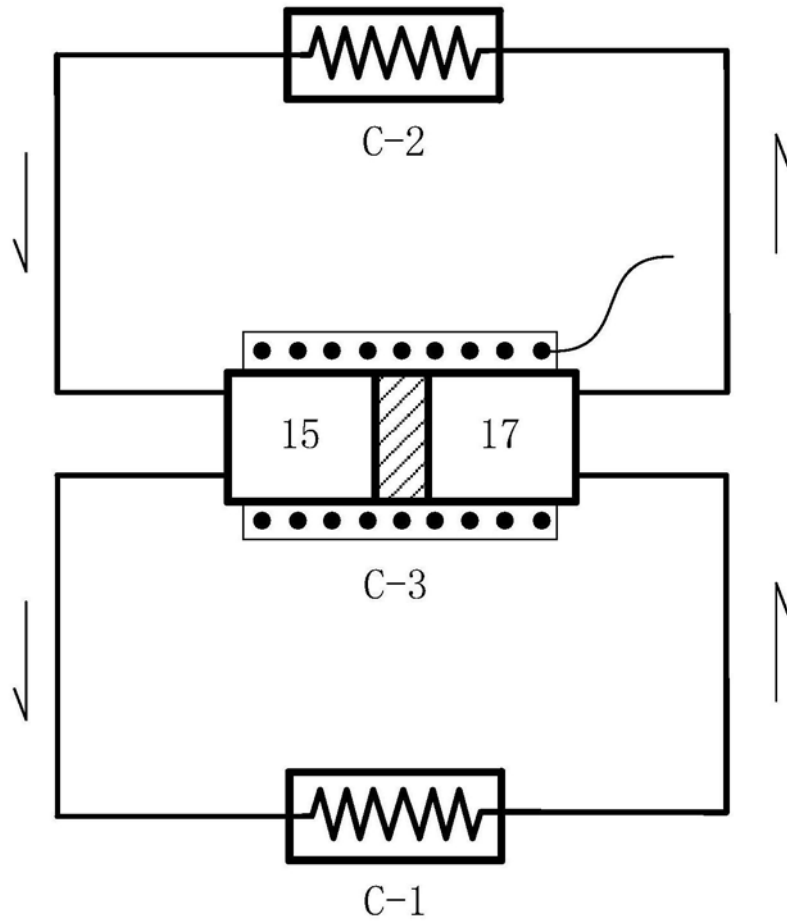


图4