



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115355086 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 29

(21) 申请号 202211029006.2

F02B 75/02 (2006.01)

(22) 申请日 2022.08.25

H02K 7/18 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115355086 A

(56) 对比文件

CN 102425499 A, 2012.04.25

CN 109854367 A, 2019.06.07

CN 111322155 A, 2020.06.23

CN 1261944 A, 2000.08.02

FR 1075224 A, 1954.10.14

KR 20030060469 A, 2003.07.16

US 2009126343 A1, 2009.05.21

US 6135069 A, 2000.10.24

US 6170442 B1, 2001.01.09

US 6293231 B1, 2001.09.25

(43) 申请公布日 2022.11.18

(73) 专利权人 北京理工大学

地址 100010 北京市海淀区中关村南大街5号

(72) 发明人 张志远 贾博儒 冯慧华 何洪文

左正兴 魏一迪 刘唱

(74) 专利代理机构 浙江侨悦专利代理有限公司

33470

专利代理师 林燕

审查员 陈正军

(51) Int. Cl.

F02B 71/04 (2006.01)

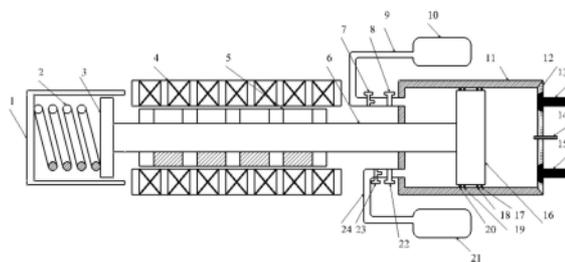
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种单缸自由活塞内燃发电系统及工作方法

(57) 摘要

本发明公开了一种单缸自由活塞内燃发电系统及工作方法,其中,自由活塞发动机包括气缸和往复运动在气缸内的活塞,活塞将气缸分为相隔离的高压气源缸和燃烧缸,燃烧缸的缸壁上安装有气门进气机构、火花塞和气门排气机构;高压气源机构包括高压储气罐和低压储气罐,高压储气罐和低压储气罐通过对应输气管道与高压气源缸相连;直线发电机包括相配合的直线电机定子和直线电机动子,直线电机动子固定安装在连杆上,连杆的一端与活塞固连;弹簧回复机构包括回复缸和回复弹簧,回复弹簧一端固连在连杆的另一端,回复弹簧另一端固连在回复缸上。本发明实现自由活塞内燃发电系统兼顾二冲程、四冲程燃烧模式,高压气源辅助起动,提高系统稳定运行能力。



1. 一种单缸自由活塞内燃发电系统,其特征在于,包括:自由活塞发动机、高压气源机构、直线发电机和弹簧回复机构;

所述自由活塞发动机包括气缸和往复运动在所述气缸内的活塞,所述活塞将所述气缸分为相隔离的高压气源缸和燃烧缸,所述燃烧缸的缸壁上安装有气门进气机构、火花塞和气门排气机构;

所述高压气源机构包括高压储气罐和低压储气罐,所述高压储气罐通过高压输气管道与所述高压气源缸相连,所述低压储气罐通过低压输气管道与所述高压气源缸相连,所述高压输气管道和低压输气管道上均设有控制阀;

所述直线发电机包括相配合的直线电机定子和直线电机动子,所述直线电机动子固定在连杆上,所述连杆的一端与所述活塞固连;

所述弹簧回复机构包括回复缸和回复弹簧,所述回复弹簧一端通过机械连接机构固连在所述连杆的另一端,所述回复弹簧另一端固连在所述回复缸上。

2. 如权利要求1所述的单缸自由活塞内燃发电系统,其特征在于,所述气缸的缸盖安装在所述燃烧缸上,所述气门进气机构、火花塞和气门排气机构安装在所述缸盖上。

3. 如权利要求1所述的单缸自由活塞内燃发电系统,其特征在于,所述活塞与所述气缸在靠近高压气源缸的连接处设有第一高压气源缸气环和第二高压气源缸气环,所述活塞与所述气缸在靠近燃烧缸的连接处设有第一燃烧缸气环和第二燃烧缸气环。

4. 如权利要求1所述的单缸自由活塞内燃发电系统,其特征在于,所述高压输气管道上设有的控制阀包括高压单向阀和高压压力调节阀,所述低压输气管道上设有的控制阀包括低压单向阀和低压压力调节阀。

5. 如权利要求1所述的单缸自由活塞内燃发电系统,其特征在于,所述活塞、连杆、直线电机动子、回复弹簧与机械连接机构同轴设置,且共同组成沿活塞运动方向往复直线运动的运动组件。

6. 如权利要求1所述的单缸自由活塞内燃发电系统,其特征在于,所述回复弹簧在初始状态下,所述活塞位于所述自由活塞发动机的下止点与上止点之间。

7. 如权利要求1所述的单缸自由活塞内燃发电系统,其特征在于,所述气门进气机构和气门排气机构均为电磁气门,根据系统运行要求,可以实现二冲程与四冲程工作模式;所述高压气源机构根据所述气门进气机构和气门排气机构的工作模式,选择对应运动在二冲程模式或四冲程模式。

8. 一种基于如权利要求1~7中任一项所述的单缸自由活塞内燃发电系统的工作方法,其特征在于,包括:

启动阶段:高压储气罐内的高压气体通过高压输气管道进入高压气源缸,推动活塞向燃烧缸侧运动压缩可燃混合气,到达点火位置后,火花塞工作,实现点火过程;

稳定发电阶段:高压气源缸内的高压气体完成工作后通过低压输气管道排出至低压储气罐内,保证高压气源缸内气体压力为大气压;此时,燃烧缸内燃烧后的高温高压气体推动活塞向高压气源缸侧运动,回复弹簧和高压气源缸内的气体经过压缩具备一定回弹能力,并在高压储气罐内的高压气体通过高压输气管道进入高压气源缸的辅助作用下,将活塞再次回推至点火位置,实现系统的稳定运行。

9. 如权利要求8所述的工作方法,其特征在于,还包括:

在系统遭遇失火后,高压气源机构启动失火预案,提高进入高压气源缸内的气体压力,提升活塞的回复能力,使得运动组件可到达点火位置。

10. 如权利要求8所述的工作方法,其特征在于,还包括:

在由于进气或喷油波动导致燃烧压力不足或者燃烧压力过高时,通过调节高压气源机构内的气体压力,稳定活塞运行止点位置。

一种单缸自由活塞内燃发电系统及工作方法

技术领域

[0001] 本发明属于能源动力技术领域,涉及一种单缸自由活塞内燃发电系统,具体涉及一种冲程可变、运行稳定的单缸自由活塞内燃发电系统及工作方法。

背景技术

[0002] 自由活塞内燃机与直线电机直接耦合形成自由活塞直线内燃发电系统,该系统结构简单,结构紧凑,被视作未来可替代传统内燃机的新型能源转换系统。系统运行过程中,运动组件做直线往复运动,直线电机定子与定子之间相互运动,产生电能。

[0003] 内燃机工作过程中一般包括进气、压缩、做功、排气四个工作过程;发动机工作模式为二冲程时,经过两个行程,发动机做功一次;工作模式为四冲程时,经过四个行程,发动机对外做功一次。自由活塞发动机一般采用二冲程燃烧模式,通常存在扫气效率较低、换气效果较差的缺点;同时,由于运动组件的自由运动,导致控制难度增大,系统整体运行稳定性较差。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的上述问题,本发明提供一种冲程可变、运行稳定的单缸自由活塞内燃发电系统。

[0005] 本发明公开了一种单缸自由活塞内燃发电系统,包括:自由活塞发动机、高压气源机构、直线发电机和弹簧回复机构;

[0006] 所述自由活塞发动机包括气缸和往复运动在所述气缸内的活塞,所述活塞将所述气缸分为相隔离的高压气源缸和燃烧缸,所述燃烧缸的缸壁上安装有气门进气机构、火花塞和气门排气机构;

[0007] 所述高压气源机构包括高压储气罐和低压储气罐,所述高压储气罐通过高压输气管道与所述高压气源缸相连,所述低压储气罐通过低压输气管道与所述高压气源缸相连,所述高压输气管道和低压输气管道上均设有控制阀;

[0008] 所述直线发电机包括相配合的直线电机定子和直线电机定子,所述直线电机定子固定安装在连杆上,所述连杆的一端与所述活塞固连;

[0009] 所述弹簧回复机构包括回复缸和回复弹簧,所述回复弹簧一端通过机械连接机构固连在所述连杆的另一端,所述回复弹簧另一端固连在所述回复缸上。

[0010] 作为本发明的进一步改进,所述气缸的缸盖安装在所述燃烧缸上,所述气门进气机构、火花塞和气门排气机构安装在所述缸盖上。

[0011] 作为本发明的进一步改进,所述活塞与所述气缸在靠近高压气源缸的连接处设有第一高压气源缸气环和第二高压气源缸气环,所述活塞与所述气缸在靠近燃烧缸的连接处设有第一燃烧缸气环和第二燃烧缸气环。

[0012] 作为本发明的进一步改进,所述高压输气管道上设有的控制阀包括高压单向阀和高压压力调节阀,所述低压输气管道上设有的控制阀包括低压单向阀和低压压力调节阀。

[0013] 作为本发明的进一步改进,所述活塞、连杆、直线电机定子、回复弹簧与机械连接机构同轴设置,且共同组成沿活塞运动方向往复直线运动的运动组件。

[0014] 作为本发明的进一步改进,所述回复弹簧在初始状态下,所述活塞位于所述自由活塞发动机的下止点与上止点之间。

[0015] 作为本发明的进一步改进,所述气门进气机构和气门排气机构均为电磁气门,根据系统运行要求,可以实现二冲程与四冲程工作模式;所述高压气源机构根据所述气门进气机构和气门排气机构的工作模式,选择对应运动在二冲程模式或四冲程模式。

[0016] 本发明还公开了一种基于上述单缸自由活塞内燃发电系统的工作方法,包括:

[0017] 启动阶段:高压储气罐内的高压气体通过高压输气管道进入高压气源缸,推动活塞向燃烧缸侧运动压缩可燃混合气,到达点火位置后,火花塞工作,实现点火过程;

[0018] 稳定发电阶段:高压气源缸内的高压气体完成工作后通过低压输气管道排出至低压储气罐内,保证高压气源缸内气体压力为大气压;此时,燃烧缸内燃烧后的高温高压气体推动活塞向高压气源缸侧运动,回复弹簧和高压气源缸内的气体经过压缩具备一定回弹能力,并在高压储气罐内的高压气体通过高压输气管道进入高压气源缸的辅助作用下,将活塞再次回推至点火位置,实现系统的稳定运行。

[0019] 作为本发明的进一步改进,还包括:

[0020] 在系统遭遇失火后,连杆、活塞等构成的运动组件因为压缩不足难以到达下一次点火位置,高压气源机构启动失火预案,提高进入高压气源缸内的气体压力,提升活塞的回复能力,使得运动组件可以到达点火位置,降低系统失火停机的频次,提高系统稳定运行能力。

[0021] 作为本发明的进一步改进,还包括:

[0022] 在由于进气或喷油波动导致燃烧压力不足或者燃烧压力过高时,通过调节高压气源机构内的气体压力,可以稳定活塞运行止点位置,在一定程度上提升系统运行稳定性。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0024] 本发明利用高压气源辅助,可以实现自由活塞内燃发电系统既可以二冲程燃烧模式工作,又可以四冲程燃烧模式工作,并且具备快速起动、运行稳定的优点,对于自由活塞内燃发电系统的推广应用具有重要意义。

附图说明

[0025] 图1为本发明一种实施例公开的冲程可变、运行稳定的单缸自由活塞内燃发电系统的结构示意图。

[0026] 图中:

[0027] 1、回复缸;2、回复弹簧;3、机械连接部件;4、直线电机定子;5、直线电机定子;6、连杆;7、高压单向阀;8、高压压力调节阀;9、高压输气管道;10、高压储气罐;11、气缸;12、缸盖;13、气门进气机构;14、火花塞;15、气门排气机构;16、活塞;17、第一燃烧缸气环;18、第二燃烧缸气环;19、第一高压气源缸气环;20、第二高压气源缸气环;21、低压储气罐;22、低压压力调节阀;23、低压单向阀;24、低压输气管道。

具体实施方式

[0028] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,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,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,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的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。

[0029] 下面结合附图对本发明做进一步的详细描述:

[0030] 本发明提供一种冲程可变、运行稳定的单缸自由活塞内燃发电系统,包括:自由活塞发动机、高压气源机构、直线发电机和弹簧回复机构;其中,自由活塞发动机包括气缸和往复运动在气缸内的活塞,活塞将气缸分为相隔离的高压气源缸和燃烧缸;高压气源推动活塞压缩可燃混合气达到点火条件,可实现系统启动过程,可免去自由活塞起动时对直线电机的依赖;依靠高压气源以及进排气门配气相位的调节可实现二冲程、四冲程的燃烧模式,切换自由;在系统面临失火状态时,高压气源进行干预,推动活塞到达点火位置,降低系统失火率,辅助系统稳定运行。

[0031] 具体的:

[0032] 如图1所示,本发明提供一种冲程可变、运行稳定的单缸自由活塞内燃发电系统,包括:自由活塞发动机、高压气源机构、直线发电机和弹簧回复机构;其中,

[0033] 本发明的自由活塞发动机包括:气缸11、缸盖12、气门进气机构13、气门排气机构15、火花塞14、活塞16、第一燃烧缸气环17、第二燃烧缸气环18、第一高压气源缸气环19、第二高压气源缸气环20;其中,活塞16直线往复运动在气缸11内,且活塞16将气缸11分为相隔离的高压气源缸和燃烧缸,缸盖12安装在燃烧缸上,气门进气机构13、气门排气机构15、火花塞14安装在缸盖12上,用于向燃烧缸内进气、排气和点火。为保证高压气源缸和燃烧缸之间的封闭性,本发明在活塞16与气缸11在靠近高压气源缸的连接处设有第一高压气源缸气环19和第二高压气源缸气环20,活塞16与气缸11在靠近燃烧缸的连接处设有第一燃烧缸气环17和第二燃烧缸气环18。系统运动时,活塞16向右(燃烧缸侧)运动压缩燃烧缸内气体,活塞16向左(高压气源缸侧)运动压缩高压气源缸内气体。

[0034] 本发明的高压气源机构包括高压单向阀7、高压压力调节阀8、高压输气管道9、高压储气罐10、低压储气罐21、低压压力调节阀22、低压单向阀23和低压输气管道24;其中,高压储气罐10通过高压输气管道9与高压气源缸相连,低压储气罐21通过低压输气管道24与高压气源缸相连;高压输气管道9和低压输气管道24上均设有控制阀,即,高压输气管道9上设有高压单向阀7和高压压力调节阀8,低压输气管道24上设有低压单向阀23和低压压力调节阀22。使用时,通过压单向阀7和低压单向阀23,控制向高压气源缸进高压气以及使高压气源缸内做功后的高压气排出并保证高压气源缸内气体压力为大气压。同时,还可通过调节压压力调节阀8和低压压力调节阀22,控制进入高压气源缸内的高压气压力。

[0035] 本发明的直线发电机包括相配合的直线电机定子4和直线电机转子5,直线电机转子5固定安装在连杆6上,连杆6的一端与活塞16固连。本发明的弹簧回复机构包括回复缸1和回复弹簧2,回复弹簧2一端通过机械连接机构3固连在连杆6的另一端,回复弹簧2另一端固连在回复缸1上;其中,活塞16、连杆6、直线电机转子5、回复弹簧2与机械连接机构3同轴设置,且共同组成沿活塞16运动方向往复直线运动的运动组件。进一步,回复弹簧2在初始状态下,活塞16位于自由活塞发动机的下止点与上止点之间;当活塞16在最右侧(上止点)

时,回复弹簧2被拉伸;当活塞16在最左侧(下止点)时,回复弹簧2被压缩。

[0036] 进一步,本发明的气门进气机构13和气门排气机构15均为电磁气门,根据系统运行要求,可以实现二冲程与四冲程工作模式;当气门进气机构13与气门排气机构15为二冲程工作模式时,高压气源机构也需要运行在二冲程模式,当气门进气机构13与气门排气机构15为四冲程工作模式时,高压气源机构也需要运行在四冲程模式。

[0037] 本发明提供一种基于上述单缸自由活塞内燃发电系统的工作方法,包括:

[0038] 启动阶段:高压储气罐10内的高压气体通过高压输气管道9进入高压气源缸(高压单向阀7打开、低压单向阀23关闭),推动活塞16向燃烧缸侧(右侧)运动压缩可燃混合气,到达点火位置后,火花塞14工作,实现点火过程;

[0039] 稳定发电阶段:高压气源缸内的高压气体完成工作后通过低压输气管道24排出至低压储气罐21内(高压单向阀7关闭、低压单向阀23打开),保证高压气源缸内气体压力为大气压;此时,燃烧缸内燃烧后的高温高压气体推动活塞16向高压气源缸侧(左侧)运动,回复弹簧2和高压气源缸内的气体经过压缩具备一定回弹能力,并在高压储气罐10内的高压气体通过高压输气管道9进入高压气源缸的辅助作用下,将活塞再次回推至右侧点火位置,实现系统的稳定运行;

[0040] 在系统遭遇失火后,连杆6、活塞16等构成的运动组件因为压缩不足难以到达下一次点火位置,高压气源机构启动失火预案,通过调节高压压力调节阀8提高进入高压气源缸内的气体压力,提升活塞16的回复能力,使得运动组件可以到达点火位置,降低系统失火停机的频次,提高系统稳定运行能力。

[0041] 在由于进气或喷油波动导致燃烧压力不足或者燃烧压力过高时,通过调节高压气源机构内的气体压力,可以稳定活塞运行止点位置,在一定程度上提升系统运行稳定性。

[0042] 实施例1

[0043] 本发明的单缸自由活塞内燃发电系统工作在二冲程燃烧模式时:

[0044] 点火过程结束后,系统从最右侧(上止点)往左侧运行,此时气缸内高温高压气体推动活塞16运动,进行做功过程;到达排气相位(靠近上止点)时,气门排气机构15工作,将气缸内的燃烧废气排出,到达进气相位(靠近下止点)后,气门进气机构13工作,新鲜空气进入燃烧缸中,并实现扫气过程,在活塞16向左运行过程中,高压气源机构保证高压气源缸内气体压力为大气压,到达最左侧(下止点)后,高压气源机构工作,辅助运动组件向右运行,压缩可燃混合气。在实现排气、进气过程后,气门进气机构13与气门排气机构15关闭进、排气门,进行压缩过程,到达点火位置后,火花塞14工作,实现点火过程,因此在活塞16从上止点到下止点再回到上止点后,自由活塞内燃机对外做功一次,实现二冲程燃烧工作模式。

[0045] 实施例2

[0046] 本发明的单缸自由活塞内燃发电系统工作在四冲程燃烧模式时:

[0047] 点火过程结束后,系统从上止点往左侧运行,此时气缸内高温高压气体推动活塞16运动,进行做功过程,在活塞16向左运行过程中,高压气源机构保证高压气源缸内气体压力为大气压,到达下止点后,高压气源机构工作,辅助运动组件向右运行,到达排气相位时,气门排气机构15工作,排气门打开,再次到达上止点后,由于回复弹簧2经过拉长,运动组件具备向左运行的能力,到达进气相位后,气门进气机构13工作,在实现排气、进气过程后,气门进气机构13与气门排气机构15关闭进、排气门,活塞16向左运行,此时高压气源机构保证

高压气源缸内气体压力为大气压,到达最左侧(下止点)后,高压气源机构再次工作,推动活塞16向右运行,进行压缩过程,到达点火位置后,火花塞14工作,实现点火过程。因此在活塞经过上止点-下止点-上止点-下止点-上止点四个行程,自由活塞内燃机对外做功一次,实现四冲程燃烧工作模式。

[0048] 本发明的优点为:

[0049] 本发明利用高压气源辅助,可以实现自由活塞内燃发电系统既可以二冲程燃烧模式工作,又可以四冲程燃烧模式工作,并且具备快速起动、运行稳定的优点,对于自由活塞内燃发电系统的推广应用具有重要意义。

[0050] 以上仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

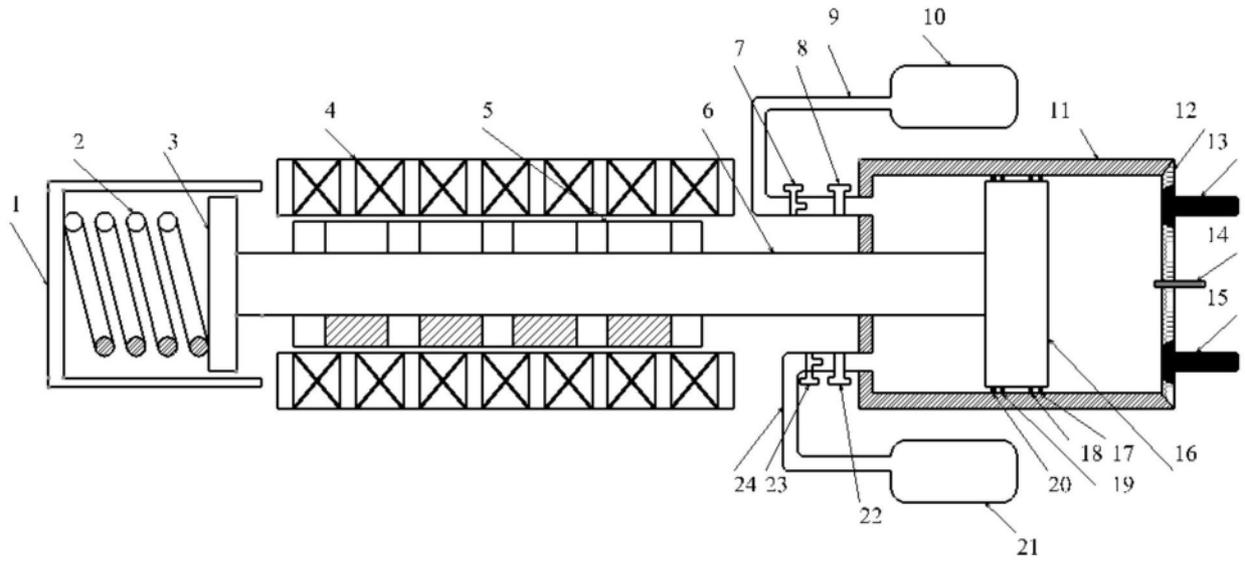


图1