

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B60L 11/02 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

F02B 63/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710019410.0

[45] 授权公告日 2010年1月6日

[11] 授权公告号 CN 100577464C

[22] 申请日 2007.1.22

[21] 申请号 200710019410.0

[73] 专利权人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

[72] 发明人 常思勤 徐照平

[56] 参考文献

US2003/0098587A1 2003.5.29

CN2317317Y 1999.5.5

CN1625026A 2005.6.8

CN1186535A 1998.7.1

CN2348115Y 1999.11.10

US2005/0072148A1 2005.4.7

HCCI 自由活塞式内燃机运行参数设计.
周志宏. 石油机械, 第31卷第10期. 2003

审查员 何伟

[74] 专利代理机构 南京理工大学专利中心

代理人 朱显国

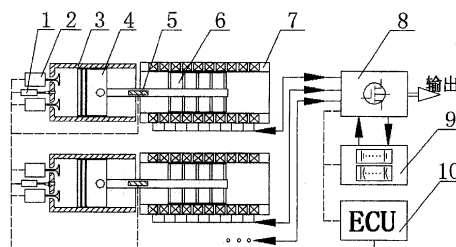
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称

内燃-直线发电集成动力系统

[57] 摘要

本发明公开了一种内燃-直线发电集成动力系统。该动力系统包括四行程内燃机燃烧室，所述的四行程内燃机燃烧室包括缸体、设置在缸体内的活塞、在缸体上设置的点火装置和配气机构，具有发电工作模式和电动工作模式的直线电机包括直线电机动子和直线电机定子，该直线电机动子上设置活塞运动位置检测元件，该直线电机动子与四行程内燃机燃烧室的活塞连接；所述的直线电机定子通过电力控制单元与可逆电能存储装置连接；所述的电控单元分别与点火装置、配气机构、电力控制单元、可逆电能存储装置和活塞运动位置检测元件连接。本发明具有高比功率；能够实现内燃机的低压缩比与高膨胀比运行，可保证高负荷率的分缸、分组独立运行工作模式以提高系统效率。



1、一种内燃-直线发电集成动力系统,包括四行程内燃机燃烧室、电力控制单元[8]、可逆电能存储装置[9]及电控单元[10],所述的四行程内燃机燃烧室包括缸体[3]、设置在缸体[3]内的活塞[4]、在缸体[3]上设置的点火装置[1]和配气机构[2],所述的电控单元[10]分别与点火装置[1]、配气机构[2]、电力控制单元[8]和可逆电能存储装置[9]连接,具有发电工作模式和电动工作模式的直线电机包括直线电机动子[6]和直线电机定子[7],该直线电机动子[6]上设置活塞运动位置检测元件[5],该直线电机动子[6]与四行程内燃机燃烧室的活塞[4]连接;所述的直线电机定子[7]通过电力控制单元[8]与可逆电能存储装置[9]连接;所述的电控单元[10]与活塞运动位置检测元件[5]连接;四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机为一组或一组以上,其特征在于:每一组四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机都设置相应的电力控制单元[8]、可逆电能存储装置[9]和电控单元[10],或者每几组四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机设置一个电力控制单元[8]、可逆电能存储装置[9]和电控单元[10]。

内燃-直线发电集成动力系统

一 技术领域

本发明属于输入燃料后，经能量转换与传递后输出电能的集成动力系统，可应用于汽车动力以及其他其它需要移动电源、便携式电源的各种场合，特别是一种内燃-直线发电集成动力系统。

二 背景技术

自由活塞式发动机已具有较长的研究历史，上世纪 50 年代就有将其作为燃气发生器与单级涡轮机结合运行的研究。一种较为典型的双缸对置式二行程直线发电机的技术方案见图 1 (Ehab F. Shoukry. Numerical Simulation for Parametric Study of a Two-Stroke Compression Ignition Direct Injection Linear engine. Doctoral Dissertation, West Virginia University, 2003)。

目前研究的这类自由活塞式直线发电机主要应用二行程内燃机工作原理，而由于二行程内燃机节能环保性能显著低于四行程内燃机，同时还存在由于不着火、循环波动等不正常燃烧而出现活塞冲撞使系统工作可靠性难以提高的难题。同时通常采用对置双缸形式来保证每个行程有一个燃烧室处于做功行程，两个燃烧室互相提供非做功行程的活塞驱动力，或采用弹簧等机械储能的形式来提供非做功行程的活塞驱动力，未能给予自由活塞完全的自由度，内燃机压缩比与膨胀比相等，因而也很难通过调节活塞运动规律来提高内燃机的热力循环效率。

国外在 80 年代即有直线发动机或自由活塞发动机等相关专利，例如“Linear engine / hydraulic pump(United States Patent: 4308720) (1982 年)”，这类专利一般均应用二行程内燃机或斯特林发动机原理，输出可为液压能或电能的形式，其中大多为液压能形式。结构上多采用对置式，不能分缸独立运行。如专利“Free piston engine(United States Patent: 6199519) (2001 年)”，“Opposed piston opposed cylinder free piston engine(United States Patent: 6953010) (2005 年)”等，还有在自由活塞发动机燃烧方式（如 HCCI）、燃料（如氢气）等方面的一些专利。

国内的实用新型专利“直线内燃式发电装置（200420097646.8）”和发明专利“内燃式机械与电力二元能量输出方法及其装置（200410036181.x）”中，装置仍保留了发动

机的曲柄连杆机构，仅在活塞与曲柄连杆机构间增加了直线发电部分（专利中称为“发动机内部分流”），活塞运动与常规发动机相同，不能自由控制。还有如实用新型专利“内燃式流体活塞泵（01236443.6）”，采用二行程内燃机原理，直接与直线运动的液压泵连接以及发明专利“液压自由活塞发动机增压启动装置（03115990.7）”，用充入高压液体的方法解决自由活塞发动机的启动问题。

三 发明内容

本发明的目的在于提供一种能够直接输出电能，并实现内燃机的低压缩比与高膨胀比运行，保证高负荷率的分缸、分组独立运行工作模式的内燃-直线发电集成动力系统。

实现本发明目的的技术解决方案为：一种内燃-直线发电集成动力系统，包括四行程内燃机燃烧室、电力控制单元、可逆电能存储装置及电控单元，所述的四行程内燃机燃烧室包括缸体、设置在缸体内的活塞、在缸体上设置的点火装置和配气机构，所述的电控单元分别与点火装置、配气机构、电力控制单元和可逆电能存储装置连接，具有发电工作模式和电动工作模式的直线电机包括直线电机动子和直线电机定子，该直线电机动子上设置活塞运动位置检测元件，该直线电机动子与四行程内燃机燃烧室的活塞连接；所述的直线电机定子通过电力控制单元与可逆电能存储装置连接；所述的电控单元与活塞运动位置检测元件连接；四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机可以为一组或一组以上，每一组四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机可以都设置相应的电力控制单元、可逆电能存储装置和电控单元，或者每几组四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机可以设置一个电力控制单元、可逆电能存储装置和电控单元。

本发明内燃-直线发电集成动力系统可以只有一个电力控制单元、可逆电能存储装置和电控单元分别与所有组的四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机连接。

本发明与现有技术相比，其显著优点为：（1）通过减少能量传递与转换的环节，优化内燃机的热力循环与运转工况，提高机电能量转换的效率，从燃料输入到电能输出的系统能量转换与传递效率较常规系统（例如常规内燃机与发电机的组合）将有明显提高；（2）由于没有了曲柄连杆机构和飞轮，本系统具有高比功率；（3）由于自由活塞的结构，所以可以使用多种不同燃烧以及优化燃烧方式，故而成为节能、环保性

能优良同时具有较高性能价格比的车辆动力装置，并在其他需要移动电源、便携式电源的各种场合得到广泛应用；（4）系统应用四行程内燃机原理，主要通过切换直线电机的发电和电动工作状态、调节直线电机线圈电流的方向和大小从而改变直线电机的电磁力的方向和大小来控制活塞运动，以获得更好的节能环保性能，同时提高系统工作可靠性，解决应用二行程内燃机原理的直线发动机由于不着火、循环波动等不正常燃烧而出现活塞冲撞的难题；（5）实现内燃机的低压缩比与高膨胀比运行以及可保证高负荷率的分缸、分组独立运行工作模式以提高系统效率；同时，分缸、分组独立运行的工作模式还减小系统应用中对电能存储元件容量的要求。

下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

四 附图说明

图 1 是现有技术中的双缸对置式二行程直线发电机的结构示意图。

图 2 是本发明内燃-直线发电集成动力系统的结构示意图。

1.点火装置；2.配气机构；3.缸体；4.活塞；5. 活塞运动位置检测元件；6.直线电机动子；7.直线电机定子；8.电力控制单元；9.可逆电能存储装置；10.电控单元。

五 具体实施方式

结合图 2，本发明的内燃-直线发电集成动力系统，包括四行程内燃机燃烧室、电力控制单元 8、可逆电能存储装置 9 及电控单元 10，所述的四行程内燃机燃烧室包括缸体 3、设置在缸体 3 内的活塞 4、在缸体 3 上设置的点火装置 1 和配气机构 2，所述的电控单元 10 分别与点火装置 1、配气机构 2、电力控制单元 8 和可逆电能存储装置 9 连接，具有发电工作模式和电动工作模式的直线电机包括直线电机动子 6（如可以为永磁动铁式无刷直线电机）和直线电机定子 7，该直线电机动子 6 上设置活塞运动位置检测元件 5，该直线电机动子 6 与四行程内燃机燃烧室的活塞 4 连接；通过切换直线电机的发电和电动工作状态、调节直线电机线圈电流的方向和大小从而改变直线电机的电磁力的方向和大小来控制活塞 4 运动，可实现内燃机的低压缩比与高膨胀比运行。所述的直线电机定子 7 通过电力控制单元 8 与可逆电能存储装置 9 连接；所述的电控单元 10 与活塞运动位置检测元件 5 连接。本发明的四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机可以只有一组，或者根据需要可以有多个。因此与此对应连接的电力控制单元 8、可逆电能存储装置 9 和电控单元 10 可以每一组都设置一个，或者所有组的四行程内燃

机燃烧室及与其连接的直线电机只连接一个电力控制单元 8、可逆电能存储装置 9 和电控单元 10，或者所有组中每几组四行程内燃机燃烧室及与其连接的直线电机连接一个电力控制单元 8、可逆电能存储装置 9 和电控单元 10 从而实现内燃机的低压缩比与高膨胀比运行以及分缸、分组独立运行工作模式。

本发明内燃-直线发电集成动力系统的燃料的化学能通过燃烧膨胀做功，由活塞 4 直接连接直线电机输出电能至负载或电能存储子系统，也可在需要时输入电能驱动活塞运动，并通过调节电磁力控制活塞的运动规律，电能存储元件的应用以及分缸、分组运行的工作模式将保证系统在具有最优经济性的稳定工况下工作并能在实际应用中实现能量的柔性传输。在可逆电能存储子系统中，采用蓄电池与超级电容组合的方式以发挥各自的优势，充分利用超级电容高功率密度和高效的特点，为实现通过调节电磁力来控制活塞运动提供前提条件。

四行程内燃机燃烧室可参考常规四行程汽油机设计；直线电机可采用永磁直流电机原理设计，要求可工作于电动工作模式带动活塞运动，也可工作于发电工作模式由活塞推动发电。电力控制单元 8 主要是根据电控单元 10 的指令控制电能在线电机和可逆电能存储装置 9 之间的流动以及电能的输出。可逆电能存储装置 9 可采用蓄电池和超级电容作为电能存储元件。电控单元设计具有以下功能：通过活塞运动位置检测元件 5 检测活塞的运动位置和速度，通过电力控制单元 8 控制直线电机的工作模式以及直线电机的运动速度；控制点火装置 1 和配气机构 2；控制整个系统循环执行四冲程工作原理。

本发明内燃-直线发电集成动力系统使用四冲程工作原理，即系统循环工作于进气行程、压缩行程、做功行程、排气行程。

在进气行程开始，电控单元 10，如 ECU 通过电力控制单元 8 主动控制直线电机工作于电动工作模式，通过调节施加于直线电机的电压的大小改变直线电机的电磁力，带动活塞 4 向远离缸顶的方向运动，使缸体中吸入燃料混合气。在进气行程末了，电控单元 10 通过电力控制单元 8 主动控制直线电机工作于发电工作模式，对活塞 4 和直线电机定子进行制动，并将他们的动能转化为电能还给可逆电能存储装置 9。

在压缩行程中，电控单元 10 通过电力控制单元 8 改变施加于直线电机的电压方向，同时通过调节施加于直线电机的电压的大小改变直线电机的电磁力的大小，带动活塞 4

向着缸顶的方向运动，快速压缩燃料混合气，直到活塞 4 的速度趋近于零。在压缩行程末，电控单元 10 控制点火装置 1 点火，燃料混合气燃烧。

在做功行程中，燃料燃烧将化学能转化为热能，气体膨胀做功推动活塞 4 运动，电控单元 10 通过电力控制单元 8 主动控制直线电机工作于发电工作模式，活塞 4 直接推动永磁动铁式无刷直线电机的永磁动子运动，形成运动的磁场，定子绕组磁通量发生变化产生电能，直接输出至负载或可逆电能存储装置 9。

在排气行程中，电控单元 10 通过电力控制单元 8 主动控制直线电机工作于电动工作模式，通过调节施加于直线电机的电压的大小改变直线电机的电磁力，带动活塞 4 向着缸顶的方向运动，排出燃烧废气。在排气行程末了，电控单元 10 通过电力控制单元 8 主动控制直线电机工作于发电工作模式，对活塞 4 和直线电机动子进行制动，并将他们的动能转化为电能还给可逆电能存储装置 9。

在整个过程中，保持低压缩比与高膨胀比运行。电控单元 10 通过活塞运动位置检测元件 5 检测活塞的位置，并计算活塞的运动速度，结合实时采集到的直线电机的电压和电流信号，根据以上的四冲程的工作方式，控制直线电机的发电/电动工作状态、以及通过改变直线电机的电压和电流的方向和大小控制直线电机的运动方向和运动速度。同时，电控单元 10 根据四行程内燃机燃烧室的工作过程，控制配气机构 2 和点火装置 1。可逆电能存储装置 9 在整个工作过程中用于能量的存储和缓冲。

总的来说，系统应用四行程内燃机原理，主要通过调节直线电机的电磁力来控制活塞 4 运动，以获得更好的节能环保性能，同时提高系统工作可靠性，解决应用二行程内燃机原理的直线发动机由于不着火、循环波动等不正常燃烧而出现活塞冲撞的难题；实现内燃机的低压缩比与高膨胀比运行以及可保证高负荷率的分缸、分组独立运行工作模式以提高系统效率；同时，分缸、分组独立运行的工作模式还可减小系统应用中对电能存储元件容量的要求。

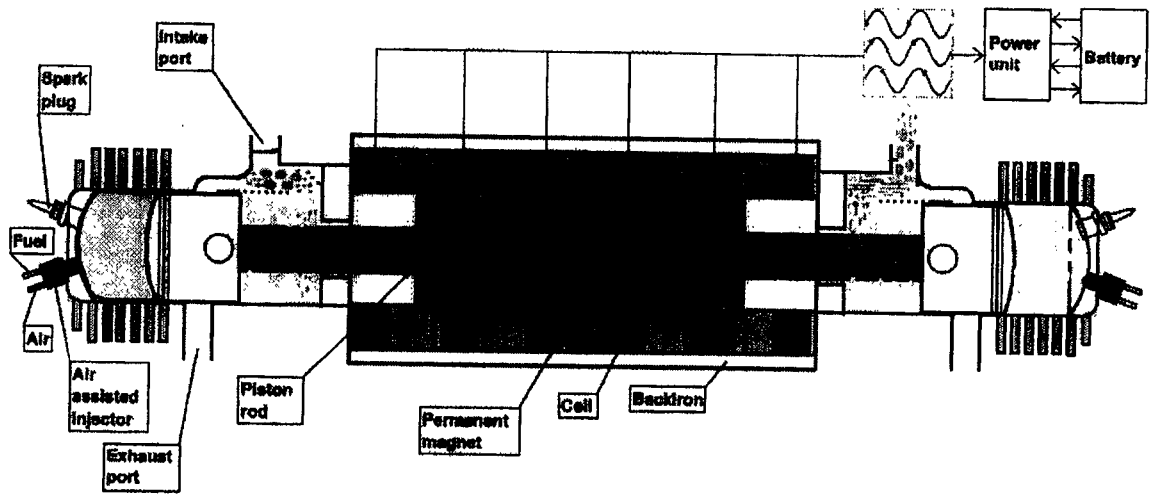


图 1

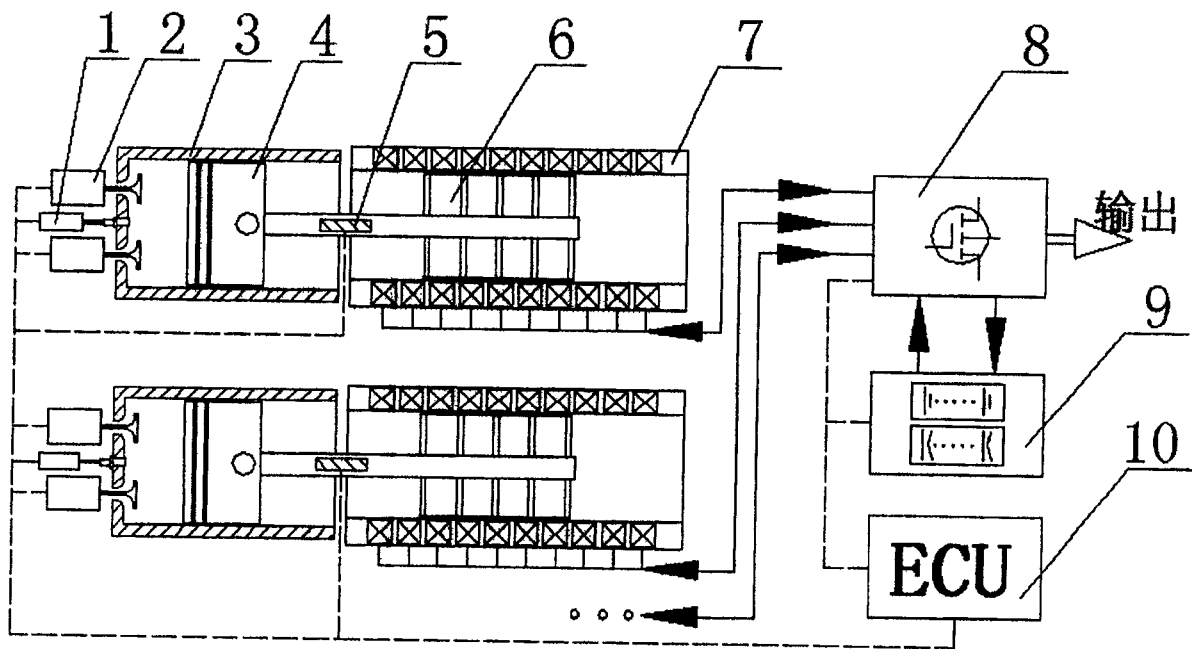


图 2