

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 9 月 7 日 (07.09.2018)



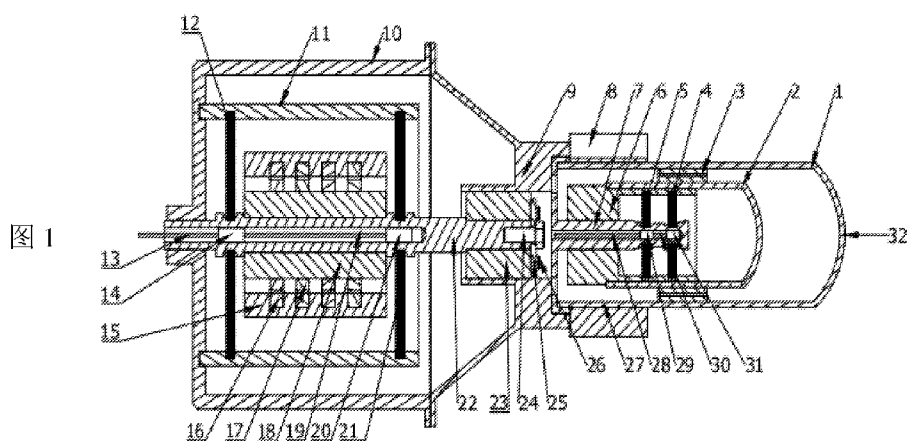
(10) 国际公布号
WO 2018/157677 A1

- (51) 国际专利分类号:
F02G 1/043 (2006.01) *F02G 1/053* (2006.01)
F02G 1/055 (2006.01) *H02N 11/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/073910
- (22) 国际申请日: 2018 年 1 月 24 日 (24.01.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710118194.9 2017年3月1日 (01.03.2017) CN
- (71) 申请人: 山东科技大学(SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。
- (72) 发明人: 王成龙(WANG, Chenglong); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong

266590 (CN)。邱志伟(QIU, Zhiwei); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。曾庆良(ZENG, Qingliang); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。陈萌(CHEN, Meng); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。刘志海(LIU, Zhihai); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。马凡凡(MA, Fanfan); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。杨扬(YANG, Yang); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。孟昭胜(MENG, Zhaosheng); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。冯鹏超(FENG, Pengchao); 中国山东省青岛经济技术开发区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。

(54) Title: STIRLING ELECTRIC GENERATOR BASED ON DIELECTRIC ELASTIC BODY AND ELECTRICITY GENERATION METHOD

(54) 发明名称: 一种基于介电弹性体的斯特林发电机及发电方法



(57) Abstract: A Stirling electric generator based on a dielectric elastic body and an electricity generation method, relating to a Stirling electric generator and an electricity generation method. The electric generator comprises: a starting device, an electricity generation device, and a power device, wherein the starting device, the electricity generation device, and the power device are integrally connected in sequence. The electricity generation method comprises: starting the Stirling electric generator by means of a built-in linear motor, wherein the started Stirling electric generator enters a self-running stage. The self-running stage is divided into four stage steps: isothermal expansion, isochoric heat release, isothermal compression, and isochoric heat absorption. The advantages are that: the starting device, the power device, and the electricity generation device are integrated; the purpose of enabling an engine to continuously run is realized by utilizing the elasticity of the dielectric elastic body, and the generated deformation of the Stirling electric generator is effectively utilized for electricity generation; the electricity generation device and the power device are integrated, and a middle mechanical transmission link is reduced, so that the energy utilization rate is increased; the linear motor is utilized to realize the starting of the engine; the Stirling electric generator is suitable for all kinds of high-temperature heat sources; during electricity generation, the noise is low; the emission of harmful gas is effectively reduced; and the utilization rate of the high-temperature heat sources is effectively increased.



(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司
(JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路
14号A5楼7层701, Beijing 100015 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,
CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,
JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于介电弹性体的斯特林发电机及发电方法, 属于斯特林发电机及发电方法。发电机包括: 启动装置、发电装置和动力装置; 启动装置、发电装置和动力装置顺序连接成一体; 发电方法: 通过内置的直线电机启动斯特林发电机, 启动后的斯特林发电机进入自行运转阶段, 自行运转分为四个阶段步骤: 等温膨胀、等容放热、等温压缩和等容吸热。优点: 启动装置、动力装置和发电装置为一体; 利用介电弹性体的弹性实现发动机连续运转并且有效利用其产生的形变用于发电; 发电装置与动力装置集成化, 减少中间机械传递环节, 提高了能量利用率; 利用直线电机实现发动机的启动; 适用于各种高温热源; 发电时噪声小; 有效减少有害气体排放; 有效提高高温热源利用率。

一种基于介电弹性体的斯特林发电机及发电方法

技术领域

本发明涉及一种斯特林发电机及发电方法，特别是一种基于介电弹性体的斯特林发电机及发电方法。

背景技术

随着全球能源危机的发展与环境的恶化，传统的化石燃料日益枯竭，且燃烧的排放物造成了温室效应、雾霾天气及极端的气候等人为的灾害，为了地球的可持续发展和人类生活水平的改善，人们清楚地认识到开发利用新能源的重要性。其中，绿色能源的利用越来越广泛，绿色能源对环境无害或危害极小，且资源广泛。越来越多的国家采取鼓励生产和使用绿色能源的政策和措施，中国也确立了到年绿色能源占总能源比重的目标。斯特林发动机作为一种外燃机，外燃机是指在汽缸外燃烧的发动机，热能通过加热器传给工质，工质不直接参与燃烧，也不更换，无需排放有害气体，几乎可以使用任何高温热源，如太阳能，地热能等绿色能源或汽车、空调、热电厂的废冷废热等。

目前，现有的斯特林发动机是使用发动机的发电装置，通过发动机转变为旋转运动，带动旋转发电机进行发电，发动机与发电机要通过传动轴连接，体积庞大；发动机运转时存在有运动死点，一般是通过飞轮的惯性或弹性体的弹性来越过死点，容易发生死机。

发明内容

本发明的目的是要提供一种基于介电弹性体的斯特林发电机及发电方法，利用越过死点的方式进行发电，不再通过输出旋转运动进行发电，不易死机，提高工作效率；内置直线电机进行启动，所有工作流程集成在一起，实现集成化，有效的减小发电机体积。

本发明的目的是这样实现的：本发明的斯特林发电机包括：启动装置、发电装置和动力装置；启动装置、发电装置和动力装置顺序连接成一体。

所述的启动装置包括：定子铁芯、绕组、动子磁极和永磁体；绕组嵌在定子铁芯内，动子磁极嵌在永磁体内；永磁体置于定子铁芯内，动子磁极与绕组构成的电极相对应。

所述的发电装置包括：第一移气活塞介电弹性体、第二移气活塞介电弹性体、动力活塞介电弹性体固定架、第一动力活塞介电弹性体、第一电线、第一集电装置、第二电线、第二集电装置、第二动力活塞介电弹性体、第三电线、第三集电装置、第四电线和第四集电装置；第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体顺序连接在动力装置的移气活塞和移气活塞轴之间；在动力活塞介电弹性体固定架内两端连接有第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体，第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞

介电弹性体的中心连接在动力装置的动力活塞轴上，在动力活塞轴内芯序连接有第一电线、第一集电装置、第二电线和第二集电装置；启动装置的永磁体连接在动力装置的动力活塞轴上，位于动力活塞介电弹性体固定架、第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体的空间内；在动力装置的移气活塞轴的轴芯内顺序连接有第三电线、第三集电装置、第四电线和第四集电装置。

所述的动力装置包括：热端缸、移气活塞外壳、回热器、移气活塞、移气活塞轴、散热片、动力活塞缸、外壳、动力活塞轴、动力活塞、锁紧螺栓、固定板、固定螺栓、冷端和热端；移气活塞外壳位于热端缸内，在热端缸和移气活塞外壳之间连接有回热器，热端缸和移气活塞外壳的一端均为开口端；热端缸封闭端为热端，热端缸的开口端套接有散热片，散热片位置的热端缸为冷端；在散热片内中心连接有移气活塞轴，移气活塞轴穿过移气活塞伸入到移气活塞外壳内；移气活塞套接在移气活塞外壳的开端；动力活塞缸连接在散热片和外壳之间；发电装置和启动装置位于外壳内；动力活塞轴一端穿过外壳的底端，一端插入到动力活塞中，动力活塞通过锁紧螺栓、固定板和固定螺栓连接在动力活塞轴的端部。

发电方法：通过内置的直线电机启动斯特林发电机，启动后的斯特林发电机进入自行运转阶段，自行运转分为四个阶段步骤：等温膨胀、等容放热、等温压缩和等容吸热。

具体步骤为：

第一步等温膨胀：当多数工作介质位于热端时，与高温热源大面积接触，工作介质被加热后膨胀，移气活塞运动到行程最左侧，第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体向左侧拉伸，向左侧拉伸的第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第三集电装置和第四集电装置与第三电线和第四电线输送到外界；这时热端的工作介质体积已经达到最大状态，而动力活塞处于行程最右侧，第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体已经处于向右侧拉伸状态，冷端的工作介质体积处于最小状态，这时热端中被加热的工作介质通过回热器冲入冷端，并且此时动力活塞在第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体弹性势能的作用下动力活塞向左运动，与动力活塞同轴连接的第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体向左侧拉伸，向左侧被拉伸的第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第一集电装置和第二集电装置与第一电线和第二电线输送到外界，此过程为等温膨胀阶段；

第二步等容放热：加热后的工作介质冲入冷端后，与冷端的散热片大面积接触，高温工作介质降低温度，由于第一动力活塞介电弹性体、第二动力活塞介电弹性体、第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体储存的弹性势能开始释放，即动力活塞和移气活塞在弹性势能和气体压强减小的作用下开始向右运动，热端的工作介质开始被压缩，此过程近等容放热阶段；

第三步等温压缩：大部分进入冷端的工作介质经过散热片的充分冷却，工作介质通过回热器，工作介质的温度进一步降低，冷端的压强开始减小，并且通过第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体的弹性势能驱动动力活塞向右运动，在冷端的工作介质被压缩，在这一阶段第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体在压强减小和弹性势能作用下，第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体向右侧被拉伸，向右侧被拉伸的第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，第一集电装置和第二集电装置与第一电线和第二电线输送到外界；移气活塞在被压缩的工作介质与第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体作用下向右运动，被固定在移气活塞轴上第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体由向左侧拉伸状态转变为向右侧拉伸状态，向右侧被拉伸的第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第三集电装置和第四集电装置与第三电线和第四电线输送到外界，此过程近似为等温压缩阶段；

第四步等容吸热：此时整个装置内气体体积最小，热端的工作介质被加热后开始膨胀，由于第一动力活塞介电弹性体、第二动力活塞介电弹性体、第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体储存的弹性势能开始释放，即动力活塞和移气活塞在弹性势能和气体压强增大的作用下开始向左运动，热端的气体开始膨胀，回到第一步等温膨胀状态，此过程近似为等容吸热。

有益效果，由于采用了上述方案，将发动机与发电机进行集成，而且不再将动力转变为旋转运动再带动旋转发电机发电，而是通过斯特林发动机越过死点的方式进行发电，通过介电弹性体来完成越过死点，其中介电弹性体在存储斯特林发动机越过死点的能量时要发生形变，介电弹性体本身在发生形变时会发生离子的移动，从而介电弹性体进行发电。总之，将发电与动力集成化，并且利用发动机越过死点的方式进行发电，并且采用了内置直线电机进行启动，缩小整体尺寸，高度集成化。

优点：

- 1、启动装置、动力装置和发电装置实现一体化；
- 2、利用介电弹性体的弹性实现发动机连续运转并且有效利用其产生的形变用于发电；
- 3、发电装置与动力装置的集成化，减少中间机械传递环节，提高了能量利用率；
- 4、利用直线电机实现发动机的启动；
- 5、适用于各种高温热源；
- 6、发电时噪声小；
- 7、有效减少有害气体排放；
- 8、有效提高高温热源的利用率。

附图说明：

图 1 是本发明的剖视结构图。

图 2 是本发明的外部结构图。

图中，1、热端缸；2、移气活塞外壳；3、回热器；4、第一移气活塞介电弹性体；5、第二移气活塞介电弹性体；6、移气活塞；7、移气活塞轴；8、散热片；9、动力活塞缸；10、外壳；11、动力活塞介电弹性体固定架；12、第一动力活塞介电弹性体；13、第一电线；14、第一集电装置；15、定子铁芯；16、绕组；17、动子磁极；18、永磁体；19、第二电线；20、第二集电装置；21、第二动力活塞介电弹性体；22、动力活塞轴；23、动力活塞；24、锁紧螺栓；25、固定板；26、固定螺栓；27、冷端；28、第三电线；29、第三集电装置；30、第四电线；31、第四集电装置；32、热端。

具体实施方式

实施例 1：本发明的斯特林发电机包括：启动装置、发电装置和动力装置；启动装置、发电装置和动力装置顺序连接成一体。

所述的启动装置包括：定子铁芯 15、绕组 16、动子磁极 17 和永磁体 18；绕组 16 嵌在定子铁芯 15 内，动子磁极 17 嵌在永磁体 18 内；永磁体 18 置于定子铁芯 15 内，动子磁极 17 与绕组 16 构成的电极相对应。

所述的发电装置包括：第一移气活塞介电弹性体 4、第二移气活塞介电弹性体 5、动力活塞介电弹性体固定架 11、第一动力活塞介电弹性体 12、第一电线 13、第一集电装置 14、第二电线 19、第二集电装置 20、第二动力活塞介电弹性体 21、第三电线 28、第三集电装置 29、第四电线 30 和第四集电装置 31；第一移气活塞介电弹性体 4 和第二移气

活塞介电弹性体 5 顺序连接在动力装置的移气活塞 6 和移气活塞轴 7 之间；在动力活塞介电弹性体固定架 11 内两端连接有第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21，第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 的中心连接在动力装置的动力活塞轴 22 上，在动力活塞轴 22 内芯序连接有第一电线 13、第一集电装置 14、第二电线 19 和第二集电装置 20；启动装置的永磁体 18 连接在动力装置的动力活塞轴 22 上，位于动力活塞介电弹性体固定架 11、第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 的空间内；在动力装置的移气活塞轴 7 的轴芯内顺序连接有第三电线 28、第三集电装置 29、第四电线 30 和第四集电装置 31。

动力活塞 23、动力活塞轴 22、永磁体 18、定子磁极 17 组成运动部件与动力活塞缸 9 和外壳 10 存在相对运动。

所述的动力装置包括：热端缸 1、移气活塞外壳 2、回热器 3、移气活塞 6、移气活塞轴 7、散热片 8、动力活塞缸 9、外壳 10、动力活塞轴 22、动力活塞 23、锁紧螺栓 24、固定板 25、固定螺栓 26、冷端 27 和热端 32；移气活塞外壳 2 位于热端缸 1 内，在热端缸 1 和移气活塞外壳 2 之间连接有回热器 3，热端缸 1 和移气活塞外壳 2 的一端均为开口端；热端缸 1 封闭端为热端 32，热端缸 1 的开口端套接有散热片 8，散热片 8 位置的热端缸 1 为冷端 27；在散热片 8 内中心连接有移气活塞轴 7，移气活塞轴 7 穿过移气活塞 6 伸入到移气活塞外壳 2 内；移气活塞 6 套接在移气活塞外壳 2 的开端；动力活塞缸 9 连接在散热片 8 和外壳 10 之间；发电装置和启动装置位于外壳 10 内；动力活塞轴 22 一端穿过外壳 10 的底端，一端插入到动力活塞 23 中，动力活塞 23 通过锁紧螺栓 24、固定板 25 和固定螺栓 26 连接在动力活塞轴 22 的端部。

回热器 3 固定在热端缸 1 内壁；移气活塞外壳 2 固定在移气活塞 6 外侧；第一移气活塞介电弹性体 4 和第二移气活塞介电弹性体 5 的中心处固定在移气活塞轴 7 上，外圆处固定在移气活塞 6 上，移气活塞 6 和移气活塞外壳 2 组成运动部件与移气活塞轴 7 和回热器 3 存在相对运动；散热片 8 固定在热端缸 1 的外侧，热端缸 1 固定在移气活塞轴 7 一起，移气活塞轴 7、动力活塞缸 9、外壳 10 和动力活塞介电弹性体固定架 11 固定在一起；第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 的中心处固定在动力活塞轴 22 圆周外侧，外圆处固定在动力活塞介电弹性体固定架 11 上。

发电方法：通过内置的直线电机启动斯特林发电机，启动后的斯特林发电机进入自行运转阶段，自行运转分为四个阶段步骤：等温膨胀、等容放热、等温压缩和等容吸热。

具体步骤为：

第一步等温膨胀：当多数工作介质位于热端 32 时，与高温热源大面积接触，工作介质被加热后膨胀，移气活塞 6 运动到行程最左侧，第一移气活塞介电弹性体 4 和第二移气活塞介电弹性体 5 向左侧拉伸，向左侧拉伸的第一移气活塞介电弹性体 4 和第二移气活塞介电弹性体 5 发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第三集电装置 29 和第四集电装置 30 与第三电线 28 和第四电线 19 输送到外界；这时热端 32 的工作介质体积已经达到最大状态，而动力活塞 23 处于行程最右侧，第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 已经处于向右侧拉伸状态，冷端 27 的工作介质体积处于最小状态，这时热端 32 中被加热的工作介质通过回热器 3 冲入冷端 27，并且此时动力活塞 23 在第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 弹性势能的作用下动力活塞 23 向左运动，与动力活塞 23 同轴连接的第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 向左侧拉伸，向左侧被拉伸的第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第一集电装置 14 和第二集电装置 20 与第一电线 13 和第二电线 19 输送到外界，此过程为等温膨胀阶段；

第二步等容放热：加热后的工作介质冲入冷端 27 后，与冷端 27 的散热片 8 大面积接触，高温工作介质降低温度，由于第一动力活塞介电弹性体 12、第二动力活塞介电弹性体 21、第一移气活塞介电弹性体 4 和第二移气活塞介电弹性体 5 储存的弹性势能开始释放，即动力活塞 23 和移气活塞 6 在弹性势能和气体压强减小的作用下开始向右运动，热端 32 的工作介质开始被压缩，此过程近等容放热阶段；

第三步等温压缩：大部分进入冷端 27 的工作介质经过散热片 8 的充分冷却，工作介质通过回热器 3，工作介质的温度进一步降低，冷端 27 的压强开始减小，并且通过第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 的弹性势能使动力活塞 23 向右运动，在冷端 27 的工作介质被压缩，在这一阶段第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 在压强减小和弹性势能作用下，第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 向右侧被拉伸，向右侧被拉伸的第一动力活塞介电弹性体 12 和第二动力活塞介电弹性体 21 发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，第一集电装置 14 和第二集电装置 20 与第一电线 13 和第二电线 19 输送到外界；移气活塞 6 在被压缩的工作介质与第一移气活塞介电弹性体 4 和第二移气活塞介电弹性体 5 作用下向右运动，被固定在移气活塞轴 7 上第一移气活塞介

电弹性体 4 和第二移气活塞介电弹性体 5 由向左侧拉伸状态转变为向右侧拉伸状态，向右侧被拉伸的第一移气活塞介电弹性体 4 和第二移气活塞介电弹性体 5 发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第三集电装置 29 和第四集电装置 30 与第三电线 28 和第四电线 19 输送到外界，此过程近似为等温压缩阶段；

第四步等容吸热：此时整个装置内气体体积最小，热端 32 的工作介质被加热后开始膨胀，由于第一动力活塞介电弹性体 12、第二动力活塞介电弹性体 21、第一移气活塞介电弹性体 4 和第二移气活塞介电弹性体 5 储存的弹性势能开始释放，即动力活塞 23 和移气活塞 6 在弹性势能和气体压强增大的作用下开始向左运动，热端 32 的气体开始膨胀，回到第一步等温膨胀状态，此过程近似为等容吸热。

权 利 要 求 书

1、一种基于介电弹性体的斯特林发电机，其特征是：斯特林发电机包括：启动装置、发电装置和动力装置；启动装置、发电装置和动力装置顺序连接成一体。

2、根据权利要求 1 所述的一种基于介电弹性体的斯特林发电机，其特征是：所述的启动装置包括：定子铁芯、绕组、动子磁极和永磁体；绕组嵌在定子铁芯内，动子磁极嵌在永磁体内；永磁体置于定子铁芯内，动子磁极与绕组构成的电极相对应。

3、根据权利要求 1 所述的一种基于介电弹性体的斯特林发电机，其特征是：所述的发电装置包括：第一移气活塞介电弹性体、第二移气活塞介电弹性体、动力活塞介电弹性体固定架、第一动力活塞介电弹性体、第一电线、第一集电装置、第二电线、第二集电装置、第二动力活塞介电弹性体、第三电线、第三集电装置、第四电线和第四集电装置；

第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体顺序连接在动力装置的移气活塞和移气活塞轴之间；在动力活塞介电弹性体固定架内两端连接有第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体，第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体的中心连接在动力装置的动力活塞轴上，在动力活塞轴内芯序连接有第一电线、第一集电装置、第二电线和第二集电装置；启动装置的永磁体连接在动力装置的动力活塞轴上，位于动力活塞介电弹性体固定架、第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体的空间内；

在动力装置的移气活塞轴的轴芯内顺序连接有第三电线、第三集电装置、第四电线和第四集电装置。

4、根据权利要求 1 所述的一种基于介电弹性体的斯特林发电机，其特征是：所述的动力装置包括：热端缸、移气活塞外壳、回热器、移气活塞、移气活塞轴、散热片、动力活塞缸、外壳、动力活塞轴、动力活塞、锁紧螺栓、固定板、固定螺栓、冷端和热端；

移气活塞外壳位于热端缸内，在热端缸和移气活塞外壳之间连接有回热器，热端缸和移气活塞外壳的一端均为开口端；热端缸封闭端为热端，热端缸的开口端套接有散热片，散热片位置的热端缸为冷端；在散热片内中心连接有移气活塞轴，移气活塞轴穿过移气活塞伸入到移气活塞外壳内；移气活塞套接在移气活塞外壳的开端；动力活塞缸连接在散热片和外壳之间；发电装置和启动装置位于外壳内；

动力活塞轴一端穿过外壳的底端，一端插入到动力活塞中，动力活塞通过锁紧螺栓、固定板和固定螺栓连接在动力活塞轴的端部。

5、根据权利要求 1 所述的一种基于介电弹性体的斯特林发电机的发电方法，其特征是：通过内置的直线电机启动斯特林发电机，启动后的斯特林发电机进入自行运转阶段，

自行运转分为四个阶段步骤：等温膨胀、等容放热、等温压缩和等容吸热。

6、根据权利要求 5 所述的一种基于介电弹性体的斯特林发电机的发电方法，其特征是：具体步骤为：

第一步等温膨胀：当多数工作介质位于热端时，与高温热源大面积接触，工作介质被加热后膨胀，移气活塞运动到行程最左侧，第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体向左侧拉伸，向左侧拉伸的第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体 5 发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第三集电装置和第四集电装置与第三电线和第四电线输送到外界；这时热端的工作介质体积已经达到最大状态，而动力活塞处于行程最右侧，第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体已经处于向右侧拉伸状态，冷端的工作介质体积处于最小状态，这时热端中被加热的工作介质通过回热器冲入冷端，并且此时动力活塞在第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体弹性势能的作用下动力活塞向左运动，与动力活塞同轴连接的第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体向左侧拉伸，向左侧被拉伸的第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第一集电装置和第二集电装置与第一电线和第二电线输送到外界，此过程为等温膨胀阶段；

第二步等容放热：加热后的工作介质冲入冷端后，与冷端的散热片大面积接触，高温工作介质降低温度，由于第一动力活塞介电弹性体、第二动力活塞介电弹性体、第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体储存的弹性势能开始释放，即动力活塞和移气活塞在弹性势能和气体压强减小的作用下开始向右运动，热端的工作介质开始被压缩，此过程近等容放热阶段；

第三步等温压缩：大部分进入冷端的工作介质经过散热片的充分冷却，工作介质通过回热器，工作介质的温度进一步降低，冷端的压强开始减小，并且通过第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体的弹性势能使动力活塞向右运动，在冷端的工作介质被压缩，在这一阶段第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体在压强减小和弹性势能作用下，第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体向右侧被拉伸，向右侧被拉伸的第一动力活塞介电弹性体和第二动力活塞介电弹性体发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，第一集电装置和第二集电装置与第一电线和第二电线输送到外界；移气活塞在被压缩的工作介质与第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体作用下向右运动，被固定在移气活塞轴上第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体由向左侧拉伸状态转变为

向右侧拉伸状态，向右侧被拉伸的第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体发生形变，形变一方面储存了弹性势能，另一方面介电弹性体的变形将机械能转化为电能，通过第三集电装置和第四集电装置与第三电线和第四电线输送到外界，此过程近似为等温压缩阶段；

第四步等容吸热：此时整个装置内气体体积最小，热端的工作介质被加热后开始膨胀，由于第一动力活塞介电弹性体、第二动力活塞介电弹性体、第一移气活塞介电弹性体和第二移气活塞介电弹性体储存的弹性势能开始释放，即动力活塞和移气活塞在弹性势能和气体压强增大的作用下开始向左运动，热端的气体开始膨胀，回到第一步等温膨胀状态，此过程近似为等容吸热。

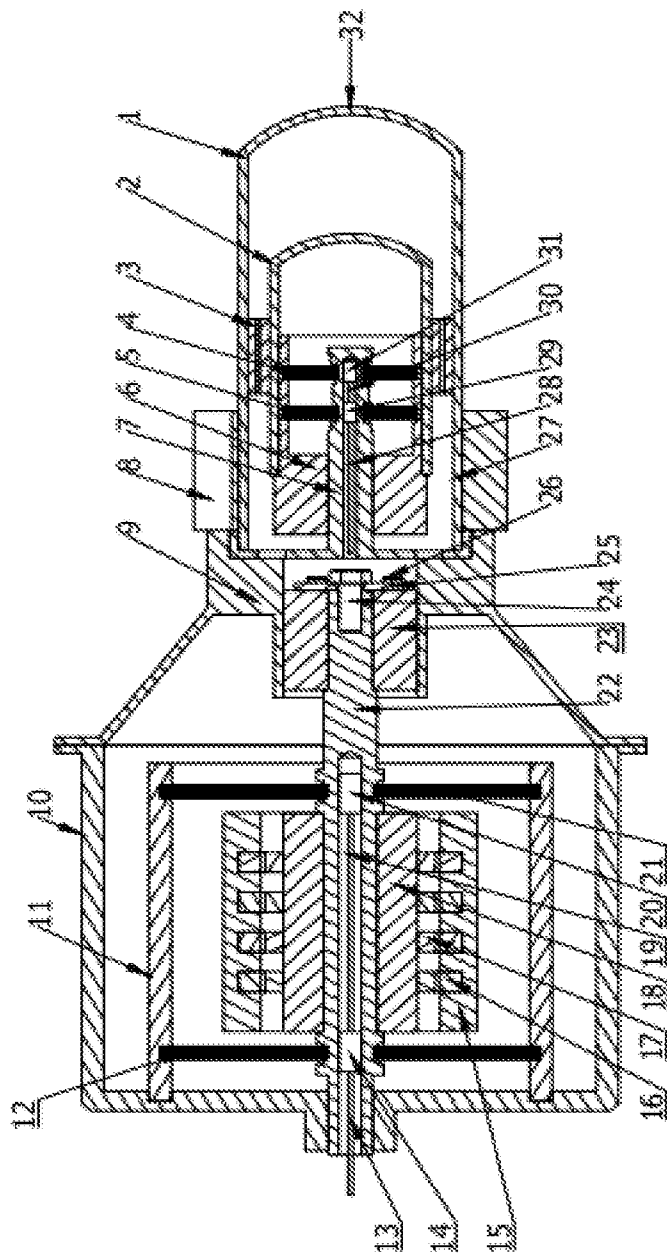


图 1

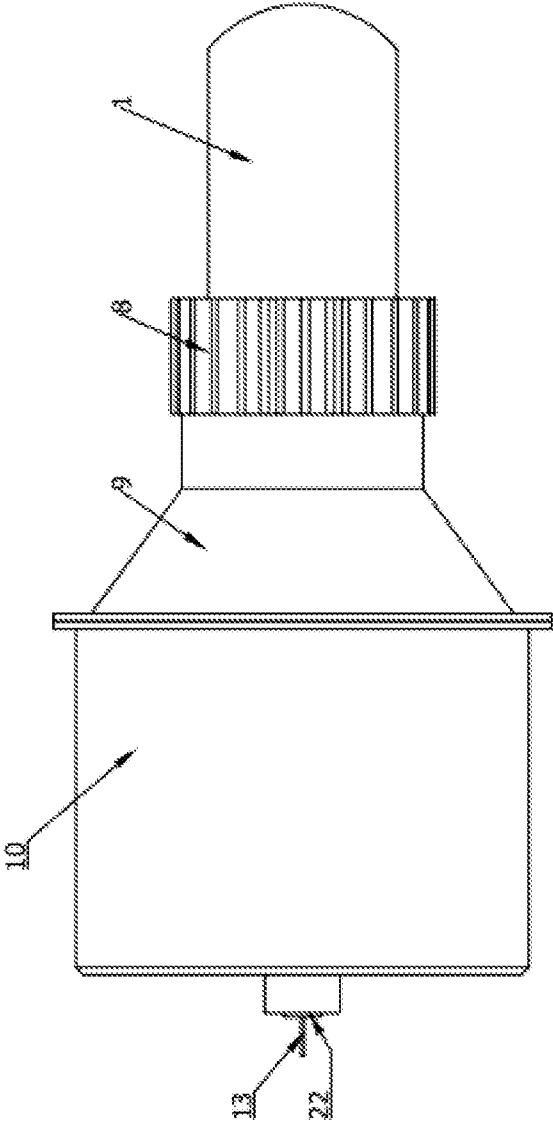


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/073910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02G 1/043 (2006.01) i; F02G 1/055 (2006.01) i; F02G 1/053 (2006.01) i; H02N 11/00 (2006.01) i
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02G, H02N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, VEN, CNKI 斯特林, 介电弹性体, 电机, 起动, 启动, 发电, 动力, 活塞; Stirling, dielectric, elastic, elastomer, motor, start, generator, power, piston

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106762211 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 31 May 2017 (31.05.2017), claims 1-6	1-6
PX	CN 206753758 U (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 15 December 2017 (15.12.2017), description, paragraphs 4-27, and figures 1-2	1-4
Y	CN 104791129 A (SHANGHAI GRANDTOP LIGHTNING TECHNOLOGY CO., LTD.), 22 July 2015 (22.07.2015), description, paragraphs 45-78, and figures 1-2	1, 2, 5
Y	CN 101782053 A (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC), 21 July 2010 (21.07.2010), description, paragraphs 14 and 58, and claim 14	1, 2, 5
A	CN 102684221 A (DALIAN GREAT OCEAN NEW ENERGY CO., LTD.), 19 September 2012 (19.09.2012), entire document	1-6
A	CN 104929803 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS), 23 September 2015 (23.09.2015), entire document	1-6
A	US 2014216026 A1 (ISUZU MOTORS LTD.), 07 August 2014 (07.08.2014), entire document	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 12 March 2018	Date of mailing of the international search report 08 April 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HAN, Wei Telephone No. (86-10) 62085295

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/073910

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005147061 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO., LTD.), 09 June 2005 (09.06.2005), entire document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/073910

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106762211 A	31 May 2017	None	
CN 206753758 U	15 December 2017	None	
CN 104791129 A	22 July 2015	CN 104791129 B	23 March 2016
CN 101782053 A	21 July 2010	US 2009241537 A1	01 October 2009
		DE 102009048282 A1	06 May 2010
		US 8104278 B2	31 January 2012
		CN 101782053 B	19 March 2014
CN 102684221 A	19 September 2012	None	
CN 104929803 A	23 September 2015	CN 104929803 B	24 August 2016
US 2014216026 A1	07 August 2014	US 9371798 B2	21 June 2016
		WO 2013039170 A1	21 March 2013
		EP 2757240 B1	01 June 2016
		CN 103797238 A	14 May 2014
		CN 103797238 B	28 December 2016
		JP 5754642 B2	29 July 2015
		EP 2757240 A1	23 July 2014
		JP 2013064338 A	11 April 2013
		EP 2757240 A4	22 April 2015
JP 2005147061 A	09 June 2005	JP 4339086 B2	07 October 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/073910

A. 主题的分类

F02G 1/043(2006.01)i; F02G 1/055(2006.01)i; F02G 1/053(2006.01)i; H02N 11/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

F02G, H02N

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, CNTXT, VEN, CNKI 斯特林, 介电弹性体, 电机, 起动, 启动, 发电, 动力, 活塞; stirling, dielectric, elastic, elastomer, motor, start, generator, power, piston

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 106762211 A (山东科技大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 权利要求1-6	1-6
PX	CN 206753758 U (山东科技大学) 2017年 12月 15日 (2017 - 12 - 15) 说明书第4-27段、图1-2	1-4
Y	CN 104791129 A (上海冠图防雷科技有限公司) 2015年 7月 22日 (2015 - 07 - 22) 说明书第45-78段、图1-2	1、2、5
Y	CN 101782053 A (通用汽车环球科技运作公司) 2010年 7月 21日 (2010 - 07 - 21) 说明书第14, 58段、权利要求14	1、2、5
A	CN 102684221 A (大连宏海新能源发展有限公司) 2012年 9月 19日 (2012 - 09 - 19) 全文	1-6
A	CN 104929803 A (南京航空航天大学) 2015年 9月 23日 (2015 - 09 - 23) 全文	1-6
A	US 2014216026 A1 (ISUZU MOTORS LTD) 2014年 8月 7日 (2014 - 08 - 07) 全文	1-6

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 3月 12日

国际检索报告邮寄日期

2018年 4月 8日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

韩薇

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)62085295

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	JP 2005147061 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 2005年 6月 9日 (2005 - 06 - 09) 全文	1-6

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/073910

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106762211	A	2017年 5月 31日	无			
CN	206753758	U	2017年 12月 15日	无			
CN	104791129	A	2015年 7月 22日	CN	104791129	B	2016年 3月 23日
CN	101782053	A	2010年 7月 21日	US	2009241537	A1	2009年 10月 1日
				DE	102009048282	A1	2010年 5月 6日
				US	8104278	B2	2012年 1月 31日
				CN	101782053	B	2014年 3月 19日
CN	102684221	A	2012年 9月 19日	无			
CN	104929803	A	2015年 9月 23日	CN	104929803	B	2016年 8月 24日
US	2014216026	A1	2014年 8月 7日	US	9371798	B2	2016年 6月 21日
				WO	2013039170	A1	2013年 3月 21日
				EP	2757240	B1	2016年 6月 1日
				CN	103797238	A	2014年 5月 14日
				CN	103797238	B	2016年 12月 28日
				JP	5754642	B2	2015年 7月 29日
				EP	2757240	A1	2014年 7月 23日
				JP	2013064338	A	2013年 4月 11日
				EP	2757240	A4	2015年 4月 22日
JP	2005147061	A	2005年 6月 9日	JP	4339086	B2	2009年 10月 7日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)