



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103516256 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201310197391. 6

(22) 申请日 2013. 05. 23

(66) 本国优先权数据

201310117315. X 2013. 04. 07 CN

(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 樊卫华 孙新江 杜春园 袁简

何韬 岳凯旋 张嘉超

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 朱显国

(51) Int. Cl.

H02N 2/18(2006. 01)

H02K 35/02(2006. 01)

H02J 7/00(2006. 01)

(56) 对比文件

DE 3828564 A1, 1989. 03. 16, 全文.

US 2007028958 A1, 2007. 02. 08, 全文.

CN 101902079 A, 2010. 12. 01, 全文.

审查员 殷成舟

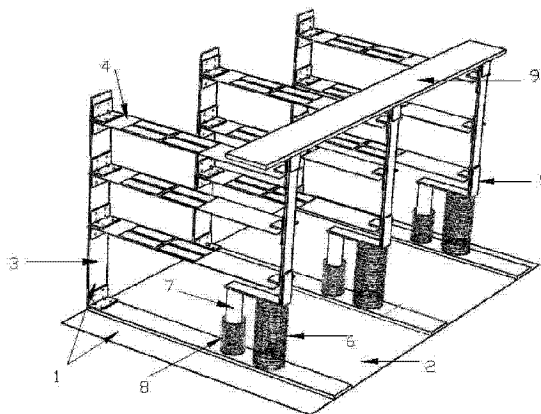
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于振动能与太阳能的复合能源收集装置

(57) 摘要

基于振动能与太阳能的复合能源收集装置, 涉及一种混合能量收集器和一个高效的能量收集电路。本发明中的能量收集器利用压电转换和电磁转换两种方式收集振动能, 压电转换由多个悬臂梁结构的弹簧钢片及压电片实现, 电磁转换由电磁线圈和磁铁实现, 两种方式实现对振动能的高效收集; 该装置还同时收集太阳能, 与振动能一起通过高效自供电的收集电路, 转换为电能, 储存在锂电池中。本发明采用多模式能量收集方式, 有效收集多种绿色能源, 适用性强; 振动能量的高效收集与利用, 打破了其只用于微型装置的局限, 实现了低碳绿色能源的使用。



1. 一种基于振动能与太阳能的复合能源收集装置,其特征在于所述复合能源收集装置包括振动能量收集器、太阳能电池板和能量收集电路;

所述振动能量收集器中,支架组(1)由底板(2)和多组第一L型支架(3)构成;第一L型支架(3)底边固定于底板(2)上,第一L型支架(3)侧边间隔平行绝缘设置多个矩形弹簧钢片(4),矩形弹簧钢片(4)的一端固定连接在第一L型支架(3)的侧边上;在所述矩形弹簧钢片(4)的上下两面各对称设置四片矩形的压电片,压电片的侧边与矩形弹簧钢片(4)的侧边平行,水平方向上的两片压电片的中心连线与矩形弹簧钢片(4)的底边平行、与矩形弹簧钢片(4)的侧边垂直,竖直方向上的两片压电片的中心连线与矩形弹簧钢片(4)的侧边平行、与矩形弹簧钢片(4)的底边垂直;压电片之间的间距为0.5cm,以厘米单位计,水平方向上的两片压电片的中心点与第一L型支架(3)的距离为 $0.42L \pm (0.25+1/2)$ ,其中L为矩形弹簧钢片(4)的长度,l为压电片的长度;各矩形弹簧钢片(4)同一面上的压电片之间并联连接后再与同一组支架上的压电片串联连接,各组支架上的压电片并联连接后与能量收集电路连接;矩形弹簧钢片(4)的另一端绝缘连接第二L型支架(5)的侧边;第二L型支架(5)位于折角一端的底边通过弹簧(6)与支架组(1)的底板(2)固定,位于折角另一端的底边下底面设置有磁铁(7),所述磁铁(7)正下方设置与底板(2)固定的电磁线圈(8);电磁线圈(8)并联连接后与能量收集电路连接,第二L型支架(5)的顶部设置水平受力板(9);所述太阳能电池板与能量收集电路连接。

2. 根据权利要求1所述的基于振动能与太阳能的复合能源收集装置,其特征在于所述的能量收集电路包括整流滤波电路(31)、升压电路(41)、充电储能电路(51)、PWM波发生电路(61)及反馈控制电路(71);整流滤波电路(31)连接升压电路(41),升压电路(41)与充电储能电路(51)相连,PWM波发生电路(61)产生的PWM波接到升压电路(41)上,反馈控制电路(71)输入端接升压电路(41)输出端,反馈控制电路(71)的输出信号接到充电储能电路(51)和PWM波发生电路(61);

其中,所述整流滤波电路(31)由压电整流桥(11)、电磁整流桥(21)、第一二极管(D1)、第二二极管(D4)和第一电解电容(CP1)、第二电解电容(CP2)构成;压电整流桥(11)和电磁整流桥(21)分别将压电能和电磁能转换为直流电,并联后连接到第一电解电容(CP1)两端,存储电能;太阳能输入端串接第二二极管(D4)后并联到第二电解电容(CP2)两端,太阳能存储在第二电解电容(CP2)中;第一电解电容(CP1)与第二电解电容(CP2)并联在一起后用第一二极管(D1)隔开;当第二电解电容(CP2)两端电压高于第一电解电容(CP1)两端电压时,收集到的振动能暂时储存在第一电解电容(CP1)中,当第一电解电容(CP1)两端电压高于第二电解电容(CP2)两端电压时,储存在第一电解电容(CP1)中的能量传递到升压电路(41);

所述的充电储能电路(51)包括前端电容(CP3)、第四二极管(D3)、第一电阻(R1)、锂电池、后端电容(CP4)和第二MOS管(VG2);前端电容(CP3)用来滤波和暂时存储升压电路(41)传来的能量,并联在升压电路(41)输出端;锂电池与前端电容(CP3)并联,之间串接第四二极管(D3)和第一电阻(R1),第四二极管(D3)防止电能回流;后端电容(CP4)并联于锂电池两端,用来稳定锂电池的输出电压,后端电容(CP4)负极与地之间串接第二MOS管(VG2);锂电池正极为Vcc,负极为Vg;当反馈控制电路(71)输出信号Ven为高电位时,第二MOS管(VG2)导通;

所述的 PWM 波发生电路 (61), 包括三角波发生器和可关断比较器, 三角波发生器输出端接在可关断比较器正输入端, 三角波发生器输出作为载波, 升压电路 (41) 输出电压  $V_{out}$  经第二电阻 (R2)、第三电阻 (R3) 分压后接在可关断比较器负输入端, 作为调制波, 载波和调制波通过可关断比较器比较输出 PWM 波, PWM 波控制第一 MOS 管 (VG1) 的导通关断; 可关断比较器的使能端接反馈控制电路 (71) 的输出信号; 三角波发生器的电源正极接  $V_{cc}$ , 电源负极接地; 可关断比较器的电源正极接  $V_{cc}$ , 电源负极接  $V_g$ ; 可关断比较器的输出端接在第一 MOS 管 (VG1) 的栅极;

所述的反馈控制电路 (71), 由迟滞比较器和第四电阻 (R4)、第五电阻 (R5) 组成,  $V_{cc}$  经第四电阻 (R4)、第五电阻 (R5) 分压得到参考电压输入到迟滞比较器负输入端, 升压电路 (41) 输出电压  $V_{out}$  输入到迟滞比较器正输入端; 迟滞比较器的电源正极接  $V_{cc}$ , 电源负极接  $V_g$ ; 反馈控制电路 (71) 输出反馈控制信号  $V_{en}$ , 反馈控制信号  $V_{en}$  接在第二 MOS 管 (VG2) 的栅极, 同时并接可关断比较器的使能端; 当升压电路 (41) 的输出电压  $V_{out}$  高于迟滞比较器的上门限时输出控制信号, 当升压电路 (41) 的输出电压  $V_{out}$  低于下门限时, 无控制信号输出, 相应电路关断。

3. 根据权利要求 2 所述的基于振动能与太阳能的复合能源收集装置, 其特征在于所述的升压电路 (41) 包括电感 (L)、第三二极管 (D2) 和第一 MOS 管 (VG1); 第二电解电容 (CP2) 正极与电感 (L) 串接后接第一 MOS 管 (VG1) 的漏极, 第一 MOS 管 (VG1) 的源极与第二电解电容 (CP2) 负极相连, 第一 MOS 管 (VG1) 的源极与第三二极管 (D2) 串联后输出电压  $V_{out}$ ; 第一 MOS 管 (VG1) 的栅极接 PWM 波发生电路 (61) 的输出信号, 当整流滤波电路 (31) 有电压输出但较低时, 升压电路 (41) 工作, 将升压电路 (41) 的输入电压升高到能为锂电池充电的电压范围内, 输出为输出电压  $V_{out}$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的基于振动能与太阳能的复合能源收集装置, 其特征在于所述压电片采用压电陶瓷 PZT-5H 或人工晶体 PMN-PT。

5. 根据权利要求 1 所述的基于振动能与太阳能的复合能源收集装置, 其特征在于所述第一 L 型支架 (3) 和第二 L 型支架 (5) 的折角为  $90^\circ$ , 材质为不锈钢。

6. 根据权利要求 1 所述的基于振动能与太阳能的复合能源收集装置, 其特征在于所述矩形弹簧钢片 (4) 的一端采用角铁固定连接在第一 L 型支架 (3) 的侧边上; 矩形弹簧钢片 (4) 的另一端采用角铁固定连接在第二 L 型支架 (5) 的侧边上。

7. 根据权利要求 1 所述的基于振动能与太阳能的复合能源收集装置, 其特征在于第一 L 型支架 (3) 的个数至少三组。

8. 根据权利要求 1 所述的基于振动能与太阳能的复合能源收集装置, 其特征在于矩形弹簧钢片 (4) 的个数至少 2 片。

9. 根据权利要求 1 所述的基于振动能与太阳能的复合能源收集装置, 其特征在于磁铁 (7) 采用钕铁硼磁铁。

## 一种基于振动能与太阳能的复合能源收集装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于振动能与太阳能的复合能源收集装置,涉及一种混合能量收集器和一个高效的能量收集电路。

### 背景技术

[0002] 能源紧缺是当今世界最突出的问题之一,开发新能源和高效利用有限资源成为当务之急。近年来,人们尝试将多种不同的环境能源转换为电能,如太阳能、热能、振动能、风能等,其中太阳能的开发已较为成熟,而缺陷是在阴天或夜晚时太阳能不再充足。

[0003] 在日常生活环境中,振动能也是较为丰富的一种能源形式,交通工具、工业设备、家庭设备、人体活动等都有着未被完全开发利用的振动能量。基于上述背景,本发明复合收集两种能源,能大大提高装置的收集效率,扩大其利用范围。

[0004] 振动能的主要收集方式有三种:电磁式,静电式和压电式。电磁转换输出电流较大,适用于大系统、频率较高的场合;静电转换输出功率大但需要一个独立电源初始化过程,不能实现自供电;压电转换输出电压、能量密度高,机电转换效率高。比较发现,电磁式和压电式是比较合理的收集方式,本发明中就采用这两种方式来收集振动能。

[0005] 现有的能量收集电路,或简单低效,或高效却需外部供电,因此,能高效收集能量并完全脱离对外部电源的依赖是改善收集装置的关键。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种能实现自供电的,同时收集振动能和太阳能的高效复合式能量收集装置。

[0007] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种基于振动能与太阳能的复合能源收集装置,其特征就在于所述复合能源收集装置包括振动能量收集器、太阳能电池板和能量收集电路;

[0008] 所述振动能量收集器中,支架组由底板和多组第一 L 型支架构成;第一 L 型支架 3 底边固定于底板上,其侧边间隔平行绝缘设置多个矩形弹簧钢片,矩形弹簧钢片的一端固定连接在第一 L 型支架的侧边上;在所述矩形弹簧钢片的上下两面各对称设置四片矩形的压电片,压电片的侧边与矩形弹簧钢片的侧边平行,水平方向上的两片压电片的中心连线与矩形弹簧钢片的底边平行、与矩形弹簧钢片的侧边垂直,竖直方向上的两片压电片的中心连线与矩形弹簧钢片的侧边平行、与矩形弹簧钢片的底边垂直;压电片之间的间距为 0.5cm,以厘米单位计,水平方向上的两片压电片的中心点与第一 L 型支架的距离为  $0.42L \pm (0.25 + l/2)$ ,其中 L 为矩形弹簧钢片的长度, l 为压电片的长度;各矩形弹簧钢片同一面上的压电片之间并联连接后再与同一组支架上的压电片串联连接,各组支架上的压电片并联连接后与能量收集电路连接;压电片矩形弹簧钢片的另一端绝缘连接第二 L 型支架的侧边;第二 L 型支架位于折角一端的底边通过弹簧与支架组的底板固定,位于折角另一端的底边下底面设置连接磁铁,所述磁铁正下方设置与底板固定的电磁线圈;电磁线圈

并联连接后与能量收集电路连接,第二 L 型支架的顶部设置水平受力板;所述太阳能电池板与能量收集电路连接。

[0009] 所述能量收集电路是将能量收集器收集到的电能和太阳能电池板收集到的电能集合后稳定输出、储存。

[0010] 所述能量收集电路包括整流滤波电路、升压电路、充电储能电路、PWM 波发生电路及反馈控制电路。

[0011] 整流滤波电路将交流电形式的压电能和电磁能转换为直流电并合并,与太阳能分别暂时储存于电解电容中。

[0012] 升压电路把电压上升到可给锂电池充电或给负载供电的范围内。

[0013] 充电储能电路储存收集到的电能,并为电路中需供电的芯片供电。

[0014] PWM 波发生电路根据输出电压调整占空比产生的 PWM 波为升压电路中 MOS 管的提供控制信号。

[0015] 反馈控制电路根据输出电压反馈控制收集电路,输出控制信号控制部分电路的启停,使之只在有能量输入的时候工作。

[0016] 所述压电片为压电陶瓷 PZT-5H 或人工晶体 PMN-PT。

[0017] 所述第一 L 型支架和第二 L 型支架的折角为  $90^\circ$ , 材质为不锈钢。

[0018] 所述矩形弹簧钢片的一端采用角铁固定连接在第一 L 型支架的侧边上;矩形弹簧钢片的另一端采用角铁固定连接在第二 L 型支架的侧边上。

[0019] 所述第一 L 型支架的个数优选至少三组。

[0020] 所述矩形弹簧钢片的个数优选至少 2 片。

[0021] 所述磁铁采用钕铁硼磁铁或其他永磁体材料。

[0022] 本发明与现有技术相比,其显著优点:本发明采用多模式能量收集方式,有效收集多种绿色能源,适用性强;振动能量的高效收集与利用,打破了其只用于微型装置的局限,实现了低碳绿色能源的使用。

[0023] 本发明可运用于振动频繁或光照充足的环境中,如停车场、公路收费站、马路的减速带中等。收集到的能量可为路灯、LED 显示器、单片机等供电。

## 附图说明

[0024] 图 1 为本发明提出的能量收集器的结构示意图。

[0025] 图 2 为本发明提出的能量收集器的压电片在矩形弹簧钢片上的布置图。

[0026] 图 3 为本发明提出的能量收集器的能量收集电路的示意图。

## 具体实施方式

[0027] 参见图 1,本发明的能量收集器设有支架组 1、矩形弹簧钢片 4、压电片、第二 L 型支架 5、弹簧 6、磁铁 7 和电磁线圈 8;

[0028] 其中支架组 1 由底板 2 和三组第一 L 型支架 3 构成,第一 L 型支架 3 的折角为  $90^\circ$ ;第一 L 型支架 3 的底边采用螺栓固定在底板 2 上,其侧边间隔平行设置三个矩形弹簧钢片 4,矩形弹簧钢片 4 的一端采用角铁固定连接在第一 L 型支架 3 的侧边上,角铁与第一 L 型支架 3 之间采用橡胶绝缘;在矩形弹簧钢片 4 的上下两面各对称胶合固定四片矩形的

压电片(采用压电陶瓷 PZT-5H 或人工晶体 PMN-PT, 本实施例采用压电陶瓷 PZT-5H), 其布置方式如图 2 所示, 压电片的侧边(c 边)与矩形弹簧钢片 4 的侧边(a 边)平行, 水平方向(横向)上的两片压电片的中心连线与矩形弹簧钢片 4 的底边(b 边)平行、与矩形弹簧钢片 4 的侧边(a 边)垂直, 竖直方向(纵向)上的两片压电片的中心连线与矩形弹簧钢片 4 的侧边(a 边)平行、与矩形弹簧钢片 4 的底边(b 边)垂直; 压电片之间的间距为 0.5cm, 以厘米单位计, 水平方向上的两片压电片的中心点与第一 L 型支架 3 的距离为  $0.42L \pm (0.25 + l/2)$ , 其中 L (单位 cm) 为矩形弹簧钢片 4 的长度(即 b 边), l (单位 cm) 为压电片的长度(即 d 边), 本实施例中, L 取 30cm, l 取 6cm; 各矩形弹簧钢片 4 同一面上的压电片之间采用导线并联连接后再与同一组支架上的压电片串联连接, 引出正极(即矩形弹簧钢片 4 上底面的压电片引出的电极)、负极(即矩形弹簧钢片 4 下底面的压电片引出的电极), 3 组支架上的压电片的正极与正极相连、负极与负极相连后引出两极输出压电能后与能量收集电路连接; 压电片矩形弹簧钢片 4 的另一端同样采用角铁连接第二 L 型支架 5 的侧边, 并应用橡胶绝缘, 第二 L 型支架 5 的形状与第一 L 型支架 3 相似; 第二 L 型支架 5 位于折角一端的底边即折角处通过弹簧 6 与底板 2 固定, 位于折角另一端的底边下底面胶合连接磁铁 7, 磁铁 7 采用钕铁硼磁铁, 磁铁 7 正下方设置有与底板 2 固定的电磁线圈 8; 各个电磁线圈 8 并联连接由 2 根导线引出两极输出电磁能后再与能量收集电路连接, 第二 L 型支架 5 的顶部设置水平受力板 9, 水平受力板 9 和支架组 1、第二 L 型支架 5 均采用高强度的不锈钢材质。

[0029] 当有物体施力于水平受力板 9 上时, 第二 L 型支架 5 在弹簧 6 作用下带动矩形弹簧钢片 4 振动, 矩形弹簧钢片 4 上的压电片随之做受迫振动, 输出能量。第二 L 型支架 5 振动时, 带动磁铁 7 一起振动, 电磁线圈 8 切割运动磁铁产生的磁感线, 产生电能输出。

[0030] 太阳能电池板接收到太阳能后输出直流电后与能量收集电路连接。

[0031] 图 3 中, 能量收集电路包括整流滤波电路 31、升压电路 41、充电储能电路 51、PWM 波发生电路 61 及反馈控制电路 71。能量收集器收集到的太阳能、压电能和电磁能输入到整流滤波电路 31 的三个输入口, 整流滤波电路 31 连接升压电路 41, 升压电路 41 与充电储能电路 51 相连, 充电储能电路 51 的输出端为所述能量收集电路中的芯片供电, PWM 波发生电路 61 产生的 PWM 波接在升压电路 41 中第一 MOS 管 VG1 的栅极, 反馈控制电路 71 输入端接升压电路 41 输出端, 反馈控制电路 71 的输出信号接在充电储能电路 51 中第二 MOS 管 VG2 的栅极, 和 PWM 波发生电路 61 中可关断比较器的使能端。

[0032] 整流滤波电路 31 由压电整流桥 11、电磁整流桥 21、第一二极管 D1、第二二极管 D4 和第一电解电容 CP1、第二电解电容 CP2 构成; 压电整流桥 11 和电磁整流桥 21 并联后并联到第一电解电容 CP1 两端, 太阳能输入端串接第二二极管 D4 后并联到第二电解电容 CP2 两端, 第一电解电容 CP1 与第二电解电容 CP2 并联在一起用第一二极管 D1 隔开; 压电整流桥 11 和电磁整流桥 21 分别将压电能和电磁能转换为直流电, 共同存储到第一电解电容 CP1 中; 太阳能存储在第二电解电容 CP2 中, 第二二极管 D4 防止能量回流; 当第二电解电容 CP2 两端电压高于第一电解电容 CP1 两端电压时, 收集到的振动能暂时储存在第一电解电容 CP1 中, 当第一电解电容 CP1 两端电压高于第二电解电容 CP2 两端电压时, 储存在第一电解电容 CP1 中的能量才传递到后续电路。

[0033] 升压电路 41 是一个简单的 boost 电路, 包括电感 L、第三二极管 D2 和第一 MOS 管

VG1 ;第二电解电容 CP2 正极与电感 L 串接后接第一 MOS 管 VG1 的漏极,第一 MOS 管 VG1 的源极与第二电解电容 CP2 负极相连,第一 MOS 管 VG1 的源极与第三二极管 D2 串联后输出电压  $V_{out}$  ; 第一 MOS 管 VG1 的栅极接 PWM 波发生电路 6 的输出信号,调节升压电路 41 的占空比,当整流滤波电路 31 有电压输出但较低时,升压电路 41 工作,将升压电路 41 的输入电压即前端电压升高到能为锂电池充电的电压范围内,输出为  $V_{out}$  。

[0034] 充电储能电路 51 包括前端电容 CP3、第四二极管 D3、第一电阻 R1、锂电池、后端电容 CP4 和第二 MOS 管 VG2 ;前端电容 CP3 并联在升压电路 41 输出端,锂电池与前端电容 CP3 并联,之间串接第四二极管 D3 和第一电阻 R1,后端电容 CP4 并联于锂电池两端,后端电容 CP4 负极与地之间串接第二 MOS 管 VG2 ;锂电池正极为  $V_{cc}$ ,负极为  $V_g$  ;前端电容 CP3 用来滤波和暂时存储升压电路 41 传来的能量,第四二极管 D3 防止电能回流,第一电阻 R1 为限流电阻 ;后端电容 CP4 用来稳定锂电池的输出电压,为整个电路中的芯片供电 ;当反馈控制电路 7 输出信号  $V_{en}$  为高电位时,第二 MOS 管 VG2 导通,锂电池为三角波发生器供电,整个能量收集电路开始工作。

[0035] PWM 波发生电路 61,包括三角波发生器和可关断比较器,三角波发生器由 555 定时器构成,三角波发生器输出端接在可关断比较器正输入端,升压电路 41 输出电压  $V_{out}$  经第二电阻 R2、第三电阻 R3 分压后接在可关断比较器负输入端,可关断比较器的使能端接反馈控制电路 7 的输出信号 ;三角波发生器的电源正极接  $V_{cc}$ ,电源负极接地 ;可关断比较器的电源正极接  $V_{cc}$ ,电源负极接  $V_g$  ;可关断比较器的输出端接在第一 MOS 管 VG1 的栅极 ;三角波发生器输出作为载波,升压电路 41 输出电压  $V_{out}$  经分压后输出作为调制波,两者通过可关断比较器比较输出一个受升压电路 41 输出电压  $V_{out}$  控制的 PWM 波,PWM 波控制第一 MOS 管 VG1 的导通关断,即调节升压电路 41 的占空比。

[0036] 反馈控制电路 71,由迟滞比较器和第四电阻 R4、第五电阻 R5 组成, $V_{cc}$  经第四电阻 R4、第五电阻 R5 分压得到参考电压输入到迟滞比较器负输入端,升压电路 41 输出电压  $V_{out}$  输入到迟滞比较器正输入端 ;迟滞比较器的电源正极接  $V_{cc}$ ,电源负极接  $V_g$  ;反馈控制电路 71 输出反馈控制信号  $V_{en}$ ,反馈控制信号  $V_{en}$  接在第二 MOS 管 VG2 的栅极,同时并接可关断比较器的使能端 ;当升压电路 41 的输出电压  $V_{out}$  高于迟滞比较器的上门限时输出控制信号,当升压电路 41 的输出电压  $V_{out}$  低于迟滞比较器的下门限时,无控制信号输出,相应电路关断。

[0037] 能量收集器收集到的三种形式的能量输入到整流滤波电路 31,经整流滤波整合输出直流电压,输入到升压电路 41 ;升压电路 41 将电压上升到可为锂电池充电的电压范围内,输出给充电储能电路 51 ;充电储能电路 51 将能量存储到锂电池,同时为能量收集电路中的芯片供电 ;PWM 波发生电路 61 产生的 PWM 波控制升压电路 41 的升压比例 ;反馈控制电路 71 输入端接升压电路 41 输出端,根据升压电路 41 输出电压产生反馈控制信号,控制 PWM 波占空比,和 PWM 波发生电路的通断 ;存储在锂电池中的能量即为能量收集装置收集到的总能量。

[0038] 本发明可运用于振动频繁或光照充足的环境中,如停车场、公路收费站、马路的减速带中等。收集到的能量可为路灯、LED 显示器、单片机等供电。

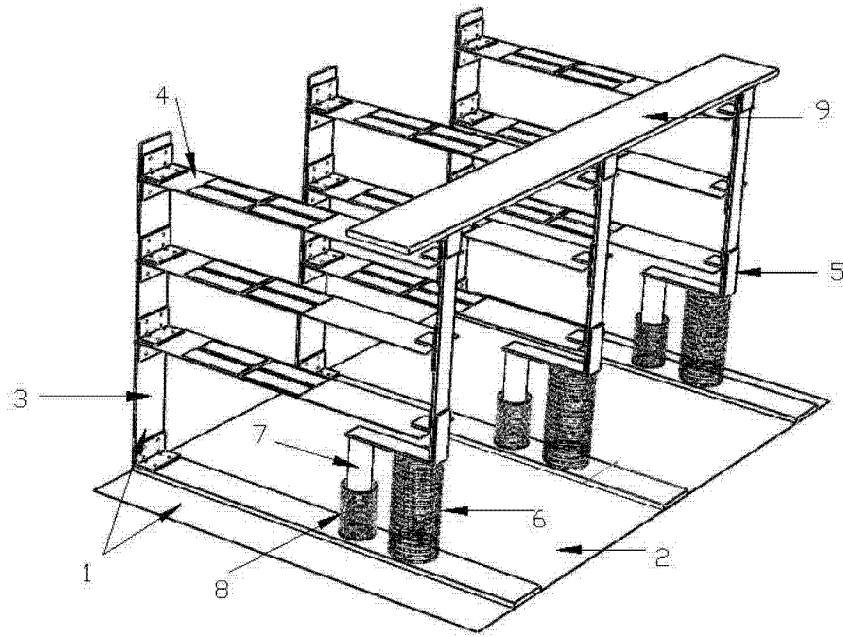


图 1

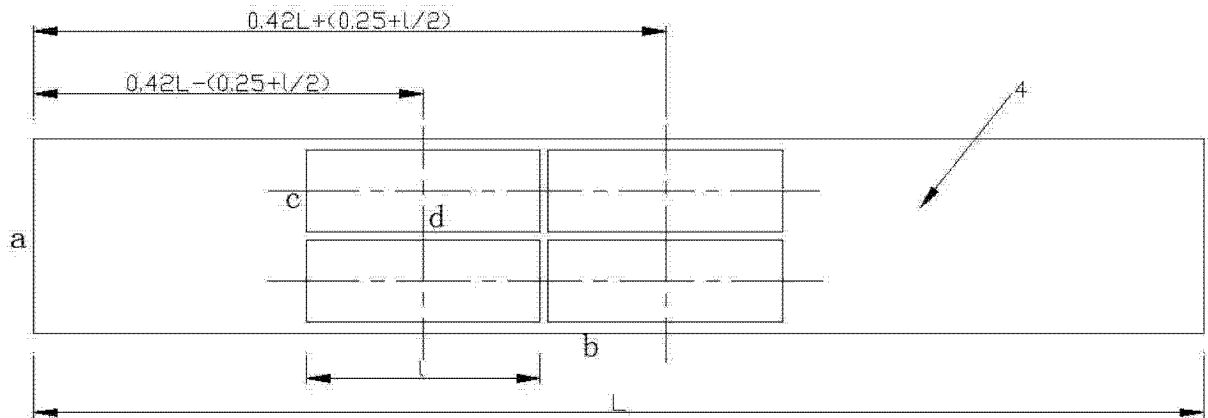


图 2



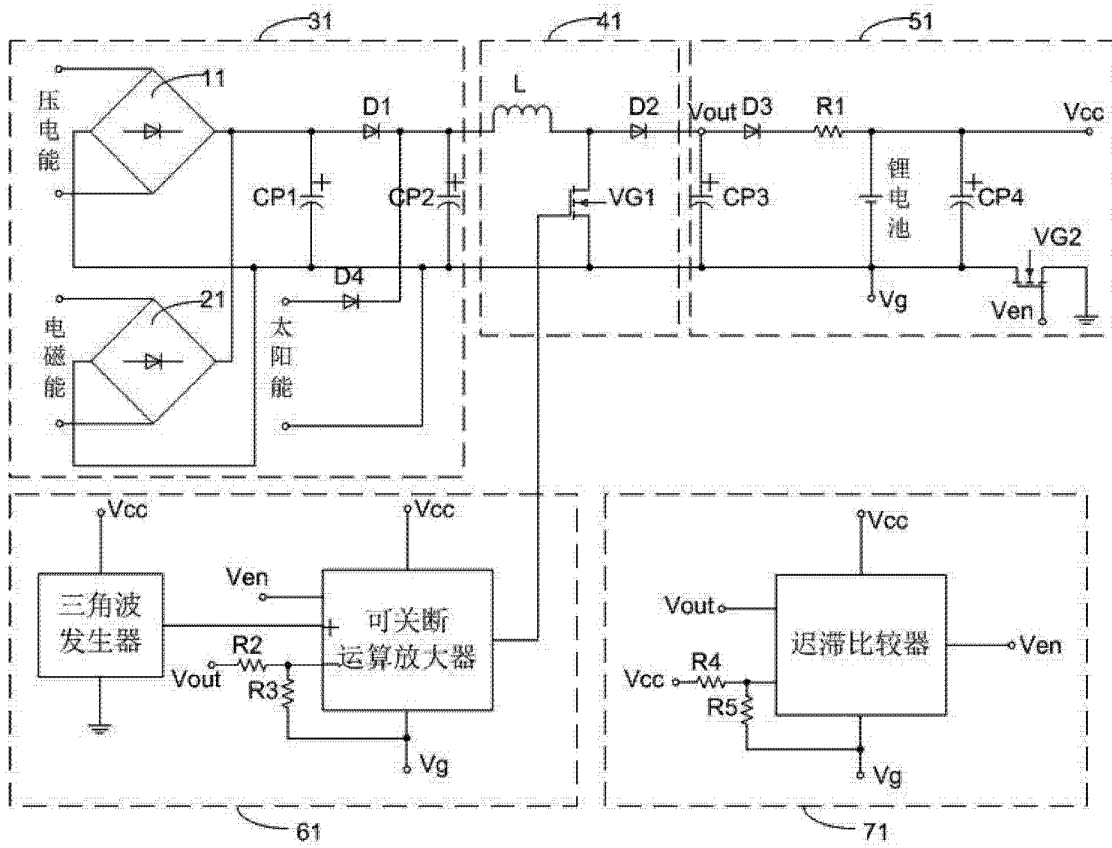


图 3