



薄膜型太阳能电池应用于风电机组的理论计算及实验探究

左佳

(聊城市第一中学 山东 聊城 252000)

(收稿日期:2018-09-03)

摘要:薄膜型太阳能电池具有能量转换效率高、应用弹性大、质量轻等优点,是太阳能利用的新方式之一.风电机组由塔筒支撑,在借助风力进行电能输出的同时,机组的加热器、冷却器和机舱内照明都有电能的需求,通常情况下,这些需求由电网提供,增加风电机组运行成本.本文将薄膜型太阳能电池贴合在风电机组塔筒的外表面,利用光电效应产生电能,通过逆变器给机组提供自用电,减少机组自用电设备运行对电网的依赖.通过计算常规情况下的机组自用电量获得所需薄膜型太阳能电池的敷设面积,在理论计算的基础上提出两种设计方案,并通过实验验证了方案的可行性.

关键词:薄膜型太阳能电池 风力发电 塔筒 太阳辐射角

即

$$I = p_y$$

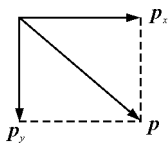


图2 动量分解

设甲、乙小球质量均为 m ,平抛运动的时间分别为 $t_{\text{甲}}$, $t_{\text{乙}}$,甲、乙两小球在竖直方向的速度大小分别为 $v_{y\text{甲}}$, $v_{y\text{乙}}$,则可得

$$mgt_{\text{甲}} = mv_{y\text{甲}}$$

$$mgt_{\text{乙}} = mv_{y\text{乙}}$$

根据平抛运动的规律,由三角函数可知

$$\frac{v_{\text{甲}}}{\frac{1}{2}gt_{\text{甲}}^2} = \frac{\frac{v}{2}t_{\text{乙}}}{\frac{1}{2}gt_{\text{乙}}^2}$$

联立解得

$$v_{y\text{甲}} = 2v_{y\text{乙}}$$

由于落至斜面时,小球甲速度的水平分量和竖直分量都是小球乙速度的水平分量和竖直分量的2倍,根据勾股定理可知

$$v_{\text{甲}} = 2v_{\text{乙}}$$

故A选项正确.

点评:动量定理是选修3-5内容,在2017年以前属于选考模块,受到诸多因素的制约,动量定理的相关内容与动力学的综合较少,师生的重视程度不够.而且,在矢量运算中,三角形法则的应用没有平行四边形法则的应用广泛,故这种解法在以上7种方法中较生僻.

教学启示:本题在2018年高考理综新课标卷Ⅲ物理试题中难度中等,题干简洁,考查的方法多样,留给学生发散的思维空间较大,属于一题多解的试题.从高考选拔功能的角度看,此题是一道好题.一题多解,是指对一道习题,采用多种方式求解.由于所用的物理规律及方法不同,可以实现从多个侧面深入认识和理解同一运动规律.此题的一题多解,涉及平抛运动的规律、牛顿运动定律、动能定理、机械能守恒定律、动量定理及各种数学方法.因此,在物理教学中要注意锻炼学生一题多解的能力,尤其是在高三复习备考中,多尝试此类习题,既能巩固不同的物理知识和规律、方法和技巧,同时也能培养学生的发散思维和创新的能力,激发学生学习物理的兴趣和对问题探究的欲望.

1 前言

薄膜太阳能电池可以使用价格低廉的玻璃、塑料、陶瓷、石墨、金属片等不同材料当基板来制造,形成可产生电压的薄膜厚度仅需数 μm ,因此在同一受光面积之下可较硅晶圆太阳能电池大幅减少原料的用量.目前在实验室中转换效率最高已达 20% 以上,规模化量产稳定效率最高约为 13%. 薄膜太阳能电池除平面之外,也因为具有可挠性而制作成非平面构造,可与建筑物结合或变成建筑体的一部分,应用十分广泛^[1].

薄膜型太阳能电池与晶体硅太阳能电池相比,有如下优点^[2]:易折叠,应用弹性大;材料消耗少;重量轻、转换效率高.通过进一步研究,有望开发出转换率达 20%,可投入实际使用的有机薄膜太阳能电池.

风电机组的自用电系统一般包括:控制系统、偏航系统、变桨系统、设备加热和散热系统、驱鸟器等^[3,4].本文重点阐述加热散热系统.

2 薄膜型太阳能电池和风电机组的结合设计

2.1 工作原理

粘接在塔筒表面的薄膜太阳能电池吸收光能,并将其转化为电能,经逆变器/转化器带动交流/直流负载工作,即在不同温度状态下的齿轮箱的加热、冷却工作,并将多余的电储存在蓄电池中.图 1 是系统原理流程图.

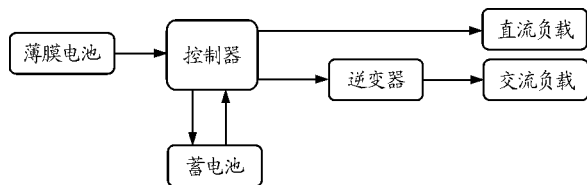


图 1 系统原理流程图

2.2 设计方案

齿轮箱加热冷却装置,分以下两种情况进行供电:

当夏天温度过高或齿轮运转过程中导致齿轮箱中润滑油温较高时,齿轮箱无法正常运行,需要启动风冷却器,给润滑油降温;当温度降到 5°C 时,风冷却器停止工作.在此过程中,风冷却器所需电能由薄膜型太阳能电池提供,不消耗风机自身所发电能.当

冬天环境温度过低及风机处于静止状态时,会使润滑油温度降低,同样影响齿轮箱运转.一般油箱内温度低于 5°C 时,温度开关闭合,加热器开始工作;当油箱温度高于 10°C 时,加热器停止工作.在此过程中,加热器所需电能由薄膜型太阳能电池提供,不消耗风机自身所发电能^[5].

将薄膜型太阳能电池粘接在塔筒外壁距地不超过 30 m 处,朝向正南方,其所发电能一部分直接供应直流负载用电,一部分经逆变器逆变后供应交流负载用电,多余的电存储在蓄电池中,以备夜间供电.

3 理论计算

3.1 太阳高度角

太阳能电池发电依赖于太阳辐射量,而不同地方的太阳辐射是不同的,太阳辐射量与太阳高度角有关系^[6].对于地球上的某个地点,太阳高度角是指太阳光的入射方向和地平面之间的夹角^[7].当太阳高度角为 90° 时,太阳辐射强度最大;当太阳斜射地面时,太阳辐射强度就小^[8~10].

3.2 太阳能电池发电量的理论计算

(1) 所需设备年用电量(按照半年,约 180 天计算)

$$P = P_i T_1 T_2 i \quad (1)$$

式中, P ——设备年用电量, kWh;

P_i ——设备功率,风电机组加热器功率约为 1.3 kW;

T_1 ——运行期间每天的使用时间,运行期间全天使用,即 24 h;

T_2 ——运行期间的使用天数,以最差情况计算,约半年都在运行,即 180 天;

i ——余量系数,取 1.05.

故计算可得

$$P = 1.3 \times 24 \times 180 \times 1.05 \text{ kWh} \approx 5897 \text{ kWh}$$

(2) 太阳能薄膜电池面积计算公式为

$$A = \frac{P}{H\eta K} \quad (2)$$

以鲁北地区为例,年辐射总量 H 为 1543 kWh/m^2 ,薄膜型太阳能转换效率 η 为 17%,修正系数 K 为 0.36.代入式(2)可得 $A \approx 62.4 \text{ m}^2$.

故粘接于塔筒表面的薄膜型太阳能电池面积

62.4 m² 即可满足以上设备的正常用电。

(3) 本文设计采用以下两种方案

方案 A: 取南向半表面周长 6.6 m 作为薄膜型太阳能电池的长, 为了满足总面积大于 62.4 m², 电池的宽度最小取值为 9.5 m。

方案 B: 取南向半表面周长的一半作为薄膜型太阳能电池的长, 为了满足总面积大于 62.4 m², 电池的宽度最小取值为 18.9 m。两种方案的效果图如图 2 所示。

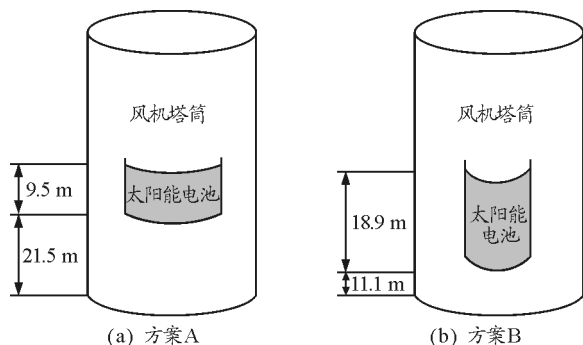


图 2 薄膜型太阳能电池敷设方案(电池面积 > 62.4 m²)

4 实验验证

为验证两种方案所得的效果是否相同, 本文设计了实验进行验证。在北方某地进行不同敷设方式下的发电量测试, 具体内容包括: 实验设备、实验方案和实验结果分析。

4.1 实验设备

此次测试实验中采用的薄膜型太阳能电池板功率为 10 W, 工作电压为 18 V, 工作电流为 0.56 A, 开路电压 21.5 V, 短路电流 0.96 A。电池板长 60 cm, 宽 15 cm。模拟风机塔筒的周长是 120 cm。

4.2 实验方案

将实验用薄膜型太阳能电池板粘贴在公园某个立柱上, 设计两种方案进行对比, 如图 3 所示。上部分是竖直布置(方案 A), 下部分是水平敷设(方案 B)。为节约实验时间和统一实验条件选择同时测定两种方案在不同实验条件下的电流电压等参数。一方面可以增加实验结果对比的可靠性, 因为在同一时刻, 两种方案所在地区的太阳辐射量相同, 对于同一种方案, 测定不同时刻的电流电压等参数; 另一方面可节约时间成本。但是, 因为太阳能电池板不能重合, 若同时想容纳两块板, 必须要在模拟塔筒上错开

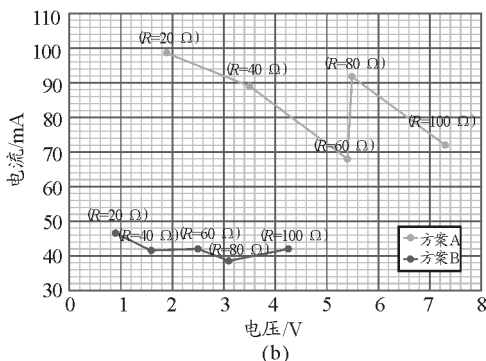
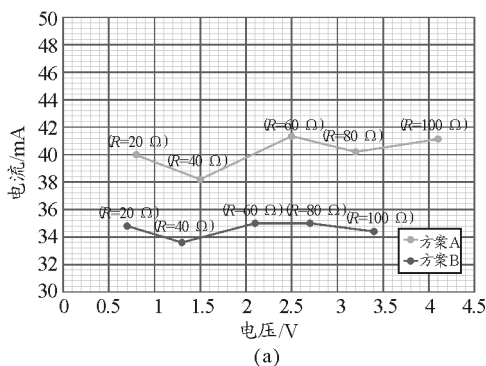
一定的距离, 即实验高度会有轻微差异。而这种差异(两块电池板相距最大为 15 cm)与塔筒的高度(一般为 65 ~ 70 m)相比可以忽略, 为此采取同时测量的方式。



图 3 两种实验设计方案

4.3 实验结果及分析

方案 A, B 中太阳能电池伏安特性关系对比如图 4 所示。在图中可以看出, 对于一天内的不同时刻(8:00 - 18:00), 在其他参数设置相同的条件下, 除 18:00 的少数负载情况外, 方案 A 始终比方案 B 的出力效果好, 发电量多。然而, 对于小电阻的情况, 当太阳光不充足时(例如 18:00), 方案 A 更加不敏感, 输出功率小于方案 B。所以如果薄膜型太阳能电池板用于给小功率的设备供电时, 需要选择方案 B。



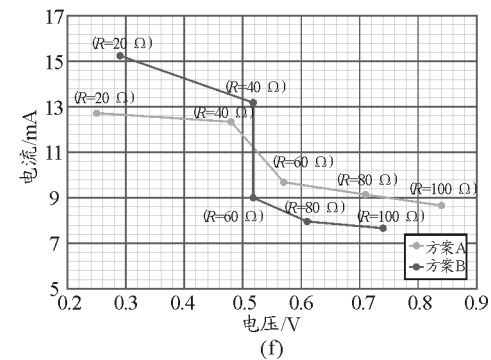
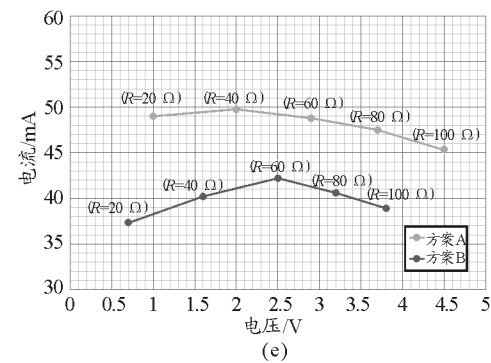
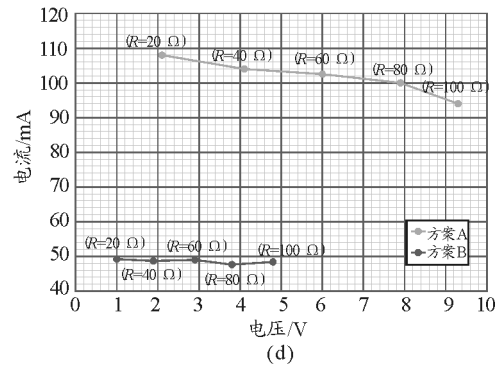
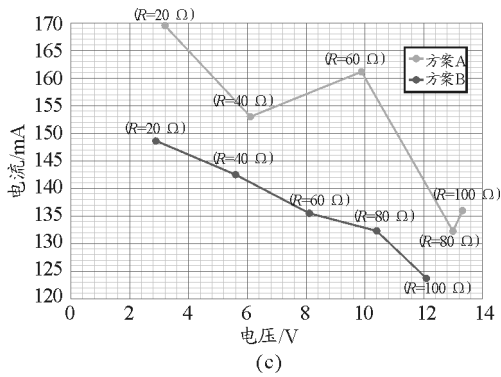
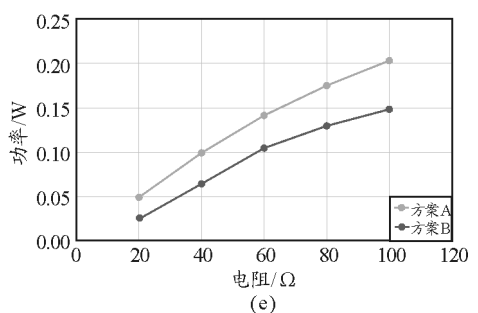
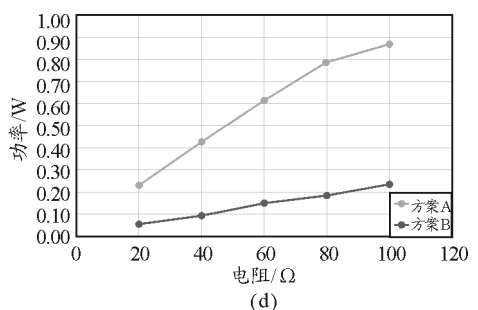
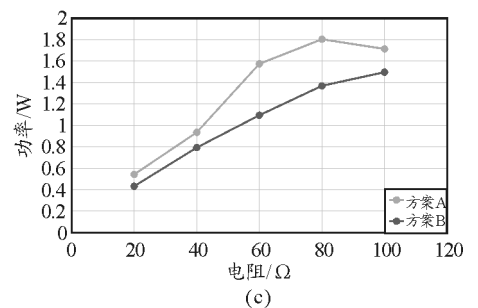
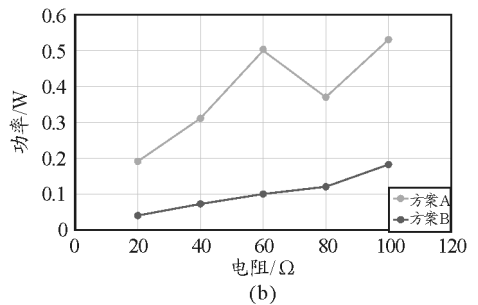
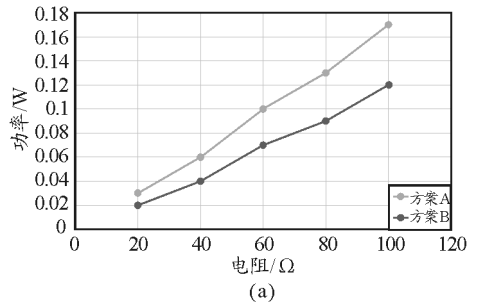


图4 两种敷设方案中太阳能电池伏安特性

(a; 8:00; b; 10:00; c; 12:00; d; 14:00; e; 16:00; f; 18:00)

电阻值, 方案A的发电量总是高于方案B, 说明了方案A的有效性.



为了进一步分析两种方案的发电量, 将两种方案在8:00时刻下对应不同电阻值的发电量进行了对比, 结果如图5所示. 从图5可以看出, 对于不同

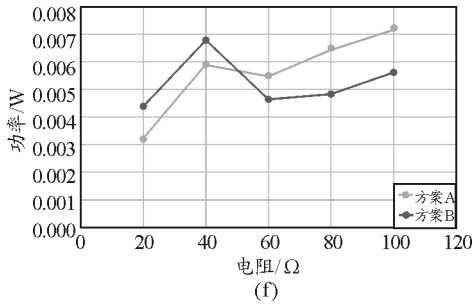


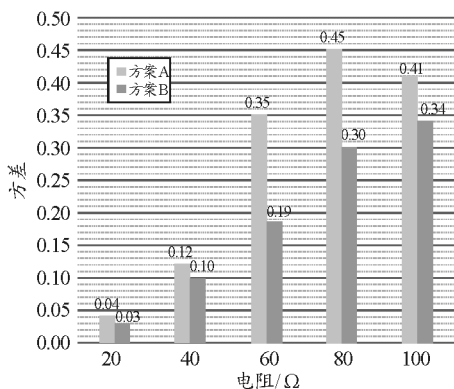
图5 两种方案在不同电阻值下的发电量对比

(a:8:00;b:10:00;c:12:00;d:14:00;e:16:00;f:18:00)

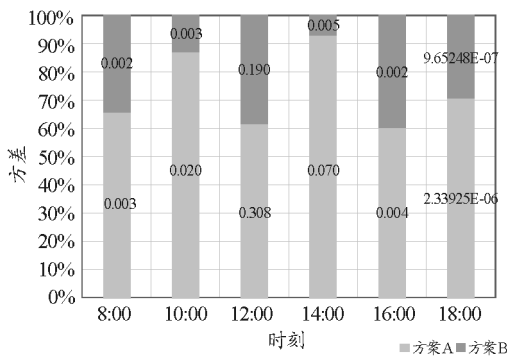
为评价两种敷设方案下不同时刻太阳能薄膜电池的输出稳定性,按照两种方式分别计算了方案A和方案B的方差,结果如图6所示.统计中的方差(样本方差)是每个样本值与全体样本值的平均数之差的平方值的平均数.在许多实际问题中,研究方差即偏离程度有着重要意义.在对比发电量稳定性时分别表述如下.

(1) 对比方式 I:分析同一时刻不同负载的两种敷设方案功率输出波动性;

(2) 对比方式 II:分析相同负载不同时刻下两种敷设方案的功率输出波动性.



(a) 对比方式 I



(b) 对比方式 II

图6 方案A和方案B的方差比较图

从上图可以看出,两种对比方式下,方案B和方案A相比,功率输出的稳定性均较强,尤其当负载处于中间档(电阻为 60 Ω 和 80 Ω)时更具有优越性.总体上方案B输出更平稳,具有相对稳定的电量输出值.

5 结论

风力发电和太阳能发电都是可再生能源利用的有效形式,本文在查阅大量文献资料,调研多家新能源相关企业,咨询业内专家的基础上,通过理论计算获得了计算太阳能电池面积的方法,此外,本文设计了实验装置,通过测量电池实际出力数据验证了所提方案的合理性,具体结论如下.

(1) 新型薄膜型太阳能电池的延展性使其应用于风电塔筒变为可能,即把薄膜型太阳能电池弯曲贴合地铺设在风机塔筒上;

(2) 在考虑太阳辐射和太阳高度角的基础上,对此设计进行了理论计算,获得最佳电池面积;

(3) 为了验证此装置是否合理,本文设计了实验验证.实验结果证明,竖排放置太阳能电池板的方案A发电效果更佳,但方案B具有更好的稳定性.

参考文献

- 童君. 铜钢镓硒薄膜太阳能电池的研究:[硕士学位论文]. 杭州:浙江大学,2014
- 百度百科. 太阳能薄膜电池. <https://baike.baidu.com/item/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%83%BD%E8%96%84%E8%86%9C%E7%94%B5%E6%B1%A0/8921191>,2017-07-29
- 陆春波,李渊. 风机齿轮箱油温高原因分析及治理对策. 第四届中国风电后市场专题研讨会论文集,2017-5-25
- 百度百科. 驱鸟器. <https://baike.baidu.com/item/%E9%A9%B1%E9%B8%9F%E5%99%A8>,2015-07-08
- 徐大平. 风力发电原理. 北京:机械工业出版社,2011.24
- 刘洁. 太阳辐射量与太阳高度角的关系. 西部大开发,2011(11):96
- 陈耀豪. 关于太阳能电池板安装倾角及方位角对所接受太阳辐射量的影响研究. 机电机械,2016(9):270
- 刘釜民. 太阳能利用原理·技术·工程. 北京:电子工业出版社,2010.6
- 钱伯章. 太阳能技术与应用. 北京:科学出版社,2010.6
- 《中学生科学辞典》编写组. 中学生科学辞典. 郑州:河南人民出版社,1983.366