

用于库房温湿度控制的太阳能发电系统研究

高飞¹, 李良春¹, 张文亮¹, 符气宏²

(1. 总装备部军械技术研究所, 石家庄 050000; 2. 海南省军区装备部, 海南 海口 570000)

摘要: 设计了采用离网光伏发电和大容量蓄电池储能为基本供电模式的智能库房温湿度监控系统, 以太阳能发电系统关键技术为研究重点, 分析建立了与气候条件和库房管理要求相关联的发电系统负载计算、发电系统容量计算的数学理论方法, 阐述了太阳能电池板优化原理, 为太阳能发电技术在库房温湿度环境控制上的应用提供了模式和方法。

关键词: 太阳能; 发电; 温湿度; 负载

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.05.023

中图分类号: TK519 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)05-0108-04

Solar Energy System for Temperature and Humidity Control of Warehouse

GAO Fei¹, LI Liang-chun¹, ZHANG Wen-liang¹, FU Qi-hong²

(1. Ordnance Technology Research Institute, Shijiazhuang 050000, China;

2. Equipment Department of Hainan Province Military Area, Haikou 570000 China)

Abstract: An automated temperature and humidity monitoring and control system based on solar energy and big capacity battery was designed. The key technology of the electricity generating system using solar energy was discussed. The mathematic theory and method of the load and the capacity of the electricity generating system was analyzed and built. The theory of solar battery optimizing was given. A mode and a method to apply solar energy on warehouse temperature and humidity control was put forward.

Key words: solar energy; generate electricity; temperature and humidity; load

库房温湿度是影响库存物资特别是长期储存物资质量与寿命的重要因素,温差大容易导致金属构件表面结露,高温高湿容易导致金属构件锈蚀、化学物品变质,进而造成库存物资储存寿命缩短,更换频率加快^[1]。加强库房温湿度监测与控制十分重要,然而,有的仓库地处偏远,交通不便,燃料供应紧张且价格

极高,常规电网难以覆盖,库区根本没有供电线路,用于库房控温控湿的电力供应无法得到有效保障。

目前,太阳能发电具有永久性、清洁性和灵活性等优点,其技术已趋于成熟,并广泛应用于航天、照明、取暖、电子等众多领域^[2]。研究基于太阳能发电技术的库房智能控温控湿系统,对于电力成本高、电

收稿日期: 2013-04-01

作者简介: 高飞(1982—),男,河北定州人,硕士,工程师,主要从事军械防护包装、军械装备储存管理等方面的研究工作。

力供应困难的地区尤其是西部边疆、南部海岛等偏远地区,意义重大。

1 总体设计

1.1 太阳能光伏发电基本原理

太阳能光伏发电的基本装置是太阳能电池,是一种由于光生伏特效应而将太阳光能直接转化为电能的器件^[3]。原理如图1所示,太阳光照在半导体(光电二极管)p-n结上,形成新的空穴-电子对,在p-n结电场的作用下,空穴由n区流向p区,电子由p区流向n区,接通电路后就形成电流^[4]。

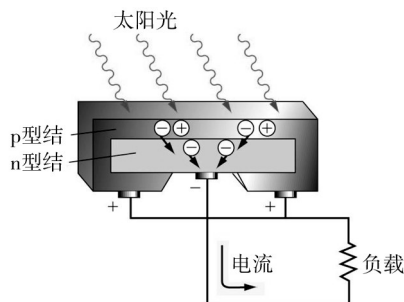


图1 太阳能电池工作原理

Fig. 1 Working principle of solar battery

1.2 基本思路

库房智能控温控湿系统,利用太阳能发电系统提供电力,利用库房温湿度传感设备采集库房温湿度参数,通过中心控制模块根据需要自动驱动控温控湿设备。太阳能发电系统采用优化的离网光伏发电装置对天然能源进行采集转换,使用大容量蓄电池对电能进行存储,采用直流变压器和电压逆变器进行电压转换。太阳能发电系统结构如图2所示。

1.3 系统构成与流程设计

基于太阳能发电技术的库房智能控温控湿系统主要由以下几部分组成:太阳能发电系统、库房温湿度传感设备、中心控制模块和控温控湿设备(除湿机、空调和暖风机)等。系统通过实时采集温湿度传感器的温湿度信息,判断库房温湿度超标情况,并按照控温优先的原则自动开启和关闭控温控湿设备进行升温、降温或除湿,工作流程如图3所示。

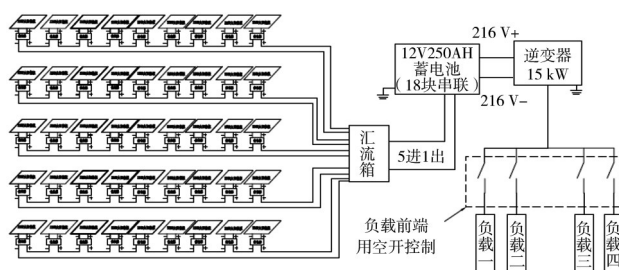


图2 太阳能发电系统结构

Fig. 2 Schematic diagram of solar battery system

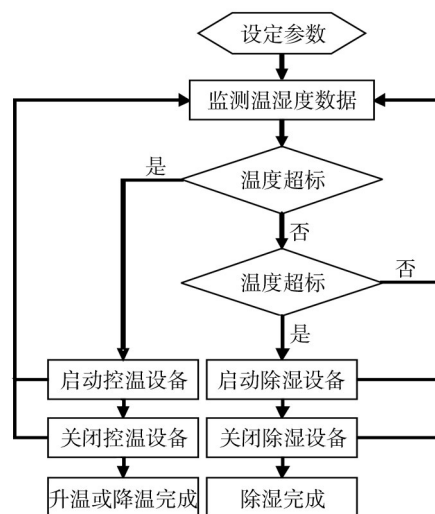


图3 库房智能控温控湿系统工作流程

Fig. 3 Working flow of intelligent temperature and humidity control system of warehouse

2 太阳能发电系统负载的确定

系统所需功率需要根据库房所在地和气候情况、库房温湿度环境要求来进行计算,总功率应当包括控温(升温或降温)所需功率、除湿所需功率、控制设备所需功率、逆变及线缆损耗功率等,按式(1)计算。

$$P_{\text{总}} = P_{\text{控温}} + P_{\text{除湿}} + P_{\text{控制}} + P_{\text{损耗}} \quad (1)$$

2.1 控温功率计算

理论上的控温功率采用式(2)计算:

$$P_{\text{控温0}} = C \cdot M \cdot |T_1 - T_2| \quad (2)$$

式中: C 为物体的热容比; M 为物体的质量; T_1 表示初始温度; T_2 表示末状态温度。

在该系统中,按照库内没有其他库存物资来简化

计算, $P_{\text{控温}0}$ 只考虑空气及其所含水分升温或降温所需热量, 可按式(3)理论计算出最大的控温能量需求。

$$P_{\text{控温}0} = C_{\text{气}} \cdot m_{\text{气}} \cdot V \cdot |T_1 - T_2| + C_{\text{水}} \cdot m_{\text{水}} \cdot V \cdot |T_1 - T_2| \quad (3)$$

式中: T_1 取库房所在地年平均最高气温值, 或年平均最低气温; T_2 根据仓库管理要求, 需降温时可定为 30 °C, 需升温时可定为 -10 °C; V 为库房容积; $C_{\text{水}}$ 为水热容比; $C_{\text{气}}$ 为空气热容比; $m_{\text{气}}$ 为理想空气密度; $m_{\text{水}}$ 为固定湿度下单位体积空气中所含水分(数据可查表, 湿度取年平均湿度)。

考虑到库内物资的不确定性以及库内物资吸热散热的速度因素, 公式中 C 和 m 均采用了库内空气的参数, 计算结果会有一定误差。由于系统的主要作用是控制存储环境, 加之系统会经反复多次运行后稳定库房总体温湿度环境, 因此认为这种误差不影响系统整体效用的发挥。

为了避免发电系统总功率过大, 根据库房管理的实际, 设定理想的控温时间 T_2 (一般不超过 4 h), 按(4)可计算出控温设备的理想功耗需求。

$$P_{\text{控温}} = P_{\text{控温}0} / T_1 \quad (4)$$

在实际应用时, 控温功率需要考虑降温设备定型产品, 产品选型应以略高于理想计算功率的标准产品来核算实际功率。

2.2 除湿功率计算

相对控温而言, 除湿功率的计算要更为复杂。基本思路是: 首选计算初始状态和末状态库房空气中的含水量, 两种状态含水量之差即为除湿的最终结果; 然后设定除湿允许的时间, 即可按式(5)计算出单位时间内的除湿总量 W ; 最后根据现有除湿设备的性能参数, 查询确定选取除湿设备的功率。

$$W = V \cdot (G_2 - G_1) \quad (5)$$

式中: G_1 为初始状态空气单位体积含水量; G_2 为末状态空气单位体积含水量。 G_1, G_2 的取值需要根据当地的相对湿度、温度、大气压强等综合信息查表或借助相关软件进行计算来确定。

设定理想的除湿时间 T_2 (一般不超过 4 h), 据此可选择除湿设备的除湿效率(除湿效率 = W/T_2), 进而选型确定除湿设备功率 $P_{\text{除湿}0}$ 。

2.3 控制设备功率算法

系统集中控制器、温湿度传感器及温湿度表均

为超级低功耗单片机产品, $P_{\text{控制}}$ 在系统功耗计算中可并入线缆损耗考虑。

2.4 逆变及线缆损耗功率算法

通常情况下逆变器转换效率按照 85% 计算, 由于系统中大功率设备均为感性负载, 以及考虑到温度等对转换有影响, 按照 80% 的转换效率来用式(6)计算损耗情况。

$$P_{\text{损耗}} = P_{\text{总}} \times (1 - 80\%) \quad (6)$$

3 太阳能发电系统容量的确定

太阳能发电系统对库房智能控温控湿系统供电, 有太阳能电池直接供电和蓄电池供电 2 种方式, 太阳能发电系统容量的计算需考虑支撑负载和蓄电池充电 2 种因素。

3.1 基本条件

发电系统容量的计算, 需要在一定限定条件基础上才能够实现。根据库房温湿度控制的实际情况, 对系统的运行做出以下设定。

- 1) 太阳能电池正常发电时能够满足独立对负载供电的要求;
- 2) 蓄电池供电能够满足独立对负载供电的要求, 支撑的持续工作时间为 T_3 (设定为 3 个工作日);
- 3) 库房密闭条件良好, 控温控湿设备每周工作 2 次即可满足温湿度控制需求;
- 4) 每周阴雨天气不超过 3 天, 蓄电池充满电所需时间为 T_4 (设定为 4 个工作日);
- 5) 智能控制感性负载设备(空调、除湿机)不同时开启。

3.2 发电系统功率计算

太阳能发电系统发电功率 $P_{\text{发电}}$, 需要满足支撑控温控湿系统负载运转的要求, 即:

$$P_{\text{发电}} \geq P_{\text{总}}$$

同时, 太阳能发电系统发电功率 $P_{\text{发电}}$, 还需要满足蓄电池充电的要求:

$$P_{\text{发电}} \cdot T_4 \geq P_{\text{总}} \cdot T_3$$

即:

$$P_{\text{发电}} \geq P_{\text{总}} \cdot T_3 / T_4$$

由于空调特别是防爆空调为感性负载,在逆变输出功率上要以额定功率的2.5~3倍进行设计,才能支撑负载开启。解决这个问题有2种办法:增大太阳能发电功率;利用蓄电池进行补偿。2种方法各有利弊,可根据工程实施的实际情况进行选择。这里选择第1种方法。

$$P_{\text{发电}} \geq P_{\text{总}} \cdot a \quad (a \text{ 的取值范围为 } 2.5 \sim 3)$$

3.3 太阳能电池板数量的确定

太阳能电池板数量 N 的计算,需要以当地每天太阳总的辐射能量或每年日照时数的平均值作为主要依据,确定有效日照时长 $T_{\text{日照}}$,并依据选型的太阳能电池产品按式(7)计算确定单电池板额定输出功率 $P_{\text{电池板}}$ 。

$$N = P_{\text{发电}} \div P_{\text{电池板}} \div T_{\text{日照}} \quad (7)$$

3.4 蓄电池容量的计算

蓄电池的容量需要满足太阳能电池在无法发电情况下支撑控温控系统工作 T_3 时长的需要,根据经验设定蓄电池逆变效率为0.94,放电深度为0.7,则蓄电池的容量可按式(8)进行计算。

$$C_{\text{电池}} = P_{\text{总}} \cdot T_3 \div U \div 0.94 \div 0.7 \quad (8)$$

根据蓄电池所需容量,根据选型的电池类型和参数即可计算出所需蓄电池的数量。

4 太阳能电池板优化

4.1 主要问题

目前,太阳能电池板发电系统均具有以下3点共性问题:太阳能电池板的最大输出功率(MPP)受遮挡、品质、不能逐一追踪控制等因素影响很难达到;自然环境中的尘土、雨、雪、冰冻等大大降低了光伏发电系统的发电效率,甚至带来不可逆转的损坏;热斑效应容易造成个别电池的永久损伤。热斑效应是指某个电池板由于遮挡等原因导致发电效率显著降低成为串联电池组中的负载,造成发热烧毁^[5]。

4.2 太阳能电池板优化器原理

针对以上问题,太阳能发电系统选用电池板优化器来经行处理。太阳能电池板优化器是一种应用于

光伏发电系统的300 W交流/直流转换器,模块内部具有独立的最大功率点跟踪功能,用于优化太阳能电池板系统输出功率,改善光伏组件之间的匹配以及由于光照不均匀、污染而引起的系统效率降低的问题,可提升3%~25%太阳能发电系统的输出电能^[6]。

4.3 优化效果分析

优化后的发电系统,每一块电池板分别接入一台太阳能功率优化器,各个模块之间独立工作在最大输出功率点,每个太阳能优化器的输出电压也会重新调整以匹配系统的变化^[7]。当电池板中有一块不能良好工作,则只有这一块都会受到影响,其他太阳能电池板都将在最佳工作状态运行,使得系统总体效率更高,发电量更大。

5 结语

随着世界气候问题的日益突出,环保观念的不断推广普及,太阳能光伏发电将在全世界范围内更加广泛地应用于各个领域。将太阳能发电技术应用于库房温湿度环境智能监控,实现仓库温湿度控制的智能化、自动化和电力供应的自给化,能够极大地降低仓库的费用开支,并提高库存物资的质量可靠性,减少因质量状态变化引起的经济损失和资源浪费。同时,积极开发利用绿色的太阳能资源,对于降低碳排放量,加强生态文明建设,都将产生积极影响。

参考文献:

- [1] 高飞,葛强,李良春,等. 新型库房温湿度监测分析管理系统设计研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(4): 85—87.
- [2] 郑诗程. 光伏发电系统及其控制的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2005.
- [3] 陈静, 刘建忠, 沈望俊, 等. 太阳能热发电系统的研究现状综述[J]. 热力发电, 2012(4): 23—28.
- [4] 张晓霞, 侯竞伟, 殷攀攀, 等. 太阳能发电系统现状及发展趋势[J]. 机电产品开发与创新, 2007(5): 14—16.
- [5] 沈国良, 赵旭升. 太阳能光伏发电系统的原理及其发展[J]. 科技创新导报, 2008(1): 7—9.
- [6] 回双双, 吴亚敏, 王晓, 等. 太阳能电池板的优化安装[J]. 实验室研究与探索, 2012(5): 37—39.
- [7] 鲁庆. 光伏系统最大功率点跟踪算法研究[J]. 科技创业月刊, 2009(12): 161—162.