

Research on Application of Distributed Photovoltaic Power Generation System in Architectural Design

Man Chen

Guangdong Institute of Urban Planning and Design, Guangzhou Guangdong
Email: 34710108@qq.com

Received: Nov. 7th, 2017; accepted: Nov. 20th, 2017; published: Nov. 23rd, 2017

Abstract

At present, the application of distributed photovoltaic power generation system in architectural design is becoming more and more mature. In this paper, distributed photovoltaic power generation system of building components and key design points and grid scheme was studied. The advantages and benefits of distributed grid connected photovoltaic power generation system was analyzed to put forward the feasible design method of photovoltaic system in architectural design, with electrical design and grid connection design, to provide reference for further popularization and application of distributed photovoltaic system in architectural design.

Keywords

Architectural Design, Distributed Photovoltaic System, Grid Connected Design

分布式光伏发电系统在建筑设计的应用研究

陈 满

广东省城乡规划设计研究院, 广东 广州
Email: 34710108@qq.com

收稿日期: 2017年11月7日; 录用日期: 2017年11月20日; 发布日期: 2017年11月23日

摘 要

当前分布式光伏发电系统在建筑设计中的应用日趋成熟, 本文对民用建筑分布式光伏发电系统的组成、设计要点、并网方案进行了研究, 结合某小区的发电系统设计分析了分布式光伏发电系统的并网优势和

效益,提出了光伏发电系统在建筑设计中的可行性的设计方法,进行电气设计和并网设计,旨在为分布式光伏发电系统在建筑设计中的进一步推广和应用提供参考。

关键词

建筑设计, 分布式光伏系统, 并网设计

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术[1][2]。无论从世界还是从中国来看,常规能源都是很有有限的。中国的一次能源储量远远低于世界的平均水平,大约只有世界总储量的10%。太阳能,取之不尽,且具有的清洁性、绝对的安全性、相对的广泛性、长寿命性和免维护性、资源的充足性及潜在的经济性等优点,在长期的能源战略中具有重要地位[3]。在《可再生能源法》及配套政策的支持下,我国光伏产业快速发展,光伏发电技术和成本均已形成一定的国际竞争力。

2013年国务院发布了《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》,明确鼓励了建设各类分布式光伏发电系统,但我国民用建筑光伏系统的推广和应用才刚刚起步[4],民用建筑光伏系统的电气设计经验尚且不足,阻碍了分布式光伏发电技术的发展,使民用建筑光伏发电系统的设计如何更好的结合我国国情已经成为了研究的重点,随着由国家推动建设绿色环保型建筑的步伐不断加快[5],分布式光伏系统在建筑设计中的“中国化”指日可待,这必将在减少污染物排放、建设环保节约型社会、实现可持续发展的目标中发挥巨大作用。本文对分布式光伏发电系统结合某住宅小区的电气设计和并网设计,进行在用建筑中的应用研究。

2. 系统组成

分布式光伏发电系统的基本设备包括光伏电池组件、光伏方阵支架、直流汇流箱、直流配电柜、并网逆变器、交流配电柜等设备。其运行模式是在有太阳辐射的条件下,光伏发电系统的太阳能电池组件阵列将太阳能转换输出的电能,经过直流汇流箱集中送入直流配电柜,由并网逆变器逆变成交流电供给建筑自身负载,多余或不足的电力通过联接电网来调节。如何将其应用在民用建筑上,需从光伏方阵、储能装置和逆变器。

2.1. 光伏方阵

光伏方阵(PV Array)又称光伏阵列,是由若干个光伏组件或光伏板在机械和电气上按一定方式组装在一起并且具有固定的支撑结构而构成的直流发电单元。其基本发电单元是光伏电池,工程上往往将若干个光伏电池串并联后封装成光伏组件来增大功率,再按照不同的需要进行串并联和线路设计就组成了满足不同设计要求的光伏方阵[6]。

在实际应用中,光伏方阵常出现热板效应,当某个电池出现故障导致输出功率大幅减小时,此时该电池相当于一个电阻,消耗其它光伏电池产生的能量,热功率加大从而温度上升。为了避免这种现象的出现,需要在光伏电池的串联线路上安装旁路二极管作为电流能够绕过障碍电池的备用通路,接入住宅

小区需要做继电保护和计量设计。

2.2. 储能装置

光伏发电的特性具有不稳定性, 作为民用建筑使用, 从电网安全、稳定、经济运行的角度分析, 不加储能的光伏并网发电系统将对线路潮流、系统保护、电网经济运行、电能质量和运行调度等方面产生不利影响, 目前解决光伏电站对电网影响的途径是提高电网灵活性或为并网光伏电站配置储能装置。常见的储能装置有蓄电池、超导磁和超级电容等几种方式, 其中蓄电池能够为光伏发电系统提供持续稳定的电能供应, 故蓄电池成为分布式光伏发电系统中应用最广泛的储能装置[7]。

2.3. 逆变器

光伏逆变器是光伏发电系统两大主要部件之一, 光伏逆变器的核心任务是跟踪光伏阵列的最大输出功率, 并将其能量以最小的变换损耗、最佳的电能质量馈入电网。根据功率等级、内部电路结构及应用场合不同, 一般可分为集中型逆变器、组串型逆变器和微型逆变器三种类型。其中集中型逆变器具有初始投资小、运维稳定方便、单机功率大等特点, 是目前大部分中大型光伏电站的首选, 在全球 5 MW 以上的光伏电站中, 其选用比例超过 98%。

3. 住宅小区分布式光伏的电气设计

3.1. 光伏方阵设计

光伏方阵的设计主要包括了结合住宅小区进行布置, 考虑朝向、间距和布局三个方面。光伏方阵的朝向通常指光伏方阵的方位角和光伏组件的倾角。通常情况下, 在北半球组件方位角为正南时, 光伏组件能够接受的太阳辐射量最大[8]。

最佳倾角的计算需要考虑连续性、均匀性和极大性三个方面, 其中连续性是由气象资料查得某个地点的各月水平辐射总量较大的位置, 当方位角偏离正南方向时, 组件的最佳倾角随方位角的增加而减小[9]。均匀性是指选择倾角时, 最好能使方阵面上全年接收到的平均日辐射量比较均匀, 比较接近, 以免造成夏天较大的浪费。极大性是指选择倾角时, 还应尽量使方阵面上在冬季的平均日辐射量达到最大值, 同时兼顾到全年平均日辐射不能太小。

考虑本次设计是嘉兴某小区, 其方阵的间距主要考虑冬季时太阳高度较低, 后排方阵容易被前排遮挡。相关技术规范规定, 为了确保在日出后或日落前 3 小时在冬至日后排方阵不被前排方阵遮挡, 即保证全年每天中当地时间的上午 9 时至下午 3 时之间光伏组件无阴影遮挡, 此次倾角设计为 32°。另外在方阵设计过程中必须要计算方阵的最小间距[10] [11]。实际情况下, 周边环境如建筑的改造、植被生长等往往难以预知, 所以在设计时还需要预留出一部分面积作为“缓冲带”。

3.2. 逆变器设计

逆变器的设计需要在光伏系统生命周期内寻找总发电量和总成本的平衡点, 还要考虑电网接入, 如故障穿越能力、电能质量、电网适应性等方面的要求。依据各种逆变器的特点, 结合所应用的光伏电站实际情况, 从电网友好、高投资回报、方便建设维护等方面进行科学合理的选用。逆变器常采用被动与主动相结合的孤岛效应保护措施, 当检测到公共电网失压后, 将立刻切断与电网的联结, 避免电能输送, 当逆变器检测到公共电网恢复后, 不会马上输送电能, 而是对电网进行一定时间(通常为 180 s)的监测, 确保系统线路稳定后才入网。

4. 住宅小区并网设计

4.1. 并网设计

民用建筑光伏系统并网设计内容包括系统设计、方案划分、继电保护计量。其中，民用建筑光伏系统并网设计方案通常有以下三种(表 1)。

嘉兴某小区供电电源由市政提供，电压等级为 10 KV，计划将变电站设在小区地下一层，主电缆经室外引至各楼配电室，即采用方案 3 的设计方案。光伏系统在小区地下一层进行 380 V/220 V 配电室处并网，优先向储能设备供电，剩余电接入 10 KV 中压变电站 380 V 母线，经变压器升压后接入 10 KV 公共电网。

并网配电柜采用单母线接线，如图 1 所示。

4.2. 继电保护和计量装置设计

对该小区的发电系统选用瑞士 ABB 的微型断路器，利用断路器的脱扣特性和宽范围的电流等级为小区分布式发电系统提供过载和断路保护，并且配备母线保护装置和孤岛检测装置的逆变器装置。

在并网点设置并网电能表，在产权分界点设置关口计量电能表，电能表采用静止式多功能型，具备电流、电压、电量等信息和三相电流不平衡监测功能，采集的信息分别接入电网管理部门和光伏发电管理部门，为电能计量和电价补贴提供依据。

Table 1. The design scheme of distributed photovoltaic system

表 1. 分布式光伏系统设计方案

方案号	接入电压	运营模式	接入点	送出回路数	并网点参考容量
1	10 KV	自发自用/余量上网	接入用户 10 KV 母线	1 回	300 KW~6 MW
2			用户配电箱/线路	1 回	≤300 KW
3	380 V	自发自用/余量上网	用户配电箱或箱变低压母线	1 回	20 KW~300 KW

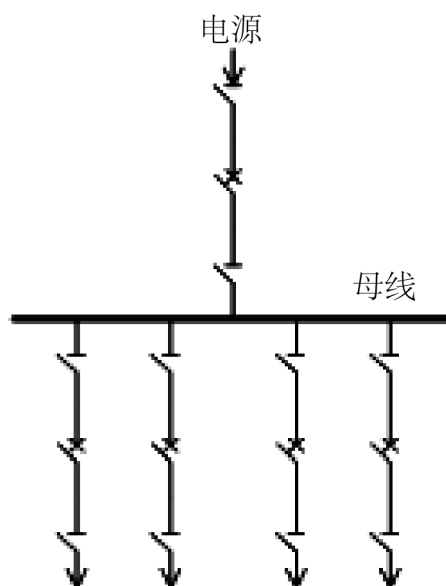


Figure 1. Single busbar connection

图 1. 单母线接线

4.3. 并网效益分析

根据对嘉兴某小区分布式光伏发电系统的设计,共规划 150 m² 的光伏方阵,经估算,该小区每年可节省电费成本约 6 千元,根据国家对分布式光伏发电系统实行的补贴政策,每年可节约电费约 1.5 万元,按照光伏系统 25 年的使用寿命,可累计节省电费成本 37.5 万元。

总的来说,分布式光伏发电的能量转换过程简单,所发电能并入电网,以电网为储能装置,省掉蓄电池,比独立太阳能光伏系统的建设投资可减少达 35%~45%,从而使发电成本大为降低,省掉蓄电池并可提高系统的平均无故障时间和蓄电池的二次污染。根据热力学分析,光伏发电具有很高的理论发电效率,可达 80% 以上,技术开发潜力巨大。另外,光伏发电利用可再生的自然能源太阳能发电,不耗用化石能源,使用中无温室气体和污染物排放,与生态环境和谐,符合经济社会可持续发展战略。从系统维护方面上看,分布式光伏发电进入和退出电网灵活,系统模块快设计,各部件无需经常更换,维护简单,具备显著的经济和社会效益。

5. 结论

1) 民用建筑光伏系统考虑系统设计、方案划分、继电保护计量;逆变器的设计需要在光伏系统生命周期内寻找总发电量和总成本的平衡点,还要考虑电网接入;考虑地域和建筑小区的特性,倾角设计为 33°。

2) 光伏方阵的与建筑小区的结合设计需考虑朝向、间距和布局三个方面,设计时需要同时兼顾分布式光伏发电系统的产能效率和检修维护的便利性。

3) 对嘉兴某小区分布式光伏发电系统的设计,不含补贴估算该小区每年可节省电费成本约 6 千元,具有极佳的经济效益。

参考文献 (References)

- [1] Kang, F., Cho, S.E., Park, S.J., *et al.* (2005) A New Control Scheme of a Cascaded Transformer Type Multilevel PWM Inverter for a Residential Photovoltaic Power Conditioning System. *Solar Energy*, **78**, 727-738. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.09.008>
- [2] 周南. 柔性薄膜太阳能电池力学性能及其在膜结构中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [3] Diehl, W., Sittinger, V. and Szyszka, B. (2005) Thin Film Solar Cell Technology in Germany. *Surface and Coatings Technology*, **193**, 329-334. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2004.08.219>
- [4] Yang, H.X., Lou, C. and Sun, L.L. (2008) Building-Integrated Photovoltaics for Maximum Power Generation.
- [5] 姚兴佳, 刘国喜, 朱家玲. 可再生能源及其发电技术[J]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [6] 肖潇, 李德英. 太阳能光伏建筑一体化应用现状及发展趋势[J]. 节能, 2010(2): 12-18.
- [7] 肖玉华, 熊和金. 离网型风光互补发电系统的研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [8] Robaa, S.M. (2004) A Study of Ultraviolet Solar Radiation at Cairo Urban Area, Egypt. *Solar Energy*, **77**, 251-259. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.01.008>
- [9] 杨金焕. 太阳能光伏发电应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- [10] 陈琨. 高校太阳能光伏屋面电站的设计, 安装及并应用研究——以山东建筑大学 1MWp 光伏屋面电站为例[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东建筑大学, 2013.
- [11] Gevorkian, P. (2011) Large-Scale Solar Power System Design. An Engineering Guide for Grid-Connected Solar Power Generation. McGraw-Hill.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3458，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org