

· 科普园地 ·

太阳能发电技术探讨

鲁华永¹, 袁越¹, 陈志飞², 卫银忠², 项玲²

(1. 河海大学电气工程学院, 江苏南京 210098;

2. 江苏科能电力工程咨询有限公司, 江苏南京 210024)

摘要:介绍了太阳能发电的发展状况和其在未来能源供应中的重要性,通过对太阳能发电的两项重要技术——太阳光发电和太阳热发电技术的分析,明确提出目前太阳能发电的难点及相应对策,设计出一种联合两项技术的太阳能发电系统,同时探讨了太阳能发电技术与其他可再生能源发电技术的相互结合应用。研究表明,这种联合发电系统能够提高太阳能的利用效率,并保证系统的供电可靠性,太阳能发电技术的相互配合以及与其他发电技术的互补利用将是其未来的发展方向。

关键词:太阳能发电;光伏发电技术;太阳热发电技术;联合发电系统;风光互补发电

中图分类号: TM615

文献标识码: B

文章编号: 1009-0665(2008)01-0081-04

20世纪70年代,西方国家为加快调整能源结构,率先开始了对可再生能源发电的研究。由于太阳能资源取之不尽、用之不竭,每年到达地球表面的太阳能总量达世界已探明能源储量的1万多倍,各国政府都十分重视太阳能发电的研究,纷纷制定有关法规和相关的鼓励政策,支持和促进太阳能发电技术的发展。经过几十年的探讨和发展,目前太阳能发电被广泛应用于解决世界上许多边远地区的用电问题,在欧美一些发达国家也已初步实现太阳能发电的产业化。但太阳能发电系统的转化效率较低,太阳能发电成本仍比较高,随着电力需求量的日益增长,太阳能发电技术需要朝着更高效的方向快速发展。本文通过对太阳能发电技术的研究,设计出一种将太阳能热发电技术和光伏发电技术相结合的发电系统,并探讨太阳能发电技术与其他可再生能源发电技术的互补利用。

1 太阳能发电

太阳能转化为电能有2种主要途径:一种是通过光电装置将太阳光直接转化为电能,即“太阳光发电”,常称为“光伏发电”;另一种是收集太阳辐射能转化为电能,即“太阳热发电”。

1.1 光伏发电技术

(1) 发电系统构成部分及工作原理

太阳辐射的光子带有能量,当光子照射半导体材料时,光能便转换为电能,这个现象叫“光伏效应”。太阳能光伏发电,是利用光伏效应的原理将照射到太阳能电池上的太阳光转换为电能。发出的直流电采用蓄电池组储存,使用时经逆变器转化为交

流电送给用户或电网。一般的光伏发电系统包括太阳能电池、充电控制器、蓄电池、逆变器等几个部分。太阳能电池是光伏发电的核心部件,能够将光能直接转化为电能,发电时常将太阳能电池组件按一定方式排列成方阵,提高太阳能利用效率。目前应用较广的太阳能电池有单晶硅、多晶硅和非晶硅3种,转换效率最高达到20%左右,具体数据见表1^[1]。

表1 太阳能电池转换效率 %

	单晶硅	多晶硅	非晶硅薄膜
中国	20.3	14.5	11.4
世界	24.7	19.8	21.0

充电控制器主要对蓄电池组实施监控,当蓄电池组过充电或过放电时给出告警并能自动切断线路,同时当负载发生短路时自动断开。蓄电池组是系统储能装置,在发电充足时储存电能,在夜间或日照不足时向负荷供电^[2]。

(2) 光伏发电的应用类型

光伏发电的主要应用形式有户用电源、独立光伏发电系统和光伏并网发电系统^[3]。

户用电源系统最为简单,容量也较小,主要用来解决边远地区的居民用电问题。独立光伏发电系统结构也比较简单,主要应用于区域供电,容量超过千瓦的一般称为离网型光伏发电系统。独立光伏发电系统结构如图1所示^[2]。

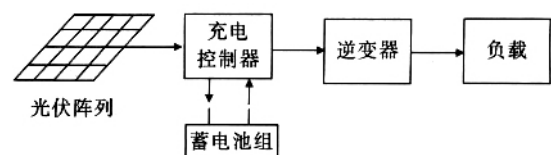


图1 独立光伏发电系统结构

收稿日期: 2007-10-14; 修回日期: 2007-11-14

并网光伏发电系统是指将电能输送至电网的光伏系统。这种方式是未来发展的趋势,目前的研究热点是调峰光伏电站和并网型城市屋顶发电站^[4,5]。带有蓄能装置的并网发电系统通常称为可调度式并网系统,能够进行能量储存和分配,特别适用于经常停电的地区,但成本较高;不带蓄电池的叫不可调度式并网系统,它节省了投资,系统比较简单,易于维护,但由于没有蓄电池对太阳阵列的工作电压进行箝位,因而必须采用最大功率跟踪,保证系统工作在最佳工作点附近。

并网系统逆变器不同于独立系统逆变器。并网系统在向电网供电时,电网可能会中断供电,此时若再向电网输送电能会带来安全隐患,危害人员和设备安全,这种现象称为“孤岛效应”。为防止“孤岛效应”的发生,并网系统的逆变器必须对电网进行监控,一旦发生停电,能迅速停止向电网供电。

(3) 光伏发电的难点及对策

太阳能光伏发电不消耗燃料,清洁无污染,在实际应用中解决了世界上许多特殊地区和边远地区的用电问题。随着政府的政策扶植和投资者增加,目前光伏发电进入了一个快速发展期,但总体来看,光伏发电产业尚处于起步阶段,主要是由于太阳能发电初期投资大,控制成本高,而太阳能转化效率比较低,且容易受天气等多种因素影响。

根据目前光伏发电发展状况和其技术难点,未来的光伏发电研究需要重视以下几个方面:一是加快太阳能原材料晶体硅生产技术的研究和新型替代材料的开发,降低材料成本并提高其转化效率;二是提高系统控制技术,如达到光伏电池阵列的最优化排列组合、实现太阳光最大功率跟踪等;三是研究光伏发电的并网技术,减少光伏电能对电网的冲击;四是研究光伏发电与其他可再生能源发电技术的结合应用,保证供电持续性^[6]。

1.2 太阳热发电技术

(1) 发电系统构成部分及工作原理

太阳能热发电是利用太阳的热能发电,通过集热装置将太阳辐射的热能集中,驱动发电机发电。热发电系统一般包括集热系统、热传输系统、蓄热储能系统、热机、发电机等。集热系统聚集太阳能后,经过热传输系统将热能传给热机,并由热机产生动力,带动发电机发电。

由于通常入射到地球表面的太阳能是广泛而分散的,要充分收集并使之发挥热能效益,就必须采取一种能把太阳光发射并集中在一起,变成热能的系统。目前常用的有2种方法:一种是将太阳光发射并集中在一起,称为聚光式;另一种方法是直接利用

太阳能,称为聚热式。采用前者的有塔式、槽式和盘式等太阳热发电技术;采用后种方式的有太阳烟囱和太阳池等发电技术^[7]。

(2) 太阳热发电的应用类型

聚光式系统的集热部分由聚光器、跟踪定位器、吸收器构成,不同的技术常在此部分有所区别;传输部分由管道和介质构成,介质常是空气或水;储热部分用来保证发电的连续性,介质多为熔盐。

塔式太阳热发电系统采用点聚焦方式,聚光倍数高达1000倍以上,介质温度多高于350℃,属于高温热发电,总效率在15%以上。它是利用定日镜跟踪太阳,将太阳光聚集在中心接收塔的吸收器上,聚集的辐射能被转化为热能,加热介质,驱动汽轮发电机发电。该系统跟踪定位机构的每块镜面都随太阳运动而独立调节方位及朝向,造价十分昂贵,建设电站的投资很高^[7]。

槽式太阳热发电系统采用线聚焦方式,介质温度不超过350℃,属中温热发电系统,效率在13%左右。它通过槽式聚光镜面将太阳光聚在一条线上,再由焦点上的管状集热器吸收聚焦后的辐射能。这种集热器的跟踪控制代价较低,也可以实现同步跟踪,但该系统的管道系统复杂,热量的损失大,降低了效率^[8]。

盘式太阳热发电系统也采用点聚焦方式,利用抛物面聚焦温度可达750℃,效率达30%左右。该系统借助于双轴跟踪,将接收的太阳能集中在其焦点的吸收器上,吸收器吸收这部分辐射能并转化为热能,再利用发电机转化为电能。盘式系统的聚焦集热器也可分散布置,控制代价相对要低,但是其吸收器结构较为复杂,造价很高^[9]。

太阳烟囱发电属于聚热式发电系统。如图2所示,利用塑料和玻璃建造的温室在太阳光照射下,室内的空气被加热,热空气将通过烟囱上升形成高速气流,带动发电机发电。该系统在天气不好时仍能利用漫射能量,如果加设储热水管可以基本实现全天供电,且技术和设计简单,维修工作量少,但占地面积比较大,利用效率不高,一般不超过1%,比较适合土地广阔、人口稀少的沙漠地区使用^[10]。

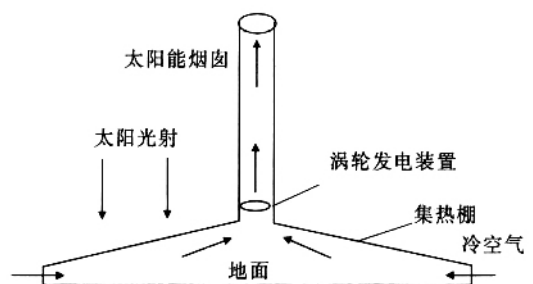


图2 太阳烟囱发电系统示意

阳池热发电技术是利用含盐的水在太阳光的照射下因含盐的梯度不同而产生不同的温度梯度来驱动汽轮机发电。

太阳池深达 6 m 以上, 底层涂黑便于吸热, 按照深度可以分为 3 层: 顶部对流层, 层薄且盐水浓度低; 中间是断热层, 盐水浓度随深度而增加, 起到透明绝热的作用; 下部为蓄热层, 盐水浓度极高, 此层的厚度决定太阳池的蓄热能力^[7]。该系统结构简单, 成本低廉, 但占地面积大且效率不高, 约 1%, 比较适合在日照条件好, 盐资源比较丰富的国家发展, 由于太阳池只能水平设置, 在高纬度地区显然也不宜采用。

(3) 太阳热发电系统的问题及对策

前面介绍了几种太阳热发电技术, 除盘式发电系统外, 都属于大规模发电系统, 只有做成几十到几百兆瓦级的发电站, 成本才可能降下来。总体来看, 槽式发电系统技术上最为成熟, 且其跟踪机构比较简单易于实现, 总体成本最低。

太阳能热发电系统要实现的是低成本的投资和技术上的高可靠性运行。这要求未来在技术上要进行新型集热材料的研究和开发, 快速提高跟踪机构的技术并降低其实现成本。同时发电产业要努力实现规模化, 建立大规模的并网系统, 既节约成本, 又保证系统平稳安全运行。

2 光伏发电与光热发电技术结合

以上分别介绍了光伏发电和太阳热发电技术的工作原理及系统结构、目前的发展状况和技术上的优势以及缺陷。容易看出, 太阳能光伏发电原理简单, 使用灵活方便, 但是容易受到影响, 尤其在缺乏太阳光时就不能够发电。而在实际应用中, 太阳能电池转换效率比较低, 大约 20%, 80% 照射到电池表面上的太阳能未能转换为有用能量, 相当一部分能量转化成为热能, 使电池温度升高, 导致电池效率下降。

为提高太阳能利用效率, 充分利用太阳热能并尽可能保持光伏电池的转换效率, 可以在电池背面敷设流体通道带走热量以降低电池温度, 再附设储能装置储存热能, 在夜晚或天气不好时用来发电。由此可以大胆构造出一个太阳能光伏发电和太阳热发电相结合的联合系统。这种系统既提高了光伏发电的利用效率又有效利用了吸收的热能, 整体效率要比单一的光伏或太阳热发电要高, 同时又可以解决太阳能发电不连续的弱点。依据上述构想, 可以设计这样一种联合的发电系统, 其原理结构图如图 3 所示。

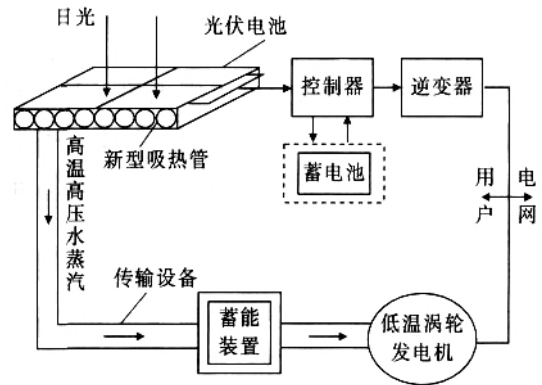


图 3 太阳能光伏发电与太阳热发电联合系统

光伏发电和太阳热发电联合系统由太阳能电池板和集热器组合阵列、蓄能装置、低温涡轮发电机、蓄电池、控制器、逆变器以及负载组成。该系统采用了集光和集热相结合的方式, 收集模块上层为光伏电池板, 下部分敷设一种国外新型的吸热管, 它最大的特点是在温度达到一定程度时直接产生高温高压的水蒸汽, 不再需要传热介质回路, 节约了系统成本。低温涡轮发电机是一种特殊的涡轮电机, 它在低温 35℃ 左右时仍能够发电。

在白天阳光充足时, 光伏电池将照射在表面的太阳光能转化为电能, 经逆变器将电能送给用户, 对大型系统或可调度系统可加设蓄电池, 储蓄电能。同时吸热管将吸收太阳热能, 将产生的水蒸汽经传输设备送到蓄能装置储存起来。蓄能装置内部装设调节装置, 自动或手动调节能量输出, 控制低温涡轮发电机发电, 在白天无光照时间或者夜间维持系统持续供电。在理想的条件下, 若系统的配置足够合理, 可以保证向负载 24 h 供电, 解决太阳能发电不连续的弱点。

同时该系统也可以设计为并网系统, 不再装设蓄能装置, 最大限度地将太阳能转化为电能, 直接输送给电网。

3 与其他可再生能源发电的互补利用

由于单一的太阳能发电系统容易受季节、时间、天气等因素的影响, 存在着系统发电量不稳定、供电可靠性较低等缺点, 研究人员一直希望通过太阳能和其他可再生能源发电相结合的方式, 弥补太阳能发电的不足, 向用户或电网提供更加稳定的电能。

风能作为一种新型能源与太阳能在季节和时间上互补性很强, 夏季日照足风速低, 冬季日照弱风速强; 同样白天日照强时风小, 夜晚无光照时风大。风光资源极强的互补性使得风光互补发电系统在发电时能达到最佳的能源匹配, 而不必配备较大

容量的蓄电池,与单一的光伏发电或风力发电系统相比,提高了系统供电可靠性,又降低了系统成本。加上风光资源的综合利用可以实现地表与空间的合理利用,而且互补系统统一管理,降低了系统的运行成本,所以与单一的太阳能发电或风能发电相比,风光互补发电系统是更好的选择。

作为一种可以四季平稳发电且成本较低的新能源发电系统,风光互补发电系统是本世纪的能源领域的研究热点。欧盟等发达地区对风光互补发电技术的研究起步较早,目前在系统结构的优化配置、能量管理控制以及系统仿真等方面已经取得一定的研究成果。国内许多高校和科研单位也正在加紧这方面的研究。

风光互补发电系统一般由光伏系统、风力发电机组、系统控制器、蓄电池组和逆变器几部分组成,如图4所示。

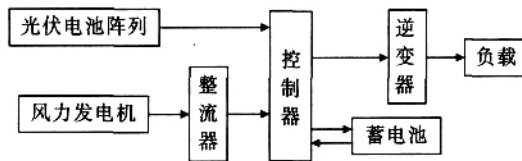


图4 太阳能风光互补发电系统结构

实现风光能源、蓄能、发电量以及负荷的最佳配置是目前太阳能和风能发电研究的热点,随着这一技术的深入研究,系统的成本会进一步降低,由于其较高的发电和供电可靠性,风光互补发电将会有很好的发展前景。

4 结论

目前太阳能发电的基本技术已经比较成熟,太阳能发电产业也已初步形成。但太阳能的利用效率还很低,在一些关键技术的实现上代价也太高,致使太阳能发电的投入高而收益低,无法大规模产业化发展。太阳能发电容易受天气影响也是其需要解决

的主要问题之一。

本文通过对问题的分析,最终设计出了一种联合系统,该系统提高了利用效率,改善了系统的稳定性,具有可行性。这种将太阳能发电技术相互结合以及与其他技术的互补利用将是未来太阳能发电的发展方向。

参考文献:

- [1] 殷志强,孟宪金.向太阳索取[J].太阳能学报,2004,(10).
- [2] 陈维.光伏发电系统中逆变器技术应用及展望[J].电力电子技术,2006,(8):130-133.
- [3] 贾要勤,杨仲庆.分布式可再生能源发电系统研究[J].电力电子技术,2005,(4).
- [4] 张伯泉,杨宜民.风力和太阳能光伏发电现状及发展趋势[J].中国电力,2006,39(6):65-69.
- [5] 李斌,李安定.太阳能热发电技术[J].电力设备,2004,(4).
- [6] 罗智慧,龙新峰.槽式太阳能热发电技术研究现状与发展[J].电力设备,2006,(11):29-32.
- [7] 胡其颖.太阳能热发电技术的进展及现状[J].能源技术,2006,26(9):200-207.
- [8] 王一平,方正雷.太阳能烟囱综合利用海水系统的初步研究[J].太阳能学报,2006,(4).
- [9] 张华.太阳能热发电关键技术综述[J].华东电力,2006,34(3):1-3.
- [10] 季杰,程洪波.太阳能光伏光热一体化系统的实验研究[J].太阳能学报,2005,20(2):170-173.

作者简介:

鲁华永(1981-),男,河南周口人,博士,主要研究方向为新能源及其发电技术;

袁越(1966-),男,陕西礼泉人,教授,博士生导师,研究方向为电力系统优化运行、电力系统稳定分析与控制、电力经济与运营管理;

陈志飞(1961-),男,江苏扬州人,高级工程师,从事电力系统设计工作;

卫银忠(1969-),男,河南项城人,高级工程师,从事电力系统设计工作;

项玲(1980-),女,江苏南京人,工程师,从事电力系统设计工作。

Research on the Solar Power Generation Technology

LU Hua-yong¹, YUAN Yue¹, CHEN Zhi-fei², WEI Yin-zhong², XIANG Ling²

(1. Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Jangsu Keneng Power Engineering Consulting Company, Nanjing 210024, China)

Abstract: This paper introduces the development status of the solar power generation and its importance in the future energy supply, puts forward the problem of the solar power generation and the corresponding countermeasure through researching on two important technologies of the solar power generation. Then a combined system with the two technologies is designed and the combination with the solar power generation technology and the generation technologies of other renewable energy is discussed. The research shows that the combined system can raise the efficiency of solar power generation and keep the power supply. Solar power generation technology combining with other generation technology will be the trend in the future.

Key words: solar power generation; photovoltaic technology; solar thermal electricity generation; combined generation system; hybrid photovoltaic-wind energy generation