

太阳能光伏建筑一体化的分析与设计

郭海

(福建九牧集团有限公司, 福建 厦门 361004)

摘要 太阳能光伏建筑一体化(BIPV)是新能源的一种利用方式。本文对BIPV发电系统的原理、各组成结构的技术要点和设计方式进行了分析,尤其是对其中的光伏组件的设计过程进行了更深的研究和设计实现。最后分析了设计效益,并展望了发展前景。本设计的原理和方法也是基于厦门市实际数据,从而为BIPV在厦门市乃至海峡两岸的推广,提供了应用方案。

关键词: 光伏建筑一体化; 光伏方阵; 逆变器控制器; 孤岛效应

BIPV Analyse and Designing

Guo Hai

(Fujian Jomoo Co., Ltd, Xiamen, Fujian 361004)

Abstract It is a useful way of the new energy for the solar building-intergrated photovoltaic(BIPV). This issue studies the principle, technology point and design way for BIPV generation system, especial in solar module. Then it analyze BIPV's performance and development trend was forecasted. It based on the actual data in Xiamen for design principle and method, and be an application case for BIPV in Xiamen and across-straits.

Key words: building-intergrated photovoltaic; photovoltaic array; inverter; island effect;

在全球能源日益短缺的今天,开发可再生能源已成为全世界面临的重大课题。而光伏发电,尤其是光伏建筑一体化(BIPV)发电系统,就是利用安装在建筑物或与建筑物结合在一起的太阳能电池(光伏电池)的光电效应,直接把太阳能这种可再生能源的辐射能转变成电能的一种发电方式,它所生成的电能经过与其相配套的逆变控制器的转换,直接满足该建筑的用电需求。如果所生成的电能有富余,则会输送给市政电网,如果电能不够该建筑的使用,则直接从市政电网馈入(如图1所示)。据统计,建筑物能耗至少占世界总能耗的30%,BIPV将是未来光伏发电的最大市场,太阳能电源系统与建筑物的结合,将使太阳能电源向替代能源过渡,成为世界能源结构中的重要组成部分,从而根本改变太阳能电源在世界能源中的从属地位。

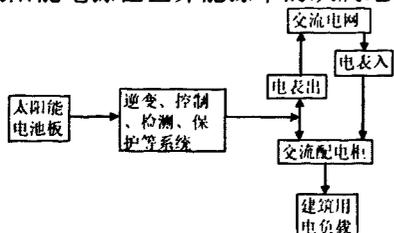


图1 光伏建筑一体化(BIPV)并网太阳能发电系统原理

太阳投向地球的能量资源是无穷大,永不枯竭的,从而使光伏建筑一体化的太阳能发电系统具有诸如清洁并减少温室气体排放、平衡电网负荷、降低电力输送成本等优点。

太阳能光伏建筑一体化发电系统通常采用与公共电网并网的形式,包括设计条件、光伏组件设计以及逆变器、配套设备、硬件设施等在内的系统设计。

1 光伏建筑一体化的设计条件

1.1 设计步骤

光伏建筑一体化太阳能发电系统的设计步骤包括当地资源和情况的可行性研判、太阳能光伏组件及电池容量的计算、包括逆变器等在内的系统设计(如图2所示)。

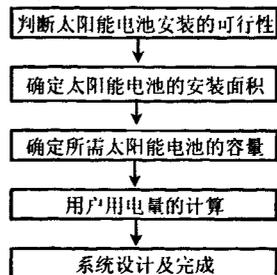


图2 光伏建筑一体化太阳能光伏发电系统的设计步骤

1.2 设计要点

1) 太阳能光伏电池板要与建筑物外形及周边环境协调。

2) 在不影响建筑物结构和造价允许的情况下, 尽可能多的布置太阳能电池板。

3) 如果太阳能光伏电池的发电容量不是非常大, 就尽可能将控制器与逆变器结合为一体, 具体情况见表 1。

1.3 设置地点和建筑物的条件

厦门地处我国东南沿海地区, 地点在东经 118°04'04"、北纬 24°26'46", 平均海拔 201m, 年平均气温在 21℃左右, 平均湿度 76%, 年平均降雨量在 1200mm 左右, 每年 5 月至 8 月雨量最多, 风力一般为 3~4 级, 每年会受 3~5 个台风影响, 年日照辐射量在 5000~6000MJ/m² 范围内, 要满足抗风压 (130km/h, 2400pa) 及抗直径 25mm 冰雹(以 23m/s) 的冲击。

要根据现场条件、现有状况可以铺设多少太阳能电池板, 并确定太阳能电池方阵的安装位置, 可根据场地的大小和每块太阳能电池组件的尺寸进行布置, 尽量在朝南方向单排安装, 如果一排安装不下, 可分几排安装, 但在计算过程中要考虑建筑物、树木的遮挡, 以及电池板的倾斜角。本例中, 通过现场实际勘察, 厦门某小区共有 6 栋各 6 层的坐北朝南居民建筑物, 小区虽有绿化, 但没有高的树木, 周围也没有其它高的建筑物或铁塔, 因此周边环境不会对太阳能电池形成阴影。同时经测量每栋建筑物屋面尺寸分别为 36m×12m, 考虑到安装以及将来的维护通道, 每栋建筑物屋面的有效尺寸为 33m×10m。光伏发电系统

所输送的电能将与小区配电系统并网连接。

2 光伏建筑一体化发电系统中太阳能光伏方阵的设计

2.1 BIPV 中光伏组件的技术要求

1) 基本原则: 满足平均天气和建筑物条件下, 尽可能增大光伏板方阵的面积, 从而发出更多电能。

2) 合格的电池组件应该达到一定的技术要求:

(1) 光伏组件在规定工作环境下, 使用寿命应大于 20 年 (标准的环境是 AM1.5, 太阳辐射量 1kW/m², 环境温度为 25℃)。

(2) 光伏组件在 20 年寿命期内, 其功率衰减不得低于原功率的 80%。

(3) 光伏组件的电池上表面颜色应均匀一致, 无机械损伤, 焊点及互连条表面无氧化斑。

(4) 组件的每片电池与互连条应排列整齐, 组件的框架应整洁无腐蚀斑点。

(5) 组件的封装层中不允许气泡或脱层在某一片电池与组件边缘形成一个通路, 气泡或脱层的几何尺寸和个数应符合相应的产品详细规范规定。

(6) 组件的功率面积比大于 65W/m², 功率质量比大于 4.5W/kg, 填充因子 FF 大于 0.65。

(7) 组件 EVA 的交联度应大于 65%, EVA 与玻璃的剥离强度大于 30N/cm, EVA 与组件背板材料的剥离强度大于 15N/cm (EVA 胶膜是乙烯和醋酸乙烯酯的共聚物, 是一种热固性的膜状热熔胶, 是电池封装的黏结材料)。

(8) 组件在正常条件下的绝缘电阻必须大于 200MΩ。

表 1

主要环节	内容	备注
组件要求	与平板太阳电池组件不同的是, 应兼有发电和建材的双重功效, 满足绝缘、抗风、防雷、透光和美观的要求, 还具有强度、刚度, 便于施工安装及运输等。根据工程需要, 开发研制多种颜色太阳能电池组件, 使之与建筑物及周围环境趋于协调	满足建筑性能要求的屋面瓦、外窗、窗户等和具有矩形、三角形、棱形和梯形等不规则形状, 还可将之制成无边框、能透光的结构形式
容量确定	并网光伏系统不受蓄电池容量的限制, 在确定太阳能电池组件容量时, 只要按光伏方阵面积、负载的要求和投资适时计算	不必像独立太阳能光伏系统那样经过严格的优化设计, 一般家用太阳能电池组件容量为 1-5kW
组件倾角	独立光伏系统组件尽量朝向赤道系统倾斜, 与水平面间的倾角要经过严格计算, 使光伏发电达到最大和均衡; 在并网光伏系统中, 只考虑其组件输出的最大性	在实际中, 组件的朝向应服从于建筑外观的需要, 一般在 0-90°之间
计量电表	在家庭并网系统中, 太阳能电池组件发电供用户负载, 多余的部分输入电网, 用户所消耗的电能, 由方阵和电网同期提供。一块电表正转为电网供电, 反转为组件向电网馈电	鉴于政府对开发新能源实行优惠政策, 光伏发电上网电价要远远大于用户电价, 经常以“买入电表”和“卖出电表”区分
光伏器件	并网光伏系统的关键设备是将太阳能电池组件所发出的低压直流电, 经逆变器、控制器转换成交流电后才能并网连接, 对于电能质量 (电压、波动、频率、谐波和功率因数等参数) 均有严格规定, 以保证电网、设备和人员安全	要配备并网检测保护, 对过 (欠) 压、过 (欠) 频率、电网失电 (防孤岛效应)、恢复并网、直流隔离、防雷及接地、短路、断路器和功率方向等进行处理

(9) 组件的一些重要性能参数: 转换效率 $N \geq 85\%$; 填充因子 FF 在 $0.5 \sim 0.8$ 之间; 36 片电池片串联的组件峰值电压为 $17 \sim 17.5V$; 36 片电池片串联的组件开路电压为 $21V$ 左右。

(10) 有着可靠的防雪、防结露、防过热、防沙尘、防雷、抗雹、抗台风和抗震等技术措施。

2.2 太阳能光伏方阵的最佳倾角的确定

在光伏建筑一体化发电系统设计中, 光伏方阵的放置角度对光伏系统的接收到的太阳辐射有很大影响, 影响到整个光伏系统的发电量。虽然光伏方阵的放置形式有固定式和自动跟踪式, 但自动跟踪式的初期安装和维护成本比较高, 本文不做考虑。我国地处北半球, 太阳能光伏方阵通常朝南安装, 但光伏方阵安装的倾角不能估计, 也不能笼统的定义为当地的纬度, 需要通过计算确定, 如果采用固定式的安装方式, 一旦完成安装, 光伏方阵就不能再进行调整。

对于负载负荷均匀或近似均衡的光伏建筑一体化光伏系统, 太阳辐射均匀性对光伏发电系统的影响很大, 对其进行量化处理而引入一个量化参数, 即辐射累计偏差 δ , 其数学表达式为

$$\delta = \sum_{i=1}^{12} |H_{i\beta} - \bar{H}_{i\beta}| M(i)$$

式中, $H_{i\beta}$ 为倾角 β 的斜面上各月平均太阳辐射量; $\bar{H}_{i\beta}$ 为该斜面上的年平均太阳辐射量, $M(i)$ 为第 i 月的天数。可见, δ 的大小直接反映了全年辐射的均匀性, δ 越小辐射均匀性越好。按照负载的负荷均匀或近似均衡的太阳能光伏系统的要求, 理想情况当然是选择某个倾角使得 $H_{i\beta}$ 为最大值, δ 为最小值。但实际情况是, 二者所对应的倾角有一定的间隔, 因此选择太阳能电池组件的倾角时, 只考虑最大值 $H_{i\beta}$ 或取 δ 最小值必然会有片面性, 应当在二者所应的倾角之间进行优选。为此, 需要定义一个新的量来描述倾斜面上太阳辐射的综合性, 称其为倾斜辐射系数, 以 K 表示, 其数学表达式为

$$K = \frac{365\bar{H}_{i\beta} - i}{365\bar{H}}$$

式中, H 为水平面上的年平均太阳辐射量。由于 $H_{i\beta}$ 与 β 都与光伏电池组件的倾角有关, 所以当 K 取极大值时应当有 $(dK/d\beta)=0$ 。求解上述三式, 即可求得最佳倾角。通过上述方法的计算, 可以求出厦门地区的太阳能电池方阵的安装倾角为 29.6° , 为方便计算, 我们取为 30° 。

2.3 太阳能光伏电池板的有效面积的确定

厦门处于北纬 $24^\circ 26' 46''$, 光伏方阵也将安装在屋面上, 方向朝南, 并与屋面成 30° 安装倾角。通过现场测量和计算, 得到以下结果: ①屋面的有效尺寸 $33m \times 10m$, 且电池方阵倾角 30° ; ②即 $10/(\cos 30^\circ) = 11.55$, ③所以太阳能电池方阵的有效尺寸是 $33m \times 11.55m$ 。

表 2

2009 年	月总辐射量/MJ·M ⁻²
1 月	382.97
2 月	349.38
3 月	368.32
4 月	468.26
5 月	589.13
6 月	518.83
7 月	640.84
8 月	597.89
9 月	504.06
10 月	487.36
11 月	316.10
12 月	281.97

通过表 2 得到 2009 年厦门市太阳能年辐射量为 $5505.11MJ/M^2$, 即 $1529.20kW \cdot h/m^2 \cdot r$ 。

2.4 BIPV 中光伏发电系统容量的设计

太阳能光伏系统容量设计的主要目的就是要计算出系统在全年内能够可靠工作所需的太阳能电池组件的数量, 同时也要协调系统工作的最大可靠性和系统成本之间的关系, 在满足系统工作的最大可靠性基础上尽量地减少系统成本的投入。建筑光伏一体化 (BIPV) 太阳能发电系统的光伏发电量, 通常使用以下公式进行计算:

年发电量(kW·h)=当地年总辐射能(kW·h/m²)×光伏方阵面积(m²)×电池组件转换效率×修正系数, 即 $P=HANK$ (N =单晶硅 13%, 多晶硅 11%, 本案例使用多晶硅)= $1529.2 \times (33 \times 11) \times 13\% \times 0.8 \times 0.92 \times 0.92 \times 0.95 \times 0.85 = 39456.85$ (kW·h) (年发电量)

其中, 当地年辐射量的数据取自表 1, 而 K 分别由 $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ 组成, k_1 为太阳能电池长期运行性能衰减修正系数, 常为 0.8; k_2 为灰尘遮挡引起太阳能电池板透明度修正系数, 常为 0.92; k_3 为太阳能电池温升导致功率下降修正系数, 常为 0.92; k_4 为导电损耗修正系数, 常为 0.95; k_5 为逆变器效率, 常为 0.85; k_6 为太阳能电池板朝向及倾斜角修正系数, 常为 0.93。

2.5 光伏组件的电路

(1) 光伏组件的等效电路见图 3。

如图 3 所示, 当有太阳照射时, 太阳能芯片 I_{sc} 接收阳光, 整个电池连接负载 (R) 后形成一个闭合电路, 也就是电池向负载送电能, 负载的电压为

U , 电流 I ; 而图 3 说明了太阳能光伏方阵是由电池组件、旁路二极管、带避雷器的直流接线箱构成。

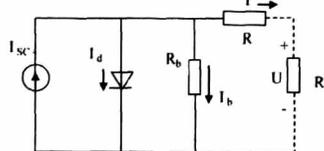


图 3 太阳能光伏电池等效电路

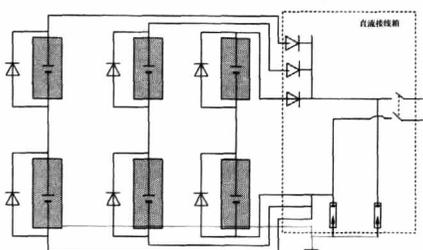


图 4 太阳能电池方阵电路图

2.6 BIPV 中发电系统容量中的光伏方阵数量的计算

因为 BIPV 中的发电系统，是在现有建筑物上尽可能铺设太阳能电池板，在设计过程从常用太阳能电池中选择与现有建筑物（例如屋面）尺寸相匹配的组件。在本案例中，通过现场实测和计算，已经知道每栋建筑物屋面的太阳能光伏方阵的最大尺寸范围是 33×11m，通过计算和比较，选择常规组件的尺寸为 1485×665mm，峰值电压为 17.2V，峰值电流为 6.31A，峰值功率 110W 的太阳能光伏组件。当然，也可以按照屋面现有尺寸重新加工太阳能光伏组件，但成本会高很多。

1) 太阳能光伏方阵的总数量:

$$(33/1.485) \times (11/0.665) \approx 22 \times 16 = 352 \text{ 块}$$

2) 太阳能光伏方阵的组件的串联数量:

380/17.2 ≈ 22 块 (市政电网电压是 380V, 每个组件的电压 17.2V)。

3) 太阳能光伏方阵组件的并联数量: 负载总负荷/单片组件负荷 = (15×2×6×3)/(6.31) ≈ 86 块。

A. 普通居民家庭负荷通常是 3KW, 也就是 15A 的电流 (如表 3 所示)。

B. 该小区每栋楼有 3 个单元, 每单元每层 2 户家庭, 共 6 层。

2.7 BIPV 中的光伏太阳能电池组件外型尺寸的确定

通过上述太阳能光伏方阵的相关数据的计算, 并参考电池组件的技术要求, 就可以选择电池组件的技术规格并安装太阳能光伏组件。像本案例一样, 对于已有建筑是直接在楼顶架设太阳能电池板 (太阳能光伏方阵), 一是减轻对屋面的破坏进而降低安装成本; 二是进一步提高散热能力, 太阳能电池板与屋

表 3

序号	负载名称	负载功率/w	数量/台	合计功率/w	工作时间/(h/d)	耗电 /w·h
1	彩电	100	1	100	4	400
2	机顶盒	28	1	28	4	112
3	电脑	100	1	100	3	300
4	电冰箱	95	1	95	10	950
5	微波炉	750	1	750	0.1	75
6	电开水器	600	1	600	0.2	120
7	电热水器	800	1	800	0.6	480
8	小家电	250	2	500	0.2	100
9	电灯	12	5	60	4	240
10	合计			3033		2777

面或地面都是成一定的角度 (本案例的倾角是 30°), 也就是在太阳能电池板的下面有一定的空间, 从而更容易将太阳能电池组件所散发出的热量散去, 提高太阳能光伏组件的发电功率和发电效率。另外, 如果是现有建筑, 尤其是新建筑, 除屋面外, 在建筑的南侧, 甚至东侧或西侧的外墙都用太阳能电池板代替建筑外墙砖, 就能更加提高太阳能光伏方阵的发电量。通过以上分析, 拟选择规格尺寸为 1485mm×665mm 的多晶硅电池组件作为本案例的太阳能光伏方阵。而通过计算可知六栋楼的年发电量为 236,741.1kW·h/y。

3 光伏建筑一体化发电系统中逆变器控制器的设计

3.1 逆变控制器的功能

对于 BIPV 系统, 因需要向交流负载或市政电网供电, 必须配备相应的逆变控制器, 其主要有逆变、控制、保护功能, 具体作用是将直流电变换为交流电, 同时对所转换交流电的频率、电压、相位、有功与无功、同步、包括电压波动和谐波在内的电能品质等进行控制。而并网光伏系统的输入电压是每块组件输出电压 (一般为 17V 或 35V 左右) 的整数倍, 其额定功率应稍大于太阳能电池方阵的输出功率, 整个系统还必须配备必要的检测、并网、报警、自动控制、测量及显示等一系列功能, 特别是必须具备防止“孤岛效应”的功能, 以确保光伏系统和电网的安全。

3.2 逆变控制器的设计要求

BIPV 的光伏发电系统将和市政电网并网运行, 对逆变控制器提出了较高的技术要求:

1) 要求逆变控制器输出波形失真度不超过 5% 的三相正弦波电流。光伏系统馈入公用电网的电力, 必须满足电网规定的指标, 如逆变控制器的输出电流不能含有直流分量, 高次谐波必须尽量减少, 不能对电网造成谐波污染等。

2)要求逆变控制器在负载和日照变化幅度较大的情况下均能高效运行。光伏系统的能量来自太阳能,而日照强度随气候而变化,所以工作时输入的直流电压变化较大,这就要求逆变控制器能在不同的日照条件下均能高效运行。

3)要求逆变控制器能使光伏方阵工作在最大功率点。太阳能电池的输出功率与日照、温度、负载的变化有关,即其输出特性具有非线性关系。而且在稳态运行时,电压波动范围应有限定,其偏差不得超过额定值的 $\pm 3\%$,负载调整率应 $\leq \pm 6\%$;在负载突变或有其他干扰因素影响的动态变化情况下,其输出电压偏差不超过额定值的 $\pm 8\%$ 或 $\pm 10\%$ 。这就要求逆变控制器具有最大功率跟踪功能,即不论日照、温度、电压等如何变化,都能通过逆变器的自动调节实现方阵的最佳运行。

4)要求逆变控制器具有体积小、可靠性高、噪声低等特点。对于户用的光伏系统,其逆变控制器通常安装在室内或挂在墙上,因此对其体积、重量均有限制。另外,对整机的可靠性也提出较高的要求。由于太阳能电池的寿命均在20年以上,所以与其配套设备的寿命也必须相当长。

5)在有些场合,要求在市电断电状况下,在有日照时逆变控制器能够单独供电。又由于逆变控制器由光伏发电系统供电,不消耗公网电力。在低日照强度下,逆变控制器应能保持稳定运行。现代的光伏发电系统在 $50\text{W}/\text{m}^2$ 的日照强度下,即可以实现向公共电网供电;而且即使逆变控制器在额定功率10%的输入情况下,也能保证90%的转换效率。

6)光伏建筑一体化逆变控制器还必须具有一系列防雷击、过电流、过热、短路、反接、直流电压异常、电网电压异常等检测、保护及报警功能。特别是电网突然发生故障时,逆变控制器必须将BIPV光伏发电系统能够自动从主网解列或在极短时间内断开(丧失主电网电压、短路在 0.1s 、反向/逆向电流保护在 0.5s 、绝缘破坏或者孤岛效应 2s),以保障电网和太阳能发电系统的安全运行。

3.3 孤岛效应的危害

由于光伏建筑一体化发电系统是直接将太阳能逆变后馈送给电网或用户,所以需要各种完善的保护措施。对于通常系统工作时可能出现的方阵或功率器件过流、过压、欠压、过热等故障状态,可以通过逆变控制器里的硬件电路检测,配合软件加以判断、识别并进行处理。但光伏建筑一体化发电系统,还需要考

虑当市政电网因故障而跳脱时,就出现一个BIPV发电系统与用户的负载形成市政电网无法掌控的自控孤岛(如图4所示),如果孤岛运行发生,太阳能光伏发电系统就必须同电网断开,否则既会给维护检测人员带来危害,又会影响恢复供电后的供电质量。而如果控制系统能不断地检测电压波形和相位等变化要素或者经常输入周期性地频率,就能检测这些脉冲。

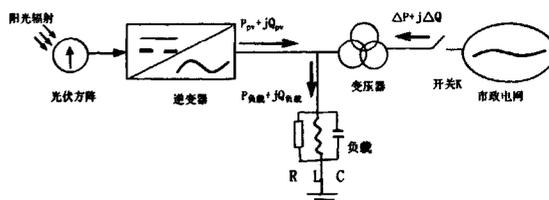


图5 光伏建筑一体化的功率流向

光伏建筑一体化发电系统必须万无一失地防止孤岛效应的发生,因此,其逆变控制器必须具有反孤岛效应的功能。国际能源委员会专门制定了标准IEEEStd.2000-929和UL1741特别强调了逆变控制器的反孤岛效应功能,同时给出了逆变控制器在市政电网断电后检测孤岛现象标准,并限定了逆变控制器在市政电网断开时间(见表4),这些对于我们设计和选择逆变控制器时又多了些技术要求。

表4

状态	断电后电压峰值	断电后电压频率	允许的最大检测时间
A	$0.55V_n$	F_n	6个波动周期
B	$0.5V_n < V < 0.88V_n$	F_n	2s
C	$0.88V_n \leq V \leq 1.1V_n$	F_n	2s
D	$1.1V_n < V < 1.37V_n$	F_n	2s
E	$1.37V_n \leq V$	F_n	2个波动周期
F	V_n	F_n	6个波动周期
G	V_n	F_n	6个波动周期

4 太阳能光伏建筑一体化发电系统附属设施的设计

BIPV发电系统附属设施主要包括交流配线系统、直流配电系统、以及运行、监控、检测、防雷、接地系统等。

4.1 交流配电系统

装设电隔离、漏电保护开关,以便维护和故障处理,同时为了防止雷击,在交流电网输出侧装设避雷器。另外,装有智能化计量仪表、滤波器,经技术部门鉴定的电流、电压、电量、功率因数等仪器,监测送入电网的电量特性,记录系统的各种电气性能参数,包括环境辐射、温度、风速、大气污染、发电系统等的参数,以及交流过压、欠压保护、电网频率异常保护、过载保护等

功能的设置,都为光伏发电系统的运行提供相关依据。

4.2 直流配电系统

采用不同线径的电缆,将太阳能光伏电池分组串联,并满足市政电网对电压的要求;再将每组光伏电池并联,满足负载对发电功率的要求,最终构成太阳能光伏方阵。每组光伏电池输入侧都装有隔离二极管、防反二极管,防止出现逆流现象,以便进一步保护电池板。配电盘还装有吸收浪涌的压敏电阻,并在电池输入侧装有避雷器,防止雷击对系统造成损坏和电流倒灌。而直流过压、欠压保护、直流接地漏电保护、模块保护的设置,以及光伏电池方阵的电线、电缆全部封闭在电缆桥架里的实现,减少外部环境的影响,提高光伏发电系统的可靠性和稳定性。

4.3 其他辅助配套设施

光伏建筑一体化太阳能光伏发电系统中的监控设施,可以配合逆变控制器对整个系统进行实时监控记录和控制,并将故障、报警、及相关参数的设置进行记录,还可以通过网络进行数据传输。而光伏发电系统中的大部分都处在露天中,并且分布面积大(本案例中单栋建筑物的太阳能光伏方阵面积就达 360m^2),存在着直接和间接雷击的危害。

同时光伏发电系统与其相关设施及建筑物有着直接连接,就会对光伏系统的雷击还涉及到建筑物、相关用电负荷及设施,就更需要将光伏发电系统进行防雷和接地分别单独设置。

在完成光伏发电系统及相关设施的设计、选型后,就可以进行相关辅助配套设施的设计和选型,比如光伏方阵的支架、电气开关、电气电缆、配电箱,以及相关监控、防雷、保护的电气配件等,从而按照光伏、电气、建筑的相关规范完成光伏建筑一体化的太阳能光伏发电系统最终设计。

5 BIPV 发电系统的效益和发展前景

1) 效益分析

其一,经济效益方面,按照厦门市目前居民电价 $0.45\text{元}/\text{kW}\cdot\text{h}$ (每户月度用电 $<150\text{kW}\cdot\text{h}$),该案例中六栋居民小区每年可节省电费 10.65 万元。按照太阳能光伏方阵的最低寿命 20 年计算,该案例中六栋普通居民住宅的光伏发电系统累计可发电 473.4 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 20 年总计节省电费 213.03 万元,而且具有极低的运行和维护成本(几乎接近零),也就是节省了运行成本,而事实上, 20 年仅仅是光伏方阵的最低使用年限,光伏方阵发电系统在运行 20 年后,仍然具有发电能力。

其二,环保方面,在厦门市的该案例中案例中

六栋普通居民住宅的光伏发电系统的年发电量约为 23.67 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$,按目前中国火电厂煤耗,每年可节省标准煤约 92.75t ,年粉尘减排量约 1.16t ,年灰渣减排量约 24.39t ,年二氧化碳减排量约 41.06t ,年二氧化硫减排量约 1.85t 。

其三,社会效益方面,太阳能光伏系统与建筑的完美结合,充分体现了低碳、绿色、可持续发展的科学发展理念,也为厦门进一步增添了“宜居”元素。同时,也为海西乃至全国的高科技普及教育,以及节能、环保的倡导和宣传,起到了促进作用。

2) 未来展望

虽然太阳能光伏建筑一体化有着很好的经济、环保和社会效益,但初次高的改造和安装成本暂时制约了其发展。这主要是太阳能光伏方阵的晶体硅成本很高所致。前几年我国的BIPV的造价大约为 $50\text{元}/\text{W}$ ($25\text{万元}/100\text{mm}^2$),欧美日本等国大约为 $3\sim 4$ 美元/ W ,由于研发的提高和技术的成熟,到 2010 年底,欧美日本等国的BIPV的建造成本可以降到 6 美分/ $\text{W}\cdot\text{h}$,相当于 $4\text{元}/\text{W}\cdot\text{h}$,经专家预测,再过十年,BIPV的建造成本可以降到火电发电的成本,再加上其 $20\sim 50$ 年极低运行成本的使用期,太阳能光伏建筑一体化发电系统将是 21 世纪新能源发展的新趋势。

参考文献

- [1] 李钟实. 太阳能光伏发电系统设计与施工[M].北京:人民邮电出版社,2010.1.
- [2] 杨金焕,于化丛,葛亮. 太阳能光伏发电应用技术[M].北京:电子工业出版社,2009.1.
- [3] 杨洪兴,周伟. 太阳能建筑一体化技术与应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.1.
- [4] Mukund R.Patel. Wind and Solar Power Systems Design, Analysis and Operation. CHINA MACHINE PRESS,2009.1.
- [5] 李博. 浅谈光伏发电系统的建筑一体化应用[J].北京:太阳能,2008(2).
- [6] 李宏毅,金磊. 建筑工程太阳能发技术及应用[M].北京:机械工业出版社,2007.8.
- [7] 崔容强,赵春江,吴达成. 并网型太阳能光伏发电系统[M].北京:化学工业出版社,2007.7.
- [8] 刘树民,宏伟. 太阳能光伏发电系统的设计与施工[M].北京:科学出版社,2006.4.
- [9] 董密,罗安. 光伏并网发电系统中逆变器的设计与控制方法[J].北京:电力系统自动化,2006.10.
- [10] 厦门专业气象台提供 2009 年厦门市的太阳辐射等气象数据.

太阳能光伏建筑一体化的分析与设计

作者: 郭海, Guo Hai
作者单位: 福建九牧集团有限公司, 福建厦门, 361004
刊名: 电气技术
英文刊名: Electrical Engineering
年, 卷(期): 2011(7)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dianqjs201107019.aspx