

基于实测数据的光伏电站容量配置系数优化

陈祥

(中国能源建设集团云南省电力设计院有限公司, 昆明 650051)

摘要: 近年来, 部分光伏电站采用光伏组件与逆变器容量配置系数大于 1 的设计理念, 其配置系数的选择多根据经验值, 鲜见理论分析。将在某地的实测辐射值的基础上, 再综合电站不同的效率、投资的情况, 根据价值工程完成电站新增发电量与新增投资之间的关系分析, 最终确定合理的配置系数, 为类似工程提出参考。

关键词: 光伏电站; 容量配置系数; 实测辐射数据

中图分类号: TM611

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2017)02-0077-04

Optimized Coefficient of Capacity Configure Based on Measured Irradiance Data for PV Power Station

CHEN Xiang

(China Energy Engineering Group Yunnan Electric Power Design Institute Co., Ltd., Kunming 650051, China)

Abstract: Some PV station adopting the design philosophy that the PV module's and inverter's capacity ratio higher than 1 in recent years, the definition of ratio is based on the designer's personal experience, lack of theory analysis. In this paper, based on the measured irradiance data in a certain place, analysis the ratio between the added generation of PV station and investments based on different efficiency and price of PV station by using value engineering method. At last, we give the optimized PV module's and inverter's capacity ratio in the certain palace for the similarly projects.

Key words: PV power station; coefficient of capacity configure; measured irradiance data

我国在光伏电站快速发展中, 针对光伏组件容量与逆变器之间的容量配置系数的计算缺少定量分析。

近年来, 光伏电站在设计时其系数选择多根据设计经验进行选取。而各光伏电站因其所处的地理位置、电站设备的选型、设计水平、投资水平均存在差异, 同时其作为电站经济性的评价标准, 在容量配置系数选择中鲜见针对性的分析。

基于此, 本文将对此问题进行深入分析, 定量的给出合理容量配置系数的计算方法, 为今后光伏电站的精细化设计提供参考。

1 A 地区实测辐射数据分析

本文采用 A 地区某年实测辐射数据, 选取其水平面总辐射、温度数据作为计算分析的依据^[1]。

实测数据采样时间为 1 min, 全年共计 525 600 组, 数据完备率 96.32%^[2]。完成缺失数据插补后, A 地区全年水平面总辐射量为 6 262.5 MJ/m²。根据《太阳能资源评估方法》(QX/T 89—2008)^[3]判定其太阳能资源很丰富, 资源具备开发条件。

根据上述数据可得^[4]: 逐月、年代表日逐时、月代表日逐时的辐射量(值)分布图(其中: 文中时间为真太阳时, 后同)。

根据图 1~图 3 可分析出 A 地区全年辐射分布具备如下特征:

1) A 地区月总辐射量最大值发生在春、夏换季的 5 月; 全年逐月总辐射量较平均, 光伏电站全年

月度发电量差异较小。

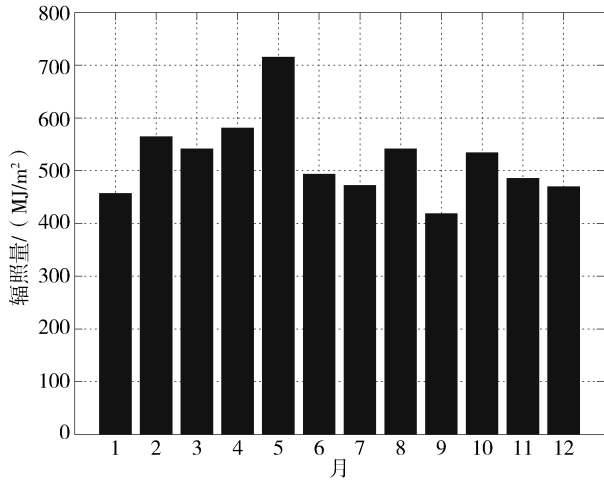


图1 A地区逐月总辐射量直方图

Fig. 1 Histogram of monthly global irradiance

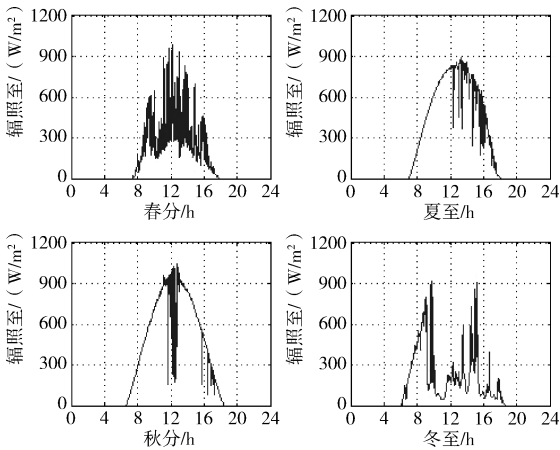


图2 A地区年代表日总辐射值分布图

Fig. 2 Curve of annual characteristic day's global irradiance

2) A地区年代表日总辐射极大值差异较小,其中4个年代表日差异主要是日照时长、当日天气状况而引起的日总辐射量、辐射量值瞬时特征的差异。同时对数据进行分析得:太阳总辐射值最高月与最低月之比为1.63,根据《太阳能资源评估方法》判定其太阳能资源稳定程度等级为:稳定。

3) A地区5月至8月的正午存在总辐射值超过 1000 W/m^2 的情况。根据对其原始数据的分析:总辐射值超过 1100 W/m^2 在6月时有发生,即逆变器存在直流侧输入功率过高而产生弃光的工况。

4) A地区10月至次年4月的空气质量好,透明度高,日总辐射值变化较平稳;总辐射的年内变化呈“春夏大,秋冬小”的特点。

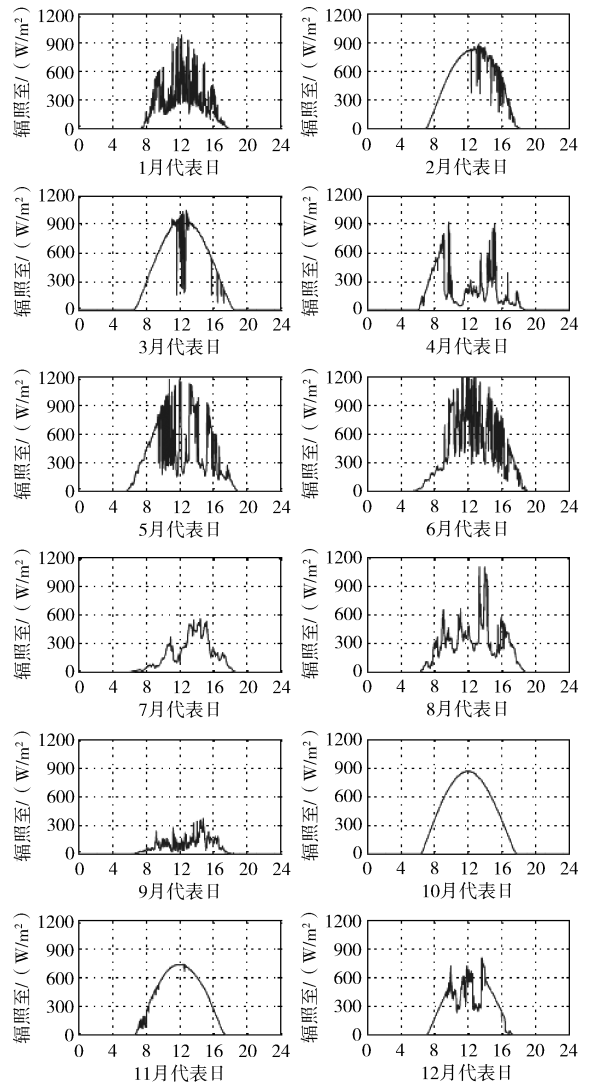


图3 A地区逐月代表日总辐射值分布图

Fig. 3 Curve of monthly characteristic day's global irradiance

2 容量配置系数的计算

2.1 理论计算方法

本文研究的对象为单个光伏方阵。其中:光伏组件与逆变器的容量配置系数定义如下:

$$\alpha = \frac{P_{\text{md}} L_{\text{st}} N_{\text{st}}}{P_{\text{in}}} \quad (1)$$

式中: α 为容量配置系数; P_{md} 为单块光伏组件容量, W; L_{st} 为光伏组件串的串联数; N_{st} 为光伏组件串的并联数; P_{in} 为单个光伏方阵的逆变器容量, W。

容量配置系数数值区间取 $[0.8, 1.5]$,根据式1即可计算出光伏组件串的并联数的极小值、极大值,即:

$$N_{st\min} = \text{INT}\left(\frac{0.5P_{in}}{P_{md}L_{st}}\right) \quad (2)$$

$$N_{st\max} = \text{INT}\left(\frac{2P_{in}}{P_{md}L_{st}}\right) \quad (3)$$

2.1.1 光伏方阵综合效率

本文光伏方阵综合效率指：光伏组件至逆变器交流侧出口段的效率 η_{sys} 。

2.1.2 光伏方阵出力仿真

根据 Liu 和 Jordan^[5] 等理论，并结合前文的实测的全年辐射数据：

1) 采取逐 1 min 水平面总辐射进行光伏方阵发电功率仿真。

2) 根据按照球面天文学理论，采用地平坐标系作为基准坐标系，并借助赤道坐标系来进行空间坐标转换以获得全年各时刻的太阳高度角和方位角。

3) 根据太阳辐射原理，首先采用 Erbs 法^[2] 计算全年逐小时散射辐射量与总辐射的比值，分解出直接辐射、散射辐射、反射辐射。

4) 采用 Klein 法^[5]，计算光伏组件倾斜面上的太阳辐射量。

5) 通过对辐射站采集的环境温度的校正，计算出光伏组件表面的温度。再结合光伏组件的参数，计算出不同 N_{st} 值下的光伏方阵全年逐 1 min 发电功率 P_{sys} ，其中 N_{st} 值的步长取值为 1。

2.1.3 逆变器过载

当输入功率超过逆变器额定容量一定比值后，光伏方阵将存在弃光情况。因此本文定义逆变器允许短时超过其容量的百分比为： β (%)。根据逆变器工作原理^[6]，光伏方阵发电功率按照式 (4) 计算：

$$P'_{sys} = \begin{cases} P_{sys}\eta_{sys} \cdot P_{sys}\eta_{sys} < (1 + \beta)P_{in} \\ (1 + \beta)P_{in}, P_{sys}\eta_{sys} \geq (1 + \beta)P_{in} \end{cases} \quad (4)$$

2.1.4 经济性分析

1) 根据光伏方阵内设备价格，计算不同 N_{st} 值的电站投资。

2) 由式 (5) 可计算各 N_{st} 值的光伏方阵的电量收益：

$$E_{gain} = \sum_{i=1}^{365} \sum_{j=1}^{1440} \frac{P'_{sys}{}^{ij}}{60\ 000} p_{elec} \quad (5)$$

式中： E_{gain} 为发电量收益，元； p_{elec} 为光伏电站售电价，元 · kWh⁻¹。

3) 结合价值工程，根据上述步骤结果可计算并得出最大净现值的 N_{st} ，最终根据式 1 确定容量配置系数 α 。

2.2 A 地区容量配置系数计算

A 地区的单个光伏方阵模型如下：

光伏阵列所处纬度：23°；光伏组件为 60 片型、容量为 275 W，组串数取 22，组串并联数取 160 ~ 220 回；电站综合效率分别取 80%、85%；售电价取 0.60 元/kWh；行业基准折现率取 8%；电站综合单价取 6.5 元/W，光伏组件单价取 3.0 元/W；电站寿命期取 25 年。根据 2.1 节方法计算后，结论如下：

1) 当电站综合效率 η_{sys} 取 80%、 β 值分别取 0%、5%、10% 时，最大净现值对应的 N_{st} 为：172、181、189，则容量配置系数 α 相应为：1.041、1.095、1.143，如图 4 所示。

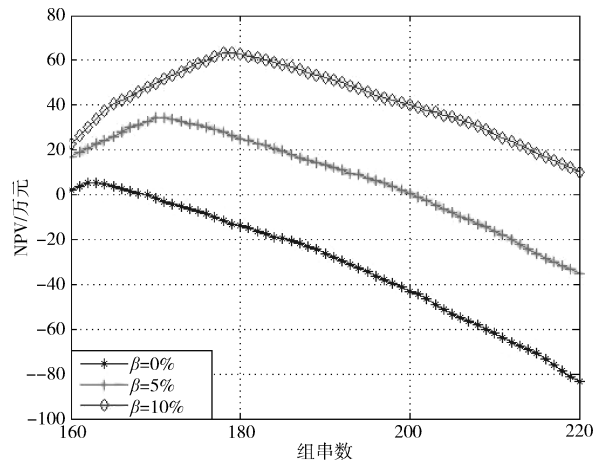


图 4 电站财务净现值分布曲线 ($\eta_{sys} = 80\%$)

Fig. 4 Curve of PV station's NPV ($\eta_{sys} = 80\%$)

2) 当电站综合效率 η_{sys} 85%、 β 值分别取 0%、5%、10% 时，最大净现值对应的 N_{st} 为：162、170、178，则容量配置系数 α 相应为：0.980、1.028、1.077，如图 5 所示。

3) 分析可得：光伏电站综合效率的高低直接影响容量配置系数。随着综合效率的提高，容量配置系数将减小。电站在降低光伏组件初投资的同时，亦可提高电站收益。

4) 建议电站在设备选型时，应结合当地的辐射数据合理选用具备短时过载能力的逆变器。针对 A 地区，其逆变器选型可要求其具备 10% 的短时过载能力(逆变器的短时过载时间的技术要求应根据前

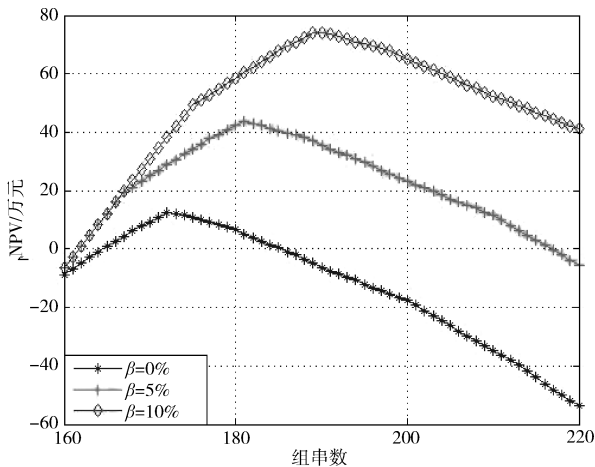


图5 电站财务净现值分布曲线($\eta_{\text{sys}} = 85\%$)

Fig. 5 Curve of PV station's NPV($\eta_{\text{sys}} = 85\%$)

文计算出的逐时发电功率统计得出)。

5) 光伏电站最优容量配置系数的影响因素包括: 电站所在地的辐射数据、电站综合效率、逆变器过载能力、电站综合单价、光伏组件单价、行业基准折现率等。

3 结论

本文首先完成 A 地区的实测辐射资源数据分析, 拟合出光伏电站全年逐时的输出功率; 通过设定光伏电站的 η_{sys} 、 β 、 p_{elc} ; 计算出不同 N_{st} 的财务净现值; 选取净现值最大的 N_{st} 值; 最终确定 α 值。定量提出了光伏电站的容量配置系数 α 的计算方法, 具有一定的推广价值。

通过本文的分析可以看出, 光伏电站容量配置系数应以当地的实测辐射数据为依据, 确定光伏电站各主要参数后方可优化出结果。目前光伏电站根据经验值进行容量配置系数的选择, 不能满足光伏电站精细化设计的要求。

因此, 光伏电站的容量配置系数应在设计前期结合上述各因素综合分析计算, 以增强光伏电站的综合效益。

参考文献:

- [1] 中国电力企业联合会. 光伏发电站设计规范: GB50797—2012 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
China Electricity Council. Code for design of photovoltaic power station: GB50797—2012 [S]. Beijing: China Planning Press, 2012.
- [2] 江西省气候中心. 太阳能资源评估办法: QX/T 89—2008 [S]. 北京: 气象出版社, 2008.
Jiangxi Climate Center. Assessment method for solar energy resources: QX/T 89—2008 [S]. Beijing: China Meteorological Press, 2008.
- [3] 李晋, 秦琳琳, 岳大志, 等. 试验温室温度系统建模与仿真 [J]. 系统仿真学报, 2008, 20(7): 1869-1875.
LI J, QIN L L, YUE D Z, et al. Experiment Greenhouse Temperature System Modeling and Simulation [J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(7): 1869-1875.
- [4] 陈祥. 光伏电站发电量的理论计算及差异分析 [J]. 太阳能, 2008, 2011(1): 39-40.
CHEN X. Calculate & error analysis on PV power station [J]. Solar Energy, 2008, 2011(1): 39-40.
- [5] 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.
YANG J H, YU C H, GE L. Application technology of solar photovoltaic power generation [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2009.
- [6] 张晓安, 余世杰, 沈玉梁, 等. 光伏专用逆变器保护系统的设计 [J]. 合肥工业大学学报自然科学版, 2001, 24(6): 1111-1114.
ZHANG X A, YU S J, SHEN Y L, et al. Design of the protection system of the inverter used for the photovoltaic system [J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2001, 24(6): 1111-1114.

(责任编辑 黄肇和)

中国能建广东院九个项目获省部级科学技术奖

2017年1月20日和3月20日, 中国电力规划设计协会和中国电力建设企业协会分别公布了2016年度电力工程科学技术进步奖和2017年度电力建设科学技术进步奖评审结果, 中国能建广东院共有九个项目获奖。其中2016年度电力工程科学技术进步奖方面: 《低、中水平放射性废物处置场岩土工程勘察规范及关键技术》获得一等奖, 《滨海电厂循环水大直径引水隧洞结构设计技术研究》获得二等奖, 《先进储能技术在智能微电网中的应用研究》获得三等奖; 2017年度电力建设科学技术进步奖方面: 《超高压同塔四回路大跨越技术研究及工程应用》获得二等奖, 《500 kV 三回路联合门型构架技术应用研究》等五个项目获得三等奖。

(中国能建广东院)