

设备衰减率对太阳能光伏发电利用 小时数的影响分析

肖黎明

(南京信息工程大学 电子与信息工程学院,南京 210044)

摘要:发电利用小时数是判断太阳能光伏电站运营状况的核心指标,这个指标受多种因素的影响。除去自然因素和弃光限电影响,设备性能和运维水平对利用小时数的影响,则需太阳能产业界通过自身努力去逐步解决。通过对某太阳能光伏电站进行跟踪后评估,测算出其电池衰减率对发电利用小时数的影响,即衰减率每提高 1%,影响利用小时数 12 h。这对光伏设备厂家和光伏发电站上下游协同发展均提出了新的技术创新要求。

关键词:太阳能;光伏发电;光伏电站;衰减率;利用小时数

中图分类号:TM 912

文献标志码:B

文章编号:1674-1951(2017)12-0067-03

0 引言

随着经济社会的发展,能源需求持续增长,能源环境问题日益突出,加快开发利用可再生能源已经成为可持续发展的必然趋势。随着太阳能技术的成熟和成本的显著下降,世界上许多国家已将太阳能作为重要的新兴产业。

当前,我国正以推动低碳循环发展,建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系为目标。可再生能源,尤其是太阳能光伏发电因具有资源分布广、开发潜力大、环境影响小、可永续利用等特点,在许多地区能源供应体系中占有更加重要的地位。大力发展光伏发电是落实“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念和保障能源安全、加强环境保护、应对气候变化的重要措施,也是调整优化能源结构、转变能源发展方式的重要内容。

太阳能光伏发电在我国有着广阔的发展前景。国家能源局下发的《太阳能发展“十三五”规划》中明确提出:到 2020 年年底,全国太阳能发电装机要达到 110 GW,其中,光伏发电装机达到 105 GW 以上,在“十二五”基础上每年保持稳定的发展规模;太阳能热发电装机达到 5 GW。到 2020 年,太阳能年利用量达到 1.4 亿 t 标准煤以上。结合国情,按照因地制宜、形式多样的思路,引导太阳能光伏发电产业健康可持续发展。

我国光伏产业体系不断完善,技术进步显著,光伏制造和应用规模均居世界前列。在政策大力支持

下,目前我国光伏发电已全面进入规模化发展阶段,技术进步和产业升级加快,太阳能市场竞争力迅速提高,光伏发电成本持续降低,但太阳能发电的利润却苦乐不均。对已投运光伏发电项目来说,影响其收益的因素很多,造价已经固定,发电利用小时数就成为其核心衡量指标了。

1 光伏电池发展状况

近年来,我国太阳能电池(又称光伏电池)与组件规模迅速扩大的同时,产业化光伏电池与组件效率也大幅提升。2014 年,高效多晶太阳能电池产业化平均效率达 17.5% 以上,2014 年年底最高测试值已达 20.8%;单晶太阳能电池产业效率达 19.0% 以上,效率已达到或超过国际平均水平。2015 年,我国多晶及单晶太阳能电池产业化平均效率分别达到 18.3% 和 19.5%。

地面光伏电站初始投资占光伏电站成本的 80% 以上,主要包括光伏组件、并网逆变器、配电设备及电缆、电站建设安装、土地租赁等成本,其中,光伏组件投资成本占初始投资的近 6 成。因此,提升光伏电池组件效率、推动制造工艺进步以及降低原材料价格等因素,都会进一步降低光伏发电成本。

经测算,光伏组件效率每提升 1%,相当于光伏发电系统价格下降 10%;但当电池出现超衰减时,又将导致发电利用小时数下降,从而降低光伏电站的收益。光伏发电技术的发展进步,高效电池或其他新型电池的研发和普及,带来转换效率的提升和使用寿命的延长,增加了发电利用小时数,促使太阳能光伏发电成本的进一步下降。

2 晶体硅太阳能电池组件功率衰减

硅是一种良好的半导体材料,储量丰富,性能稳定,是太阳能电池研究开发、生产和应用中的主体原料。

晶体硅光伏组件由钢化玻璃、乙烯-醋酸乙烯酯共聚物(EVA)胶膜、电池片、背板、铝边框、接线盒、硅胶等组成,是按照一定的生产工艺进行封装,在一定的光照条件下达到一定输出功率和输出电压的光伏器件。光伏电站投运后,随着光照时间的增长,组件输出功率呈逐渐下降趋势。

太阳能光伏发电系统是由光伏电池、充放电控制器、监控设备和蓄电池以及一些辅助设备部件组成。光伏发电的原理:阳光照射太阳能电池表面,光子被太阳能电池的硅材料吸收,使太阳能电池内的电子发生变化;太阳能电池与外部电路连接时,产生输出功率,即光能转化为电能;太阳能电池连接的蓄电池组将光能转化为电能储存起来,进而输送到电网中,再经过变压输送到用户。

3 计算太阳能电池功率

当前,影响太阳能发电利用小时数的因素主要有 3 个方面:(1)受气候、地形、光照、环境等影响的自然因素;(2)受调度、负荷、季节等影响的弃光限电因素;(3)受设备性能和运行维护管理水平影响的技术因素。自然因素不可逆,只能在今后选址时总结经验,吸取教训;弃光限电现象需要政策引导和保护才能解决消纳问题,非电站个体能够解决。而设备性能和运行维护水平,则需太阳能产业上游制造以加强技术创新、提升产品性能质量、降低成本为核心任务,为下游市场大规模发展创造条件;下游市场应用的核心任务则是提升运行维护管理水平,以此来共同提高设备发电利用小时数。

太阳总辐射的大小直接影响光伏电池出力的大小。要进行光伏发电功率预测,首先要对太阳辐照与光伏发电功率的相关性进行研究并建立光伏电站出力模型,进而得到光伏电站的输出功率。根据各地气候、自然环境的较大差异,开展光伏电站发电功率影响研究,将有效提高光伏发电功率的预报、预测能力,对提高光伏发电利用小时数、指导光伏发电发展和布局有积极作用。

每日有效日照按 6.5 h,逆变器转换效率按 90% 计,输出功率为 100 W 时,实际需要输出功率应为 $100\text{ W}/90\% = 111\text{ W}$ 。若每天使用 5 h,则每天耗电量为 $555\text{ W}\cdot\text{h}$ 。考虑充电效率和充电过程中的损耗,太阳能电池板的输出功率应为 $555\text{ W}\cdot\text{h}/6.5$

$\text{h}/70\% = 122\text{ W}$,式中:70% 为充电过程中太阳能电池的实际功率的百分数。

当输出功率为 100 W 时,每年输出的电能为 $6.5\text{ h/d} \times 122\text{ W} \times 365\text{ d} = 289.4\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。这为接下来计算电池衰减率奠定了基础。

4 光伏组件功率衰减

对已投运光伏电站运营效益进行后评估分析,年发电利用小时数是其最重要的量化指标。通常通过实际年发电利用小时数与可研年发电利用小时数进行对比,判断分析出差异成因。

电量是电厂的生命线。对在运机组来说,年发电利用小时数直接影响着光伏电站的投入产出比。对于光伏电站而言,如果天气、气温及光照度年偏差不大,设备运行情况正常,而实际年发电利用小时数与可研年发电利用小时数偏差大,抛开人为管理因素,就应重点检测是否是因电池板衰减率大,影响机组性能,导致发电利用小时数下降,从而降低投资回报。

近年来,统计汇总分析发现,太阳能光伏组件衰减率的大小,已经成为影响光伏发电量的重要因素之一。

4.1 光伏组件衰减率的测试方法

光伏组件衰减率是指光伏组件运行一段时间后,在标准测试条件下最大输出功率与投产运行初始最大输出功率的比值。标准测试条件:大气质量(AM),1.5;组件温度,25℃;辐照度,1000 W/m²。

光伏组件衰减率的确定可采用加速老化测试方法、实地比对验证方法或其他有效方法,其中,实地比对验证方法更适用于在运机组的性能检测。

实地比对方法是自组件投产运行之日起,根据项目装机容量抽取足够数量的组件样品,按照 GB/T 6495.1—1996《光伏器件 第 1 部分:光伏电流-电压特性的测量》规定的方法,测试其初始最大输出功率后,与同批次生产的其他组件安装在同一环境下正常运行发电,运行之日起 1 年后再次测量其最大输出功率,将前后两次最大输出功率进行对比,依据衰减率计算公式计算出光伏组件发电性能的衰减率。计算公式为

$$\text{光伏组件衰减率} = \frac{P_{\text{max(投产运行初始)}} - P_{\text{max(运行一段时间)}}}{P_{\text{max(投产运行初始)}}} \times 100\%$$

式中: P_{max} 为最大输出功率。

4.2 光伏组件衰减率检测实例

对南方某地在运光伏电站运行指标进行跟踪测试,发现其呈典型的衰减率偏大状况,这为今后机

组选型和运行维护提供了参考。

表 1 为该光伏电站投运以来,连续 5 年实际利用小时数完成与可研情况的比较。

表 1 2011—2015 年发电利用小时数比较

年份	10 MW 光伏项目年利用小时数/h		
	可研	实际	差异值
2011	1 183	1 150	-33
2012	1 174	1 145	-29
2013	1 164	1 138	-26
2014	1 155	1 128	-27
2015	1 146	1 125	-21

注:表中差异值=实际值-可研值。

实际利用小时数较可研利用小时数存在一定差异是正常现象,但当差异值较大时,就应通过实地比对方法检测其光伏电池衰减变化情况。在检测时,通过测定送检电池的最大功率、电压、电流等指标,计算出最大功率和填充因子,从而判断出衰减率情况。

4.3 检测指标

已知该光伏电站可研最大功率是 275 W_p,可研填充因子为 80%,年衰减率为 1%,在标准试验条件下测得相关指标见表 2。

表 2 衰减率测算主要指标

项目	数值
开路电压 U_{oc}/V	43.83
短路电流 I_{sc}/A	8.238
最大功率 P_{max}/W	231.4
最大功率点电压 U_{mp}/V	33.09
最大功率点电流 I_{mp}/A	6.993
填充因子(FF)/%	63.35

最大功率 $P_{max} = U_{mp} \cdot I_{mp} = 33.09 \times 6.993 = 231.4$ (W_p)。功率曲线如图 1 所示。

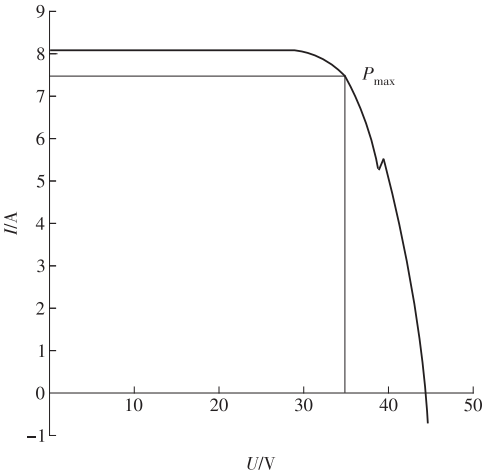


图 1 功率曲线

4.4 检测结果

通过对送检的部分多晶硅光伏电池组件进行检测和计算,实际测得该块电池输出最大功率为 231.4 W_p,较可研(275 W_p)低了 43.6 W_p。

填充因子是电池品质的量度,实际上是最大输出功率除以理想目标的输出功率。多晶硅填充因子一般在 60%~85%,其值越高,表明电池性能越好。

对该光伏电站填充因子进行测算:

$$\begin{aligned} \text{填充因子(FF)} &= \frac{U_{mp} I_{mp}}{U_{oc} I_{sc}} \times 100\% = \frac{P_{max}}{U_{oc} I_{sc}} \times 100\% \\ &= \frac{231.4}{43.83 \times 8.238} \times 100\% = 64\% \end{aligned}$$

平均填充因子(FF)为 64%,由 4.1 中公式计算,该光伏电站光伏组件衰减率 = (275 - 231.4)/275 × 100% = 16%。

由此可推定出,在设定的技术规范标准下,对照光伏组件技术参数要求值,以 5 年作为产品运行使用时间,多晶硅光伏电池组件在标准试验条件下,其平均最大输出功率较可研低 43.6 W_p,5 年运行使用期限内输出功率衰减不超过峰值功率的 5%,实际平均衰减率却高出了 11%。其平均衰减率已接近 25 年设计运行使用生命周期的 20%,直接影响了发电效率。

4.5 经济性影响

对于本文中示例的该 10 MW 光伏电站,在平均衰减率高出可研设定值 11% 的情况下,年影响发电量 1.32 GW·h。也即衰减率每提高 1%,影响利用小时数 12 h,减少发电量 120 MW·h。

按照 1 元/(kW·h)的太阳能上网电价测算,影响该光伏电站年销售收入 132 万元,对一般起步阶段的光伏发电企业仍是个不小的数字。

5 结论

结合以上测算结果,设备衰减率对太阳能光伏发电利用小时数的影响,可以从技术和应用两个方面来加以改进。

(1)在技术方面,光伏厂家应更加重视对单晶硅电池片在封装之前进行光致衰减,做好每个质量控制点的管控,是增加太阳能电池组件功率衰减的最佳途径,可使用的手段包括利用紫外功能较强的背板、EVA 胶膜等。通过提高光伏组件的输出功率,增加太阳能光伏组件在实际工程应用中的性价比,从而提升转换效率,增加发电利用小时数。

(2)在应用方面,光伏建设单位应注意组件搬运、安装的正确操作,减少安装过程(下转第 72 页)

比例的精确,就成为稀释采样法的一个关键技术,否则将使得烟气测量变得不准确。应确保稀释后烟气的最高浓度在分析仪的测量范围之内。决定稀释比例的另一个因素是 CEMS 安装地点的极端最低温度,要使稀释后样气的露点温度低于环境最低温度,以保证稀释后的样气从采样点到分析仪的传输过程中不发生凝结。所需的最小稀释比例可由烟气中的水汽体积含量与最低温度时的饱和水汽体积含量之比来确定^[1]。

2.2 燃气分布式能源站脱硝问题

由于国家对污染物排放总量的限制越来越严格,目前很多新建燃气分布式能源站虽然满足排放浓度限值要求,但是地方环保部门对排放总量逐年压减,因此需同步建设脱硝设施或预留脱硝空间来满足后续更严格的环保要求。在项目设计阶段宜在余热锅炉内部预留脱硝装置空间,以便减少后续增加脱硝装置的工程量,节约投资成本。在脱硝工艺选择方面,在符合当地安全环保要求的前提下,可优先选择系统工艺简单、运行成本低廉的氨水作为 SCR 脱硝还原剂^[2-3]。

对于已投运项目后续增建的脱硝设施,宜充分论证,特别是要结合 SCR 脱硝效率和燃机排放水平合理确定脱硝技术路线和改造方案,同时充分论证增建脱硝装置造成燃机出口背压升高是否对燃机安全运行产生影响。目前国内主要有余热锅炉入口增加高温催化剂和余热锅炉中部增加中温催化剂两种工艺路线,主要适用范围如下。

(1)对于要求 SCR 脱硝效率在 80 % 以下、催化剂使用数量少的,在现场空间满足改造要求的前提下,选择在余热锅炉入口加装高温催化剂可减少余

(上接第 69 页)中的损耗;在投运后,光伏电站应注意极端天气的防范,以及注重灰尘、雨水的遮挡等。将光伏衰减率控制在标准范围内,做好日常运行维护,加强精益管理,提升机组发电利用小时数,从而提升光伏电站的综合效益。

综上所述,解决好设备衰减率问题,需要厂家和电站双方共同努力,实现上游制造与下游发电市场协同立体化创新发展,是当前提升太阳能发电综合竞争力的有效途径。

参考文献:

[1]王劲峰,孟斌,李连发.中国太阳能发电站选址模型研究[J].地球信息科学,2007,9(6),43-48,131.

热锅炉的改造工程量,节约建设投资成本,但该方案目前在国内应用较少。

(2)对于 SCR 脱硝效率要求在 85 % 以上,催化剂使用量较大的,可选择对余热锅炉实施改造,在余热锅炉中部安装中温催化剂。该方案余热锅炉改造投资较大,后续催化剂更换成本较高温催化剂低,技术较成熟。

3 结束语

本文着重对燃气分布式能源站环保管理要点进行了系统介绍,对关键环节进行了深入探讨,提出了建议,希望能够为从事燃气分布式能源项目开发和环保管理人员提供借鉴,更好地促进燃气分布式能源项目环保监督管理水平的提升。

参考文献:

[1]郭建辉,王铮,潘迪.北京市烟气排放连续监测系统(CEMS)的技术方法比较及相关问题分析[C]//华北五省市环境科学学会学术年会.2009.
[2]潘仲麟,张邦俊.环境声学及噪声控制[M].杭州:杭州大学出版社,1997年.
[3]环境保护部.火电厂烟气脱硝工程技术规范选择性非催化还原法[R].(HJ 563-2010)[2010-04-01]

(本文责编:齐琳)

作者简介:

刘锋(1982—),男,江苏扬州人,工程师,主要从事火电企业环境保护技术管理方面的工作(E-mail:wang-zz@chec.com.cn)。

[2]周涛,陆晓东,张明,等.晶硅太阳能电池发展状况及趋势[J].激光与光电子学进展,2013,50(3):15-25.
[3]马志恒.太阳能电池组件功率衰减分析[J].中国高新技术企业,2012(17):32-33.
[4]祁贵明,王发科,李海凤.格尔木市光伏电站太阳能发电量推算方法探析[J].青海气象,2016(3):59-61.
[5]王利,周悦刚,徐晓敏,等.我国光伏发电成本变化分析[J].中国电力企业管理,2016(5):46-49.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

肖黎明(1975—),男,江苏苏州人,高级工程师,博士研究生,从事电力系统分析、运行与控制、气象环境与新能源开发方面的研究工作(E-mail:new200404@126.com)。