

火力发电厂中光伏发电系统的应用

●王旭



[摘要] 光伏发电系统的应用优势主要体现在环保节能、灵活多变以及广泛适用等特点,在火力发电厂中应用光伏发电系统,不仅能在一定程度上降低电厂的发电能耗,还能显著提升发电量,从而对于提升火力发电厂的经济效益起到重要作用。基于此,很多火力发电厂都在积极推进光伏发电系统的建设。然而,由于自身的技术能力和资金条件限制,光伏发电系统的建设效果并不理想。因此,下文以具体的光伏发电系统建设项目为例,梳理光伏发电系统的建设方法,希望帮助相关技术人员明确光伏发电系统的建设要点,为今后的光伏项目建设工作奠定一定的基础。

[关键词] 火力发电厂;光伏发电系统;光伏组件;内部电荷

全球气候变暖和环境变差等问题的存在严重影响了人们生存环境的质量,因此,各国纷纷推出生态建设方案和未来持续发展战略,并且颁布一系列政策文件来支持新能源开发和利用工作。“双碳”战略的颁布使得我国的绿色能源开发工作迈向了新的发展台阶,这将成为今后十年内或者更久的发展目标。光伏发电作为一种新兴的新技术体系,已在电力行业中掀起了巨大的变化。它不仅满足了绿色生产的要求,还能增强发电厂的产能优势,俨然已经成为各大电力生产企业提质增效的重要途径。因此,迫切需要针对光伏发电系统的应用方法展开研究。

Q 光伏发电系统的组成与发电原理

(一)系统组成

光伏发电系统由多个核心组件组成,包括变压器、光伏组件、逆变器、中压开关以及各类相关辅助部件,这里的辅助部件主要涉及一些保护装置和计量装置等。其中的变压器在系统中起到至关重要的作用,能够调节光伏发电系统的输出电压,使其适合火力发电厂电网的需求。它不仅可以实现高压直流电和高压交流电之间的转换,还能够处理低压直流电的转换,保障光伏发电系统与电网工程的有序对接。光伏组件的主要功能是将太阳能转换为电能,通常由多个光伏电池共同组成,通过串联或者其他连接方式使其形成一个完整的光伏电路,通常被安装在屋顶和空旷无遮挡的平坦区域,确保能够保障太阳能资源收集的效率,增强系统发电成效;逆变器主要用于调整电能频率和电压,使其满足电网要求的标准,保障电网与光伏发电系统的稳定连接;中压开关

主要作用是控制电能输出过程,并保持电网的可靠连接状态。具体应用中是基于系统运行需求对电能输出量进行动态调整与控制,使光伏发电系统处于安全平稳的运行状态。此外,辅助部件在光伏发电系统中同样发挥着重要作用,其中计量装置负责全面统计和电量计量输出数据。而保护装置则可对系统故障和异常状况进行检测,帮助相关人员及时确定故障位置,降低对系统安全的影响。

(二)发电原理

太阳能电池的应用原理是借助半导体材料的电子特性,将太阳光转换为电能。其具体发电原理如下:当半导体受到自然光或者其他光源照射时,内部的电荷分布状况和位置均会发生改变,进而引起内部电势的变化,最终形成电流。即当半导体的P-N结被太阳光照射时,可使P-N结中释放出大量电子与空穴,此时在势垒电场的作用下,使电子进入N型区,而空穴则被驱赶至P型区,由于P型区内分布大量空穴,而N型区内有大量的电子,为此可以形成一个与势垒电场相反的光生电场。同时,光生电场会导致势垒层被抵消一部分,而剩余部分则会分别在P型区和N型区产生正电荷与负电荷,促使P-N结产生电动势,原理见图1所示。

Q 光伏发电系统在火力发电厂中应用的可行性分析

光伏发电系统在火力发电厂中的应用不仅能提升电厂的供电能力,还能实现省能源和减少排放目标,减少电厂的日常能耗,进而提升火电厂的经济效益。尤其是许多火电厂的屋顶和边坡处于闲置状态,利用这些区域安装光伏组件,

不仅可以提升土地资源利用率，还能为电厂带来更大的效益。很多成功的光伏发电系统应用案例均表明，在火力发电厂中实施光伏发电具有较好的应用前景。这主要是由于其与当前的绿色节能生产需求相符，开发和利用太阳能这种清洁能源，不仅改善我国的环境现状，也可节省大量不可再生资源，有助于促进电力行业的健康可持续发展。由此可见，将光伏发电系统应用到火力发电厂中十分可行。但需要注意的是，光伏发电系统建成之后，还需根据系统运行特点定期维护与检查，确保其处于最佳运行状态，保障对太阳能资源的高效利用，为火力发电厂的健康发展奠定良好的基础。

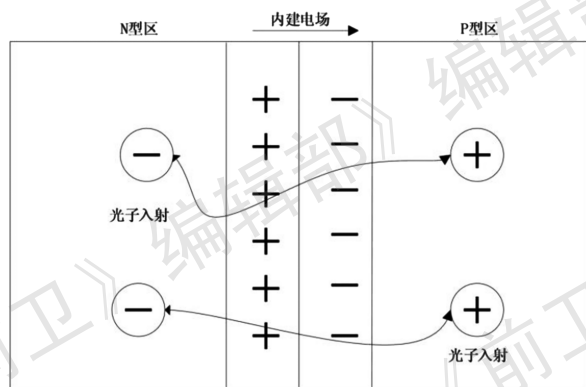


图1 太阳能发电原理图

☐ 光伏发电系统在火力发电厂中的具体应用

(一) 案例分析

以某地的火力发电厂为例，通过深入调查发现，该地区多年的太阳能辐射量平均值是 $4702.3\text{MJ}/\text{m}^2$ ，参照《太阳能资源评估方法》(GB/T37526—2019)中的评级标准，该地区的太阳能资源被划分至C级，表明该地区太阳能资源较为丰富。当地太阳辐射在水平面的辐射稳定性等级可达B级，这标志着其稳定性也较好，同时其直射比可处于中等水平。因此，该地的太阳能具有较好的开发潜力，适合建设分布式光伏发电系统。

出于对安全性因素的考虑，项目中的封闭煤场部位不设施屋顶光伏。同时，厂区前部大部分区域处于冷却塔阴影范围内，虽然食堂和活动中心等屋顶理论上可设置光伏，但由于整个建筑群的屋顶设计风格趋于统一，为了避免打破这种风格形式，不予设置光伏。此外，在输煤栈桥的顶端较为平整，满足设置光伏的条件，但由于栈桥长度过大，光伏的单价过高，很难保障经济效益。综合考虑后，最终决定将光伏系统设置在厂区南侧的边坡位置，该边坡不仅距离大型设备较远，可避免对阳光的遮挡，且空地面积较大，无需投入过多精力进行场地整理，相对来说，成本较低，可被作为设置光伏系统的首选位置。

(二) 光伏组件的选用

光伏组件属于光伏发电系统中的核心设备，其质量的选择直接影响光伏发电系统的发电效率。此外，光伏组件中的核心技术类型还决定了其性能和可靠性，因此，在选用光伏组件时，需要综合考虑现场条件和火力发电厂的发电需求，从而选用适宜的光伏组件。目前，硅基材料光伏组件在市场中占据主导地位，其中单晶、多晶以及非晶硅薄膜光伏组件在市场上的占比高达90%以上，相比之下，聚合物太阳电池和钙钛矿太阳电池等还处于研发阶段，距离投入使用和在市场上流通还有一定的距离。单晶硅电池的发电效率较高，优于多晶硅电池，选用单晶硅电池不仅能有效减少土地占用，还能一定程度上节约原料成本，提升经济效益和发电效益。目前，市场上流通的单晶硅组件类型多种多样，其中最小发电率也在 390Wp ，最大为 540Wp 。

在该项目中，光伏发电系统的设置场地为厂房南侧的边坡结构，由于土地资源有限，因此在选用光伏组件时，优先考虑选用尺寸较小，发电功率偏高的单晶硅光伏组件，尺寸规格是 $2279\text{mm} \times 1134\text{mm} \times 35\text{mm}$ 。该组件在 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 辐照度和 25°C 温度条件下的参数：开路电压 49.6V 、工作电压 41.64V 、短路电流 13.86A 、额定功率 540W 。通过对单晶硅组件的设置不仅解决了土地资源限制的问题，还能充分满足火力发电厂的日常供电所需。

(三) 逆变器的选用

在当前的光伏发电系统中，常见的逆变器类型主要有集中式逆变器和组串式逆变器。集中式逆变器较为适用于大中型光伏发电项目，而组串式逆变器适用于中小型光伏发电项目，组串式逆变器的优势在于结构相对紧凑，布局方法灵活，并且支持多个MPPT跟踪。然而组串式逆变器也存在一定的弊端，即价格偏高，后期维护的难度和工程量较大。

综合考虑之下，在本次研究的光伏发电系统中选用组串式逆变器，从理论层面来讲，可将该项目中的容配比控制在 $1.54:1$ ，但现实情况是，光伏发电施工中需要受到空间和逆变器选型的限制，因此将容配比调整至 $1.248:1$ ，并将逆变器的参数设置如下：额定输入电压 1080 、最大输入电压和电流分别是 1500V 和 360A 、最小输入电压 500V 、MPPT电压 $500\text{V} \sim 1500\text{V}$ ；额定输出 225kW 、峰值输出 247.5kW 、最高额定输出 247.5kW 、最大输出电流 178.7A 、电网电压区间 $640\text{V} \sim 920\text{V}$ 、频率区间 $45\text{Hz} \sim 55\text{Hz}$ 。当额定功率总电流波形的失真率处于 3% 以下时，直流成分在 $0.5\%I_n$ ，输出端的相数为3，最高效率可达 99% 以上。

(四) 设计光伏阵列

1. 光伏阵列安装

光伏发电系统的发电量受太阳光线的入射角度的影响，因此在安装光伏组件时，光线的入射角度是一个关键考量因

系。为了提升太阳能的利用效率,近年来衍生了多种跟踪太阳的装置,主要可以分为三大类:其一是固定式/可调式,通过调节的支架倾角,适应不同季节中太阳的光照角度变化,从而尽可能提升光伏组件对光照能源的接收量;其二是单轴跟踪系统,它由水平轴和倾斜轴构成,通过调整单轴,可以促使组件在东西方向上转动以达成跟踪太阳的目标;其三是双轴跟踪系统,其优势在于不仅支持东西方向上的转变,还可根据季节变化来适时调整太阳能组件的倾斜角度。目前,其中更是引入了自动化跟踪技术,可以显著提升光伏发电系统的发电量,根据数据统计显示,最大可提高40%,同时可节约近20%的成本投入。

综合多项数据验证可知,本次研究的光伏发电项目,各种太阳跟踪装置的应用效果存在显著差异,尤其体现在发电量的提升上。具体来说,固定可调式仅能提高5%、单轴跟踪式能提高18%,而双轴跟踪式可提高25%,其中固定式与固定可调式相比,前期投入更低,而其余设备虽然具备较好的产能效果,但前期投入过大,且后期维护难度也偏大。考虑到本次研究的光伏发电项目规模较小,因此选用固定式设备即可。

2.倾角控制

研究显示,当阳光与单晶硅板呈90°时,发电效率最高,为了实现这一点,安装光伏阵列组件时,应确保其平行于赤道,从而确保阳光能够直接照射在单晶硅板上。在本次研究的光伏发电项目中,应用了应用范围较广的光伏软件(Solargis),该软件主要用于计算电池板倾斜面的辐射量。经过软件的精密计算后发现,当电池板的倾斜角度是23°时的总辐射量是最大值。在设计阶段,可以考虑将部分光伏阵列的倾角与边坡倾角保持一致,以充分发挥地形优势,从而提高光伏阵列的运行效率,并增强能源收集率。

3.串、并联控制

鉴于本次研究的光伏发电项目中,所选用的光伏组件为540W_p的单晶硅组件,开路电压是49.6V,依据已有数据计算出串联光伏电池的数量(N),结果为 $13 \leq N \leq 27$,结合现场施工作业难易程度,这里将每组串联的数量确定为26块,且每路组件串联后的额定功率为14040W_p(540W_p×26)。在实际施工过程中,需要将26个光伏组件

通过串联的方式组装成一个相对完整的光伏并联分支,为能方便安装和管理,需对每路组件进行编号,确保今后的设备维护和检修中能够准确定位。

4.经济效益评估

利用专用的公式计算后可知,该光伏项目建成之后25年之内预计总发电量约为47544MW·h,年度发电量约为1898MW·h,项目建成后第一年的等效利用下小时数是0.35.2h,在25年内的平均等效利用小时数是965.5h。进一步对光伏发电项目的投资进行预估时,采用了排除利息、折旧和税收等因素的计算方式,直接计算建设成本,其中的电价以当地火力发电上网价值计算,这里选用0.35元/kW·h。结合已知条件,计算得出项目的初始投资是8255500元,25年的发电收益是16605400元,实际收益明显,具体良好的推广应用价值。

Q 结束语

现阶段来看,新能源已经逐渐被应用于电力行业中,并且有望成为未来发展的重要趋势。光伏发电系统在电力生产中成功应用的案例屡见不鲜,大量的经验表明,在光伏发电系统建设过程中,光伏组件的选择和逆变器的选用是影响系统发电功率的决定性因素。因此,上文以具体的火电厂光伏发电系统建设项目为例,探讨了光伏组件和逆变器的选用方法。研究表明,合理选择对于光伏组件和逆变器可以显著提升系统的发电效率,并且一定程度上节约了建设成本,对于提高火电厂的发电效益十分有益。

参考文献

- [1]袁高亮.新能源发电技术在火力发电厂中的应用[J].光源与照明,2021(03):116-117.
- [2]张琪.新能源技术在火力发电厂中的应用研究[J].光源与照明,2022(08):171-173.
- [3]于洁.火力发电厂中新能源发电技术的应用研究[J].江西电力职业技术学院学报,2020,33(07):7-8,10.

作者简介:

王旭(1984—),男,汉族,江苏徐州人,本科,工程师,国能蚌埠发电有限公司,研究方向:火电厂发电技术。