

分布式光伏电站设计中的电气设计技术

Electrical Design Technology in Distributed Photovoltaic Power Station Design

郝浚玮

Junwei Hao

国家电投集团智慧能源投资有限公司 中国·北京 100038

State Power Investment Group Smart Energy Investment Co., Ltd., Beijing, 100038, China

摘要: 为了保证能源供应量, 解决传统发电站存在环境污染度高、能源损耗率高等问题, 保证电站的发电量, 现提出一套行之有效的分布式光伏电站电气设计方案。第一, 介绍了分布式光伏电站概念。第二, 从分布式光伏电站智能控制系统设计、直流回路设计、光伏电缆型号选择及敷设计、逆变器选型、分布式光伏发电系统设计等方面入手, 将电气设计技术科学地应用到分布式光伏电站设计中。结果表明: 论文所提出的分布式光伏电站电气设计方案具有较高的可靠性和可行性, 有效地提高发电效率、居民用电质量, 完全符合实际应用需求。

Abstract: In order to ensure the energy supply, solve the problems of high environmental pollution and high energy consumption rate in traditional power stations, and ensure the power generation of power stations, an effective electrical design scheme for distributed photovoltaic power stations is proposed. Firstly, the concept of distributed photovoltaic power station is introduced. Secondly, the electrical design technology is scientifically applied to the design of distributed photovoltaic power stations from the aspects of intelligent control system design of distributed photovoltaic power stations, DC circuit design, photovoltaic cable type selection and laying design, inverter selection, and distributed photovoltaic power generation system design. The results show that the electrical design scheme of distributed photovoltaic power station proposed in this paper has high reliability and feasibility, effectively improves the power generation efficiency and residential power quality, and fully meets the actual application requirements.

关键词: 分布式光伏电站; 电缆选择; 逆变器选型; 电气组件

Keywords: distributed photovoltaic power station; cable selection; inverter selection; electrical components

DOI: 10.12346/etr.v4i12.7434

1 引言

在社会经济一体化、多元化发展背景下, 人们生活质量得以显著提升, 并逐渐加大了对自然能源的关注度。分布式光伏电站设计作为现代化电站建设重要内容, 通常会用到电气设计技术, 该技术具有一定的综合性、复杂性, 表现为输出效率高、环境影响程度小、经济效益高等特点, 通过将该技术应用到分布式光伏电站设计中, 不仅可以提高电力能源的利用率, 还能保证光伏供电网络稳定性和安全性。所以, 在电气设计技术的应用背景下, 如何科学地设计分布式光伏电站是技术人员必须思考和解决的问题。

2 分布式光伏电站概念

分布式光伏电站作为一种分布式电源系统主要通过合理应用光伏组件, 对太阳能进行转换, 使其被直接转换为电能, 从而提高电能利用率。现阶段, 用户场所周围构建了大量的分布式光伏发电系统, 该发电系统为用户提供源源不断的电能, 同时还能结合实际使用需求, 调节平衡配电系统。分布式光伏发电系统主要承担发电、能源供应两大作用。另外, 在应用分布式光伏发电系统期间, 要严格按照就近发电原则^[1], 不断地增加光伏电站的发电量, 有效地解决电能远距离传输速度低等问题, 确保电能损耗量降到最低。

目前, 在进行分布式光伏电站设计期间, 所用到的电气

【作者简介】郝浚玮(1991-), 男, 中国山东烟台人, 本科, 工程师, 从事电气工程、清洁能源投资研究。

设计技术相对比较成熟。与传统发电站相比，分布式光伏电站具有输出效率高、发电站经济效益高、环境污染程度低等特点，通过运用该光伏电站，可以实现对周围环境的有效保护。

3 分布式光伏电站设计中电气设计技术应用要点

3.1 光伏场区的电缆选型设计

3.1.1 光伏专用电缆

光伏专用电缆主要应用于光伏组件间接线以及光伏组件串至组串式逆变器接线，光伏专用电缆其外护套及绝缘层为交联辐照无卤聚烯烃，此种材料具有耐高温、耐严寒、抗紫外线辐射能力强等优点。可适应光伏工程高温、紫外线辐射、严寒以及水分迁移等恶劣的环境条件，目前工程中应用较多的光伏专用电缆型号为 PV1-F-1×4 mm²。

3.1.2 低压交流电缆

采用组串式逆变器的子阵，其子阵配置组串式逆变器进行就地逆变，由组串式逆变器直接接至箱变需采用 1.8kV 三芯交流电缆进行电力传输。根据当地自然环境温度、埋地方式、电缆载流量等进行电缆选型。依据 GB 50217—2007《电力工程电缆设计规范》，-15℃以下低温环境场所电缆的挤塑外护层宜选用聚乙烯外护套，而且聚乙烯外护套对在潮湿、含化学腐蚀环境或易受水浸泡的环境下对电缆具有很好的保护作用。电缆截面依据导体长期允许工作温度的载流量进行选型。

3.2 光伏场区电缆敷设设计

电缆常用敷设的方式主要有：沿电缆沟进行敷设、穿电缆保护管进行敷设、直埋敷设、沿桥架敷设等敷设方式。电缆敷设方式一般因地制宜，根据电气设备布置位置、出线方式等现场情况决定。

3.2.1 光伏专用电缆

对于光伏组件间连接电缆，均由组件厂家出厂配套提供，光伏专用电缆尽量沿支架进行敷设，接线端子需在支架上进行捆扎固定。对于光伏组件串至组串式逆变器的光伏专用电缆，其敷设的基本原则是电缆入地部分均采用穿管的方式进行敷设，地上部分采用沿光伏支架/檩条进行敷设，相邻支架较近时采用穿管进行架空敷设。

针对采用固定式支架的子阵，可将组串式逆变器放置于汇入组件串的中间，可减小光伏专用电缆的使用量，同时也有利于日后运维的实施。对于穿管进行敷设的电缆，在施工时还需注意，电缆进出管口时需在管口放置防火有机堵料等较柔软的物品进行铺垫，以免破坏电缆绝缘，同时电缆保护管每段之间的接头、三通等也需要做好接头工作及防水措施，以防电缆管内进水。

3.2.2 交流电缆

当交流电缆需采用直埋的方式进行敷设时，电缆直埋时

需上下铺设 100mm 的细沙后铺设混凝土盖板。交流电缆在进出组串式逆变器时需注意转弯半径。对于跨路部分，推荐电缆过路时采用 MPP 管对电缆进行保护，电缆进出管口时也在管口放置防火有机堵料等较柔软的物品进行铺垫，以免破坏电缆绝缘。

3.2.3 设计电气组件

光伏组件作为常用的供应组件，为分布式光伏电站运行提供足够的能源。目前，以使用形式为划分原则，将其划分为以下两种组件：①晶硅组件。晶硅组件可以进一步划分为单晶硅组件和多晶硅组件。②非晶硅组件。对于非晶硅组件而言，在实际使用中，表现出对周围环境污染度小等优势，但是，却存在成本较高，电能转换效率低、电力供应稳定性弱等问题，所以，经常出现电能转换效率下降等现象^[2]。晶硅电池电源光伏组件在实际设计中，所用到的设计与制造技术相对比较成熟，且表现出稳定性高、电能转化率高等特点，这就对光能源利用提出了更高的要求。晶硅类电池主要包含单晶硅类电池组件和多晶硅类电池组件两种，这两者类型不同，因此存在一定的差异性。单晶硅组件的设计和应用，可以获得较高的光能源转换效率，当单晶硅和多晶硅两种组件能源电池功率相同时，单晶硅组件会表现出较高的功率转换效率，这是由于该组件面积相对较小^[3]。另外，与多晶硅组件模式相比，单晶硅组件建设成本接近，因此目前大多选择单晶硅组件。

3.3 分布式光伏发电系统设计

分布式光伏发电系统组成示意图如图 1 所示，从图 1 中可以看出，该系统主要包含逆变器设备、直流电缆设备组成部分。接下来，对这些模块设计进行详细介绍。

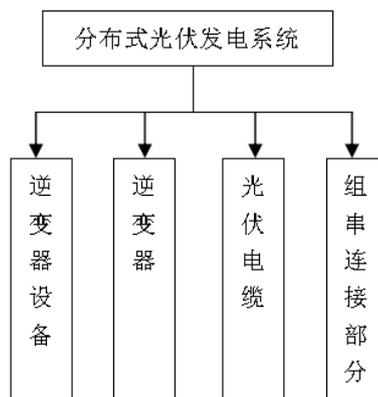


图 1 分布式光伏发电系统组成示意图

3.3.1 逆变器设备选型

在选择逆变器设备期间，要结合分布式光伏发电系统的输入功率，确保所选用的逆变器设备的输出功率与其保持一致。设备选型主要技术原则如下：

①发电效率指标。

第一，转换效率指标。

逆变器作为光伏电站中的核心发电设备必须要求自身具

有极高的转换效率，逆变器最大转换效率不低于 99%。

第二，MPPT 跟踪指标。

逆变器的 MPPT 跟踪指标表征着其追踪光伏组串最大功率点的能力，对于大型地面电站来说，影响组件发电量的环境原因主要有早晚阴影对下排组件遮挡、灰尘覆盖不均匀、组件衰减不一致、线缆长度导致的直流压降等。

第三，电网友好性指标。

根据 GB/T 19964—2012《光伏发电站接入电力系统技术规定》中对低电压穿越故障的要求，逆变器必须具备低电压穿越能力，要求逆变器能够在电网电压跌至 0 时，保持 0.15s 并网运行，当电压跌至曲线 1 以下，允许逆变器从电网中切出。

第四，输出电能质量。

根据 GB/T14549—1993《电能质量公用电网谐波》、GB/T24337—2009《电能质量公用电网间谐波》、NB/T32004—2013《光伏发电并网逆变器技术规范》标准要求，光伏逆变器的输出的电能质量需优于表 1、表 2 标准要求。

表 1 奇次谐波电流含有率限值

奇次谐波次数	含有率限值 (%)
3~9	4.0
11~15	2.0
17~21	1.5
23~33	0.6
35 以上	0.3

表 2 偶次谐波电流含有率限值

偶次谐波次数	含有率限值 (%)
2~10	1.0
12~16	0.5
18~22	0.375
24~34	0.15
36 以上	0.075

第五，可靠性指标。

环境可靠性指标：

a. 防护等级。

考虑到恶劣环境对于逆变器的损害问题，要求逆变器必须具备较高的防护等级。

b. 温度运行范围。

逆变器要求必须满足在 -35℃ ~50℃ 温度范围内满功率

运行，超过 50℃ 允许逆变器降额运行。运行可靠性指标：光伏逆变器及其汇流设备在保证安全可靠的前提下应尽量减少对易损元器件的使用。

c. 监控可靠性指标。

电站规模大，设备分布广、数量大，所以要求监控系统具有更高可靠性和精确程度，在运行寿命内不允许出现无法排查的监控故障。另外，逆变器对电压、电流的检测精度应 $\leq 1\%$ 。

②可维护性指标。

逆变器应尽可能地降低故障影响时间和故障影响范围，对故障的定位精确，做到光伏电站的精细化管理，提升光伏电站的可维护性。

3.3.2 组串连接部分电气设计

在设计组串连接部分期间，要严格遵循先串联、后并联原则，同时还要对串联组件的工作电压进行设置，避免对逆变器过压导致电器元件损伤影响发电效率。另外，为了保证分布式光伏发电系统整体设计质量，还要结合光伏阵列情况，确保各个光伏组件电性能参数始终保持一致，从而提高发电效率。

4 结语

综上所述，分布式光伏电站作为一种先进、新型技术，在节能减排方面发挥出重要作用，不仅可以实现对太阳能源高效化、稳定化转换，还能满足居民对电能源的使用需求。在设计分布式光伏电站期间，技术人员要重视对电气设计技术的应用，通过将该技术应用到电气组件设计、保护装置设计、光伏电缆型号选择与安装、电压保护装置设置等领域中，取得良好的应用效果，有效地保证了分布式光伏电站设计质量。总之，由此可见，电气设计技术在分布式光伏具有较高的应用价值，有效地提高分布式光伏电站设计质量，值得被进一步推广和应用。

参考文献

- [1] 俞炜. 分布式光伏电站设计中的电气设计技术探讨[J]. 科技创新导报, 2018, 15(23): 90+92.
- [2] 齐琳. 分布式光伏电站设计中的电气设计技术探讨[J]. 精品, 2021(6): 211-215.
- [3] 屠玲军, LTD, CHANGNING, 等. 分布式光伏电站设计中的电气设计技术探讨[J]. 水电科技, 2020(1): 65-66.