

# 分布式光伏电源系统一次设计要点研究

## Research on the Key Points of Primary Design of Distributed Photovoltaic Power Supply System

董晓卫 顾健

Xiaowei Dong Jian Gu

中电大丰风力发电有限公司 中国·江苏盐城 224100

CLP Dafeng Wind Power Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224100, China

**摘要:** 太阳能具有清洁、无污染、可再生等优势,利用太阳能发电是中国当前的研究热点与发展重点。论文结合实际,运用文献法、调查法等重点对分布式光伏电源系统一次设计要点及注意事项等展开探究分析,提出几项观点与建议,以供借鉴参考。

**Abstract:** Solar energy has the advantages of clean, pollution-free, renewable, and the use of solar power generation is the current research hotspot and development focus in China. This paper combined with the actual situation, the use of literature method, investigation method and other focus on the distributed photovoltaic power system primary design key points and precautions to explore and analyze, put forward several views and suggestions, for reference.

**关键词:** 分布式光伏电源系统;设计要点;注意事项

**Keywords:** distributed photovoltaic power supply system; design key points; matters needing attention

**DOI:** 10.12346/peti.v4i4.6987

## 1 引言

目前,全球能源快速枯竭,生态环境不断恶化,继续大力开发与应用传统化石能源已非可行之路径,世界各国要想持续发展就必须合理开发与应用清洁能源。中国是世界人口大国,也是能源消耗大国,中国各行各业对能源的需求巨大,但中国人均资源不足,且资源的转换率与利用率均相对较低。在此情况下,中国必须提高清洁能源开发利用技术水平,探索构建出一条可持续发展的清洁能源发展之路。

分布式光伏发电属于一项先进、新型的发电技术。传统发电技术主要利用煤炭等传统能源发电,而分布式光伏发电能将清洁可再生能源充分利用起来,将太阳能化为电能,供人们适用<sup>[1]</sup>。与传统发电技术相比,分布式光伏发电技术优势明显。如,对环境污染小、资源耗费少且供电稳定可靠。近些年,分布式光伏发电在满足国内用电需求、减少传统能源损耗等方面发挥出了重要作用。下面结合实际,主要对分布式光伏电源系统一次设计要点做具体分析。

## 2 分布式光伏电源系统构成与设计注意问题

### 2.1 系统构成

分布式光伏是指在用户所在场地或附近建设运行,以用户侧自发自用为主,多余电量上网且在配电网系统平衡调节为特征的光伏发电设施。《关于印发分布式光伏发电项目管理暂行办法的通知》中,对分布式光伏发电又补充了两个条件:10 kV 以下接入及单点规模低于 6 MW。分布式光伏发电系统有两种类型:独立光伏发电系统与并网光伏发电系统<sup>[2]</sup>。

分布式光伏发电系统由以下几大部分构成:光伏组件阵列、并网逆变器、配电柜、日射仪、温度仪、数据记录仪、电脑、Web Box 与公共电网<sup>[2]</sup>。光伏并网逆变器是整个光伏发电系统中的重要构成,通过逆变器,直流电被转换为交流电,太阳能才有可能被转换为电能,并被用户使用。在光伏并网系统中,光伏逆变器发挥着不可忽视的重要作用,因此光伏逆变器对整个系统的发电质量、发电效率也影响最大。如果光伏逆变器性能质量不过关或存在运行故障,那么光伏

【作者简介】董晓卫(1987-),男,中国江苏盐城人,本科,助理工程师,从事风电、光伏工程建设。

并网发电系统就无法安全稳定运行<sup>[3]</sup>。

## 2.2 需注意的问题

中国的分布式光伏发电已相对成熟,但也仍存在一些问题。例如,在于电网中并入分布式光伏发电系统后,会引起并网接入点功率与电压振荡,情况严重时,可能会引起过电压及系统脱网现象,使电网的正常运行受到严重影响,也给用户的日常用电带来不便。因此目前在设计分布式光伏发电系统时,首先需要考虑与解决电压振荡及系统脱网等问题,要对系统内机组的类型及控制方法展开研究与优化。此外,将分布式光伏发电系统并入电网虽然有利于提高发电的稳定性,但会对电网的稳定性产生一定影响。大容量的分布式光伏发电系统并入电网,电网电压容易出现波动,电网的安全性与稳定性会受到冲击<sup>[4]</sup>。

中国光伏电站一般建设在日照时间长、光照充足且人烟稀少的西北荒漠地区,这些地区地广人稀,电网结构不是十分坚强完善,电站电压稳定性较弱,故而分布式光伏发电系统的电压不稳问题也比较突出。其次,分布式光伏发电系统中采用的发电机比较特殊,电站中所用逆变器属无机械式的电力电子装置,在调节电流、稳定电压方面有些不足,因此在将大容量分布式光伏发电系统接入电网后,势必会造成电网电压波动加大,电网电压的稳定性降低。另外,研究发现,分布式光伏发电系统的并网电压会受出力的影响。当有功出力增加时,并网电压先上升,随后下降,有时还会下降到超过下限,这使电网及分布式光伏发电系统的安全稳定都受到严重影响。分布式光伏发电系统还有过脱网的情况,且分布式光伏发电系统脱网影响的不仅有分布式光伏发电系统自身,还会使电网也受到严重影响。如电站脱网后,引起电网潮流变化,致使电网受到冲击,冲击较大时会造成大面积停电。光伏发电内的各发电单元是采用并联的方式,通过集电线路相互连接。这种连接方式造成集电线路不同节点有不同电压,即存在电压偏差,当电压偏差过大时,发电站的电压就会不稳,再加之并网电压有时会出现波动,所以光伏发电单元越限脱网的概率较大<sup>[5]</sup>。

## 3 分布式光伏电源系统一次设计要点

### 3.1 系统智能化控制设计

建设智能功率控制系统(AGC/AVC),保证新能源电站发电与负荷之间的平衡。智能功率控制系统以调度发电计划为目标值,通过不断优化控制算法、提高精度和控制速率,满足电网需求,以保障分布式光伏发电系统与公共电网的安全运行。建立智能功率控制系统,于系统内确定控制目标,构建多目标优化控制模型,借助各模型,可首先对分布式光伏电站实时数据的监测与控制,实现对功率预测数据的收集与管理,对电源系统内发电设备的实时数据进行收集、分析与处理,同时对系统能量转换效率裕度模式进行分析,对设备多态模式进行分析管控,根据对多目标的监测与分析,制

定安全保护策略,确保分布式光伏发电电源系统的安全稳定运行<sup>[6]</sup>。

### 3.2 逆变器的选用与设计

在光伏发电并网中,逆变器是不可缺少的构成,目前逆变器控制技术还存在一些局限性,为保证光伏发电的稳定,需找到更好的控制方式。光伏发电并网中的逆变器承担着控制多项参数(如频率、高次谐波、电流、电压波动、有功、无功等)、直流电转交流电等责任。在光伏发电并网运行过程中,逆变器必须具备良好的自动控制功能,能安全稳定运行。逆变器能以光伏辐照度为依据实现自动化启停。另外,在应用光伏发电并网技术时,还要考虑最大功率点跟踪控制的要求,逆变器要保证无论辐照度与温度如何变化,都能确保功率输出的最大化,能保证光伏发电的正常进行。

在将光伏发电并入公共电网后,公共电网会受到一定程度的扰动,公共电网的电压出现波动。这种扰动与波动不利于整体效益的提升,因此在应用光伏发电并网技术时还需考虑公共电网的受扰动问题。目前最佳的减轻公共电网受扰动程度的方法是不断优化逆变器性能。通过优化逆变器性能,保证正弦波在输出时不会造成严重失真,确保公共电网电压不会出现较大波动。而具体的优化逆变器性能的方式时,在电网中引入高速DSP处理器,将逆变器控制技术与DSP处理器结合使用,以此达到性能优化目的。在引进并应用DSP处理器时,需明确电网/电力系统容量,并根据容量大小选择最合适的功率元件。如当系统容量较大时,就可选择绝缘栅双极晶体管或者可关断晶闸管,如果容量较小则可以选择功率场效应管。未来要想进一步优化光伏发电并网技术应用效果,就需要不断提升逆变器的单体容量和电压等级,达到解耦控制的要求,增强系统的抗干扰能力,为电网的运行奠定可靠保障。

### 3.3 无功补偿设计

研究可知,光伏电站节点电压=前一节点电压+电压偏差。由该公式可知,光伏电站节点电压的大小主要由前一节点电压及输出功率决定。在光伏电站内,节点电压会被集电线路电阻抬高,被集电线路电抗拉低,这均表明节点电压所受影响因素多,稳定性低。且光伏电站采用电缆铺设集电线路,在这种铺设方式下,集电线路的电阻值远小于电抗值,所以节点电压受到的抬升作用要大于降低作用。

当光伏电站有功出力较大时,并网电压就会下降,此时若不考虑站内节点电压而使用无功功率抬升电网电压,势必会引起集电线路节点电压升高,使集电线路末端的电压有越限的可能性。因此在对光伏电站使用无功补偿技术时,需对如何稳定并网电压进行考虑,还需对集电线路电压越限问题进行分析与考虑。

为提升光伏电站与电网电压的安全稳定,采用分层多模式无功补偿思路与技术对光伏电站进行无功补偿。具体的做法是在光伏电站内构建无功电压控制系统,系统由监控系统

与数据采集系统两部分构成,系统包含无功量计算层、电站运行模式判断层、逆变器与 SVG 执行层等几个功能层。系统中的电站运行模式判断层根据系统采集的各项信息数据对光伏电站运行情况、运行状态等作出判断分析,并根据判断结果决定光伏电站运行模式。无功量计算层则以变电站的运行模式为依据,对变电站 SVG 与光伏发电单元的无功量做出准确计算,并根据计算结果控制利用 SVG 对光伏电站进行补偿。逆变器与 SVG 执行层负责接收无功量计算层的无功指令,并按照指定使逆变器与 SVG 发出无功功率。

在光照强度较弱的情况下,光伏电站内各节点电压与并网点电压均处于正常水平,无越限迹象,光伏电站需工作在单位功率因数并网状态;随着光照强度增加,光伏电站内节点电压与并网点电压会出现明显变化,具体表现为节点电压上升,并网点电压下降,此时系统模式判断层就会做出需对光伏电站进行无功控制的判断,来维护光伏电站及电网电压的安全稳定。简单来说,系统对光伏电站是否需无功控制的判断主要来源于并网点电压。

对于工作在 Q(U) 模式下的光伏电站,光伏发电单元与 SVG 的无功量指令是关键。而光伏电站无功量指令的计算,主要与光伏电站 SVG 无功量与光伏发电单元无功量、光伏电站位置并网点电压需要的无功量有关。在无功控制系统运行过程中,系统的无功量计算层依据相应的计算公式与程序指令,对各光伏发电单元维持自身节点电压所需的无功量及整个光伏电站维持并网点电压所需的无功量做出准确计算,然后根据计算结果做出是否需进行无功补偿的指令。

研究光伏电站发电机对发电系统并网的适用性,结果表明,将积分型滑模变结构控制器应用于光伏电站控制系统中,发挥积分型滑模变控制器的调节与控制作用,使光伏发电机组无功功率与有功功率得到更智能、自动及精准的控制,进而使太阳能的捕获量与利用率达到最大化,使光伏发电机组更安全、更准确且更稳定地并入电网,让系统脱网等问题得到有效解决。

研究表明,光伏电站并网运行后,当电网电压骤升,变流器控制效果将减弱,光伏发电系统中的绝缘薄弱环节会受到较大的影响与破坏,设备的运行也失去保障。因此需要对暂态过程中的过电压、过电流及直流母线电压升高问题加以分析与解决,在此同时,想办法使光伏发电机组在高电压穿越期间向电网提供感性无功功率,支撑电压尽快恢复正常。要想达到以上目的,可利用阻容分压原理,将电压升高发生装置串联接入光伏发电机组升压变压器高压侧,因电压升高发生装置的作用,电网电压骤升后光伏发电机组能不脱网持续运行,且电网电压也能尽快恢复正常<sup>[7]</sup>。

光伏发电产生的经济效益、生态效益及社会效益举世公

认,但光伏发电并网后对电力系统的负面影响也受到重视。就分布式光伏发电系统而言,电网电压骤升,变流器控制效果减弱,分布式光伏发电系统中的绝缘薄弱环节会受到较大的影响与破坏,绝缘性能会明显下降,绝缘老化现象会加重,设备的运行也失去保障。因此需想办法使光伏发电机组在高电压穿越期间向电网提供感性无功功率,为电网电压的恢复提供支持。

利用阻容分压原理,将电压升高发生装置串联接入光伏发电机组升压变压器高压侧并展开测试。根据测试可知,当电压发生骤升故障后,光伏发电机组响应迅速,在最短时间内将足够的无功功率提供给了电网,同时精准地进入高穿状态,实现了高压状态下不脱网持续运行 75 ms。机组进入高穿状态后,向电网提供持续稳定的感性无功功率支持以拉低电网电压。测试表明,因电压升高发生装置的作用,电网电压骤升后光伏发电机组依然能正常运行,机组有功功率正常输出,但输出的有功功率与高穿前有所减小,这表明,在电网出现电压骤升故障后,光伏发电机组能优先保证无功。电网电压恢复后,光伏发电机组经过调整并撤除无功支持,有功功率输出迅速恢复正常。

## 4 结语

综上所述,光伏发电术是现代发电技术的一大发展趋势,光伏发电技术的合理运用,能够提高清洁能源利用率,提高电网供电能力,缓解部分地区用电紧张问题。但分布式光伏发电系统并网后出现的脱网、电网电压波动等问题也不容忽视。在进行分布式光伏发电电源系统设计时,应注意并处理好这些要点,以保证系统的安全稳定运行。

## 参考文献

- [1] 刘大玮,邓霞容,刘小辉.分布式光伏电源系统一次设计及要点[J].有色冶金节能,2022,38(2):79-83.
- [2] 方嘉伟.分布式光伏电源接入配电网选址定容及无功控制研究[D].南宁:广西大学,2021.
- [3] 梁宇文.分布式光伏电源接入配电网线路后保护研究[D].南京:南京理工大学,2021.
- [4] 关永晟.高渗透率分布式光伏电源接入配电网电压控制策略研究[D].北京:北京交通大学,2020.
- [5] 秦腾.分布式光伏发电接入配电网影响的实测与仿真分析[D].济南:山东大学,2019.
- [6] 蔡宏达.高密度分布式光伏电源接入的交直流混合微电网协调控制研究[D].杭州:浙江大学,2018.
- [7] 魏晓蔚,宋庆,汝锐锐,等.分布式光伏电源综合管理系统设计[C]//2017智能电网新技术发展与应用研讨会论文集,2017.