

基于规模化分布式光伏接入的谐波监测分析

吴耀军 吕建兵

国网思极数字科技(北京)有限公司 北京 100052

摘要: 众所周知,由于配网的结构复杂多变,并且太阳能或光伏发电系统所连接的区域也存在着很大的复杂性,对配网谐波也会形成明显的危害。因此,本篇文章将简单地介绍分布式光伏发电,对接通后城市配电网谐波变化进行分析,在这一基础上,进一步探讨了其在接通后对城市配电网谐波传动特征形成的因素,以及接通后位置不同的因素、高负荷轻载形成的因素、分散方式所形成的因素,并希望给有关技术人员提出借鉴,从而使得城市配网建设得以更加安全、平稳的进行。

关键词: 分布式光伏;谐波;监测分析

Harmonic monitoring and analysis based on large-scale distributed photovoltaic access

Wu Yaojun, Lu Jianbing

State Grid Siji Digital Technology (Beijing) Co., Ltd. 100052

Abstract: As we all know, because the complex and changeable structure of the distribution network is built, and the area connected by the solar energy or photovoltaic power generation system also has great complexity, it will also form obvious harm to the distribution network harmonic. Therefore, this article will simply introduce the distributed photovoltaic power generation, analyze the urban distribution network harmonic changes, on this basis, further discusses the factors on the urban distribution network harmonic transmission characteristics, and location, the factors of high load light load, dispersion factors, and hope to relevant technical personnel, so that the urban distribution network construction to be more safe and smooth.

Keywords: distributed PV; harmonics; monitoring and analysis

前言:

由于谐波特征以绿色环保、清洁技术的优点,分布式光伏发电已经获得了普遍的运用,通过对逆变器等电子设备、电力设备等的特殊处理,便能够直接把光伏发电纳入电网当中,并以谐波传动的形态排入输配电网络,从而直接对电网的谐波技术形成了负面影响。使得有关技术人员必须选择合适的方法加以解决,从而增加了系统工作的稳定性。

一、配电网接入分布式光伏发电的谐波概述

太阳能发电要通过光伏逆变器并入电网,过程中会注入大量的谐波电流,这些谐波电流会对各个节点电压造成畸变,引起畸变的能量大小与PV接入的容量以及位置密切相关,通常配电母线上的电压畸变会比较低,因此可以将供电网络中的逆变器、非线性负载的电流畸变视为正常畸变,是相对恒定的畸变。对谐波的分析是利

用线性稳态电器的技术,由于谐波源是非线性的元件,在网线性网络模型中注入时就会注入谐波源,实际情况下可以将逆变器和非线性负载视为内阻无穷大的谐波恒流源,实现对多个无规则的谐波源进行叠加计算。

由于城市配电网背景谐波的产生,将会增加太阳能光伏发电系统中并网点谐波信号的水准,如分布式光伏发电接到配网之后,变化的连接地点、连接方法等,对城市配电网谐波信号水准形成了负面影响。根据这样的现状,需要建立分布式光伏发电配电网电路,对谐波的传播特性、性质等作出细致的研究。把若干分布式光伏连接在配电网之间,因为分布式光伏发电之间存在着很大的独立性,所以它们形成的谐波相比之下也具有一定差异,但谐波输入电流叠加的方法却和常规电流源的方法一样,也就是在重叠以后谐波输入电流源就相当于所有谐波传动源的电流矢量值和。

在分布式光伏发电系统,由于绝大部分的谐波输出都是由通过自供电主干线电流完成的公共设备产生的,所以此时的谐波并不会形成自供电节点电流。同时,由于在配电网潮流中的末端、接入网节点间存在着较近的间距,导致高谐波电压在接入点之后传播,会降低配电价格以及主干支路的流速。当连接的布置是光伏发电的末尾时,并网点的地方通常为谐波电流最大的地点,导致末端之间很难进行连接。

二、布局式光伏技术系统运行连接流程对配电网谐波功能的分析

(一) 不同连接点的影响

在输配电网的实际运营中,由于连接布局式光伏技术系统运行的方法各有不同、地点各有不同等,均会对电力品质形成一些负面影响,所以在连接布局式光伏技术系统运行流程中,就需要对各个地点谐波频率传动的的作用做出分析和思考。在连接方式、连接电容等相同的条件,整个网络母线、分布光伏地址相互之间的差异就越小,其线路中的谐波畸变的问题也就会相应降低。但是,假设系统最大谐波中的电流畸变点,设在线路中最末端的节点位置上,就需要对配网负荷是否产生非线性力负荷,假设在系统中一直有谐波传动的电压电流流入。这样,如果线路中的节点电流并不符合标准,那么在评估的过程中,就能够根据线路末端电流所形成的畸变做出评估,从而提高了结果的精确度。

就布置式光伏发电接口配电网定位的改变而言,首先是解决基波电改变对谐波电流提供能力的负面影响,当接入网络的容量还不能超过总负载时,那么线路的压力将会逐步下降。简言之,只要在首端的地方接上了分布式光伏电源,其所形成的基波电流将会明显超过末端连接的方式。不过,若假设采用恒功率模式,则此时若连接由分布式光电技术发电系统所形成的基波电压,将和基波电压会形成负相应的关系。但是,一旦连接了分布式光伏发电系统的区域已经接近尾声,那么PCC点区域的谐波电压将会逐步增大,相反则电流也将会逐步降低。如果想要优化配电网中的谐波频率加以优化升级,就要抛弃末端相连的技术手段,对分布式光伏发电系统与负荷高的区域或中间节点连接的方法加以利用,从而降低对城市供电网络谐波量的危害。

(二) 大负荷轻载产生的影响

在输配电网的运营中,由于配网负载、实际太阳能光伏技术发电系统出力会实时变化,并且变动的幅度也相对较高,并且在国际方面对节点电压的畸变度等都有

着严苛的规范,所以当分布式网络结构将光伏技术发电连接配电网时,工作人员就必须对这些极端的影响加以分析、考量。在具体的实践中一旦发生了高速重载现象,而同时馈线谐波电流大于轻载时,则形成了这一现象的主要原因是:①在配电网中负荷轻载线的电流会逐步增大,而此时如果在与输出功率相当的条件,在光伏电源高频谐波中,其相应的基波电流也会减小,从而使高频谐波的电流也会逐步减小。同时,根据总体的状况能够发现,负荷轻载也是减少谐波的主要原因。②若负载本身就具有高频谐波源,则此时轻装负载所形成的谐波电压较小,而逆变器的谐波电压则会增大,但并没有对配电网系统形成不良的效果影响。

(三) 由于扩散方法所形成的负面影响

将分布式光伏发电系统接到配电网中时,由于需要对用户要求、资源分配等问题加以充分考虑,因此需要对分布式光伏做出比较细致的、具体的管理计划,从而导致无法使其在一个大负荷节点上实现高度集中。不过,如果连接的布局式光伏管理系统具有很大的容量,则一般都会选择分散式的连接方案。此外,若根据均衡接通时总体谐波信号技术水平、其中的负载比例因素加以研究,则可看出有以下两点原因才是造成这一现象的关键:①在选择了随机接通后,又如选择了首端的方式接通,则需要根从均衡接通的实际情况对整个系统母线谐波信号技术水平的变化情况加以研究;②将所有和光伏逆变器有关的电源都处理成了小谐波源,并且在小谐波电源内部还可以把相互之间的叠加关系表现出来。从中可以看出,一旦接入网络的单点控制容量相对较多,那么就可能会形成可加可减相角抵消的现象,但同时所带来的谐波影响也会减小,从而大大降低了分布式光伏发电连接配电网时对谐波产生的负面影响。

三、分布式光伏发电并网方案以及谐波抑制要点

光伏发电是相应“十四五”规划期间的“双碳”目标落实的具体表现,基于发展势头良好的分布式光伏发电将在未来的能源发展中有大幅的提速以及发展前景。根据国家发改委的相关研究以及预测,未来10年,新能源的装机将保持在每年约110GW的年增速上,包括集中式光伏发电和分布式光伏发电。分布式相较于集中式的优势在于,对土地等自然资源没有依赖,各个地方对屋顶就可以作为分布式光伏电站对基础,另外光伏发电具有极强对灵活性,可以适应我国南北方不同区域的自然条件,都可以采用分布式方式来推进电力行业的相关工作。国家对此有相关的标准,详细依据《分布式电源

接入电网的技术规定》中的内容，我们根据规定中的相关分类进行具体分析：

1. 交流 220V 的并网工作

220V 的交流电是我国居民用电标准，为此交流 220V 的交流并网多运用于居民屋顶的光伏发电，装机功率在 8KW 左右，发展迅速。针对一些地区的小型光伏电站主要是自产自用，规模小且较为分散，不需要上网，因此只需要管理者做好相关的云平台管理工作即可。

2. 380V 交流电并网

这类分布式光伏发电主要是适应于工商业企业的屋顶光伏，余电上网，计入配电网之前，要明确计量点，要考量分布式电源出口与用户自用电线的路处，将产权分界点明确。了国内外，要根据国家规定的技术恶化设备要求进行作业，安装智能电能表和采集电源计量装置，接入用电信息采集系统后实现远程自动采集信息。对需要监测的并网点电能质量要安装单独的电能质量监测装置，包括但不限于电源频率、电源电压大小、电压不平衡、谐波/间谐波 THD、闪变等，对于自发自用的光伏电站要安装防逆流保护装置，避免余电输送到电网。

3. 10KV 或 35KV 并网

这种分布式光伏装机容量大，需要升压变压器升压后才能接入电网，因此可能会对公共电网造成较大的干扰，要求供电部门对这种大规模的分布式光伏电站进行稳控系统和电能质量的把关，需要监测并网点的电能质量，单独安装监测装置，对谐波进行实时监测，随时发现问题及时解决。

4. 分布式光伏运行云平台

这种云平台软件采用了 B/S 结构，任何有权限的用户都可以通过浏览器在数据权限范围内监视分布区内的光伏带你走运行状况，对电站的地理分布、电站信息、逆变器状态、发电功率曲线、是否并网以及发电量等信息进行查阅。其中的异常报警系统非常重要，分为三个等级：普通、严重和事故，不同用户可以根据自己的需求进行异常信息的筛查，提供必要的参考。

以上四种分布式并网类型，都需要实施对谐波的抑制措施。具体分析如下 “

1. 减少谐波输出

针对各种并网运行的分布式电源建设需要，对并网的分布式电源及其并网的接口都需要优化设计，让其不产生谐波，或者产生的谐波在国家规定的标准范围之内。

2. 适当提高载波频率

电子变流器并网的分布式电源，需要采用更高的载

波频率来减少低次谐波的发生量，这就对功率元件和控制电路的要求更高了，因为我国实践中的载波频率在不断提高，会无形中增加功率元件的开关次数以及开关的损耗程度，为此，载波的频率不能任意选取，要有一定的限制范围。为了协调这种矛盾，需要在中小功率的逆变器中，将 SPWM 的载波频率设置在 3KHz 左右，对三相逆变器要保证逆变器输出的对称性，载波也要选择 3 的奇数次整数倍。

3. 消除特定的谐波

在电压波形的特定位置选择一个缺口，然后在每隔半个周期中对逆变器多次换向，恰当控制逆变器的脉宽，调制电压的波形，把逆变器输出的方波电压变为正弦波，来消除某些特定的谐波，实现总体谐波性能的提高。

4. 减少分布式谐波输出

分布式电压输入到电网中一般都有较多的谐波量，抑制谐波污染的有效措施就是监测并且采用电力滤波器进行吸收。无源滤波器具有技术简单可靠的有点，维护成本也较低，一般在实践中被经常运用。但是其缺点是补偿性受到电网的阻抗影响，容易和电网系统发生并联谐波，导致滤波器容易过载或者被烧毁。而针对有源滤波器，它是一种动态无功补偿谐波抑制新型设备，核心的部件是逆变器，具有电力电子变流器的高可控性和快速响应特点，它能主动向交流电网注入补偿电流，补偿的谐波幅值与负载流入的谐波电流大小相等，可以有效实现对谐波电流的抵消，是谐波电流不至于流入公共电网。有源滤波器对谐波的频率和幅值都可以跟踪和监控，从而实现实时补偿功能，保障公共电网不因补偿特性而受到阻抗影响，因而被逐渐认可和运用。并且有源滤波器可以单独使用或者搭配无源滤波器一起使用，十分方便。分布式电源能向电网提供正弦波形的绿色电能，逆变器都是采用 PWM 技术，但是分布式电源的输出能量不稳定，造成实际的发电功率要小于并网逆变器的设计容量，就会导致分布式电源有很大的容量冗余情况。对其控制策略主要是让分布式电源并网逆变器与电压型 APF 实现协同工作，既可以充分利用逆变器的容量冗余，又可以实现谐波和无功功率的就近补偿功能。利用分布式电压的并网逆变器的补偿加之，可以节约大量谐波治理的资金成本，提高企业的经济效益。

当然，除了以上的谐波监测和过滤吸收方法之外，接地安排也是一种有效的手段。将发电机组和升压变压器接地，限制谐波电流方面有非常好的作用。阻塞或者

减少注入电力系统的谐波，一般频次为3的整倍数的谐波可以被限制在电源处，不会传播到电网中。对分布式电网接入的谐波监测始终是伴随并网和抑制措施的全过程中，监测作为重要的措施实施依据提供了有力的数据支撑，要高度重视对谐波监测设备的升级以及维护工作，提高监测设备对实践中的指导作用。

四、结语

结合上述观点，由于布置式光伏发电的直接接入，会对配电网谐波形成更直观的危害。同时，连接的地点、供电负荷轻载、分散方式等，都是产生影响的主要原因。所以，既要提高输配电网运营的稳定性，技术人员也就必须针对不同的影响，提出相应的解分方法、调控预

案等，从而增强电网运营的稳定性，并发挥分布式光伏发电的功能，为电网使用者创造更高效洁净电力。所以，根据本文的分析表明，对于分布式光伏发电接入配电网后的管理，仍然存在着很大的需要。

参考文献：

[1]赵映忠.大规模光伏接入条件下配电网谐振机理分析[D].兰州理工大学, 2020.

[2]崔红芬,汪春,叶季蕾.多接入点分布式光伏发电系统与配电网交互影响研究[J].电力系统保护与控制, 2019, 43(10): 91-97.

[3]周福柱,谷晓峰,输配电网规划优化方法,黑龙江科技信息.2012,(17).