

分布式光伏接入配电网继电保护研究

洪 旗 钟雯津

中曜达新能源(浙江)有限公司 浙江杭州 310030

摘要: 分布式光伏发电作为一种清洁高效的新能源发电模式,近年来得到大力推广。随着应用规模的扩大,光伏发电在满足区域用电需求、优化了电力系统结构的同时,也在一定程度上打破了配电网原有的运行模式,使其稳定性、可靠性有所下降。继电保护是确保配电网安全、稳定的关键措施,同样也受到分布式光伏接入的影响和冲击,导致原有的部分功能无法有效发挥作用。如今,分布式光伏接入配电网的规模逐渐增大,为给配电区域内用户提供高效、稳定、优质的电能供应,必须结合光伏发电的特点及时对继电保护系统进行优化调整,使分布式光伏发电与原有配电网的配合更加协调,充分发挥优势,减轻负面干扰。

关键词: 分布式光伏; 配电网; 继电保护

1. 分布式光伏发电与继电保护相关概述

随着经济、科技的发展,社会对于电能供应的需求和要求不断增高。近年来,具有大容量、超高压、大电网等优势集中发电系统得到广泛应用,有效满足了社会用电需求,但也存在能耗大、污染排放多的问题。为了积极响应节能减排、绿色发展的号召,近年来我国电力事业致力于新能源开发,光伏发电、风力发电等新型发电模式得到快速发展,能够优化电力系统结构,弥补大电网在能耗、污染方面的不足。分布式光伏发电利用的是太阳能,不仅能源取之不尽,而且污染较少,具有清洁、高效的优势,符合节能减排理念^[1]。分布式光伏发电布局分散,通常在用户周边建设,使用户自行发电并使用,剩余电量接入配电网。继电保护系统则是通过实时监测、分析配电网各项运行参数,第一时间发现故障问题和异常运行状态,定位故障位置并保护性切断故障区域与整个配电网的连接,防止故障规模扩大,威胁配电网整体运行。新能源发电系统的接入会对原有配电网造成一定的冲击,造成继电保护可靠性下降,需深入分析其原因、原理,进行针对性调整,从而提高继电保护质量。

2. 分布式光伏接入配电网的影响

2.1 影响辐射型配电网潮流流向

传统配电网呈放射形结构,只有一个电源,潮流流向是沿着馈线单向延伸的,当馈线发生故障时,通过切断电源一侧的断路器,即可将故障有效隔离。当分布式光伏并网后,配电网内部结构变得更为复杂,潮流流向有可能发生逆转,

当光伏装机容量增大到超出本配电区域消纳能力时,潮流流向就会出现变化,变成由负荷流向馈线,使原有的继电保护装置功能受到限制^[2]。在这种情况下,如果配电网保护系统设计时未考虑到潮流流向问题,则可能导致装置设备失效,无法发挥正常的保护作用,增加保护装置误动、拒动等风险。

2.2 影响配电网电压变化

传统的配电网多采用单电源辐射状分布供电的模式,稳定运行时电压沿着馈线逐渐降低。配电网中的电压受到有功负荷、无功负荷的变化影响,可能出现波动,并且波动幅度沿线路逐渐增大,越接近下游越容易发生波动。分布式光伏的接入改变了原有的单电源放射型结构,形成多电源网络(如图1所示),并且随着光伏接入数量增多,其结构变得更加复杂,加剧了电压的波动幅度,可能对系统运行安全性与稳定性造成影响。若接入电网的分布式光伏容量较小时,能够对电压发挥补充、支撑作用。而随着接入容量的增大,则会对电压造成冲击,容易影响网络的潮流流向,导致反向压降,使得馈线中各负荷点电压升高,且电压升高幅度受到分布式光伏接入位置、数量、总容量等因素的影响,容易造成电压越限,影响配电网中相关设备的运行安全。除此之外,分布式光伏的输出功率本身具有不稳定性,受到外界环境温度、光照强度变化的影响,可导致输出功率大幅度下降,甚至在极短时间内由最大功率降为零,引起配电网中电压的剧烈波动甚至闪变,威胁电网运行的安全稳定。

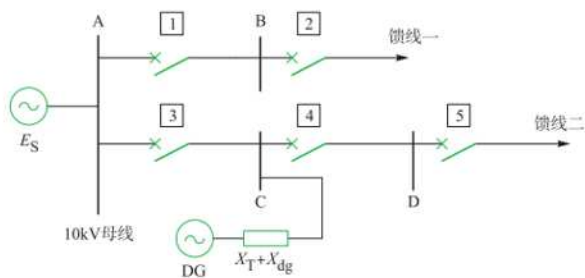


图 1 分布式光伏接入后的配电网模型

2.3 影响馈线保护中的故障定位

馈线保护是继电保护中的重要部分，当馈线出现故障时，可通过各端点上报的短路电流信息进行故障判断和定位，并控制故障区域的断路器装置断开，有效隔离故障部件。传统配电网中，当某一位置发生故障时，系统电源会向故障处注入短路电流，沿途的端点感应到短路电流并上报，通过分析上报短路电流信息的端点数量、位置，可对故障进行精准定位^[3]。而分布式光伏接入后，当出现馈线故障时，光伏电源、系统电源都会向故障处发送短路电流，使沿途端点都上报短路电流信息，扰乱系统的判断，导致难以精确定位故障位置。如图 2 所示，当 K1 位置发生故障时，系统电源向 K1 位置注入短路电流，途经 QF1 断路器装置时将其触发，自动切断连接，隔离故障并上报短路电流信息，而另一条无故障馈线上的 QF2、QF3 等断路器装置则不会被触发，使该线路能够继续正常运行，不受故障干扰。而分布式光伏电源 DG 接入后，K1 故障发生时会出现两道短路电流，分别是来自系统电源的短路电流和来自 DG 的反向短路电流，触发沿途的 QF1、QF2、QF3 端点，导致三个端点断开并上报短路信息，一方面使得故障定位变得困难，影响检修效率，另一方面导致分布式光伏涉及的线路也发生供电中断，扩大故障影响范围。

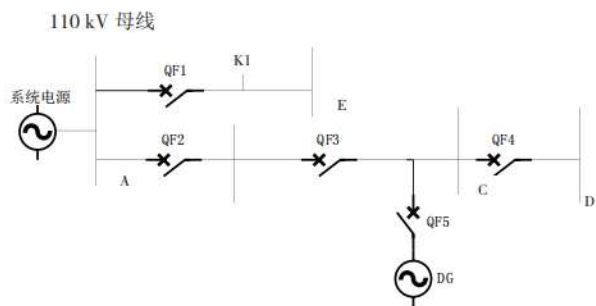


图 2 分布式光伏反向输送短路电流示意图

分布式光伏接入后，当下游出现故障点，可对短路电流产生助增作用和外汲作用，在一定程度上降低故障反应灵敏度，产生误动或拒动情况。如图 3 所示，当变电站周边衔接了一个分布式光伏电源 DG1 衔接，下游 K1 位置发生故障时，分布式光伏电源发出的短路电流使得网络中的功率增大，接入点电压增高，导致 QF1 断路器检测到的短路电流量降低，并影响其动作灵敏度，甚至造成拒动情况，导致无法正常隔离故障部件。当分布式光伏电源 DG1 与变电站配线路连接，则光伏电源发出的短路电流将不受控制，若 K2 点发生故障，DG1 发出的短路电流会产生助增作用，导致该区域馈线电压升高，使 QF2 检测到的短路电流量不断增多。若 DG1 容量较大，而 K3 点发生故障时，QF2、QF3 都会受到 DG1 对短路电流的助增作用影响，导致检测到的短路电流量持续增大，当 QF2 检测到的短路电流量达到一定范围后，可能会发生误动情况，扩大故障影响范围，整体故障保护灵敏度下降。

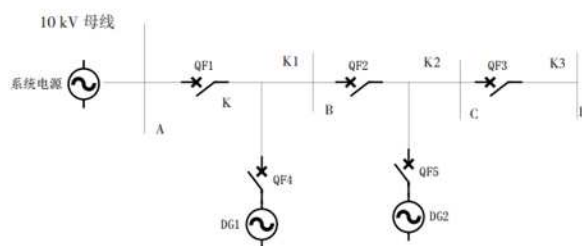


图 3 分布式光伏助增作用示意图

3. 分布式光伏接入配电网的继电保护相关建议

分布式光伏接入对于原有配电网的影响较大，需要依据电网电压等级对继电保护进行优化调整，满足配电网运行时关于可靠性、灵敏性、速动性等各方面的要求。分布式光伏接入后，需涉及线路的继电保护系统进行校验，确保其保护功能可以正常发挥效用，若分布式光伏接入后继电保护可靠性下降，则需要重新进行合理配置，为电网的稳定和安全提供保障。

3.1 限制短路电流

分布式光伏的接入使配电网从传统单辐射状结构向多电源结构转变，改变了网络中的潮流分布和潮流方向。当故障发生时，配电网中会出现来自分布式光伏电源的反向短路电流，且短路电流大小受到电源容量大小的影响，导致原有的继电保护方案及参数配置无法有效发挥作用。为了消除干扰，可通过控制分布式光伏电源容量的方式对其短路电流进

行限制,但容易造成电能源的浪费,其可操作性还需要进行更进一步的研究考量。容量较大的分布式光伏电源接入时,可采用整流逆变装置与配电网建立连接,使光伏输出与并网维持相同的功率。若系统发生故障,逆变器会提供反向电压,限制分布式光伏电源向故障点输出短路电流,从而降低对故障定位和隔离的影响。

3.2 调整保护定值

分布式光伏电源在馈线故障时发出的短路电流是干扰故障隔离、故障定位,导致继电保护质量降低的主要因素。因此,为了维持继电保护可靠性,需要采取有效措施,排除光伏电源发出的短路电流造成的干扰。分布式光伏接入后,会对馈线故障时网络中的短路电流大小造成影响,使得网络中各个端点检测到的短路电流大小存在差异,通过调整保护装置的动作电流值,能够区分来自系统电源和来自分布式光伏电源的短路电流,从而排除光伏电源的干扰,使保护装置正确地进行动作,防止误动、拒动情况,让原有的继电保护故障定位原理能够继续正常发挥作用。三段式电流保护装置要重点关注分布式光伏并入位置的上游馈线和相邻馈线,对其保护装置的保护定值进行适当调整^[4]。还可依据配电网实际情况和运行需求,在部分特殊场所、位置安装方向元件,在提高继电保护质量的同时,控制成本,兼顾经济性与有效性。

3.3 光伏并网处的保护

经分析研究发现,不同接入方式下,配电网故障对分布式光伏造成影响不同。光伏并网主要有以下三种接入措施:
(1) 等功率。等功率特点是光伏输出功率刚好满足用户端

消耗需求,无需输出电能到配电网中。此时若配电网馈线发生短路故障,只需判断有无“孤岛现象”就能得出结论。(2) 欠功率。欠功率特点是用户端消耗需求大于分布式光伏输出功率,需要联合配电网共同输送电能,以满足用户需求。此时若出现短路,则导致配电网输送电能中断,用户端只能接收到分布式光伏输出的电能,无法满足使用需求,若不能尽快处理,可能导致电流、电压的大幅度波动,增加设备故障风险。(3) 过功率。过功率是指用户端消耗需求低于分布式光伏输出功率,光伏电源中多余电能将输入配电网。此时如果出现短路故障,会导致光伏并网承载的电流增加,光伏并网节点距离故障位置越远,电流提升速度越慢,提升量越小;两者距离越近,电流提升速度越快,提升量越大。光伏一般分布在最大功率点周围,若出现短路,也会导致光伏并网电压降低,输出功率下降。通过孤岛检测判断光伏并网的电流、电压变化原因,能够排除光伏阵列输出功率下降导致的电流电压变化,更准确地判断保护装置是否正常发挥作用。

参考文献

- [1] 李宽,黄强,范荣奇等.高比例分布式光伏接入对配电网保护影响试验验证[J].电气应用,2023,42(12):16-24.
- [2] 寇欣奇.浅谈分布式光伏电站接入电网的继电保护措施[J].江汉石油职工大学学报,2023,36(05):63-65.
- [3] 杨道罗,丁然.配电网中分布式电源对继电保护的影响及优化[J].光源与照明,2023,(07):159-161.
- [4] 张媛.分布式光伏发电并网的继电保护影响分析[J].电工技术,2022,(19):129-131+134.