

[光伏]

分布式光伏电源对配电系统继电保护配置的影响

文/田海洲
中油电能生产运行部

介绍了分布式光伏发电与配电网的连接方式，然后详细探讨了其对配电系统继电保护配置的影响，包括对本馈线、相邻馈线以及分布式电源接入系统线路的影响。提出了含分布式电源的配电网继电保护的改进措施，包括对继电保护定值的调整、自动重合闸的挑战与解决方案等。对大规模分布式电源并网保护性能的优化措施进行了讨论。

随着经济发展，人们的生活水平不断提高，对电力的需求也日益增加，而传统的大电网难以满足人们对电能质量、电能需求等方面的要求，因此，越来越多的新能源被开发利用。其中，以太阳能为代表的可再生能源得到了大力发展。然而分布式光伏发电具有输出功率不稳定、波动较大等特点，对配电网造成影响。研究发现，分布式光伏电源接入配电系统后对配电网原有保护配置造成一定的影响。

分布式光伏发电与配电网连接

在我国非城镇地区，配电网拓扑结构大多呈现为单电源辐射状。这种结构以10 kV或35 kV的电压等级为主，主要采用三段式电流保护作为配电网馈电线路的保护措施。这种保护方式能够快速有效地切除故障区域，缩小停电范围，保障供电的可靠性。光伏系统作为独立电源，可以分为离网光伏发电、并网光伏发电和多能微网发电三种形式。三种形式各有特点，适用于不同的应用场景。PV系统与配电网的连接方式如图1所示。

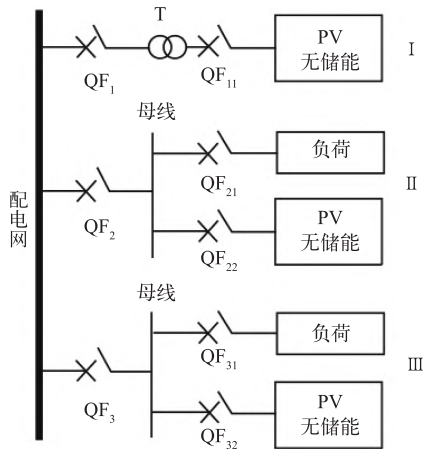


图1 PV系统与配电网的连接方式

分布式光伏电源对配电系统继电保护配置的影响

1. 常见接入方式及影响

分布式电源的接入对配电网的结构和潮流方向产生了显著影响，进而导致了故障电流大小和分布的变化。传统的继电保护及自动化系统，如瞬时电流速断、定时限电流速断和过电流保护等，在分布

式电源接入后，其性能和效果会受到影响。

具体来说，分布式电源的接入可能会对继电保护装置的正确动作产生干扰，使得保护装置在故障发生时无法准确、快速地动作，从而影响到配电网的稳定运行。此外，分布式电源的接入也对配电网的自动重合闸装置产生影响。自动重合闸装置是配电网中重要的可靠性措施之一，用于在故障发生后快速恢复供电。然而，由于分布式电源的接入改变了配电网的结构，使得自动重合闸装置在动作时会遇到困难，从而影响到配电网的供电可靠性。

2. 对本馈线的影响

(1) 对继电保护的影响

随着分布式电源（DG）在电力系统中的广泛应用，对于继电保护的影响成为研究的热点。以DG2为例，将深入探讨对继电保护的影响。分布式电源接入配电网的等值图如图2所示。

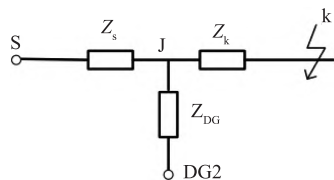


图2 分布式电源接入配电网的等值图

首先，需要理解分布式电源对继电保护的基本影响。当DG2从线路BC接入，并位于保护2的下游时，改变了故障电流的路径和大小。当k3点发生故障时，保护3成为切除故障的关键。由于保护3接收的故障电流是由系统侧电源和DG2叠加产生，这使得故障电流大于DG2接入前的值，从而提高了保护3的灵敏性。

随着短路电流的增大，电流速断保护的范围也可能随之增大。意味着在某些情况下，保护范围延伸至下一段线路，导致保护的误动。此外，当k2点发生故障时，保护2的情况也值得关注。DG2接入后，配电网的等值图发生了变化。具体来说， Z_S 和 Z_K 分别为系统到J、J到故障点k的阻抗，而 Z_{DG} 为DG到故障点的阻抗。这些阻抗的变化对保护2的动作行为产生影响，需要进行详细的分析和评估。

(2) 对自动重合闸的影响

在分布式光伏电源接入配电系统后，自动重合闸会受到一定的影响。由于分布式光伏电源的并网运行，配电网的结构和潮流方向发生了变化，导致

故障电流的大小和分布也发生变化。这种变化会使自动重合闸在故障发生后无法准确、快速地动作，从而影响到配电网的供电可靠性。

为了解决这个问题，需要对含分布式电源的配电网的继电保护进行改进。一方面，可以通过调整继电保护定值，能够更好地适应分布式电源接入后的配电网运行情况。另一方面，也可以对自动重合闸装置进行改进，更好地适应分布式电源接入后的配电网结构。

3. 对相邻馈线的影响

在分布式电源（DG）接入配电网后，给系统的运行方式和保护配置带来了新的挑战。以DG1和DG2为例，分析其对相邻馈线继电保护的影响。

当DG1从D点接入系统时，产生的电流会与系统侧的电源共同为故障点k5提供短路电流。意味着与分布式电源接入前相比，保护5流过的故障电流会增大。这不仅提高了保护5的灵敏度，还影响到与相邻保护的配合关系。

然而，当DG2从线路BC接入时，情况更为复杂。当k5发生故障时，除了DG1和系统侧的电源提供电流外，DG2也可能为故障点提供电流。流过保护5的故障电流进一步增大，提高了保护的灵敏度。与此同时，如果DG2的容量足够大，流过保护2的反向电流可能会增大，由于保护2不具备方向性，可能导致流过保护2的故障电流超过整定值，引发保护2的误动作。配电网结构图如图3所示。

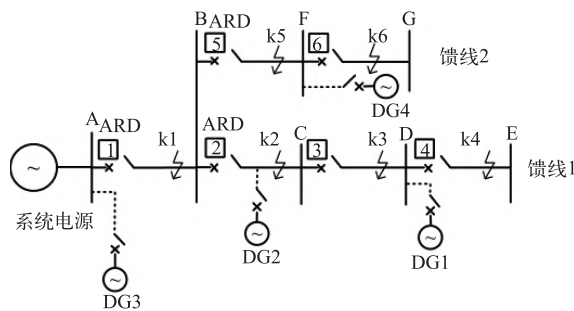


图3 配电网结构图

含分布式电源的配电网继电保护的改进措施

1. 分布式电源接入配电网对继电保护的影响及应对措施

随着分布式电源在电力系统中的广泛应用，对继电保护的影响已成为研究的热点。以DG1和DG2

为例，深入探讨对继电保护的影响。

首先，当DG1从A点接入系统时，改变了故障电流的路径和大小。当k1点发生故障时，由于DG1的接入，保护1接收到的故障电流会发生变化。保护1在故障发生时会受到干扰，无法准确、快速地动作。

同样，当DG2从线路AB接入，并位于保护2的上游时，对继电保护的影响更为显著。当k2点发生故障时，由于DG2的接入，保护2接收到的故障电流会发生变化。保护2在故障发生时可能会受到干扰，导致其无法准确、快速地动作。

为了应对分布式电源对继电保护的影响，需要采取一系列改进措施。首先，应优化分布式电源的并网控制策略，减小对配电网的影响。其次，应调整继电保护定值，使其更好地适应分布式电源接入后的配电网运行情况。此外，还应加强配电网的智能化建设，提高自我修复能力和供电可靠性。

通过改进，可以有效地减小分布式电源对继电保护的影响，保障配电网的安全稳定运行。

2. 分布式光伏接入对保护定值的影响及调整方法

首先，分布式电源的接入会影响保护装置的定值。在正常情况下，保护装置的定值是根据电力系统的特性和运行方式进行计算的。然而，当分布式电源接入系统后，电力系统的运行模式和特性发生变化，原有的保护定值不再适用。例如，分布式电源的接入会改变故障电流的路径和大小，影响保护装置的动作行为。因此，需要对保护定值进行重新计算和调整，以适应新的电力系统运行情况。

其次，分布式电源的接入也会影响保护装置的配合关系。在电力系统中，不同保护装置之间的配合能够保证在故障发生时，相关的保护装置按照预定的顺序动作，快速切除故障。然而，当分布式电源接入系统后，原有的配合关系会被打乱。例如，在原有的配合关系中，当某一线路发生故障时，下游的保护装置应该首先动作，切除故障。然而，当分布式电源接入该线路时，故障电流的路径和大小发生变化，导致原有的配合关系失效。因此，需要重新调整保护装置之间的配合关系，以确保在故障发生时，相关的保护装置按照预定的顺序正确动作。

为了应对分布式电源对继电保护的影响，除了

上述的定值调整和配合关系调整外，还可以采取其他措施。例如，可以采用快速重合闸技术，在故障发生后快速恢复供电。此外，还可以采用智能算法和优化技术，对分布式电源的运行方式和控制策略进行优化，减小其对继电保护的影响。同时，加强配电网的智能化建设也是非常重要的。通过采用智能传感器、通信技术和数据处理技术等手段，实现对配电网的实时监测和智能控制，提高其自我修复能力和供电可靠性。

3. 大规模分布式电源并网保护性能的优化措施

大规模分布式电源并网是现代电力系统中的重要趋势，同时也给配电网的继电保护带来了新的挑战。为了优化大规模分布式电源并网保护性能，可以采取以下措施。

1) 优化分布式电源的并网控制策略。通过合理的控制策略，减小分布式电源对配电网的影响，提高继电保护的可靠性。例如，可以采用基于电力电子技术的快速并网控制方法，减小分布式电源接入时对配电网的冲击。

2) 调整继电保护定值。根据分布式电源接入后的配电网运行情况，重新计算和调整继电保护的定值，以适应新的运行模式。例如，可以根据分布式电源的容量和接入位置，调整电流保护的整定值，以确保在故障发生时能够快速、准确地切除故障。

3) 改进自动重合闸装置。通过改进自动重合闸装置，更好地适应分布式电源接入后的配电网结构。例如，可以采用基于状态检测的自动重合闸技术，在故障发生后根据配电网的运行状态进行智能决策，提高重合闸的成功率和可靠性。

结束语

综上所述，分布式电源的接入对配电网的继电保护产生了显著的影响，为了确保配电网的安全稳定运行，需要采取一系列改进措施。通过优化分布式电源的并网控制策略、调整继电保护定值和改进自动重合闸装置等措施，减小分布式电源对继电保护的影响，提高配电网的供电可靠性和稳定性。同时，加强配电网的智能化建设也是未来的重要发展方向，可以进一步提高配电网的自我修复能力和智能化水平。EA

(收稿日期：2024-2-28)