

分布式发电对配电网继电保护的影响

郑力铭¹ 刘相利² 杨玉朋²

1 国网四川省电力公司广元供电公司，四川广元，628000；

2 山东容弗新信息科技有限公司，山东济南，250100；

摘要：随着分布式发电技术的推广应用，其接入配电网后改变了传统配电网单向潮流的固有特性，使电网潮流呈现双向流动状态，进而对配电网继电保护系统的正常运行产生多维度影响。本文先阐述分布式发电接入配电网的基本模式与核心特征，再分析其对配电网继电保护装置动作准确性、保护范围及协调性的具体影响，最后提出针对性的优化策略，为提升含分布式发电的配电网继电保护可靠性提供参考。

关键词：分布式发电；配电网；继电保护；双向潮流；保护优化

DOI：10.69979/3060-8767.26.01.013

引言

传统配电网以集中式发电为核心。电能从电源侧出发，经过输电线路、配电线路，单向送到用户侧。在这种结构下，配电网继电保护系统的设计和配置，都以单向潮流为依据。保护装置的动作逻辑、保护范围、运行参数，都已固定。这套系统能准确找出配电网的故障，也能快速切断故障。近年来，分布式发电有灵活、高效、清洁的优点，慢慢成为配电网电源的重要部分。分布式发电和集中式发电不一样，它大多靠近用户侧接入配电网，接入位置灵活。而且，它的出力会变，受自然条件和用户负荷需求影响。这个特点打破了传统配电网的单向潮流，让配电网从“无源网络”变成“有源网络”。潮流方向变了，故障时电流的大小和分布也变了，这直接影响配电网继电保护系统。现在的继电保护系统是按传统电网设计的，不适应新的网络情况。所以，部分保护装置会失灵，有的会误动作，保护范围会缩小或偏移，装置之间配合也不好。这些问题会威胁配电网的安全运行。

1 分布式发电接入配电网的基本模式与核心特征

1.1 接入基本模式

分布式发电接入配电网的模式，主要按接入电压等级和接入位置分，核心有两类。第一类是低压侧接入。就是直接接到用户侧的低压配电网，接入电压低，容量小。主要满足局部用户的用电需求，要是电能有剩余，还能送回配电网。第二类是中压侧接入。接入电压比低

压侧高，容量也大一些。直接接到区域的中压配电网线路上，电能能在区域配电网里灵活分配，覆盖的范围比低压侧接入广。

1.2 核心运行特征

分布式发电接入后，配电网的运行特点变了，主要体现在两方面。一方面，潮流是双向的。传统配电网里，电能只从电源侧流向用户侧，方向固定。分布式发电运行时，要是它的出力比接入点附近的负荷多，多余的电能会反向流到配电网上游，形成“用户侧到电源侧”的反向潮流。潮流方向会跟着分布式发电的出力和负荷变化而切换。另一方面，故障电流不确定。传统配电网出故障时，故障电流只来自集中式电源，大小和分布都比较固定。分布式发电接入后，出故障时，集中式电源和分布式发电会一起向故障点送电流。故障电流的大小，受分布式发电的接入容量、接入位置、出力状态影响；分布范围也会变，不再是“从电源侧到故障点慢慢变小”。

2 分布式发电对配电网继电保护的具体影响

2.1 对保护装置动作准确性的影响

传统配电网的继电保护装置，比如电流速断保护、过电流保护，它们的动作逻辑都按单向故障电流设计。装置参数的设定，以“集中式电源提供最大故障电流”为标准。只有当故障电流达到预设数值，而且方向符合单向潮流要求时，装置才会动作。分布式发电接入后，出现了双向潮流，故障电流也不确定，这直接让保护装置动作的准确性下降，主要有两种情况。第一种，反向潮流可能让保护装置误动作。分布式发电向配电网上游

送多余电能时，会产生反向电流。要是这个反向电流达到装置的动作数值，就算配电网没故障，装置也会误判，然后跳闸。这样会中断正常供电，影响用户用电。第二种，故障电流大小波动可能让保护装置不动作。要是分布式发电接入容量小，或者运行时出力低，配电网出故障时，集中式电源和分布式发电一起提供的故障电流，可能没达到装置的预设数值。装置没法发现故障，就不会动作，故障会扩大，影响更多区域的配电网运行。

2.2 对保护范围的影响

传统配电网里，继电保护装置的保护范围是固定的，按单向潮流下故障电流的分布规律设定。比如，线路首端的保护装置覆盖线路前半段，末端的保护装置覆盖线路后半段。各个装置的保护范围，要么不重叠，要么重叠部分能控制，能把整条线路都保护到。分布式发电接入后，保护范围会缩小或偏移，破坏原来的稳定，主要分两种情况。当分布式发电接入线路中间某个位置时，故障发生在不同区域，影响也不同。第一种情况，故障在分布式发电接入点的上游。这时，分布式发电会向故障点送反向故障电流，线路首端保护装置感受到的电流会变小，保护范围也会跟着缩小。原来能覆盖的故障点，可能超出范围，没法被及时发现。第二种情况，故障在分布式发电接入点的下游。这时，分布式发电会向故障点送正向故障电流，线路末端保护装置感受到的电流会变大，保护范围会向线路首端偏移。这样，末端和首端保护装置的保护范围可能重叠太多，故障发生时，两台装置可能一起动作，破坏保护的选择性。

2.3 对保护装置协调性的影响

传统配电网继电保护系统中，上下级保护装置通过设定“动作时限差”实现协调配合，即上级保护装置动作时限长于下级保护装置，故障发生时，靠近故障点的下级保护装置先动作切除故障，上级保护装置作为后备保护，仅当下级保护装置拒动时才动作，避免故障扩大，保障供电可靠性。分布式发电接入后，这种上下级保护的协调性被打破。一方面，故障电流大小与方向的变化，会导致上下级保护装置的动作阈值与实际故障电流不匹配，例如下级保护装置因故障电流减小而拒动时，上级保护装置可能因故障电流未达到自身阈值，也无法及时动作，失去后备保护作用；另一方面，分布式发电的接入可能改变上下级保护装置感受到的故障电流比例，原本设定的动作时限差不再适用，故障发生时，可能出

现上级保护装置先于下级保护装置动作的情况，即“越级跳闸”，导致故障影响范围扩大，原本仅需切除局部线路，最终扩大至区域配电网，造成大量用户停电。

3 含分布式发电的配电网继电保护优化策略

3.1 优化保护装置参数与动作逻辑

分布式发电接入配电网后，配电网出现了两个主要变化：一是潮流可以双向流动，二是故障时电流大小不确定。这两个变化会影响传统保护装置的工作效果。要解决这个问题，保证保护装置正常工作，就需要重新调整保护装置的核心参数，改变它的动作逻辑，让它适合有分布式发电的配电网。调整保护装置参数时，要以分布式发电的关键情况为依据，分不同场景计算和修改参数。首先，要收集分布式发电的重要信息，包括它接入配电网的容量、接在哪个线路上，还有它运行时最大能发多少电、最小能发多少电。这些信息是计算参数的基础。然后，根据这些信息，把配电网的运行情况分成不同场景，一个一个算每个场景下故障时的电流大小，弄清楚不同场景里故障电流的变化范围和规律。最后，根据算出来的故障电流数据，修改保护装置原来的动作数值。修改后的数值要能覆盖不同场景下故障电流的变化，既不让故障电流太小、达不到数值而导致装置不动作，也不让故障电流异常变大、超出数值设定而导致装置乱动作，让保护装置的参数和实际运行情况匹配。改变保护装置动作逻辑时，关键是给装置加一个新的识别功能，让动作更准确。具体来说，要在现有保护装置里，加一个“潮流方向识别”的功能模块。这个模块能实时查看配电网潮流的流动方向，分清正常运行时的潮流方向和故障时的潮流方向。有了这个模块，保护装置的动作条件就变了，不再只看故障电流有没有达到设定数值，还要看故障电流的方向。只有当故障电流的实际方向和装置预设的故障方向一样时，装置才会动作；如果方向不一样，就算电流达到了数值，装置也不会动。这样就能避免因为分布式发电带来的反向潮流，让装置乱动作，保证装置动作准确、可靠。

3.2 采用自适应保护技术

分布式发电的发电量经常变，配电网的潮流方向也会随时变。传统保护装置“参数固定、保护范围固定”的工作方式，已经满足不了需求。而自适应保护技术能随时调整，正好可以解决保护范围缩小或偏移的问题，通过随时适应电网的运行状态，保证继电保护能精准对

应故障、全面覆盖线路。自适应保护技术的工作逻辑，是“实时收集数据—分析数据—随时更新参数”的循环过程，通过这个过程调整保护参数和保护范围，让它们更精准。第一步，实时收集配电网的运行数据。这项技术要靠传感器、数据传输设备等硬件，持续、实时地收集配电网运行中的关键数据。收集的内容主要有三个方面：一是配电网当前潮流的流动方向，二是分布式发电此刻的发电量，三是配电网用户当下的用电负荷大小。要保证收集的数据完整、准确，能全面反映配电网的实时情况，为后面的分析工作提供支持。第二步，分析当前的运行场景，做出判断。自适应保护技术里有专门的计算模型，收集到的实时数据会立刻传到这个模型里。通过模型计算，准确判断当前配电网处于哪种运行场景，弄清楚此刻分布式发电的发电量、潮流方向是否正常，同时预测这个场景下如果发生故障，故障电流可能有多大、会怎么分布。这样能为后面调整参数和范围提供科学依据，不让调整工作盲目进行。第三步，自动更新保护装置的动作数值和保护范围。根据计算模型的分析结果，自适应保护技术会自动生成调整指令，立刻传给对应的保护装置，修改动作数值、重新确定保护范围。通过这样随时更新，能保证保护装置的保护范围，始终和当前线路故障电流的分布规律一致。不管分布式发电是发很多电、发很少电，还是不发电，不管配电网潮流方向怎么变，保护装置都能精准覆盖对应的故障区域，既不会因为保护范围缩小而漏判故障，也不会因为保护范围偏移而出现范围重叠，保证继电保护能精准对应故障、全面保护线路。

3.3 构建协同保护体系

分布式发电接入后，上下级保护装置原来的配合关系被打破了。要恢复并提高它们的配合能力，解决越级跳闸、后备保护不管用等问题，就需要搭建一个以信息实时传递为核心的协同保护体系，让多个装置、多个节点共享信息、一起响应，提高整个继电保护系统的配合度和可靠性。搭建协同保护体系，核心是让多个主体能实时共享信息，而做到这一点，关键是靠成熟的通信技术，建一个专门的信息传输和共享平台。这个平台要包含三个关键主体：配电网的上级保护装置、下级保护装置，还有分布式发电的控制装置。要保证这三个主体能通过平台，实时传递信息。具体来说，每个保护装置都要把自己的实时状态（比如正常工作、待命、发出故障预警）、故障时收集到的电流数据（比如故障电流大小、

电流持续了多久）、自己的动作情况（比如有没有动作、什么时候动的、动了什么），实时传到平台上；分布式发电的控制装置，要把分布式发电的实时发电量、运行状态，还有故障后能怎么调整出力等信息，也传到平台上。这样一来，每个主体不用人工对接，就能快速、准确地拿到其他主体的关键信息，打破信息隔绝的状态，为后面一起动作打下基础。协同保护体系的核心作用，体现在故障发生后，多个主体能一起响应。当配电网发生故障时，上下级保护装置能通过共享平台，快速拿到彼此的运行数据和故障信息，再结合自己收集到的故障信号，一起准确判断故障的具体位置、故障电流的实际大小，避免单个装置因为信息不全而判断出错。根据准确的故障判断结果，上下级保护装置能随时调整自己的动作时间和动作逻辑，明确谁先动作、谁后动作。要保证离故障点近的下级保护装置先动作，上级保护装置只在下级装置不动作时，才启动后备保护功能。这样能有效避免越级跳闸，减少故障影响的范围。

4 结语

分布式发电的接入，使配电网从单向无源网络转变为双向有源网络，潮流特性与故障电流分布的改变，对继电保护装置的动作准确性、保护范围及装置间协调性产生了显著影响，传统继电保护模式已无法适配含分布式发电的配电网运行需求。通过优化保护装置参数与动作逻辑、采用自适应保护技术、构建协同保护体系，可有效应对上述影响，提升继电保护系统的可靠性与适配性。未来，随着分布式发电接入规模的扩大，还需进一步结合智能化、数字化技术，持续完善继电保护优化方案，为配电网的安全稳定运行提供更有力的保障。

参考文献

- [1] 李剑. 分布式电源并网条件下配电网继电保护技术[J]. 中国新通信, 2023, 25(24): 25-26+24.
- [2] 葛晓东. 分布式发电对配电网继电保护的影响分析[J]. 集成电路应用, 2022, 39(12): 246-247.
- [3] 许戴林. 分布式发电对配电网继电保护自动化系统的影响[J]. 集成电路应用, 2022, 39(10): 222-223.
- [4] 张俊彦, 张利钦. 浅述微电网继电保护的研究与应用[J]. 石家庄学院学报, 2022, 24(03): 73-77+84.
- [5] 贾云隆. 探讨分布式发电对配电网继电保护的影响[J]. 工程技术: 引文版, 2021(2015-9): 37-37