

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，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