

分布式电源对配电网相间短路保护的影响解析

周升强, 唐慧, 王伟

(国网山东省电力公司莒县供电公司, 山东日照 276500)

摘要 为发挥分布式电源接入配电网运行的价值, 保证二者取得更理想的融合成效, 此次研究以分布式电源、配电网相间短路保护为中心, 深入探讨了分布式电源对配电网相间短路保护的影响。结合分布式电源接入配电网的研究背景, 对分布式电源配电网组合有更全面的认识, 并且针对性地研究了 DG 对配电网两段保护与重合闸影响、DG 接入后两段保护与重合闸后加速影响, 以期为相关人员提供参考。

关键词 分布式电源; 配电网; 熔断器; 保护灵敏度

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)10-0124-03

分布式电源对配电网相间短路保护的影响分析, 是预防配电网运行故障, 提高配电网运行稳定性的重要策略。配电网接入分布式电源, 打破了传统故障电流分布规律, 因此不可避免地会对继电保护装置造成影响, 从而干扰到相间短路保护。基于此, 相关人员应加大对分布式电源对配电网相间短路保护影响分析力度, 寻找协调分布式电源接入与继电保护装置正常运行的关键点, 并结合配电网容纳空间, 客观应对分布式电源接入配电网条件下相间短路保护新课题。

1 研究背景

此次研究以分布式电源(DG)为主体, 将其接入至规格为10kV的配电网中, 并且该配电网中应用电流速断、重合闸搭配定时限过电流的模式保护主馈线。分布式电源配电网运行系统中, 因为配备自动重合闸装置, 配电网运行故障的发生, DG必然会遭受故障电流冲击, 继而产生不利影响, 所以分布式电源配电网运行设计中, 对分布式电源配电网组合提出明确要求, 即:

若配电网故障定位于DG接入相关馈线, 则DG必须终止供电行为。DG接入馈线根据配电网自动重合闸动作变化, 精准判断跳离配电网节点。

虽然DG接入配电网及系统运行严格按照规定要求设计, 但是实际运行中, 依然频繁出现故障, 并且DG跳离配电网的节点选择与操作存在问题, 不利于配电网的安全运行与DG接入作用的发挥^[1]。面对这种情况, 必须端正DG接入配电网研究态度, 分析跳离异常原因, 并梳理配电网保护装置、DG之间的运行协调思路。结合分布式电源接入配电网研究相关经验, 对保护运行方式反复思考, 假设以配电系统中电流速断以主馈线断路器支撑完成, 并实现对电流的定时限过保护为前

提条件, 不仅如此, 支线保护由高压熔丝完成, 搭配对应的加速装置, 如重合闸, 针对性地对DG对配电网相间短路保护的影响展开研究。

2 DG对配电网相间短路保护影响具体研究

2.1 DG对配电网两段保护与重合闸的影响

结合上述对DG接入配电网相关条件整理, 假设配电网中电流速断保护必须以配电网整条配电线路瞬时跳闸为前提完成, 并且根据配电网运行线路规划与最大负荷电流, 对定时限过电流进行保护, 则需要配电系统中重合闸的重合方式必须采取前加速一次实现。这种情况下, 若配电网运行中任意线路或者位置出现运行故障, 系统均可以瞬间启动电流速断保护模式, 立即将故障线路或位置切断, 将故障对配电系统运行的不利影响降到最低。观察配电网故障切除后的状态与处理情况, 确定风险排除后通过重合闸恢复配电网的供电运行。如果DG配电网出现永久性故障, 那么电流保护会根据实况选择将故障线路永久性断开, 借此保证配电网的正常运行。具体影响如下。

2.1.1 配电网相邻线路故障影响

DG对配电网相间短路保护影响中, 针对相邻线路故障, 配电系统运行期间, 以母线为载体, DG输送反向短路电流(I)至系统故障点。

配电网系统中, 虽然配备CB、CB1、CB2保护系统, 但是其中只有CB具有识别故障方向功能, 因此DG接入CB1、CB2馈线, 因为无法对故障方向识别, 所以会产生保护误动作, 从而影响到配电网正常运行, 甚至出现供电中断的情况。这种情况下, 若在同一母线载体基础上, 配电系统运行期间相邻线路出现异常, 在DG输送反向短路电流的条件下, 不能对CB1、CB2保护

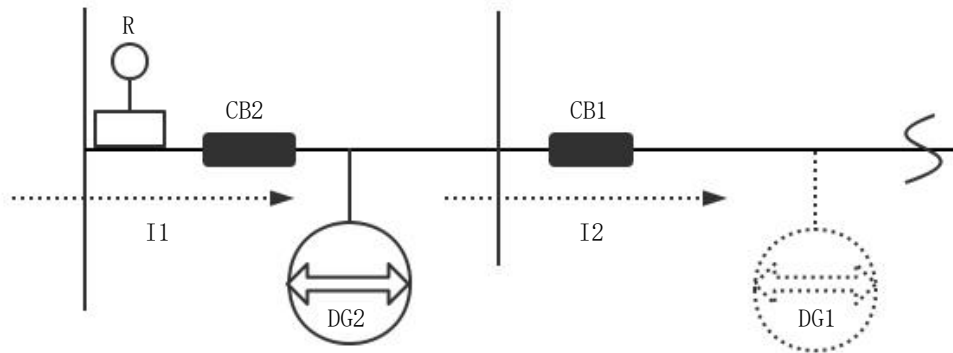


图 1 DG 对配电网线路保护灵敏度的降低影响示意图

动作有效激发。结合配电网基本设定, 配电系统中相邻线路运行异常, 极易出现三相短路故障, 受到异常故障的影响, 导致 DG 短路电流数值增大, 同时 CB2 速断保护未启动。不考虑 DG 容量值前提下, 必须对 DG 短路断流进行调整: $I \leq I_R$ 。调整公式包括 CB2 电流速断保护整定值, 即 I_R 。基于 CB1、CB2 时延特点, 以时间为切入点, 对 CB 速断保护有效调整。其间可忽略电流保护过程中可能出现的协调性矛盾。基于 DG 暂态电势, 对并网阻抗、运行参数值等进行计算, 并判断故障类型。如果属于瞬时性类型, 应及时将配电网中重合闸重合, 静待几分钟后重启, 配电系统恢复运行。如果属于永久性类型, 则需要利用电流保护, 将故障点及时切除, 迅速恢复系统运行。如果故障点临近母线, 必须调整时间延时, 即 t , 并判断 t 与 CB1、CB2 动作时间大小, 随后进行过电流保护操作。经过故障处理, 随后保证 DG 输送反向短路电流小于 CB1/CB2 整定值最小值 (I_r), 即 $I \leq I_r$ 。

通过 DG 短路断流调整、DG 输送反向短路电流小于 CB1/CB2 整定值最小值 (I_r) 的实现, 取得理想的故障处理效果^[2]。结合断路器 CB 保护情况, 若 DG 加入配电网后总故障电流大于未接入 DG 的配电网故障电流, 并故障点定位配电网的终端线, 证明 DG 对配电网相间短路保护为积极影响, 可提升配电网保护灵活性。

2.1.2 配电网本线路故障影响

结合 DG 接入配电网后, 基于重合闸前加速原理, CB2 位置必须与重合闸 R 装置相邻设置。若 CB1、CB2 分别加入 DG1、DG2, 并且 DG1 位于配电网终端线路, 其间配电网故障发生于 CB2、DG2 位置, 那么 DG 电流与配电系统电流均经过故障点, 故障切除必须由 CB2 完成。故障若属于永久性类型, 那么需借助 CB2 过流保护动作保障系统运行安全, 具体详见图 1。

配电网接入 DG1、DG2 后, 对 CB2 保护造成影响, 故障电流的提供载体以配电系统为主, 并且电流定值

不会发生变化, 正因为如此, DG1、DG2 不会影响到 CB2 保护行为。此外, 故障电流不会干扰其他出线保护, 故保护动作行为不会发生变化。因为同时接入 DG1、DG2, 所以配电系统中 CB1 保护动作会受到 DG2 接入影响而出现保护误动。为保证 $I \leq I_{R1}$, 其中 I_{R1} 代表 DG1 接入后 CB1 过流保护定值。CB2 发生跳闸必然会引发重合闸异常, 出现非同期合闸现象, 若 DG 不能及时将其解列, 那么非同期合闸必然会对配电系统、DG 机组造成运行冲击, 以此解列保护动作^[3]。因为在重合闸前加速方式的影响下, DG 接入后与配电网保持协调性, 所以 DG1、DG2 与配电网融合, 如果 CB2 断开, DG2 随之断开, 但是不会影响到 CB1 的运行。根据此条件与配电网整定性基本要求, 判断 CB1 短路电流与过电流保护整定值大小, 若整定值大于短路电流, 则符合 CB1 接入配电网后整定值标准, 即 I_{r1} , 公式为 $I \leq I_{r1}$ 。

配电网故障如果定位于 DG2、CB1 连接位置, 配电网运行故障需借助 CB2 电流速断保护动作操作完成。在此基础上, 应用 CB2 衔接的重合闸, 对配电网进行重合操作, 保证故障迅速解决。结合分布式电源接入配电网运行原理, CB2 保护检测方面, 必然会受到 DG2 接入影响, 检测灵敏度下降。若干扰因素比较复杂, 会增加配电网保护动作拒动风险。DG2 接入配电网, 系统运行一旦发生线路短路问题, 最小短路电流 I_2 在 CB2 系统检测中被锁定, 借此激发电流速断保护动作, 从而为系统提供故障瞬时切除条件, 在此基础上, 保证配电网正常运行。综合对分布式电源接入配电网与短路故障分析具体情况, 发现 DG 接入配电网后若发生线路末端短路故障, 并且以短路电流最小值 I_2 为前提, 得到公式 $I_2 \leq I_R$ 。观察图 1 可发现, DG2 接入配电网系统后, 不会影响到除与 DG2 连接线之外的其他母线出现电流运行, 并且对保护动作不会造成威胁。此外, DG1 为 CB1 输送反向短路电流, 并保护 CB1 正常运行。

如果配电网运行故障定位于 DG1、CB1 连接位置,

那么故障切除需借助CB2保护动作完成,待故障切除后由重合闸加速恢复配电网供电运行。与此同时,因为配电网接入DG2,CB2故障电流受到影响而减小,CB2保护灵敏度下降,这种情况下,必须以 $I_2 \leq I_R$ 公式为基础,对保护动作做出调整。CB2不会因为DG1接入而保护动作异常,并且故障电流不会降低,所以CB1不会受到DG1的影响。但是,如果DG1下游发生短路故障,则需要通过CB2电流速断对故障采取切除保护,并迅速恢复配电网供电。

2.1.3 配电网分支线故障影响

配电网分支线故障影响,基于上述DG接入配电网实况,设计配电网支线与熔断器协调关系示意图。作为配电网常见保护系统,一旦支线出现运行故障,F未被损伤的情况下,配电网运行会通过判断对故障的判断立即跳闸,并对故障位置定位,以此降低F被损伤的风险,F即配电网熔断器^[4]。DG接入配电网,熔断器接触电流增加,尤其是短路断流,很大程度上增加了熔断器熔断风险。这种情况下,就需要从F保护角度出发,增加CB保护装置应用安全性与系统运行可靠性,并满足下述公式条件:

$$I_{DG} + I_{sys} \leq I_F$$

$$I_{sys} \geq I_R$$

公式中包括配电网发生速断保护动作跳闸条件下溶解电流曲线最小电流值,即 I_F ;CB电流速断保护整定值,即 I_R 。特别是配电网运行中DG容量逐渐增加,配电网熔断器接触故障电流同样增加,加快熔断速度,这种情况下,借助DG的接入,对熔断器熔断矛盾进行缓解,同时保证配电网熔断器配合关系正常发挥。

根据DG接入配电网后DG与熔断器协调关系的局部变化,对两个熔断器,即F1、F2变化特点进行观察,并得到安秒特性。保证DG容量基础上,对F1、F2熔断风险进行辨别,确保其中一个熔断器损伤情况下,另一个熔断器能够正常运行。为及时消除熔断器故障,必须对DG短路电流进行限制设定,始终保持短路电流 $< I_F$,这种情况下,调整F1、F2溶解参数值,保证 $F1 > F2$,并满足以下公式条件,即 $I_{DG} + I_{sys} \leq I_F$,F1与F2溶解曲线交叉点为IF。

2.2 DG接入后两段保护与重合闸后加速影响分析

配电网接入分布式电源后,还会对重合闸后加速产生影响,从而调整两段保护模式。配电网中CB的设置,必然搭配重合闸装置,并设定针对性运行保护系统。短路故障的定位与切除,均通过电流保护时间差实现,由此可以看出,CB与母线距离越近,电流保护时间差

值越大^[5]。这种情况下,一旦出现配电网相间短路现象,保护装置会第一时间启动保护模式,对短路故障精准定位与选择性阻隔处理,随后借助重合闸实现配电网供电恢复。DG接入后,配电网相邻线路故障的影响,必须遵循保护整定原则,结合重合闸后加速特点,及时切除限过电流对应的故障。判断配电网中多个保护系统整定时间,科学规避由DG接入引起的反向短路电流,造成配电网保护动作误动。结合相邻线路故障具体情况对过电流保护及时启动,借此科学控制定时限过电流保护定值。

本线、转送线路的短路故障影响,核心在于调节DG与重合闸之间的协调性。若DG接入后,配电网运行出现短路电流增加情况,保护系统受到影响而出现灵敏性下降。基于这种情况,可通过扩大DG容量,并明确短路电流限制参数,在此基础上确定过电流保护整定值,故而延长电流动作时间,形成配电网、保护系统、DG稳定配合关系,达到故障控制的目的。

3 结论

综上所述,通过对分布式电源对配电网相间短路保护影响的分析,对分布式电源接入配电网有更全面的认识。目前DG接入配电网运行系统越来越完善,从多方面减轻配电网运行压力,帮助配电网突破供电瓶颈。DG接入后改变了供电系统中的短路电流方向,并增强配电网保护配置功能性。当然,电网实际运行中,因为DG的接入与配电网一系列调整,会引发保护动作灵敏性下降现象。面对这种情况,相关人员应深层次研究配电网相间短路,提高短路电流限制科学性,并设定配电网运行约束条件,对配电网支线与熔断器协调关系科学处理等,在此基础上更客观地应对分布式电源对配电网相间短路保护的影响。

参考文献:

- [1] 梁华敏,高辉,王晨清.含分布式电源的配电网保护影响机理及故障定位[J].计算机系统应用,2022,31(10):346-355.
- [2] 刘心瑜,郭炳廷.分布式电源接入配电网对电流保护的影响及应对策略[J].电工技术,2021(24):47-50.
- [3] 柳想,王芳祿.分布式光伏电源接入对配电网保护的影响[J].农业科技与装备,2020(05):37-39,43.
- [4] 程杰,李昕.分布式电源的接入对配电网三段式电流保护的影响[J].科技创新导报,2020,17(08):16,20.
- [5] 杨博文,赵志刚.不同分布式电源类型对配电网运行风险的影响研究[J].电子世界,2021(13):22-23.