

Analysis of Influence of Distributed Generation Supply Access on Current Protection of Distribution Network

Jingtao Cai¹, Yongzhong Chen², Yingxiang Wang³, Minyou Chen³, Longchang Dong³

¹Shenzhen Electric Power Company, Shenzhen Guangdong

²Shenzhen Xinneng Power Development and Design Institute, Shenzhen Guangdong

³State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Electrical Engineering College, Chongqing University, Chongqing

Email: 18716348086@163.com

Received: Oct. 3rd, 2017; accepted: Oct. 17th, 2017; published: Oct. 23rd, 2017

Abstract

A large number of distributed generation (DG) access will change the structure of the traditional distribution network and affect the current protection of distribution network. Based on the analysis of the current protection system in traditional distribution network, this paper analyzes the influence of the DG penetration on the current protection system of distribution network. Focusing on the problems include current protection sensitivity reduction or protection system malfunction and refusal with DG penetration, this paper proposed a solution for current protection configuration and parameter tuning for distribution network penetrated with DG. Also, taking the distribution network with DG in Shenzhen 10 kV regional as an example, the paper analyzes the malfunction of the protection system caused by DG penetration. Then, the effectiveness of the proposed solution is verified and results reveal that the proposed solution can provide meaningful reference for distribution network protection system penetrated with DG.

Keywords

Distributed Generation, Distribution Network, Current Protection, Sensitivity, Wrong Move

分布式电源接入对配电网电流保护的影响分析

蔡京陶¹, 陈永忠², 王盈祥³, 陈民铀³, 董龙昌³

¹深圳供电局有限公司, 广东 深圳

²深圳新能电力开发设计院, 广东 深圳

³重庆大学电气工程学院, 输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室, 重庆

Email: 18716348086@163.com

文章引用: 蔡京陶, 陈永忠, 王盈祥, 陈民铀, 董龙昌. 分布式电源接入对配电网电流保护的影响分析[J]. 智能电网, 2017, 7(5): 402-411. DOI: 10.12677/sg.2017.75044

收稿日期：2017年10月3日；录用日期：2017年10月17日；发布日期：2017年10月23日

摘要

大量分布式电源接入将改变传统配电网的潮流,对配电网电流保护造成影响。本文在对传统配电网电流保护系统进行分析的基础上,深入分析了分布式电源接入对配电网电流保护系统带来的影响;针对分布式电源接入可能带来的电流保护灵敏度降低或保护系统出现误动及拒动等问题,提出了含分布式电源场景下配电网电流保护配置和参数整定的解决方案,并以深圳市某含分布式电源的10 kV区域配电网为例,分析了分布式电源接入可能造成保护系统误动作等问题,并验证了所提解决方案的有效性,为含分布式电源的配电网保护系统的整定提供有意义的参考。

关键词

分布式电源, 配电网, 电流保护, 灵敏度, 误动作

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

分布式发电(Distributed Generation, 简称 DG)是指安装在用户或者其附近的、容量低于 30 MW 的小型发电机组,以满足特定用户的需要,支持现存配电网的经济运行,或者同时满足这两个方面的要求[1]。分布式发电的应用可降低环境污染,节约化石能源,同时又具有灵活、高效等优点。各国对分布式发电的研究也越渐重视,其在电力系统中具有良好的应用前景。

传统的配电网一般采用闭环设计、开环运行,是一个辐射状网络,潮流单方向地由变电站流向负荷。分布式电源大量接入配电网后,使得配电网成为一个多电源系统,其潮流的大小和方向都可能发生变化,这将不可避免地对配电网的电流保护系统产生影响。文献[2]构建了配电网和分布式电源模型,分析了分布式电源接入容量对配电网三段式电流保护的影响,并提出了保护系统的改进方案,在分布式电源上游加装方向性保护元件,下游根据分布式电源接入容量修改保护整定值,继而通过 MATLAB/Simulink 构建了配电网和分布式电源模型,对改进方案进行了可行性验证。文献[3]详细分析了分布式电源接入配电网系统后,对传统三段式电源保护的影响并通过 PSCAD/EMTDC 平台进行了建模、仿真验证,最后提出采用方向纵联保护与过电流保护相配合的新方法来降低分布式电源对配电网的影响。文献[4]在详细介绍配电网结构和继电保护配置的基础上,分析了分布式电源接入线路不同位置时,对原有三段式电流保护和反时限过电流保护的影响,并提出相应的解决方案。文献[5]通过分析得出分布式电源接入将对其下游线路保护产生较大影响,下游保护中的电流速断保护保护范围可能增加,可能延伸到下一线路,使保护之间的配合失去选择性,为此将自适应电流保护应用到配电网中,结合对称分量法及配电网的网络结构,提出了一种相电流差故障分量作为保护动作判据的新算法。文献[6]在全面介绍了分布式电源的特点的基础上,详述了其接入对传统配电网继电保护产生影响的原因,并从自动重合闸、线路保护和分布式电源自身保护三个方面分析了不同的接入位置和不同的接入容量对配电网继电保护的影响情况。文献[7]通过对风力发电和光伏发电等两个典型的分布式电源发电原理进行分析,并构建了其戴维宁等效模型,将该模

型接入到配电网中,验证了分布式电源的不同类型、接入点、容量对系统继电保护的影响,得出结论:当接入点在保护装置上游或相邻母线时,整定值随保护装置距接入分布式电源位置越近而增加,也随分布式电源容量增大而增加;故障类型会影响继电保护装置的自适应整定值。文献[8]以 10 kV 馈线保护为例,探讨了分布式电源接入对单侧电源、辐射型网络中基于断路器的三段式电流保护、熔断器保护以及自动重合闸的影响。文献[9]中,根据不同类型分布式电源的低电压穿越要求,建立了逆变型电源的短路计算模型,并考虑异步型电源撬棒保护的动作为特征,建立了异步型电源在电网严重和非严重故障条件下的等值计算模型,进而提出了含分布式电源接入的电网故障计算方法。

本文在对传统配电网电流保护系统进行分析的基础上,深入分析了分布式电源接入对配电网电流保护系统带来的影响;针对分布式电源接入可能带来的电流保护灵敏度降低或保护系统出现误动及拒动等问题,创新性地提出了严格控制分布式电源的接入容量、接入前校验各种极端情况下的保护定值以及加入方向性保护元件等解决方案,并以深圳市某含分布式电源的 10 kV 区域配电网为例,分析了不同分布式电源接入可能造成保护系统误动作等问题,并验证了所提解决方案的有效性,为含分布式电源的配电网保护系统的整定提供有意义的参考。

2. 配电网中电流保护配置情况

基于中低压配电网单侧电源、辐射状的特点,其继电保护较高压配电网而言比较简单,应用最广泛的保护方式为三段式电流保护。同时,考虑到电力系统中 80%~90% 的故障都是瞬时故障,主线路中还配置三相一次重合闸装置,在故障消失后自动合闸供电,提高了电网的抗干扰能力和供电可靠性[10]。

三段式电流保护基本原理是当流过保护装置的电流大于设定值时,保护装置便动作跳闸切除。其中包含三类保护,分别为:电流速断保护、限时电流速断保护、定时限过电流保护。一般来说,线路末端只需配置电流速断保护和定时限过电流保护便可满足保护需求[5]。下面以图 1 中的保护装置 k_1 为例,介绍三段式电流保护的定值整定与灵敏度校验原则。

1) 电流速断保护(电流 I 段保护)

电流速断保护按照躲开最大运行方式下,被保护线路末端发生短路时的最大短路电流来整定,故保护范围不能达到整条线路。故 k_1 电流速断保护整定值为:

$$I_{k_1}^I = K_{rel}^I I_{Bmax} \tag{1}$$

其中: $I_{k_1}^I$: 保护 k_1 的电流速断保护整定值(A);

K_{rel}^I : 电流速断保护可靠系数,一般取 1.2~1.3;

I_{Bmax} : B 点短路时的最大短路电流,一般为三相短路电流(A)。

电流速断保护的灵敏度不是固定的,其校验是按系统最小运行方式下的最小保护范围计算,为满足系统要求,一般要求大于线路全长的 15%;则 k_1 的电流速断保护灵敏度校验式为:

$$\frac{l_{min}}{l_{AB}} = \frac{1}{Z_{AB}} \left(\frac{\sqrt{3} E_\phi}{2 I_{k_1}^I} - z_{s,max} \right) \tag{2}$$

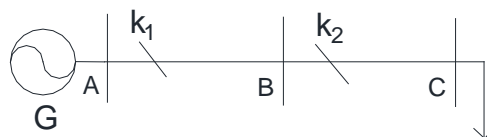


Figure 1. Schematic of the Protection k_1
图 1. 保护 k_1 示意图

其中: l_{\min} : 保护 k_1 的最小保护长度;
 l_{AB} : 线路 AB 长度(m);
 z_{AB} : 线路 AB 的阻抗(Ω);
 E_ϕ : 系统等效电源相电动势(V);
 $z_{s\max}$: 系统最小运行方式下阻抗(Ω)。

2) 限时电流速断保护(电流 II 段保护)

限时电流速断保护与下一线路的电流速断保护相配合, 其保护范围需要覆盖本线路速断电流保护未能达到的区域, 故 k_1 的限时电流速断保护整定值为:

$$I_{k_1}^{\text{II}} = K_{\text{rel}}^{\text{II}} \cdot I_{k_2}^{\text{I}} \quad (3)$$

其中: $I_{k_1}^{\text{II}}$: 保护 k_1 的限时电流保护整定值(A);
 $K_{\text{rel}}^{\text{II}}$: 限时电流速断保护的可靠系数, 一般取 1.1~1.2;
 $I_{k_2}^{\text{I}}$: 保护 k_2 的电流速断保护整定值(A)。

本线路限时电流速断保护动作时间要比下一线路的电流速断保护大一个时间差 Δt , 一般取 0.5 s, 即为:

$$t_{k_1}^{\text{II}} = t_{k_2}^{\text{I}} + \Delta t \quad (4)$$

为了能够保护线路的全长, 要求在系统最小运行方式下、线路末端发生两相短路时, 限时电流速断保护也有足够的反应能力, 用灵敏度系数 K_{sen} 来描述其能力, 一般取 $K_{\text{sen}} \geq 1.3 \sim 1.5$; 故 k_1 的限时电流速断保护灵敏度系数为:

$$K_{\text{sen}k_1} = \frac{I_{B\min}}{I_{k_1}^{\text{II}}} \quad (5)$$

其中: $K_{\text{sen}k_1}$: 保护 k_1 的限时电流速断保护灵敏度;
 $I_{B\min}$: 系统最小运行方式下, 线路 AB 末端发生两相短路时, 流过 k_1 的短路电流(A);

3) 定时限过电流保护(电流 III 段保护)

定时限过电流保护以避免最大负荷电流进行整定, 一般来说, 它不仅能保护本线路的全长(近后备保护), 还能保护相邻线路的全长(远后备保护) [9]。故 k_1 定时限过电流保护整定值为:

$$I_{k_1}^{\text{III}} = \frac{K_{\text{rel}}^{\text{III}} K_{\text{ss}}}{K_{\text{re}}} I_{AB\max} \quad (6)$$

其中: $K_{\text{rel}}^{\text{III}}$: 定时限过电流保护的可靠系数, 一般取 1.15~1.25;
 K_{ss} : 自启动系数, 由网络构架和负荷性质决定;
 K_{re} : 继电器返回系数, 一般取 0.85~0.95;
 $I_{AB\max}$: 线路 AB 正常运行时的最大负荷电流(A)。

本线路定时限过电流保护动作时间要比下一线路的定时限过电流保护大一个时间差 Δt , 一般取 0.5 s, 即为:

$$t_{k_1}^{\text{III}} = t_{k_2}^{\text{III}} + \Delta t \quad (7)$$

根据不同的保护需要, 定时限过电流保护灵敏度校验的方式不同; k_1 定时限过电流保护灵敏度校验为:

$$K_{\text{sen}k_1}^{\text{III}} = \frac{I_{\min}}{I_{k_1}^{\text{III}}} \quad (8)$$

其中： $K_{senk_1}^{III}$ ：保护 k_1 定时限过电流保护灵敏度；近后备时 $\geq 1.3\sim 1.5$ ；远后备时 ≥ 1.2 ；

$I_{k_1}^{III}$ ：保护 k_1 定时限过电流保护整定值(A)；

I_{min} ：近后备时为最小运行方式下，线路 AB 末端两相短路时的电流(A)；远后备时为最小运行方式下，线路 BC 末端两相短路的电流(A)。

3. 分布式电源接入对三段式电流保护的影响及解决方案

未接入分布式电源前，配电网中潮流是单方向的，在线路发生短路故障时，短路电流只由大电网提供；接入分布式电源后，配电网中潮流的大小和方向可能发生改变，系统发生短路故障时，分布式电源也将为短路点提供短路电流，可能使得流过配电网中保护装置的短路电流较未接入分布式电源前增大或者减小，从而影响原有保护系统的动作情况、保护灵敏度和各个保护装置之间的配合等。

由此可知，分布式电源接入对配电网电流保护可能产生的影响有：

1) 增大保护系统灵敏度，使保护失去选择性。当分布式电源接入的下游线路或相邻线路发生短路故障时，分布式电源将与大电网共同提供短路电流，使得某些保护装置检测的短路电流增大，将增大其保护灵敏度，严重时保护范围将延伸到下一线路，使保护失去选择性。

2) 降低保护系统灵敏度。由于分布式电源的分流作用，可能使得分布式电源所在线路保护装置检测的短路电流值减小，降低其保护灵敏度，严重时，保护装置可能发生拒动。

3) 引起保护系统误动作。在相邻线路发生短路时，分布式电源所在线路的保护装置将检测到由分布式电源提供的反向短路电流，可能使得保护装置不分方向误动作而切除。

为了避免分布式电源接入带来的不良影响，必须对分布式电源的接入容量加以控制，不能过大；若接入的分布式电源容量较大，应提前校验各类极端情况下的保护定值及灵敏度，必要时可适当调整系统保护定值及考虑在系统中加入方向性保护元件以确保保护的准确动作。

4. 案例分析

下面将以深圳市某含分布式电源的 10 kV 区域配电网为例，分析分布式电源接入对电流保护系统可能造成的影响，并验证含分布式电源场景下配电网电流保护配置和参数整定的解决方案的有效性。

该含分布式电源配电网结构如下图 2 所示，将 10kV 变电站以上系统等值为一个电压源 G，10 kV 母线中连有 1、2 两条馈线，馈线 1 由 AB、BC 两段线路组成，馈线 2 由 AD、DE、EF 三段线路组成； z_s 为系统电源等效阻抗， z_{DG} 为分布式电源与变压器等效阻抗之和；分布式电源连接在线路 AD 中离母线 A80%处入网。下面具体分析 DG 接入可能对电流保护产生的影响。(注：以下计算所涉量皆为标幺值)

4.1. 增大保护灵敏度，使保护失去选择性

此时，假设线路 DE 末端 d_1 发生三相短路故障，如图 3 所示。

取 $K_{rel}^I = 1.2$ ， $E_\Phi = 1$ ， $z_s = 0.1$ ， $z_{AD} = z_{DE} = 1$ 。由前述(1)可得，未接入 DG 前， k_4 电流速断保护整定值为：

$$I_{k_4}^I = K_{rel}^I \frac{E_\Phi}{z_s + z_{AD} + z_{DE}} = 1.2 \times \frac{1}{0.1+1+1} = 0.57$$

在 AD 线路接入 DG 后，保护装置 k_4 检测的短路电流值为：

$$I'_{k_4} = \frac{1}{\frac{(z_s + 0.8z_{AD}) \times z_{DG}}{z_s + 0.8z_{AD} + z_{DG}} + 0.2z_{AD} + z_{DE}} = \frac{0.9 + z_{DG}}{1.08 + 2.1z_{DG}} \quad (9)$$

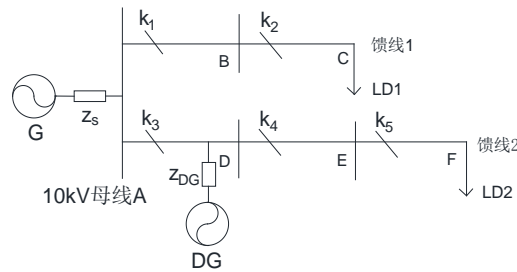


Figure 2. 10 kV distribution network with the distributed generation

图 2. 含分布式电源 10 kV 配电网

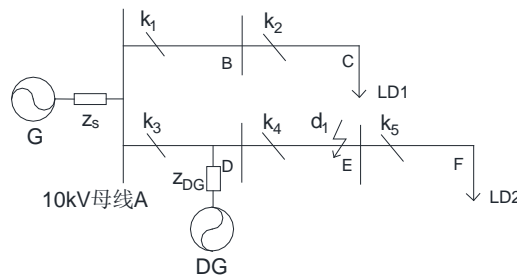


Figure 3. Three-phase short circuit happen in d_1 of the end of line DE

图 3. DE 末端某处 d_1 三相短路

取 DG 的次暂态阻抗和变压器阻抗之和为 0.13，且系统基准容量 $S_B = 100$ MVA，则有 z_{DG} 算如下：

$$z_{DG} = 0.13 \times \frac{S_B}{S_{DG}} = \frac{13}{S_{DG}} \quad (10)$$

将(10)代入(9)可得：

$$I'_{k_4} = \frac{13 + 0.9S_{DG}}{27.3 + 1.08S_{DG}} \quad (11)$$

将(11)中 I'_{k_4} 随 S_{DG} 变化而变化的情况进行作图，如图 4 所示。

从图 4 中可以看出，DG 的接入有助流作用，将使 k_4 检测的短路电流增大，使其保护灵敏度增大，且 DG 接入容量越大，检测的短路电流越大；当 DG 容量超过 9.1 MW 时， k_4 检测的短路电流超过其电流速断保护整定值，说明此时 k_4 的电流速断保护保护范围已延伸到线路 EF 段，当 EF 段某处发生短路故障时， k_4 和 k_5 的电流速断保护可能同时动作，使保护失去选择性。

4.2. 降低保护灵敏度

如图 5 所示，此时，假设 DE 末端 d_1 发生两相短路故障，则 k_4 检测的短路电流为：

$$I''_{k_4} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{1}{\frac{(z_s + 0.8z_{AD}) \times z_{DG}}{z_s + 0.8z_{AD} + z_{DG}} + 0.2z_{AD} + z_{DE}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{0.9 + z_{DG}}{1.08 + 2.1z_{DG}} \quad (12)$$

则有 k_3 检测的电流为：

$$I'_{k_3} = \frac{z_{DG}}{z_s + z_{DG} + 0.8z_{AD}} \times I''_{k_4} = \frac{\sqrt{3}z_{DG}}{2.16 + 4.2z_{DG}} \quad (13)$$

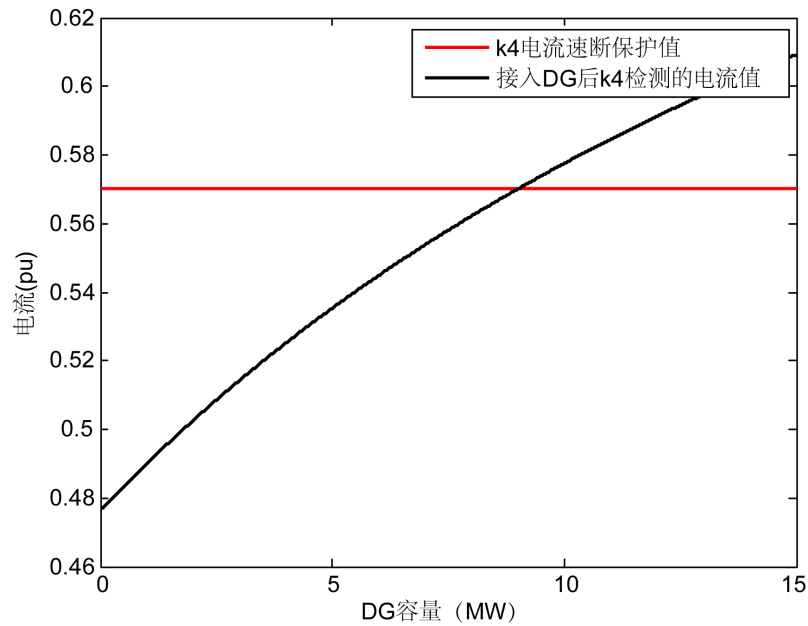


Figure 4. The short circuit current detected by the protective device k_4 varies with the DG capacity variation curve

图 4. 保护装置 k_4 检测的短路电流随 DG 容量变化曲线

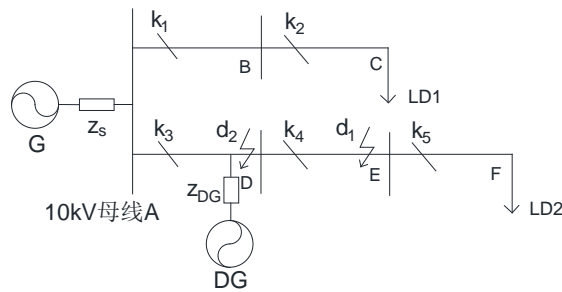


Figure 5. Two-phase short circuit happen in d_1 of the end of line DE

图 5. DE 末端某处 d_1 发生两相短路

将(10)代入(13)得:

$$I'_{k_3} = \frac{13\sqrt{3}}{54.6 + 2.16S_{DG}} \quad (14)$$

将(14)中 I'_{k_3} 随 S_{DG} 变化而变化的情况作图, 如图 6 所示。

从图 6 可以看出, DG 的接入有分流的作用, 将使 k_3 检测的短路电流减小, 且 DG 接入容量越大, 检测的短路电流越小, 这就使得 k_3 的保护灵敏度降低; 同理, 当图中 AD 后 20% 线路某处 d_2 发生短路故障时, 由于分流作用, k_3 可能拒动。

4.3. 引起保护误动作

此时, 假设相邻线路 AB 末端某处 d_3 发生三相短路故障, 如图 7 所示。

此时, 由于 DG 的存在, 将使得保护装置 k_3 流过反向的短路电流, 且随着 DG 接入容量的增大, 此反向短路电流也将越大, 可能引起 k_3 不分误动作。

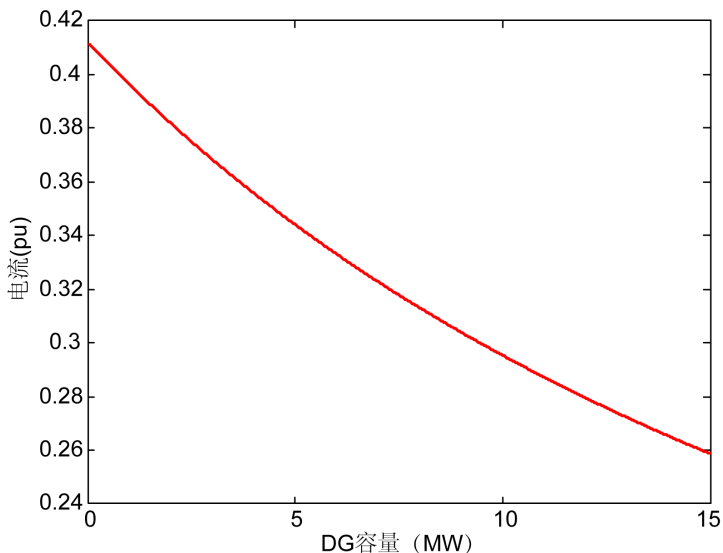


Figure 6. The short circuit current detected by the protective device k_3 varies with the DG capacity variation curve

图 6. 保护装置 k_3 检测的短路电流随 DG 容量变化曲线

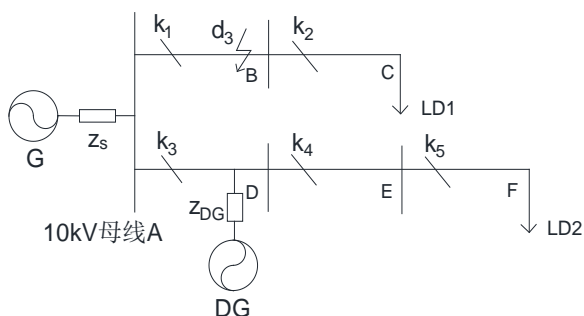


Figure 7. Three-phase short circuit happen in d_3 of the end of line AB

图 7. AB 末端某处 d_3 发生三相短路

取 $z_{AB} = 1$ ，则可知 k_1 检测的短路电流为：

$$I'_{k_1} = \frac{1}{\frac{(0.8z_{AD} + z_{DG}) \times z_s}{0.8z_{AD} + z_{DG} + z_s} + z_{AB}} = \frac{0.9 + z_{DG}}{0.98 + 1.1z_{DG}} \quad (15)$$

则有 k_3 检测的反向短路电流为：

$$I''_{k_3} = \frac{z_s}{z_s + 0.8z_{AD} + z_{DG}} \times I'_{k_1} = \frac{0.1}{0.98 + 1.1z_{DG}} \quad (16)$$

将(10)代入(16)得：

$$I''_{k_3} = \frac{0.1S_{DG}}{14.3 + 0.98S_{DG}} \quad (17)$$

将(17)中 I''_{k_3} 随 S_{DG} 变化而变化的情况作图，如下图 8 所示：

从图 8 可以看出， k_3 检测的反向短路电流随 DG 接入容量的增大而增大， k_3 可能发生误动作。同 3.1

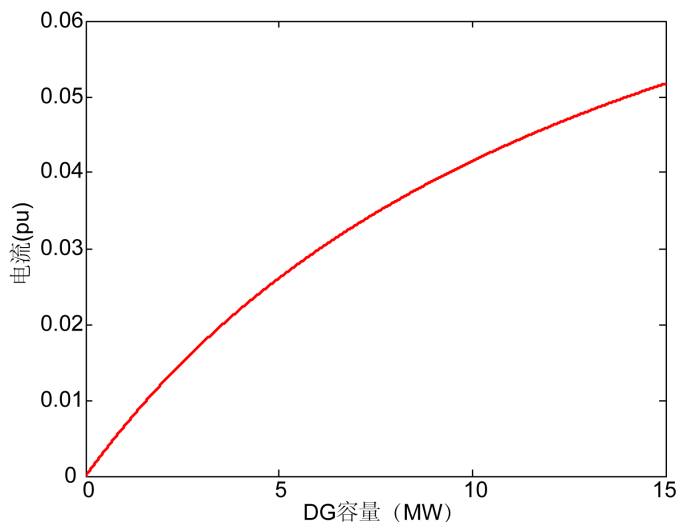


Figure 8. The protection device k_3 detects the reverse short-circuit current with the DG capacity change curve

图 8. 保护装置 k_3 检测的反向短路电流随 DG 容量变化曲线

中所分析，由于 DG 的助流作用，也可能使得 k_1 的保护灵敏度增大，使其保护范围延伸到线路 BC 段，使保护失去选择性。

4.4. 小结

通过以上验证分析，可知 DG 接入配电网，可能使得电流保护灵敏度降低或增加、保护装置发生误动或拒动等。同时可知，必须对 DG 的接入容量加以控制，不能过大，否则可能影响保护系统动作的选择性等；若接入的 DG 容量较大，应提前校验各类极端情况下 $k_1 \sim k_5$ 的保护定值及灵敏度，必要时可适当调整其保护定值，同时可考虑在 k_3 加入方向性保护元件以防止 k_3 不分方向误动作。

5. 分布式电源接入对自动重合闸的影响

自动重合闸的应用，可以极大提高电力系统供电可靠性，减少线路由于瞬时故障而断电的次数。未接入分布式电源之前，自动重合闸装置将在故障消失后重合发生瞬时故障线路的断路器，恢复正常供电，可以保证系统可靠运行。接入分布式电源之后，将可能给自动重合闸带来故障点持续电弧和非同期合闸等问题。线路发生瞬时故障时，分布式电源若没有及时从线路切除，可能会持续给故障点提供短路电流，从而使得故障点电弧无法熄灭而导致重合闸失败[11]。同时，线路发生瞬时故障而分布式电源没有及时切除，系统将进入孤岛运行模式，此时孤岛系统可能与电网不能保持同步，若继续进行非同期重合闸，可能导致合闸过程中产生较大的冲击电流或冲击电压，从而产生电压降较大等问题，将影响配电网供电的电能质量。

鉴于分布式电源接入可能对自动重合闸产生的故障点持续电弧和非同期合闸等问题，建议在分布式电源侧加入“防孤岛”装置，在重合闸进行之前，使得分布式电源退出运行，防止非同期合闸和故障点持续电弧等问题，此时，重合闸的动作时限也需要延长以满足要求[4]。目前，分布式电源接入对自动重合闸的影响研究正在进行，比如文献[12]研究得出，分布式电源接入对就地控制方式馈线自动化中重合闸的影响主要包括：原有重合器与熔断器之间的配合范围可能不再适用，熔断器可能在重合器动作之前已经熔断；重合器与分段器计数不正确；重合器误动作等。同时，分布式电源接入对远程遥控控制方式馈线自动化重合闸的影响主要是可能带来基于 FTU 远程遥控控制方式馈线自动化不能有效的快速进行故障

判断与隔离。

6. 结论

本文通过分析,理清了分布式电源接入对配电网电流保护的影响,针对分布式电源接入带来的电流保护灵敏度降低、保护装置发生误动或拒动等问题,提出了电流保护配置和参数整定改进方案:须对分布式电源的接入容量加以控制并提前校验电流保护定值及灵敏度,必要时可考虑在系统中加入方向性保护元件以确保保护的准确动作。对分布式发电的进一步推广和应用具有一定的指导意义。

参考文献 (References)

- [1] 王敏,丁明. 含分布式电源的配电系统规划[J]. 电力系统及其自动化学报, 2004, 16(6): 5-8.
- [2] 陈玉伟,谢荣,于泳. 分布式电源接入配电网容量及保护研究[J]. 电工电气, 2014(1): 20-23.
- [3] 夏熠. 分布式电源接入对配电网的影响及保护方法探究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2015.
- [4] 周卫,张尧,夏成军,等. 分布式发电对配电网继电保护的影响[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(3): 1-5.
- [5] 卫波. 分布式电源接入对配电网继电保护的影响及对策的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2013.
- [6] 洪虹,杨升峰,朱宁辉. 分布式电源接入对配电网继电保护的影响[J]. 电气时代, 2013(11): 70-71.
- [7] 马超. 分布式电源接入对配电网继电保护的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 新疆: 新疆农业大学, 2015.
- [8] 温阳东,王欣. 分布式发电对配电网继电保护的影响[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(1): 12-14.
- [9] 尹项根,张哲,肖繁,等. 分布式电源短路计算模型及电网故障计算方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 1-9.
- [10] 王希舟,陈鑫,罗龙,等. 分布式发电与配电网保护协调性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2006, 34(3): 15-19.
- [11] Kumpulainen, L.K. and Kauhaniemi, K.T. (2004) Analysis of the Impact of Distributed Generation on Automatic Reclosing. *Power Systems Conference & Exposition*, 603-608. <https://doi.org/10.1109/PSCE.2004.1397623>
- [12] 刘魁元. 分布式电源对配电网自动重合闸的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2012.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8763, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: sg@hanspub.org