

分布式发电对配电网继电保护的影响

周卫, 张尧, 夏成军, 王强

(华南理工大学, 广东 广州 510640)

摘要: 在介绍分布式电源概念及传统配电网结构和继电保护配置的基础上, 以包含分布式电源(DG)的配电系统为模型, 详细讨论了DG并入配电网不同馈线不同区段时, 对原有配电网继电保护及安全自动装置的影响, 重点分析DG上下游及相邻馈线不同地点发生短路故障, 短路电流的大小和分布对三段式过流保护和反时限过电流保护配合特性及动作行为的影响, 并论述了DG对自动重合闸的影响, 为并入DG后的配电网继电保护算法研究提供了一定的理论依据。

关键词: 分布式电源; 并网运行; 配电网; 继电保护; 自动重合闸

Effect of distributed generation on relay protection of distributed system

ZHOU Wei, ZHANG Yao, XIA Cheng-jun, WANG Qiang
(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: On the basis of introducing the concept of distributed generation(DG) and the structure and protection configuration of traditional distribution system, this paper discusses detailedly the effects of DG on relay protection and automatic devices when DG is connected to different positions by using a distribution system containing DG as a model. It emphasizes the cooperation and operation behavior of three-sect current protection and inverse over-current protection when short fault occurs at different positions of various feeders, and also discusses effects of DG on automatic reclosing, which provides some theoretical basis for relay protection algorithm research of distribution system.

Key words: DG; parallel operation; distribution system; relay protection; automatic reclosing

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)03-0001-05

0 引言

目前我国的供电系统都是以大机组、大电网、高电压为主要特征的集中式单一供电系统, 大电网中任何一点故障所产生的扰动都会对整个电网造成较大影响, 局部事故极易扩大为大面积电网事故, 严重时可能引起大面积停电甚至是全网崩溃, 造成灾难性后果。此外, 集中式大电网不能跟踪电力负荷的变化, 而为了短暂的峰荷建造发电厂其花费是巨大的, 经济效益也非常低^[1]。因此国内外专家学者提出了分布式发电(Distributed Generation, DG)的概念。

DG是相对于传统的集中式供电方式而言的, 是指将发电系统以小规模(数千瓦至50 MW的小型模块式)、分散式的方式布置在用户附近, 既可独立于公共电网直接为少量用户提供电能, 也可将其接入配电网, 与公共电网一起共同为用户提供电能^[2]。DG主要用以提高供电可靠性, 可在电网崩溃和意外灾害情况下维持重要用户的可靠供电。此外, DG还具有调峰、再生能源利用、节省输变电投资、降低网损等

效益^[3]。

传统的配电网一般都是单一电源的辐射型网络, 继电保护也是按照辐射型网络进行设计和整定的; DG接入后, 单辐射网络变成双端或多端网络, 配电网中的潮流分布及故障时短路电流的大小和流向会发生根本性变化^[4], 从而给继电保护的设置和动作值的整定增加一定的难度。

1 配电网结构及保护的配置

由于传统的配电网大都是单电源辐射状结构, 因此其保护的配置相对较为简单。目前国内配电网继电保护主要有以下两种配置方案:

(1) 采用传统三段式电流保护方案。即: 瞬时光电流速断保护、定时限电流速断保护和过电流保护。其中, 电流速断保护按照躲过本线路末端短路时流过保护的最大短路电流整定, 瞬时动作切除故障, 但不能保护线路全长; 定时限电流速断保护按照本线路末端故障时有足够灵敏度并与相邻线路的瞬时光电流保护配合的原则整定, 能保护本线路全长; 过

电流保护按照躲过本线路最大负荷电流并与相邻线路过电流保护配合的原则整定，能保护本线路及相邻线路的全长。此外，对于不需要与相邻线路配合的终端线路，电流速断保护按照本线路末端短路有足够灵敏度的原则整定，能保护线路全长。

(2) 采用反时限的过电流保护方案。反时限过电流保护是保护动作时限与被保护线路中短路电流大小相关的一种保护，短路电流越大，保护的動作时限越短，即近处故障时保护动作时限短，稍远处故障时保护动作时限较短，而远处故障时动作时限较长，该保护可以同时满足速动性和选择性的要求，在配电网继电保护中应用较广泛。

需要注意的是，由于配电网故障中绝大多数为瞬时性故障，因此对非全电缆线路，无论采用以上何种保护方案，都应配置三相一次自动重合闸装置，以保证线路在发生瞬时性故障后能快速恢复供电。

2 DG 对三段式电流保护的影响

由瞬态电流速断保护、定时限电流速断保护和过电流保护组成的三段式电流保护具有保护原理简单、可靠性高的优点，并且在一般情况下也能够满足快速可靠切除故障的要求，因而在配电网保护中应用较广，但它受电网的接线方式及系统运行方式影响较大^[5]。配电网中并入 DG 后，系统的潮流将重新分布，发生短路故障时，故障电流的大小和流向也会发生很大变化。显然，DG 的接入位置不同，故障电流的大小和流向也会有所不同，从而对保护动作行为的影响也就不同，以下按 DG 接入系统位置的不同，分两种情况进行讨论分析。

2.1 在线路末端并入 DG

如图 1 所示，在线路的末端并入 DG。

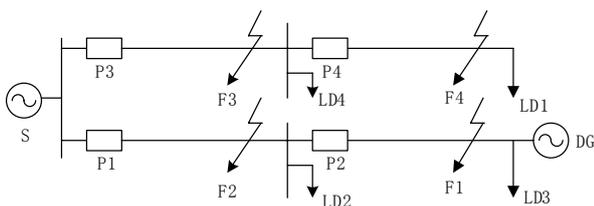


图 1 线路末端并入 DG

Fig.1 DG is connected to the end of line

此时系统 S 和 DG 之间的区段由原来的单电源辐射供电变成双电源供电，其他区段仍为单电源供电。系统短路点位置不同，DG 的并入对各保护动作行为的影响也不同，具体分析如下：

(1) DG 下游 F1 点发生短路故障

当 DG 上游 F1 点发生短路故障时，由于保护 P3、P4 感受不到故障电流，因而其动作行为不受 DG 并入的影响。流过故障点的短路电流由系统 S 和 DG 两者共同提供，但流过保护 P1、P2 的短路电流仅由系统 S 提供，P1、P2 感受到的短路电流的大小和方向均与并入 DG 前相同，故保护的動作行为不受 DG 并入的影响，P2 能可靠动作并切除故障线路。

(2) DG 上游 F2 点发生短路故障

当 DG 上游 F2 点发生短路故障时，保护 P3、P4 同样感受不到故障电流，因而其动作行为也不受 DG 并入的影响。流过故障点的短路电流由系统 S 和 DG 两者共同提供，但流过保护 P1 的故障电流仅由系统 S 提供，保护动作行为不受并入 DG 的影响，P1 能可靠动作并切除故障线路。F2 点故障时，P2 能感受到 DG 提供的短路电流，此时有两种可能：一是 DG 提供的短路电流足够大，P2 能可靠动作并切除本线路，然后由 DG 独立地向 LD3 供电，形成所谓的电力孤岛，但无意中形成的孤岛可能会对系统、用户设备等造成危害，而且低劣的电能质量会损害孤岛中的负荷，因此一般不允许孤岛运行^[6]；二是采取“反孤岛 (anti-islanding)”策略，使并入配电网的 DG 瞬时感应电压骤降或主网服务的中断而与系统自动解列。

(3) 同一母线的其他馈线 F3 点发生短路故障

当与并入 DG 的线路共母线的其他馈线在 F3 发生短路故障时，短路电流由系统 S 和 DG 共同提供，P3 能可靠动作并切除故障线路；但当 F3 点故障时，保护 P1、P2 均能感受到由 DG 提供的短路电流，由于 P2 原有整定的动作值和动作延时都比 P1 小，若 DG 容量过大，则 P2 会误动并切除本线路，此时为避免电力孤岛，DG 应与系统自动解列。

(4) 同一母线的其他馈线 F4 点发生短路故障

当 F4 点发生短路故障时，分析同 (3)，最理想的情况是仅由 P4 动作并切除故障线路，但也存在另外两个问题，即：1. DG 容量过大，使 P2 误动并切除本线路，此时 DG 应与系统自动解列；2. DG 提供的短路电流不足以使 P2 动作，但此时由于 P3 感受到的短路电流由系统 S 和 DG 共同提供，流过 P3 的短路电流增大，将可能导致其瞬时速断保护躲不开 F4 点发生故障时的短路电流而误动，将本线路切除，从而使保护失去选择性。因此，在这种情况下必须限制 DG 的容量以保证保护的选择性^[7]。

2.2 在线路中间位置并入 DG

如图 2 所示，在其中一条馈线的中间位置并入 DG。

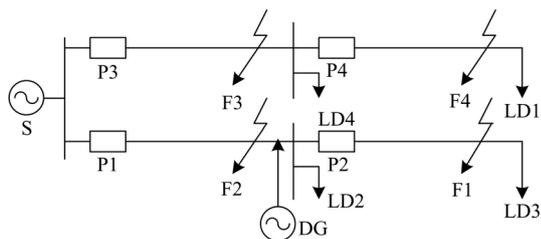


图2 线路中间位置并入 DG

Fig.2 DG is connected to the middle of line

此时系统与 DG 之间的区段为双电源供电, 其他区域仍为单电源供电。系统短路点位置不同, DG 的并入对各保护的影响也不同, 具体分析如下:

(1) DG 下游 F1 点发生短路故障

当 DG 下游 F1 点发生短路故障时, P3、P4 感受不到故障电流, 因而保护动作行为不会受到 DG 并入的影响。流过 P2 的故障电流将由系统 S 和 DG 共同提供, 保护能可靠动作并切除故障线路。值得注意的是, 此时流过保护 P1 的故障电流虽也仅由系统 S 提供, 但此故障电流比并入 DG 前 F1 发生短路时流过 P1 的故障电流要小^[8] (且并入的 DG 容量越大, F1 发生短路时 P1 感受到的故障电流越小), 因而 P1 的灵敏度将有所降低。

(2) DG 上游 F2 点发生短路故障

当 DG 上游 F2 点发生短路故障时, 保护 P3、P4 感受不到故障电流, 其动作行为不会受到 DG 并入的影响。同 (1) 中情况一样, 流过保护 P1 的故障电流虽只由系统 S 提供, 但该故障电流比并入 DG 前要小, 从而使得 P1 的灵敏度降低, 严重时 P1 甚至会拒动。可见, 必要时应限制并入系统的 DG 容量。

(3) 同一母线的其他馈线 F3 点发生短路故障

当 F3 点发生短路故障时, P2 感受不到故障电流, 其保护动作行为不会收到影响。流过 P3 的故障电流由系统 S 和 DG 共同提供, 保护能可靠动作并切除故障线路。但当 F3 点发生故障时, 保护 P1 能感受到 DG 提供的短路电流, 若 DG 容量过大, 则 P1 会误动并切除本线路, 此时 DG 应与系统自动解列。

(4) 同一母线的其他馈线 F4 点发生短路故障

当 F4 点发生短路故障时, P2 感受不到故障电流, 其保护动作行为不会受到影响。P4 感受到的故障电流由系统 S 和 DG 共同提供, 保护能可靠动作并切除故障线路。但当 F4 点发生故障时, 保护 P1 能感受到 DG 提供的短路电流, 若 DG 容量过大, 则 P1 会误动并切除本线路, 此时 DG 应与系统自动解列。流过保护 P3 的故障电流由系统 S 和 DG 共同提供,

流过 P3 的故障电流增大, 可能会导致其瞬时速断保护躲不开 F4 点发生故障时的短路电流而误动, 将本线路切除, 从而使保护失去选择性。

2.3 小结

通过以上分析, 配电系统中并入 DG 对三段式电流保护的影响主要表现为:

(1) 导致非故障线路保护误动, 从而使保护失去选择性, 扩大事故影响范围;

(2) 导致本线路保护灵敏度降低, 严重时保护拒动。

同时也可以看出, DG 对三段式过流保护的影响与 DG 的容量大小及接入配电系统的位置有关, 并入系统的 DG 容量不宜过大, 在 DG 容量一定的情况下, 并入线路末端时对保护的影响较小, 在 DG 容量较大时, 可以事先校验各极端情况下的电流保护定值及灵敏度, 必要时还可以考虑为电流保护加设方向元件。

3 DG 对反时限过电流保护的影响

反时限过电流保护是动作时限与被保护线路中故障电流大小有关的一种保护, 与三段式电流保护相比, 它只用一个继电器即可实现, 且当系统发生短路故障时, 实际切除各点故障的时间均较短, 因而也常用于配电系统线路的保护^[5]。显然, DG 接入点的位置不同对反时限过流保护的影响也不同, 以下将结合示意图分两种情况具体讨论分析。

3.1 在线路末端并入 DG

如图 3 所示, 在线路末端并入 DG。

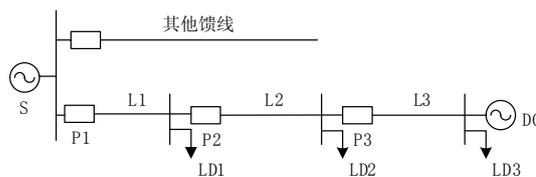


图3 线路末端并入 DG

Fig.3 DG is connected to the end of line

此时原来的单电源辐射型网络将变为双电源网络。显然, 系统短路点位置不同, DG 的并入对各保护的影响也不同, 现具体分析如下:

(1) 当 L1 区段发生短路故障时, 流过 P1 的故障电流仅有系统 S 提供, 保护性能不受 DG 并入的影响, 能可靠切除故障线路; P2、P3 均能感受到 DG 提供的故障电流, 但能否动作取决于 DG 容量的大小, 但一般来说, 为避免电力孤岛, 无论 P2、P3 动作与否, DG 都应系统与系统自动解列。

(2) 当 L2 区段发生短路故障时, 流过 P1、P2 的故障电流由系统 S 提供, 保护动作行为不受 DG 并入的影响, P2 能可靠动作并切除故障线路; DG 应与系统自动解列以避免形成孤岛。

(3) L3 区段发生短路故障时, 流过 P1、P2、P3 的故障电流均由系统 S 提供, 保护动作行为不受 DG 并入的影响, P3 能可靠动作并切除故障线路。

3.2 在线路中间位置并入 DG

1) 在如图 4 所示的位置 (L2 末端) 并入 DG。

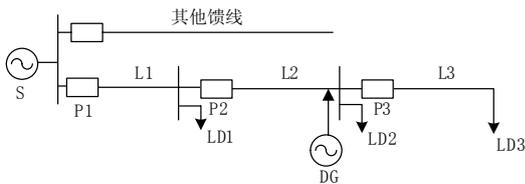


图 4 线路中间位置 (L2 末端) 并入 DG

Fig.4 DG is connected to the middle of line(end of L2)

当系统短路点不同时, DG 对各保护的影响分析如下:

(1) 当 L1 区段发生短路故障时, 流过保护 P1 的故障电流仅由系统 S 提供, 但该故障电流比并入 DG 前的故障电流小^[8], P1 的灵敏度会有所降低, 一般来说, 由于反时限过流保护的裕度较大, 而并入配电网的 DG 容量往往较小, 因而 P1 一般不会拒动, 但故障电流的减小会增大反时限过流保护的動作延时, 不利于故障的快速切除^[9]; 保护 P2 感受到的故障电流由 DG 提供, 为避免形成电力孤岛, 不管 P2 动作与否, DG 都应与系统自动解列。

(2) 当 L2 区段发生短路故障时, 保护 P3 没有感受到故障电流, 流过 P1、P2 的故障电流仅由系统 S 提供, 该故障电流虽比并入 DG 前小, 但反时限过流保护的動作行为受 DG 并入的影响并不大, 一般来说 P2 都能可靠动作并切除故障线路, 只是保护的動作延时会稍长。

(3) 当 L3 区段发生短路故障时, 保护 P3 感受到的故障电流由系统 S 和 DG 共同提供, 流过 P3 的故障电流增大, P3 能可靠动作并切除故障线路; DG 在感受到电压骤降后应自动解列。

2) 在如图 5 所示的位置 (L1 末端) 并入 DG。

当系统短路点不同时, DG 对各保护的影响分析如下:

(1) 当 L1 区段发生短路故障时, P1 感受到的故障电流仅由系统 S 提供, 如前所述, P1 灵敏度虽会稍微降低, 但保护动作行为受 DG 并入的影响不会太明显, 经稍长的延时后, P1 能可靠动作并切除故

障线路; L1 区段发生故障时, DG 应能瞬时感应电压骤降并自动解列。

(2) 当 L2 区段发生短路故障时, 流过 P1 的故障电流仅由系统 S 提供, 保护动作行为基本不受 DG 并入的影响; 保护 P2 感受到的故障电流由系统 S 和 DG 共同提供, 流过 P2 的故障电流增大, P2 能可靠动作并切除故障线路。

(3) L3 区段发生短路故障时, 流过 P1 的故障电流仅由系统 S 提供, 保护动作行为一般不会受到 DG 并入的影响; P2、P3 感受到的故障电流由系统 S 和 DG 共同提供, 流过 P2、P3 的故障电流增大, 因保护 P2 的整定值较 P3 大, 而动作时限较 P3 小, 所以 P3 能否先于 P2 动作取决于并入 DG 容量的大小, 当 DG 容量过大时, P2 可能会先于 P3 动作, 从而使保护失去选择性。

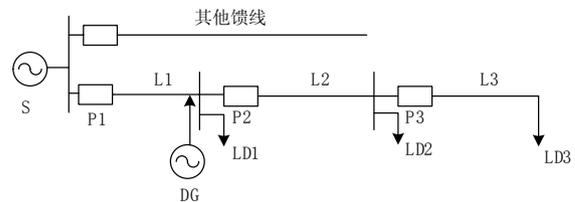


图 5 线路中间位置 (L1 末端) 并入 DG

Fig.5 DG is connected to the middle of line(end of L1)

3.3 小结

通过以上分析, 配电系统中并入 DG 对反时限过流保护的影响主要有以下两点:

- (1) 增大保护动作时限, 不利于故障的快速切除;
- (2) 导致非故障线路保护误动, 从而使保护失去选择性, 扩大事故影响范围。

同时也可以看出, DG 对反时限过流保护的影响与 DG 的容量大小及接入配电系统的位置有关, 并入系统的 DG 容量不宜过大, 在 DG 容量一定的情况下, 并入线路末端时对保护动作行为的影响相对较小, 在 DG 容量较大时, 可以事先校验各极端情况下的保护定值及灵敏度, 必要时还可以考虑为保护加设方向元件。

4 DG 对自动重合闸的影响

经验表明, 配电网故障中, 瞬时性故障所占的比例高达 80% 以上, 自动重合闸 (简称 AR) 的应用能大大提高系统供电可靠性、减少线路停电次数, 特别是对单侧电源供电的单回线路效果尤为显著, 因而 AR 在配电网中获得了广泛应用^[10]。

在并入 DG 前, 自动重合闸在重合发生瞬时性故障线路的断路器时, 不会对系统造成太大的冲击,

故障线路一般能恢复正常供电,可以很好地保证电网的可靠性。但当配电网中并入 DG 后,线路发生瞬时性故障时, DG 很有可能在故障后并没有脱离线路,而是继续向故障点输送电流,这样就会导致故障点持续电弧,最终导致自动重合闸失败^[11]。此外,在故障发生后,电力孤岛与电网往往不能保持同步,在这种情况下非同期重合闸会引起很大的冲击电流或电压,这在现代电力系统中是不允许发生的。

因 DG 的并入会对自动重合闸造成故障点持续电弧及非同期合闸等隐患,所以应在 DG 侧装设低周、低压自动解列装置,重合闸动作前,将 DG 从故障线路中切除,同时为避免故障点持续电弧的影响,重合闸的动作时限应适当延长^[12]。

5 结论

分布式发电(DG)是电力系统发展的一个主要方向,然而大量分布式发电的并网运行,将深刻影响配电网结构以及配电网中短路电流的大小和流向,给配电网的继电保护带来诸多不利影响。本文详细分析了 DG 并入配电网不同位置时对三段式过流保护及反时限过流保护动作行为的影响,并简单论述了 DG 对自动重合闸的影响,为针对分布式发电配电网继电保护的算法研究提供了一定的理论依据。目前国内外专家学者针对这一问题已开展了相关研究工作,如:文献[10]提出利用串联电抗器限制短路电流,消除分布式电源与保护的协调性问题,确保自动重合闸的正确动作;文献[13]根据广域保护的概念提出了分布式发电条件下的新型电流保护方案,该方案利用电流综合幅值比较将故障范围缩小到一个较小区域,然后利用该区域电流间相位关系定位故障线路,工程上较易实现,因而具有很好的实用价值。

参考文献

- [1] 梁有伟,胡志坚,陈允平. 分布式发电及其在电力系统中的应用研究综述[J]. 电网技术, 2003, 27 (12): 71-76.
LIANG You-wei, HU Zhi-jian, CHEN Yun-ping. A Survey of Distributed Generation and Its Application in Power System[J]. Power System Technology, 2003, 27 (12): 71-76.
- [2] 王成山,李鹏. 分布式发电系统仿真理论与方法[J]. 电力科学与技术学报, 2008, 23 (1): 8-12.
WANG Cheng-shan, LI Peng. Theory and Methodology of Power System Simulation Including Distributed Generation Units [J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2008, 23 (1): 8-12.
- [3] 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.
WANG Min, DING Ming. Distribution Network Planning Including Distributed Generation[J]. Proceedings of the CSU-EPSSA, 2004, 16 (6): 5-8.
- [4] Girgis A, Brahma S. Effect of Distributed Generation on Protective Device Coordination in Distribution System[A]. in: Proceedings of 2001 IEEE PES Summer Meeting[C]. 2001.
- [5] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理(增订版)[M]. 北京:中国电力出版社, 2004.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Theory of Power System Relay Protection, Revised Edition[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.
- [6] 丁明,王敏. 分布式发电技术[J]. 电力自动化设备, 2004, 24 (7): 31-36.
DING Ming, WANG Min. Distributed Generation Technology[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24 (7): 31-36.
- [7] 张超,计建仁,夏翔. 分布式发电对配电网馈线保护的影响[J].继电器, 2006, 34(13): 9-12.
ZHANG Chao, JI Jian-ren, XIA Xiang. Effect of Distributed Generation on the Feeder Protection in Distribution Network[J]. Relay, 2006, 34(13): 9-12.
- [8] Girgis A, Brahma S. Effect of Distributed Generation on Protective Device Coordination in Distribution System[A]. in: Proceedings of 2001 IEEE PES Summer Meeting[C]. 2001.
- [9] 肖静,汤建红,李慧颖,等. 浅谈分布式发电技术及其对配系统继电保护的影响[J]. 山东电力技术, 2007(1): 19-25.
XIAO Jing, TANG Jian-hong, LI Hui-ying, et al. The Discussion on Distributed Generation Technology and Influences on Relay Protection System in Power Distribution Network[J]. Shandong Electric Power, 2007(1): 19-25.
- [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]. 继电器, 2006, 34 (3): 15-19.
WANG Xi-zhou, CHEN Xin, LUO Long, et al. Research on the Coordination of Distributed Generation and Distribution System Protection[J]. Relay, 2006, 34 (3): 15-19.
- [11] 温阳东,王欣. 分布式发电对配电网继电保护的影响[J]. 继电器, 2008, 24 (7): 12-14.
WEN Yang-dong, WANG Xin. Effect of Distributed Generation on Protection in Distribution System[J]. Relay, 2008, 24 (7): 12-14.
- [12] 庞建业,夏晓宾,房牧. 分布式发电对配电网继电保护的影响[J]. 继电器, 2007, 35 (11): 5-8.
PANG Jian-ye, XIA Xiao-bin, FANG Mu. Impact of Distributed Generation to Protection of Distribution System[J]. Relay, 2007, 35(11): 5-8.

(下转第 10 页 continued on page 10)

- 适应性问题[J]. 电力自动化设备, 2005, 25 (3): 1-5.
WANG Ming-jun. Hidden Failure, Vulnerability and Adaptability of Relaying Automations in Large Interconnected Power Systems[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25 (3): 1-5.
- [4] 孙可, 韩祯祥, 曹一家. 复杂电网连锁故障模型评述[J]. 电网技术, 2005, 29 (13): 1-9.
SUN Ke, HAN Zhen-xiang, CAO Yi-jia. Review on Models of Cascading Failure in Complex Power Grid[J]. Power System Technology, 2005, 29 (13): 1-9.
- [5] 罗士萍. 微机保护实现原理及装置[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [6] 丁书文. 电力系统微型自动装置[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [7] 孟昭勇, 梁军. 故障录波数据远传及综合数据处理系统的研究[J]. 电力系统自动化, 1997, 21 (8): 72-75.
- [8] 沈晓凡, 舒治淮, 吕鹏飞, 等. 2006 年国家电网公司继电保护装置运行情况[J]. 电网技术, 2008, 32 (3): 18-21.
SHEN Xiao-fan, SHU Zhi-huai, Lü Peng-fei, et al. Operation Situation of Protective Relays of State Grid Corporation of China in 2006[J]. Power System Technology, 2008, 32 (3): 18-21.
- [9] 宋晓娜, 毕天姝, 吴京涛, 等. 基于 WAMS 的电网扰动识别方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(5): 24-28.
SONG Xiao-na, BI Tian-shu, WU Jing-tao, et al. Study on WAMS Based Power System Disturbance Identifying Method[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (5): 24-28.
- [10] 汪源生. 基于 Web 的继电保护信息管理系统的开发和应用[J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (5): 64-66.
WANG Yuan-sheng. Web-based Management Information System of Relay Protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (5): 64-66.
- [11] 罗毅, 涂光瑜. 变电站信息数字化综合传输方案[J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (8): 42-44.
LUO Yi, TU Guang-yu. Digitized Comprehensive Transmission Plan of Substation Information[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (8): 42-44.
- [12] JD McDonald. Substation Automation. IED Integration and Availability of Information[J]. IEEE Power and Energy Magazine, 2003, 1 (2): 22-31.
- [13] 李映川, 王晓茹. 基于 IEC 61850 的变电站智能电子设备的实现技术[J]. 电力系统通信, 2005, 26(9): 54-56.
LI Ying-chuan, WANG Xiao-ru. Preliminary Technology Analysis on Implementing IEDs in Substation Based on IEC61850[J]. Telecommunications for Electric Power Systems, 2005, 26(9): 54-56.

收稿日期: 2009-03-05; 修回日期: 2009-04-17

作者简介:

孙鑫 (1980-), 男, 硕士研究生, 从事电力系统继电保护研究; E-mail:syncsun@126.com

熊小伏 (1962-), 男, 教授, 长期从事电力系统保护与电网安全监控的科研、教学及新技术产业化工作;

杨洋 (1981-), 女, 硕士研究生, 从事电力系统规划与可靠性研究。

(上接第 5 页 continued from page 5)

- [13] 林霞, 陆于平, 王联合. 分布式发电条件下的新型电流保护方案[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(20): 51-56.
LIN Xia, LU Yu-ping, WANG Lian-he. New Current Protection Scheme Considering Distributed Generation Impact[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32 (20): 51-56.

收稿日期: 2009-02-25

作者简介:

周卫 (1984-), 男, 硕士, 主要研究方向为电力系统稳定分析与控制; E-mail: lanyinglantian@163.com

张尧 (1948-), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事电力系统运行分析与控制、电压稳定性等方面的教学与科研工作;

夏成军 (1974-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为电力系统稳定分析与控制、HVDC 及 FACTS。