

配电网自动化条件下基于负荷的故障诊断处理效率评价

配电网自动化是一种可以切实提高故障处理效率的技术,是实现线路故障诊断的重要技术之一。这种技术对电网硬件建设和调度水平都提出了新的要求,提出了一种配电网自动化故障诊断处理效率评价方式,通过对故障损失电量和恢复电量的比例进行数值计算,最终得到一个数值,以此来评判故障诊断处理效率。并且,还浅析了电网配电自动化改造中,影响故障诊断处理效率的因素。

濮 岚/1.扬州供电公司



濮 岚/工程师

关键词/Keywords

配电网自动化·
故障诊断·
效率·
评价·
影响因子·

随着配电网公用线路用户种类的增多,以及用户对电力的依赖性增强,配电线路故障导致停电时长直接影响到用户的日常生产、工作和生活。而在目前的生产条件下,许多配电线路故障停电由于天气和设备原因不能避免,这就对配电网故障诊断处理效率提出了更高的要求。供电企业为在降低运行成本的同时提高故障诊断处理效率,减少工作人员,而逐步推广建设具有故障诊断功能的配电网自动化系统。在故障诊断处理的实际过程中,系统通常可以采用多种算法^[1],调度人员也可以采取不同的调配方法^[2],运行方式也可以依据不同的配电网结构和配电网自动化设备条件使用不同的故障诊断模式^[5]。如何评价故障诊断处理的实际效率并使之对故障诊断处理进行指导,已经成为供电企业生产中面临的实际问题。

目前,如何评价故障恢复方案文献[1]已经有了一定的研究,其评价方法主要从以下5个方面进行讨论:①负荷恢复量;②馈线负荷容量裕度;③开关操作次数;④馈线负荷转移量;⑤负荷均衡

率。在实际工作中,也常用供电可靠性进行评价^[3]。而在目前的评价体系中尚未考虑用户容量、性质分类和不同时间段内不同用户停电所造成的影响。随着智能电网建设的全面开展和配电网自动化设备的普及,配电网系统已经能够根据数据库中用户容量、性质和分布比较准确并且快速地估算负荷分布。这使得在配电网故障诊断处理时,计及用户容量、性质以及停电影响变为可能。

因此,本文提出了一种基于负荷的配电网自动化故障诊断处理效率评价方法,以此来进一步评价在故障诊断处理中,硬件可靠性、算法优越性、调度合理性和规划科学性。

故障诊断处理效率及其影响因子

1. 故障诊断处理效率评价系数

这里提出一个效率评价系数 η ,以此综合评价不同故障诊断处理方法的效率,并得出量化比较结果,方法的优越性与 η 的数值成正比。

$$\eta = \frac{W_r}{W_l} \times 100\% \quad (1)$$

式中, W_r 为恢复送电量, kW·h; W_l 为故障失电量, kW·h。

$$W_l = \sum_{k=1}^3 \int_{T_0}^{T_r} \xi_k \xi_T(t) w_{lk}(t) dt \quad (2)$$

式中, T_r 为故障隔离后恢复送电时刻, h; T_0 为失电时刻, h; $\xi_T(t)$ 为时段加权系数, $\xi_T \geq 1$, 其大小和用户特点有关,具体数值须经过问卷调查等方式确定^[10]; ξ_k 为 k 类负荷加权系数, $k=1, 2, 3$, 其中

$\xi_1 > \xi_2 > \xi_3$, $\xi_3 = 1$, ξ_k 需要经过问卷调查等方式确定^[10], 并且根据实际时间区间进行计算; $w_{ik}(t)$ 为 k 类负荷电量损失函数。

$$W_r = \sum_{n=1}^N W_{rn} \quad (3)$$

$$W_m = \sum_{k=1}^3 \int_{T_n}^{T_r} \xi_k \xi_T(t) w_{rk}(t) dt \quad (4)$$

式中, W_{rn} 为第 n 处恢复的折算负荷, $n = 0, 1, 2, \dots, N$, N 为故障线路的拉手数目, $n = 0$ 时为故障线路自身送电; T_r 为故障隔离后恢复送电时刻, h ; T_n 为第 n 个联络点处正常送电时刻, h ; $w_{rk}(t)$ 为送电曲线, 为其他线路上实测的负荷曲线与原线路负荷预测的差值。

其中需要说明的是, $\xi_T(t)$ 取决于用户特点, 例如学校和居民用户, 白天用电, 而夜间用电很少, 白天的 $\xi_T(t)$ 值较高, 夜间的 $\xi_T(t)$ 值较低; 而对于部分夜间生产的企业, 白天的 $\xi_T(t)$ 值较低, 夜间的 $\xi_T(t)$ 值较高。由于一类、二类负荷大部分都是多电源用户, 数量少, 通常在估算中可以认为 $w_{13}(t)$ 为负荷预测曲线。但在特殊时期, 例如用户在保电时期, 或双电源用户单电源运行时期等, 一类、二类用户负荷恢复情况将对效率起到影响性作用。

2. 影响因子计算

影响因子用于反馈分析产生该评价系数的主要原因。影响因子的反馈数值只作为同类因子比较的参考, 不作为不同因子之间比较的参考。主要考虑以下3个影响因子。

(1) 算法因子

主要考量算法能否适应现有硬件条件, 以提供尽量准确的故障诊断结果, 计算公式为

$$a_a = \left(1 - \frac{N_a - 1}{N}\right) \left(1 - \frac{t_a}{t_r}\right) \quad (5)$$

式中, a_a 为算法影响因子; N 为配电网自动化设备将线路划分的段数; N_a 为配电网自动化设备将该算法诊断后得出的区域划分的段数; t_r 为从故障发生到负荷恢复所经历的时长; t_a 为从故障发生到确定故障所在最小区域所经历的时长, 最小区域是指配电网自动化设备到配电网自动化设备之间。如

算法错误或算法准确性不足将会导致该算法影响因子的数值。

(2) 人员因子

主要考量人员对故障发生位置、故障原因、影响范围和严重程度等查找判断速度, 以及在发生极端天气, 抢修资源有限的条件下, 抢修资源的分组方案合理性^[2], 计算公式为

$$a_p = 1 - \frac{t_p}{t_r} \quad (6)$$

式中, a_p 为人员影响因子; t_r 为从故障开始到故障隔离后恢复送电的时长, h ; t_p 为从配电网自动化系统故障诊断处理结束到所有用户送电时中所使用的时长, h 。

(3) 硬件因子

主要考量硬件建设水平。目前, 配电网线路上的开关正在逐步从普通开关更换为智能开关, 智能开关的更换顺序影响着配电网从传统模式向智能模式过渡过程中的故障抢修效率, 该因子可以对配电网自动化建设提供一定的参考。同时, 配电网的接线方式也会影响该因子的数值^[4,8], 计算公式为

$$a_e = \frac{W'_r}{W_l} \quad (7)$$

式中, a_e 为硬件影响因子; W_l 为故障失电量, $kW \cdot h$; W'_r 为从配电网自动化系统故障诊断处理结束到抢修人员到达现场时恢复的电量, $kW \cdot h$ 。

故障诊断处理效率的评价步骤

本方案评价过程分为3个阶段: ①采用故障诊断处理效率评价公式计算系数, 对故障诊断处理效率形成综合评价; ②采用影响因子的计算方法, 得到不同算法、人员调度方法以及建设方式安排之间的评价; ③结合综合评价和影响因素对结果进行比较。具体步骤如下:

1) 计算故障诊断处理效率评价系数, 步骤如下: ①统计全部失电区域负荷种类, 估算各类负荷的负荷曲线; ②根据失电线路负荷预测曲线和实际负荷曲线计算失电量; ③根据代供线路负荷预测曲线和实际负荷曲线计算恢复电量; ④计

算故障诊断处理效率评价系数。

2) 计算影响因子, 步骤如下: ①统计失电区域所有智能开关台数(不含变电所开关, 包含边界开关); ②统计故障诊断区域内所有智能开关台数(不含变电所开关, 包含边界开关); ③分别统计, 故障发生时刻, 负荷恢复时刻, 确定故障所在最小区域时刻, 配电网自动化系统故障诊断处理结束时刻, 抢修人员到达现场时刻; ④计算从配电网自动化系统故障诊断处理结束到抢修人员到达现场时恢复的电量; ⑤计算算法因子、人员因子和硬件因子。

3) 评价比较, 步骤如下: ①设计故障恢复的理想情况, 即故障诊断准确, 人员充足, 建设及方式安排合理; ②计算理想故障诊断处理效率及影响因子; ③用实际数据与理想数据进行横向比较, 或者对不同的故障处理方案数值计算进行横向比较, 最终得出具有参考价值的评价数据。

算例

这里以简单的双电源拉手环网供电网络为例。环网电路图如图1所示。系统正常运行时, 线路分段开关 S_3 在分闸位置, 图示所有开关均为配电网自动化开关, 具有遥测、遥信和遥控功能, 除开关 S_3 外均处于正常工况, 即开关 S_3 不可以遥控分合。图中所有一类负荷和二类负荷均为双电源, 即只考虑三类负荷失电。其中L1段线路负荷为0.5 MW, L2段线路负荷为2 MW, L3段线路负荷为0.5 MW。

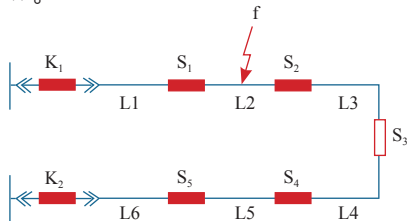


图1 开环运行的环网电路

线路L2上发生线路故障, 电源开关 K_1 开关于5:00点跳闸, 诊断结果为故障在 S_1 和 S_2 开关之间。故障处理过程如表1所示, 故障处理理想过程如表2所示。

本次故障诊断处理效率为18.33%, 理想效率为

21.67%。保守估计, 在理想情况下, 配电网自动化设备正常的情况下能够减少电量损失83.33 kW·h。其中各方面的影响因子如表3所示。从结果中可以看出, 本次故障诊断处理效率没有达到理想状态的主要原因是因为受到硬件因子的影响。

表1 故障处理过程

时刻	开关动作情况
5:00	K_1 分闸(遥控)
5:01	故障诊断
5:03	调度确认故障区域
5:05	S_1 分闸(遥控)
5:10	S_2 分闸(遥控)
5:15	K_1 合闸(遥控)
5:20	S_3 合闸失败(遥控)
5:30	人员到达现场, S_3 合闸
5:45	故障隔离
5:50	S_1 合闸(遥控)

表2 故障处理理想过程

时刻	开关动作情况
5:00	K_1 分闸(遥控)
5:01	故障诊断
5:03	调度确认故障区域
5:05	S_1 分闸(遥控)
5:10	S_2 分闸(遥控)
5:15	K_1 合闸(遥控)
5:20	S_3 合闸(遥控)
5:30	人员到达现场
5:45	故障隔离
5:50	S_1 合闸(遥控)

表3 影响因子

影响因子	数值
算法参考因子	0.02
算法因子	0.02
人员参考因子	0.04
人员因子	0.04
设备参考因子	0.285 7
设备因子	0.261 9

提高故障诊断处理效率的实用性分析

由于故障处理时间是一定的, 那么提高故障诊断处理效率主要是缩短诊断时间, 并提高智能开关的普及率及可靠性。

在现有的硬件条件和人员条件下,影响诊断时间的原因主要有:

- 1) 智能开关建设不完全,不能将诊断范围缩至最小。
- 2) 智能开关自身故障,漏发、误发信号。
- 3) 调度人员经验不足,对开关工况及告警信号不熟练,对诊断结果的理解不完全。

在诊断正确后,开关遥控率即为影响故障诊断处理效率的因素。其中会影响的情况有:

- 1) 开关遥控失灵,前置机死机,二次开关为“就地控制”等原因。
- 2) 负荷分配不合理,大量负荷集中在故障段,故障未隔离前无法送电。

结束语

科学建设规划与提高调度人员素质是目前提高故障诊断处理效率的主要手段,负荷的合理分配、科学规划改造、智能开关自身故障诊断以及诊断系统鲁棒性的提高需要在配电网自动化改造中作进一步探讨。

参考文献

- [1] 臧天磊,钟佳辰,何正友,等.基于启发式规则与熵权理论的配电网故障恢复[J].电网技术,

2012, 36(5): 251-257.

- [2] 卢志刚,王克胜.基于多代理方法的配电网故障应急抢修调度[J].电网技术,2013, 37(1): 137-143.
- [3] 供电系统用户供电可靠性评价规程[S].
- [4] 蔡泽祥,周全.配电网接线方式对供电可靠性影响分析[J].电力系统及其自动化学报,2010, 22(4): 85-88, 106
- [5] 刘健,张小庆,陈星莺,等.集中智能与分布智能协调配合的配电网故障处理模式[J].电网技术,2013, 37(9): 2608-2614
- [6] 李雅洁,宋晓辉,孟晓丽.模式化配电网紧急控制方法[J].电网技术,2013, 37(4): 1134-1139.
- [7] 郭永基.电力系统可靠性分析[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [8] 邵加武,汪齐松.城区配电网网络接线的优化[J].电工技术,2009, (3): 21-22
- [9] 吴琳,周炜,沈兵兵.配电自动化几种不同实现方式的探讨[J].电力信息化,2008, 6(7): 74-77.
- [10] 白剑飞,朱振青,来广志,等.停电损失调查及估算[J].西北电力技术,2002, 6: 20-23.
- [11] 杨丽徙,张奇,张利,等.用户分时段停电损失费用的多源信息融合估算方法[J].中国电力,2011, 44(12): 16-20.

(收稿日期:2014-12-18) EA

(上接第133页)

工作人员将高压验电器绝缘棒拉开,尾端可置地上,再将本试仪金属杆与高压验电器金属杆对接,按下试验按钮K1,投入试验工作。若高压验电器正常,即可发出声光信号;否则,说明该被测高压验电器有故障,不可再用。

经试验证明,按前面频率表所列计算数据和设计电路制作的高压验电器试验仪使用正常,分级明确,互不干扰,使理论与实践达到高度一致,满足设计要求。

结束语

本文从高压验电器工作与触发原理入手,对各个参数进行分析计算,论述和推导了采用频率调整

以替代高压做验电器试验的可行性,从中寻找到了由弱电到强电大跨度试验的理论依据,并实施了10~500 kV高压验电器试验仪的设计。从理论到实践,都具有先进性和完善性。现在,已经生产出了系列产品,投入现场使用,效果良好。

参考文献

- [1] 盛守贫.关于对高压交流验电器检测工作原理的认识[J].华东电力,2007(7): 81-83.
- [2] 王晓敏,刘建新.正弦交流分析[J].电工电子技术,2008(1): 45-59.
- [3] 翟玉文,梁伟.二阶有源滤波[J].电子设计与实践,2005(5): 14-16.

(收稿日期:2015-02-10) EA