

基于改进矩阵算法的配电网 短路故障定位方法

唐 凯

(国网陕西省电力有限公司吴起县供电分公司, 陕西 延安 717600)

摘 要 针对常规的配电网短路故障定位方法易受配电基站误差影响, 导致故障测距误差较高的问题, 本文提出了一种基于改进矩阵算法的配电网短路故障定位方法。该方法以配电网的终端数据源为基础, 先计算了配电网馈线故障负荷, 然后利用改进矩阵算法构建了配电网短路故障定位模型, 最后设计了配电网短路故障定位算法, 从而实现了配电网短路故障定位。实验结果表明, 设计的基于改进矩阵算法的配电网短路故障定位方法的故障测距误差较小, 证明设计的基于改进矩阵算法的配电网短路故障定位方法的定位效果较好, 具有明显优势, 有一定的应用价值, 可提高配电网运行可靠性。

关键词 改进矩阵算法; 配网短路; 故障定位

中图分类号: TM72; TP3

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)10-0022-03

随着经济不断发展和电力系统运营方式的演变, 配电网在规划和运营方面也有着更高的要求, 涉及技术和经济等多个方面。其中, 通过精准定位辐射型配电网的短路故障是提升系统用电质量的重要措施之一, 它能够减少网络损失、增加线路容量, 并提高系统的经济性和安全性^[1-2]。电力系统是一个实时电源平衡系统, 当发生错误时, 系统正常运行状态会受到损害, 进而影响系统的安全稳定运行^[3]。因此, 在发生错误后, 必须快速准确地查找故障距离, 以实现配电网的自动化。配电网支持用户的供电任务, 一旦发生线路故障, 就必须迅速、准确地定位故障并解决。一些传统的分布式网络故障定位算法由于各种原因, 在灵活性和容错能力方面存在明显差距。现如今, 在运行过程中, 配电网常见的故障主要分为故障定位、故障诊断和负荷恢复三种类型。其中, 对故障进行精准定位是配电网故障中最为重要的一部分。一方面, 由于配电网具有分布广且运行方式多种多样, 在研究故障类型时会遇到较大困难; 另一方面, 虽然常见的配电网结构为辐射型, 但也存在树状和双端型等其他结构, 因此需要对配电网结构进行多方面的研究^[4]。

针对配电网的基础特点, 相关研究人员设计了各种不同类型的配电网故障定位方法, 但常规的故障定位算法局限性较强, 无法满足目前配电网的安全要求。因此, 本文基于改进矩阵算法设计了一种全新的配网短路故障定位方法。

1 配网短路故障定位方法设计

1.1 计算配电网馈线故障负荷

为保证配电网运行中故障带的准确性, 在配电网故障定位前, 需要采集配电网馈线故障负荷。从已知值的角度和质量计算的角度来看, 配电网的功率容量始终存在变化, 因此, 当配电网出现短路故障时, 存在某些变化的故障特征^[5]。

针对上述特点, 可以根据配电网馈线中的特殊节点变化情况, 收集并获得馈线内故障现象时产生的故障负荷和配电网中馈线节点上安装电流的额定值, 以确定配网各个节点关系^[6], 提高配网短路故障定位精度。在配电网馈线故障负荷采集的初期, 可使用畸变计算法对故障进行统一化处理。保证配网不同节点的数据可以保持实时通信状态。

在配电网常规的运行状态下, 其接线方式主要包括三种, 即放射性接线、树状接线、环状形接线, 因此, 为了提高配电网中短路故障负荷的采集精度, 需要准确获取配电网中最终馈线故障特征规律。

根据上述的故障特征规律可以得到配电网运行第*i*条馈线出现故障现象时产生的故障负荷 S_i , 如下(1)所示。

$$S_i = \lambda_i S_i^0 \frac{S_e}{\sum_{k>0}^n \lambda_k S_k^0} (\cos \varphi + j \sin \varphi) \quad (1)$$

上式 (1) 中, S_i 表达为配电网运行第 i 条馈线出现故障现象时产生的故障负荷; λ_i 表达为配电网中第 i 条馈线最大电压偏差的惩罚系数; S_i^0 表达为配电网中第 i 条馈线节点 0 上安装无功补偿的额定值; S_e 表达为配电网运行过程中功率的可变化极值; λ_k 表达为配电网中第 k 条馈线最大电压偏差的惩罚系数; S_k^0 表达为配电网中第 k 条馈线节点 0 上安装无功补偿的额定值; n 表达为节点电压幅值; φ 表达为馈线系数; j 表达为最大负荷损耗。

1.2 构建配电网短路故障定位模型

为了解决常规的配网短路故障定位方法存在的配电站定位误差问题, 本文设计的方法基于改进矩阵算法, 根据上文计算的配电网故障负荷构建了短路故障定位模型。常规的矩阵算法仅根据网络拓扑结构判断各个节点的关系, 处理的故障定位信息较少, 且判断相对模糊, 难以进行验证分析, 因此, 本文设计的方法根据馈线区段的供电路径处理要求引入了关联构建关系, 生成了关联改进矩阵如下 (2) 所示。

$$D = \begin{bmatrix} S_{L_1} & S_{L_2} & \dots & S_{L_m} \\ S_{L_2} & S_{L_2} & \dots & S_{L_2m} \\ \dots & \dots & \vdots & \dots \\ S_{L_m} & S_{L_2m} & \dots & S_{L_m m} \end{bmatrix} \quad (2)$$

公式 (2) 中, L_1 、 L_2 、 L_m 分别代表不同的馈线区段, S_1 S_2 ... S_m 分别代表不同的开关节点。

根据上述的改进矩阵可以对存在故障的节点进行告警, 获取馈线的矩阵向量, 完成配网短路定位逻辑运算。接下来, 按照顺序计算配网的故障定位节点, 进行故障定位编号, 从而得到有效的配电网短路故障定位模型 $y(s_m)$, 其如下式 (3) 所示。

$$y(s_m) = \begin{cases} 1 & \text{Faulty feeder} \\ 0 & \text{not Faulty} \end{cases} \quad (3)$$

公式 (3) 中, *Faulty feeder* 代表存在馈线故障, *not Faulty* 代表不存在馈线故障, 此时根据上述的基于改进的矩阵算法的配电网短路故障定位模型可以判断配网各个馈线区段的电流权重值大小, 计算故障馈线节点的故障权值 W , 如下 (4) 所示。

$$W = AGA^T \quad (4)$$

上式 (4) 中: A 表达为配电网每平方内容量; G 表达为对角矩阵; T 表达为最大负荷损耗时间。将上式与构建的配网短路故障模型进行整合, 可以获取故障数据极值, 从而提高了配电网短路故障定位的诊断精度。

1.3 设计配电网短路故障自动定位算法

当配电网处于闭环运行状态时, 当某一区段出现短路故障, 会立即引发潮流变化, 因此, 本文设计的方法根据上述构建的故障自动定位模型进行了叠加判断, 设计了有效的配电网短路故障自动定位算法。部分辐射型配电网的定位难度较高, 因此, 可以针对不同的故障电流生成故障馈线区段集合 F , 如下 (5) 所示。

$$F = F_1 \cup F_2 \quad (5)$$

公式 (5) 中, F_1 、 F_2 分别代表不同故障区段形成的故障判定集合。

在实际配网故障诊断的过程中, 存在两种情况, 当故障电流通过馈线节点时, 证明其出现故障; 当故障电流未通过节点, 证明未出现故障, 基于此可以生成配网短路故障定位算法 u , 如下 (6) 所示。

$$u = \frac{E}{1 + jR\left(\frac{1}{\omega}\right)} \quad (6)$$

公式 (6) 中, E 代表故障电势, j 代表故障接地电容值, R 代表故障电压幅值, ω 代表零序电流, 使用上述的配网短路故障定位式可以快速判断馈线故障节点位置, 提高配网短路故障定位精度。

2 实验

为进一步验证改进矩阵故障定位算法在配电网发生短路故障时定位具有优势, 进行如下仿真实验。将本文设计的基于改进矩阵算法的配网短路故障定位方法与基于极点对称模态分解的配电网短路故障定位方法及基于分级聚类的配电网短路故障定位方法对比, 进行了实验, 具体内容设置如下。

2.1 实验准备

根据实验要求, 本文选取 MATLAB 作为仿真实验平台, 该仿真实验平台主要由等值母线、输电线路、测量模块、故障模块等组成, 接下来, 调整系统电源的标称电压值, 将其统一为 35kV。配电网每段馈线的长度均为 10KM, 每个负荷的有功功率均为 $P=50MW$, 无功功率 $Q=10Mvar$ 。变压器采用 4/Y 接线, 母线 0 直接与变压器低压侧相连, 为了提高实验的可靠性, 本文设置了若干个联络开关, 保证其在实验过程中, 始终处于开环 / 断开状态。实验平台的基准电压等级为 10kV, 变压器模块根据系统的不同采取不同的中性点接地方式。

2.2 实验结果

根据上述的实验准备可以进行配网短路故障定位

表1 实验结果

负荷 (MW)	本文设计的基于改进矩阵算法的配网短路故障定位方法的故障测距误差 (m)		文献一的基于极点对称模态分解的配电网短路故障定位方法的故障测距误差 (m)		文献二的基于分级聚类的配电网短路故障定位方法的故障测距误差 (m)	
	馈线 1	馈线 2	馈线 1	馈线 2	馈线 1	馈线 2
1	0.52	0.84	8.36	3.36	5.53	8.55
3	0.36	0.52	8.52	5.25	2.26	4.23
5	0.84	0.36	8.12	4.42	3.41	5.36
7	0.58	0.25	9.33	2.78	1.25	2.48
9	0.45	0.56	8.36	6.65	2.85	3.23
11	0.23	0.95	5.25	4.96	5.14	6.44
13	0.69	0.42	4.52	5.35	4.23	9.12
15	0.75	0.81	5.44	2.42	8.69	8.23
17	0.23	0.66	6.22	5.78	5.52	4.33
19	0.58	0.58	8.55	6.53	4.45	5.62
21	0.79	0.12	4.44	8.98	2.12	2.51
23	0.36	0.75	2.88	4.45	3.85	3.45
25	0.84	0.36	6.56	5.23	9.46	8.53

实验,即分别使用本文设计的基于改进矩阵算法的配网短路故障定位方法,文献一的基于极点对称模态分解的配电网短路故障定位方法及文献二的基于分级聚类的配电网短路故障定位方法进行配网短路故障定位,记录三种方法在不同负荷下的故障测距误差,实验结果如表1所示。

由表1可知,本文设计的基于改进矩阵算法的配网短路故障定位方法在不同负荷及不同馈线下的故障测距误差较低,文献一的基于极点对称模态分解的配电网短路故障定位方法及文献二的基于分级聚类的配电网短路故障定位方法在不同负荷及不同馈线下的故障测距误差相对较高。

上述实验结果证明,本文设计的基于改进矩阵算法的配网短路故障定位方法的定位效果较好,具有可靠性,有一定的应用价值。

3 结语

在进行基于改进矩阵算法的配电网故障定位方法设计中,首先对配电网馈线数据采集与故障负荷计算,构建了配电网故障模型,最后实现配电网短路故障的定位。改进矩阵故障定位算法以配电网中常见的分支点类型为基础,结合网络拓扑信息和线路保护装置收集到的故障信息得到故障判别矩阵,同时依据判别

准则实现对配电网线路故障的定位。基于改进矩阵算法进行配网短路故障定位,改善了传统定位算法的故障测距误差过高问题,但仍然存在改进的空间。实际配电网结构多样,可以尝试结合新息相似性等分布特征,进一步改善定位算法的准确性。

参考文献:

- [1] 郑兆晖,朱建良.智能分布式电网的改进矩阵故障定位算法[J].淮阴工学院学报,2023,32(01):39-45.
- [2] 金鹏,郑海瑶.微网故障定位的改进矩阵算法[J].电气开关,2022,60(05):35-42.
- [3] 梅飞,陈子平,裴鑫,等.基于矩阵算法的有源配电网故障定位容错方法[J].电力工程技术,2022,41(06):109-115.
- [4] 闻建刚,岳洋洋,华惊宇,等.NLOS状态信息辅助协方差矩阵修正的无线网络定位方法[J].传感技术学报,2022,35(11):1561-1567.
- [5] 杨超,郭文奇,熊姚意,等.基于改进阻抗法的配电变压器低压故障越级跳闸故障定位方法[J].电气自动化,2023,45(03):11-14.
- [6] 徐岩,胡紫琪,董浩然,等.基于灰色综合关联度的柔性直流配电网故障定位[J].太阳能学报,2023,44(04):324-331.