

利用弧光电阻变化提高测距精度

夏大洪¹, 葛耀中², 刘浩芳¹

(1. 山东胜利油田职工大学电气系, 山东东营 257004; 2. 西安交通大学电力系, 陕西 西安 710049)

摘要: 输电线路经高阻短路时助增电流对测距精度的影响不易克服, 但当弧光电阻阶段性变化时, 从线路一侧测量到的距离和电阻具有线性变化的关系。通过对测量值的线性拟合, 能估计出过渡电阻为零时的测量距离。该方法可直接用于微机保护和故障测距装置。

关键词: 输电线路; 故障测距; 继电保护

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2001)02-0026-03

1 引言

提高双侧电源输电线路经高阻短路时测距精度的方法已有很多。但多数需要估计对侧系统的运行状况, 纯粹的由单侧信息解决高阻短路的方法很少。目前对于双回线路可以通过另一回线路的测量值去估计对侧系统的运行方式^[1]。对于单回线路, 暂态行波原理^[2]避免了对侧系统阻抗角不同的影响。但该方法要求的采样频率高, 与常用的测距方法差异较大, 不易直接引用。本文提出的方法是利用故障点过渡电阻变化时测量距离的变化规律去估计实际故障距离, 从而消除对侧系统助增电流的影响。本方法可直接移植到各种现有的微机保护及测距装置中, 无需对原有设备进行任何改造。

2 线路故障测距的一般算法

输电线路故障测距的方法很多, 单侧信息的测距一般用向量方程和解微分方程法, 本文以解微分方程法为例进行简要分析。

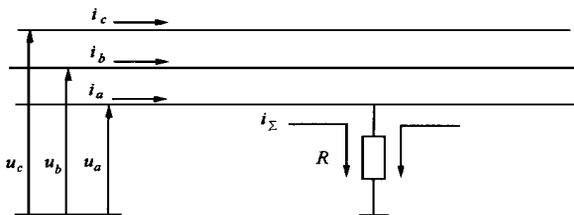


图1 线路接地短路等值电路

先假设 a 相接地。按照图 1 所示的电压、电流方向, 在不考虑分布参数的情况下, 可以写出故障相对地回路的电压方程

$$u_a = S \left[r_l i_a + r_m (i_b + i_c) + l \frac{di_a}{dt} + m \left(\frac{di_b}{dt} + \frac{di_c}{dt} \right) \right] + Ri + Ri \quad (1)$$

式中: S —— 测量点到故障点距离;

R —— 故障点接地电阻;

i —— 本侧故障接地电流;

i —— 对侧故障接地电流;

r_l —— 线路每公里自电阻;

r_m —— 线路每公里互电阻;

l —— 线路每公里自电感;

m —— 线路每公里互电感。

式中方括号 [] 内均为已知参数, 若将其用符号 D 表示。那么用同样道理任意接地短路的接地相电压方程均可表示为

$$u = SD + Ri + Ri \quad (2)$$

在假定接地电阻 R 暂时不变的条件下, 将某两个相近时刻的采样值分别代入 (2) 式联立求解, 便得到计算实际距离 S 与过渡电阻 R 的两个表达式

$$S = \frac{u_1 i_{j2} - u_2 i_{j1}}{D_1 i_{j2} - D_2 i_{j1}} - R \frac{i_{j1} i_{j2} - i_{j2} i_{j1}}{D_1 i_{j2} - D_2 i_{j1}} \quad (3)$$

$$R = \frac{u_2 D_1 - u_1 D_2}{D_1 i_{j2} - D_2 i_{j1}} - R \frac{i_{j2} D_1 - i_{j1} D_2}{D_1 i_{j2} - D_2 i_{j1}} \quad (4)$$

在单侧信息算法中, i 是不得知的, 因此通常将其忽略掉, 这便得到了用解微分方程法计算测量距离 S_j 和测量电阻 R_j 的两个常用公式

$$S_j = \frac{u_1 i_{j2} - u_2 i_{j1}}{D_1 i_{j2} - D_2 i_{j1}} \quad (5)$$

$$R_j = \frac{u_2 D_1 - u_1 D_2}{D_1 i_{j2} - D_2 i_{j1}} \quad (6)$$

2.1 距离修正原理

由 (5) 式算出的距离 S_j 虽不是实际距离, 但它与实际距离 S 之间有着一定的关系。把 (4)、(5)、(6) 式代回到 (3) 式经整理可以得到 S_j 与 S 、 R_j 的关系表达式

$$S_j = S + \frac{i_{j1} i_{j2} - i_{j2} i_{j1}}{D_1 i_{j2} - D_2 i_{j1}} R_j \quad (7)$$

可以证明对于两个同频率的正弦函数或同时间常数的指数函数 $X(t)$ 、 $Y(t)$ 有等式

$$X(t_1) Y(t_2) - X(t_2) Y(t_1) = \text{常数}$$

因而 (7) 式中的分数式 $\frac{i_1 i_2 - i_2 i_1}{D_1 i_{j2} - D_2 i_{j1}}$ 的分子和分母都接近于常数。即使是过渡电阻阶段性变化,分子与分母的幅值也是同时变化,所以在同一次故障中,对于不同的过渡电阻 (7) 式中的分数式基本上是常数,也就是说测量距离 S_j 与测量电阻 R_j 之间具有线性关系。在 $S_j - R_j$ 坐标下利用测量距离的直线拟合即可估计出实际距离 S 。

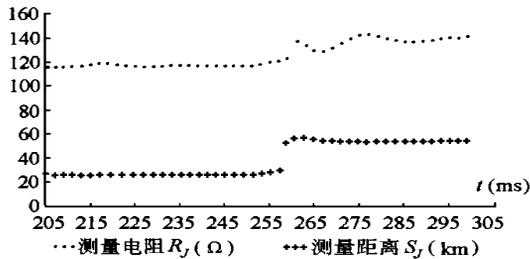


图2 测量电阻 R_j 、测量距离 S_j 随时间变化曲线

图2是用EMTP程序作的一条220kV双侧电源线路仿真计算结果。线路全长300km,故障距离100公里,故障点在200ms时刻经50Ω电阻单相接地,在250ms时刻电阻增到100Ω,在300ms时刻故障切除。可以看到测量电阻 R_j 与测量距离 S_j 的计算值受对侧助增电流的影响,跟实际值相差比较大。

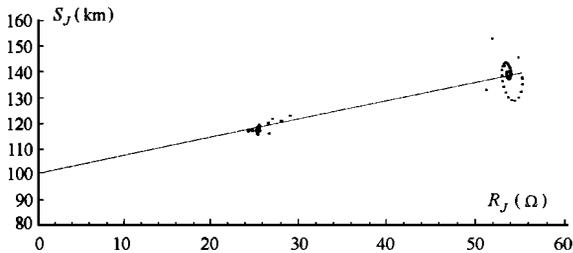


图3 测量距离 S_j 与测量电阻 R_j 关系

图3是测量距离 S_j 与测量电阻 R_j 关系。可以看到对于过渡电阻为0、50、100Ω时的测量点坐标明显地落在一条直线附近。图中 $R_j = 0$ 的距离就是用线性拟合法得出的自然结果。有一些测量点发生偏离是因为在过渡电阻变化时,测距方程不满足联立求解的条件造成的。实用中可以采用加权法减小其影响,并尽量采用窄带滤波。

2.2 测量距离的线性拟合

线性拟合可以用各种方式,这里介绍用最小二乘法求最佳关系线的方法。

设所要拟合的直线离散方程为

$$S_{ji} = S_0 + KR_{ji}$$

测量距离为 $[S_{j1} S_{j2} \dots S_{ji} \dots S_{jN}]$,按照拟合值与测量值的差的平方和最小的原则得下面的误差式

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N (S_0 + KR_{ji} - S_{ji})^2 \quad (8)$$

分别对 S_0 和 K 求一阶偏导数并令其为零便得到最小误差式

$$S_0 N + K \sum_{i=1}^N R_{ji} - \sum_{i=1}^N S_{ji} = 0 \quad (9)$$

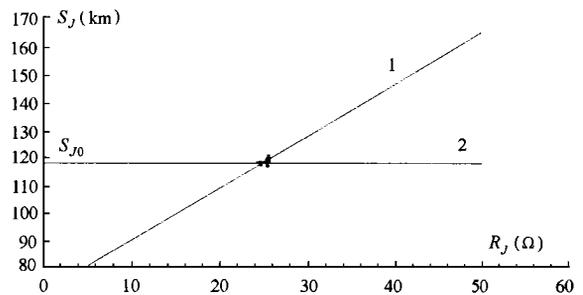
$$S_0 \sum_{i=1}^N R_{ji} + K \sum_{i=1}^N R_{ji}^2 - \sum_{i=1}^N R_{ji} S_{ji} = 0 \quad (10)$$

用(9)式和(10)式联立求解便可到修正后的距离公式

$$S_0 = \frac{\sum_{i=1}^N R_{ji}^2 \sum_{i=1}^N S_{ji} - \sum_{i=1}^N R_{ji} \sum_{i=1}^N R_{ji} S_{ji}}{N \sum_{i=1}^N R_{ji}^2 - \sum_{i=1}^N R_{ji} \sum_{i=1}^N R_{ji}} \quad (11)$$

2.3 实用说明

对于过渡电阻没有明显的阶段性变化的故障(11)式会出现病态,此时拟合出的直线方向不确定,可能会产生更大的误差,如图4中的1线。改进的方法是在作拟合统计的测量距离中增加一个人为设定的零电阻测量值 S_{j0} ,其值等于测量距离的平均值,这样当过渡电阻变化时只要统计的点数足够多,就不会对拟合直线产生影响。而当过渡电阻不变时拟合出的结果与用平均法算出的结果一致。



1. 病态拟合线 2. 改进拟合线

图4 病态测距拟合线的修正

本算法已装入了WGL-12型微机故障录波装置,装置动模试验模拟了电压500kV,长400km线路末端单相接地短路,接地电阻为100Ω到200Ω切换。结果是平均测量距离为374km,拟合出的距离为401km。

3 结论

电力线路高阻接地短路一般在短路初接地电阻比较小而后逐渐增大。利用测量距离随测量电阻变

化轨迹的线性拟合可以将用常规算法测出的距离进行再次估计,从而得到较准确的估计值。此外输电线路快速自动重合闸前后过渡电阻的变化也可被测距装置所利用。

参考文献:

- [1] Zhang Q, Zhang Y, Song W and Yu Y. Transmission line fault location for phase-to-earth fault using one-terminal data IEE Proc Gener Transm Distrib, 1999, 146(2).
- [2] Z Q B G Weller M A. Redfern Accurate fault location tech

nique for distribution system using fault-generated high-frequency transient voltage signal. IEE Proc-ener Transm Distrib, 1999, 146(1).

收稿日期: 2000-07-13

作者简介: 夏大洪(1957-),男,硕士,讲师,长期从事电力系统保护、自动化方面的研究; 葛耀中(1929-),男,教授,博士生导师,从事继电保护及安全自动装置的教学和科研工作; 刘浩芳(1970-),女,硕士研究生,讲师,主要研究方向为电力系统微机保护。

Increase accuracy of fault location using change of fault path resistance

XIA Da-hong¹, GE Yao-zhong², LIU Hao-fang¹

(1. Shengli Oil Field Shandong, Dongying 257004, China; 2. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: It is difficult to eliminate the effect of fault current from remote end due to fault path resistance on the accuracy of fault location, but when fault path resistance changes by stages, the distance and the resistance measured at one end have a liner relationship. Through simulating measured values, the measured distance of zero fault resistance can be estimated. The technique can be used in microprocessor protection and fault location devices directly.

Keywords: transmission lines; fault location; relaying protection

(上接第25页) 对于110kV系统,若出现输电线路故障时过渡电阻极大,超过了50 Ω 时,本文方案仍在保护应具有的选择性下,不误动,等待输电线路配置的其他保护动作跳闸。

参考文献:

- [1] 叶萍,陈德树.微机距离保护中几种接地距离继电器方案的比较.电力系统自动化,1994,18(6).
- [2] 朱声石.高压电网继电保护原理与技术.北京:水利电力出版社,1995:226~228.
- [3] Moore PJ等(英).自适应数字式距离保护.南京:电力

系统继电保护论文汇编,南京自动化研究所,1994,6:102~106.

- [4] 丁书文.输电线路微机保护的算法研究与实现.武汉水利电力大学硕士学位论文,1999,3.

收稿日期: 2000-06-05; 改回日期: 2000-08-01

作者简介: 丁书文(1967-),男,硕士,讲师,主要从事电力系统继电保护和自动化的教学、研究与开发; 米朝清(1970-),男,学士,讲师,主要从事电力系统微机应用方面的研究; 赵勇(1967-),男,硕士,工程师,主要从事变电站自动化系统及微机保护的研究与开发。

The on line setting technology for improving the selectivity of microcomputer based protection of transmission line

DING Shu-wen¹, MI Chao-qing¹, ZHAO Yong²

(1. Zhengzhou Electric Power College, Zhengzhou 450004, China; 2. Henan Power Research Institute, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: This paper analyzed the influence of the transition resistance of fault on transmission line microcomputer protection and presented taking advantage of the adaptive technology, and made the setting of microcomputer based distance protection adaptive adjust. Then, the problem about overreach and shortening on microcomputer based protection zone of transmission line would be well settled.

Keywords: self-adaptive; transmission line; microcomputer protection based; overreach; shortening