

接地距离保护现场测试的主要影响因素及解决方案

王莉¹, 关毅彬¹, 周玉军², 马林峰²

(1. 郑州供电公司试验所, 河南 郑州 450006; 2. 河南电力物资公司, 河南 郑州 450052)

摘要: 针对接地距离保护在现场测试过程中存在的问题, 通过分析继电保护测试仪的测试原理及接地距离保护的实现原理, 叙述了零序补偿系数的不同表达方式, 总结出了测试接地距离保护功能的方法及影响接地距离保护动作的因素, 指导现场测试提高测试水平及测试效率, 确保接地距离保护功能检验质量。

关键词: 接地距离保护; 零序补偿系数; 短路阻抗角; 继电保护测试仪; 测试水平

Primary influencing factors of ground distance protection field testing and the solution

WANG Li¹, GUAN Yi-bin¹, ZHOU Yu-jun², MA Lin-feng²

(1. Zhengzhou Power Supply Laboratory, Zhengzhou 450006, China;

2. Henan Electric Power Material Co., Zhengzhou 450052, China)

Abstract: To solve ground distance protection problems in the field testing process, and by analyzing the test principle of relay protection tester and the realization principle of ground distance protection, this paper describes the zero-sequence compensation factor of different modes of expression, and sums up the test methods of ground distance protection function and impact of ground distance protection factor. It can guide field test, improve the standards of testing and testing efficiency and thus to ensure the quality of ground distance protection function test.

Key words: ground distance protection; zero-sequence compensation; short-circuit impedance angle; relay protection tester; test level

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)04-0119-03

0 引言

按照继电保护检验工作要求, 继电保护人员需要对保护装置进行新装检验、定期检验等工作以检查保护装置的精度、特性是否满足要求。从现场工作的结果来看, 差动、相间距离、零序保护的现场检验工作较为顺利, 而在进行接地距离的测试中常出现一些困难, 本文针对接地距离保护现场测试出现的问题进行了分析, 归纳总结了接地距离保护功能的测试方法, 提高了继电保护装置的测试质量。

1 接地距离考虑零序补偿系数的原因

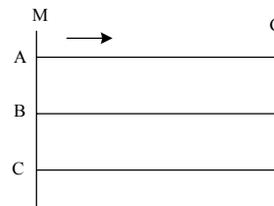
在对称三相平衡线路中, 取没有分流的区段MG, 当G点发生各种故障时, 以A相金属性故障为例, 其A相MG的电压降可表示为:

$$\dot{U}_{MGA} = \dot{U}_{MGA1} + \dot{U}_{MGA2} + \dot{U}_{MGA0} = \dot{I}_{A1} Z_1 + \dot{I}_{A2} Z_2 + \dot{I}_{A0} Z_0 =$$

$$\dot{I}_{A1} Z_1 + \dot{I}_{A2} Z_2 + \dot{I}_0 (Z_1 + 3Z_M) =$$

$$Z_1 (\dot{I}\phi + 3\dot{I}_0 \frac{Z_M}{Z_1}) = Z_1 (\dot{I}\phi + 3K\dot{I}_0) \quad (1)$$

式中: $Z_1 = Z_L - Z_M$ 为正序阻抗; $Z_2 = Z_L - Z_M$ 为负序阻抗; $Z_0 = Z_L + 2Z_M = Z_1 + 3Z_M$ 为零序阻抗; $K = \frac{Z_M}{Z_1} = \frac{1}{3} \times \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}$ 为零序补偿系数。



图中: G 是故障点; M 是母线; Z_L 是 MG 区段的每相自阻抗; Z_M 是 MG 区段的每相互阻抗

图1 零序补偿系数分析示意图

Fig.1 Analysis of zero-sequence compensation

从式(1)可看出, 区段MG上发生A相金属

性故障 A 相的电压降其中的部分是由于非故障相对故障相互感作用的影响而产生的, 即 $Z_1 \cdot 3KI_0$ 部分。当考虑零序补偿系数, 即用 $\dot{I}\phi + 3KI_0$ 代替故障相电流后, 从故障点到保护安装处的电压就符合欧姆定律, 因而可以用母线电压与 $\dot{I}\phi + 3KI_0$ 电流之比来计算故障点与保护安装处的距离。

2 零序补偿系数的计算

$$K = \frac{1}{3} \times \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} = \frac{1}{3} \times \frac{R_0 + jX_0 - R_1 - jX_1}{R_1 + jX_1} = \frac{1}{3} \times \frac{R_0 - R_1 + j(X_0 - X_1)}{R_1 + jX_1} = \frac{1}{3} \times \frac{[R_0 - R_1 + j(X_0 - X_1)](R_1 - jX_1)}{R_1^2 + X_1^2} = \frac{1}{3} \times \frac{R_0R_1 - R_1^2 + X_0X_1 - X_1^2 + j(X_0R_1 - R_0X_1)}{R_1^2 + X_1^2} = \frac{1}{3} \times \frac{(1 - \frac{R_1}{R_0} + \frac{X_0X_1}{R_0R_1} - \frac{X_1^2}{R_0R_1}) + j(\frac{X_0}{R_0} - \frac{X_1}{R_1})}{\frac{R_1}{R_0} + \frac{X_1^2}{R_0R_1}}$$

式中: R_0 、 R_1 为正序、零序电阻; X_0 、 X_1 为正序、零序电抗; Z_0 、 Z_1 为正序、零序阻抗。

当近似认为零序阻抗角等于正序阻抗角时, 即

$$\frac{X_0}{R_0} = \frac{X_1}{R_1}, \text{ 此时 } \dot{K} \text{ 将成为一实数, 可表示为 } K,$$

其虚部 $\text{Im}(\dot{K})=0$, 其零序补偿系数 K 值为实数形式, 即 $\text{Re}(\dot{K})$, 因此零序补偿系数可表示为

$$K = \frac{1}{3} \times \frac{R_0R_1 - R_1^2 + X_0X_1 - X_1^2}{R_1^2 + X_1^2}$$

在进行接地距离保护元件测试时, 必须根据保护装置零序补偿系数的不同表达方式, 对测试仪的测试参数进行相应的设置。

3 零序补偿系数表达方式

不同型号保护定值清单中对零序补偿系数表达方式不同, 常见的主要由以下几种: (1) 零序补偿系数实部、零序补偿系数虚部形式; (2) 零序电阻补偿系数、零序电抗补偿系数形式; (3) 零序补偿系数阻抗形式。例如 PSL、WXH 型保护提供的零序补偿系数相关定值为 K_X 、 K_R , 分别以电阻及电抗形式间接表述零序补偿系数, 即

$$K_R = \frac{1}{3} \times \frac{R_0 - R_1}{R_1}, \quad K_X = \frac{1}{3} \times \frac{X_0 - X_1}{X_1}$$

在现场工作过程中, 发现有很多保护人员对 K_R 、 K_X 的涵义不明了, 不能正确设置测试仪零序补偿系数, 导致现场对接地距离的整组测试结论不正确, 甚至错误地怀疑保护装置异常。下面对国内几大保护厂家的零序补偿系数进行总结说明。

3.1 RCS 系列保护装置

定值清单中零序补偿系数为 $K = \frac{1}{3} \times \frac{Z_{0L} - Z_{1L}}{Z_{1L}}$ (实数), 其中 Z_{0L} 和 Z_{1L} 分别为线路的零序和正序阻抗, 建议采用实测值。针对北京博电微机保护测试仪选择以 K_L 的表达式, 幅值为 K ; 针对广州昂立、深圳凯旋测试仪选择以 K 的实部表达式, 即 $\text{Re}(K)=K$ 、 $\text{Im}(K)=0$ 。实际运行中, 有可能出现正序阻抗角不等于零序阻抗角的情况 (即 K 不为实数), 此时, 保护装置将根据定值清单中的零序阻抗角自动进行补偿。

3.2 WXB、CSL、PSL 系列线路保护装置

定值清单中提供的零序补偿系数相关定值为“ K_X ”和“ K_R ”。分别以电阻及电抗形式来间接表述零序补偿系数, 即

$$K_R = \frac{1}{3} \times \frac{R_0 - R_1}{R_1}, \quad K_X = \frac{1}{3} \times \frac{X_0 - X_1}{X_1}$$

注意 K_R 、 K_X 并不能代表零序补偿系数 K 的实部及虚部, 由 K_R 、 K_X 到 K 的换算关系为

$$K = \frac{K_R R_1^2 + K_X X_1^2}{R_1^2 + X_1^2}, \text{ 在测试仪中进行零序补偿系}$$

数设置时, 设置 R_E/R_L 值相当于设置 K_R 系数, 设置 X_E/X_L 值相当于设置 K_X 参数。对于不同厂家的微机保护测试仪, 其零序补偿系数的设置有不同选择, 对于新型的测试仪可对零序补偿系数的输入形式进行选择, 以满足现场要求。

3.3 对于国外的一些保护

定值清单中提供的是零序电抗值、电阻值和正序电抗值、电阻值, 用户可根据 PSL 系列保护参照计算。

如定值清单中提供的是 Z_0/Z_1 , 选择 Z_0/Z_1 表达方式, 可参照 RCS 系列保护计算。

4 接地距离保护现场测试注意事项

4.1 短路阻抗角的选择

当方案中给出的 Z_{set} 为灵敏角下的阻抗值时 (如 LFP、RCS、PSL), 应将测试仪的短路阻抗角设置为线路的正序阻抗角。随着电网电压等级的不

断增高,分裂导线的广泛使用其分布电容值也越来越大,导致线路阻抗角也随之增大,极限值达到 89° ,线路阻抗接近于纯电抗。

当方案中给出的 Z_{set} 为电抗值和电阻值时(如CSL100系列、WXB系列提供电抗分量值以及阻抗特性电阻分量的小定值 R_S 和阻抗特性电阻分量的大定值),校验电抗值定值时,短路阻抗角设置为 90° ;校验电阻值定值时,短路阻抗角设置为 0° 。

图2为园特性及四边形特性的接地距离测试效果图,圆周上的点对应灵敏角下的阻抗值,小圆对应0.95倍定值阻抗圆,大圆对应1.05倍定值阻抗圆。在四边形特性中,在R轴的两个圆点对应阻抗角为 0° 时,1.05倍定值及0.95倍定值所对应的两点。同理,在X轴上也有对应的两点。

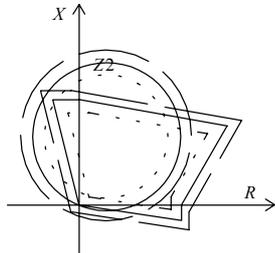


图2 接地距离测试效果图

Fig.2 Testing effects of grounding-distance

4.2 继电保护测试仪容量对距离保护测试的影响

目前常用的继电保护测试仪有广州昂立、北京博电、武汉豪迈等几大厂家,其输出容量及最大电流设置均各有差异。在一次进行RCS-941A型保护的整组实验时,由于该输电线路较短,其接地I段的整定值仅为 $0.03\ \Omega$,为得到较高的残压,因此将故障电流设置为 $15\ \text{A}$ 。但是在测试过程中发现接地距离I段误差很大,甚至在1.4倍的整定值仍动作。借助于保护装置打印出的故障报告发现,保护感受到的故障电流仅为 $10.67\ \text{A}$,产生了接近 $5\ \text{A}$ 的误差。考虑到该组CT二次不仅接入保护装置还串入了故障录波装置,导致二次负载阻抗增大所产生的电流误差增。将故障录波电流回路短接后,再进行测试则满足误差范围。因此,在现场测试时,必须考虑微机保护测试的容量及二次负载对接地距离保护准确度的影响,必要时可选择“重载”输出方式。

4.3 电缆线路零序补偿系数的设置

随着城市建设的要求,越来越多的市区架空线路入地,成为电缆线路。由于电缆的制造工艺、材质的差别等因素的影响,使得零序阻抗约为正序阻抗的3倍关系不再成立,因此在计算零序补偿系数时必须采用电缆实测参数值。电缆线路的零序阻抗

有可能小于正序阻抗,其各序的阻抗角也有不同,因此必须要考虑零序补偿系数虚部的影响,并且计算出的零序补偿系数也可能小于零,为一负数。

早期的微机测试仪在零序补偿系数设置形式上考虑较少,一般均将零序补偿系数定义为实数,使得继电保护工作人员在进行试验时,无法按照方案进行规定项目的检验。新型的测试仪考虑到电缆线路补偿系数的特殊性,零序补偿系数在此方面有一定改进,可分别设置实部、虚部。但某些测试仪的零序补偿系数还不能设置为负数,不能完全满足现场调试要求。市区电缆线路距离短导致计算阻抗值较小时,现场调试对微机测试仪精度要求提高。一般在保护装置选型时应优先选择光纤差动保护,以满足保护的“四性”要求。

5 结束语

本文对接地距离保护设置零序补偿系数的原因以及现场调试中应注意事项作了简单介绍。继电保护装置的正确动作,必须是在继电保护厂家、工程设计单位、运行单位共同努力下密切配合才能解决好。作为继电保护人员,应不断提高个人测试能力,对测试过程中的疑问不可盲目作出结论,要认真分析采取对策,切实提高现场维护水平。

参考文献

- [1] 韩笑,赵景峰,邢素娟. 电网微机保护测试技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
HAN Xiao, ZHAO Jing-feng, XING Su-juan. Power System Protection Testing Technology[M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2005.
- [2] 江苏省电力公司. 电力系统继电保护原理与实用技术[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
Jiangsu Electric Power Company. The Principle and Practical Technology of Relay Protection of Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.
- [3] 南京南瑞继保电气有限公司. RCS-900系列高压微机线路保护装置培训教材[Z].
Nanjing Nari-Relays Electric Co., LTD. RCS-931 High-voltage Line Protection Device Computer Training Materials[Z].

收稿日期:2009-04-21; 修回日期:2009-11-18

作者简介:

王莉(1976-),女,工程师,从事继电保护方面的工作; E-mail: guanyujia2004@163.com

关毅彬(1975-),男,高级技师,从事继电保护方面的工作;

周五军(1964-),男,高级经济师,从事保护设备物资管理工作。