

# 双回路接地距离保护的分析和整定

方天宇

(浙江电力调度通信中心, 浙江 杭州 310007)

**摘要:** 平行线路零序互感的存在, 导致接地距离保护不能正确测量线路阻抗。在实际整定工作中, 如何整定接地距离的补偿系数和可靠系数, 整定规程没有给出具体的方法。分析了线路的实测阻抗, 和高压电网在接地故障时电流分布的特点。基于不同系统运行方式, 定性和定量地研究了零序互感对接地测量阻抗的影响, 进而提出了接地距离保护一个简单实用的整定方法, 具有普遍适用性。

**关键词:** 接地距离; 零序互感; 整定

## Analysis and setting of ground distance relays on double circuit transmission lines

FANG Tian-yu

(Zhejiang Power Dispatch and Communication Centre, Hangzhou 310007, China)

**Abstract:** The existence of zero sequence coupling between parallel circuit is a cause that ground distance relay can not measure line impedance correctly. In the actual work setting, how to set the compensation factor and reliable factor for ground distance, setting guide does not give specific methods. This paper analyzes the measured line impedance and high-voltage power grid in the ground fault current distribution characteristics. Based on various operating modes of power system, qualitative and quantitative analysis of the influence from zero mutual impedance on the measured grounding impedance is given. Furthermore, a simple and practical method of setting, with universal applicability, is provided.

**Key words:** ground distance relay; zero sequence coupling; setting

中图分类号: TM773 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)18-0043-03

### 0 引言

随着电网的发展, 线路走廊越来越少, 同塔并架的线路已非常普遍, 两回线间的零序互感对接地距离保护的影响已不能忽视, 一回线检修时会引起另一回线接地距离保护的超越, 而同时运行时会引起保护范围不足。另一方面, 由于互感的原因, 接地距离保护范围与线路长度不成正比, 阻抗动作范围不固定, 对接地距离 II 段与 I 段之间配合产生影响。

### 1 零序互感对接地距离影响的分析

通过近几年的实测数据, 统计了 100 对同塔或大部分同塔双回线路的实测线路阻抗, 互感阻抗与零序阻抗之比大于 60% 的线路有 20%, 大于 90% 的有 2%。单回线零序阻抗  $Z_0$  约为线路正序阻抗  $Z_1$  的 2.5 倍, 双回线间的零序互感阻抗  $Z_{m0}$  最大为线路零序阻抗的 100%。由于感应电压、表计误差、测量

方法等原因, 实测值也不一定精确。

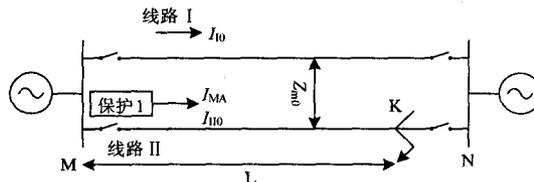


图 1 双回路简化系统图

Fig.1 Schematic diagram with double circuit transmission lines

如图 1, K 点发生 A 相金属性接地短路, 保护安装处 M 母线 A 相电压

$$U_{MA} = (I_{MA} + K3I_{I0}) Z_1 L + I_{I0} Z_{m0} L$$

其中:  $I_{I0}$ 、 $I_{II0}$  分别为 I、II 线由母线流向线路的零序电流,  $I_{MA}$  为 II 线 A 相电流,  $Z_1$  为单位长度线路正序阻抗,  $Z_0$  为单回线路的单位长度零序阻抗,  $Z_{m0}$  为两回线间的单位长度零序互感阻抗, 零序补

偿系数  $K=(Z_0-Z_1)/3Z_1$ 。保护 1 的测量阻抗

$$Z_m = \frac{U_{MA}}{I_{MA} + K3I_{II0}} = Z_1 L \left( 1 + \frac{I_{I0} Z_{m0}}{(I_{MA} + K3I_{II0}) Z_1} \right)$$

由互感引起的测量阻抗的变化量

$$\Delta = \frac{I_{I0} Z_{m0}}{(I_{MA} + K3I_{II0}) Z_1} \quad (1)$$

接地距离测量阻抗的变化范围与电网结构、故障点位置、互感大小有关。用实测线路阻抗用程序算出短路电流，用式(1)可以精确计算出测量阻抗的变化，但用于实际整定计算工作就显得比较繁琐。下面根据实际电网情况对两种极端情况进行分析：

1) 平行双回线两条线路阻抗相等，线路 I 两端接地，线路 II 末端发生单相接地故障，忽略负荷电流，则

$$I_{I0} Z_0 L + I_{II0} Z_{m0} L = 0,$$

$$\Delta_1 = \frac{I_{II0} Z_{m0}^2}{(I_{MA} + K3I_{II0}) Z_0 Z_1} = - \frac{Z_{m0}^2}{3 \left( \frac{I_{MA}}{3I_{II0}} + K \right) Z_0 Z_1} \quad (2)$$

令  $\beta = I_{MA}/3I_{II0} = 2/3 \times I_{MA1}/I_{II0} + 1/3$ ， $I_{MA1}$  为 M 侧线路上的正序电流。 $\Delta_1$  的大小取决于  $I_{MA1}/I_{II0}$ ，即 M 侧正序电流与零序电流之比。

A. 对中性点接地的环网电网，N 母线单相接地故障，故障点正序、负序、零电流相等，可以近似认为  $I_{MA1}/I_{II0} \approx 1$ ，即认为分配到线路上的正序和零序电流近似相等。因为对各侧的系统阻抗、正序和零序阻抗变化趋势相同，系统等值正序阻抗小，相当于发变组较多，而发变组的零序阻抗（只有变压器的零序阻抗）小于正序阻抗（发电机和变压器的阻抗之和），因此零序阻抗亦较小。高压电网的正序、零序的阻抗角度相差不大，也可近似认为相等。当  $I_{MA1}/I_{II0} > 1$ ，即 M 侧线路上正序电流大于零序电流时，保护 1 的接地距离测量误差相对较小。当  $I_{MA1}/I_{II0} < 1$  时，即 M 侧线路上正序电流小于零序电流时，零序互感电流影响就较大，保护 1 的测量误差相对较大。

B. 对一个极端情况，M 侧为一个终端变，主变中性点接地，N 母线发生单相接地故障，此时  $I_{MA1}=0$ ， $\beta$  到最小值  $1/3$ 。故障电流无正、负序电流，全部为零序电流，此种情况互感影响最大。一般情况，对于受端网络，由于电源较小，正负序电流较小，而变压器中性点接地，零序电流较大， $\beta$  较小，

保护测量受互感影响就大。

2) 平行双回线两条线路正常运行，线路 II 末端发生单相接地， $I_{I0}=I_{II0}$  保护 1 测量阻抗增量：

$$\Delta_2 = \frac{I_{I0} Z_{m0}}{(I_{MA} + K3I_{II0}) Z_1} = \frac{Z_{m0}}{3 \left( \frac{I_{MA}}{3I_{II0}} + K \right) Z_1}$$

保护 1 测量阻抗增加，灵敏度降低。当 N 侧开关由 I 段保护（快速 I 段，接地距离 I 段，零序 I 段）跳开后，线路 I 零序反向，保护 1 的测量阻抗减小，灵敏度反而增加。保护 1 的 II 段还应作为 N 母线故障的后备，灵敏度必须满足规程要求。

3) 假设  $\beta$  在 0.333~1.0 之间， $Z_0=2.5Z_1$ ，忽略电阻，保护 1 测量阻抗的变化量如表 2。当  $\beta > 1$  时，互感影响更小，结果不再列出。

表 1 测量阻抗偏差表

Tab.1 Measuring error of the distance

$Z_{m0}/Z_0$	$\beta$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$K_1$	$K=0$ 的 $\Delta_2$
1	0.333	-1	1	-0.333	2.5
	0.5	-0.83	0.83		1.67
	1	-0.56	0.56		0.83
0.9	0.333	-0.81	0.9	-0.175	2.2
	0.5	-0.67	0.75		1.5
	1	-0.45	0.5		0.75
0.8	0.333	-0.64	0.8	-0.03	2.0
	0.5	-0.533	0.67		1.33
	1	-0.36	0.44		0.67
0.7	0.333	-0.49	0.7	0.09	1.7
	0.5	-0.41	0.58		1.2
	1	-0.27	0.39		0.58
0.6	0.333	-0.32	0.6	0.2	1.5
	0.5	-0.3	0.5		1
	1	-0.2	0.33		0.5
0.5	0.333	-0.25	0.5	0.291	1.25
	0.5	-0.21	0.42		0.83
	1	-0.14	0.28		0.42

从表 1 可以看出，当  $Z_{m0}/Z_0=70\%$  时，① I 回线检修，II 回线路末端单相接地时，保护 1 测量阻抗变为线路正序阻抗的 51%~73%，当接地距离 I 段如按线路阻抗 70% 整定，保护 1 有可能误动；② 双回线同时运行时，线路末端单相接地时，测量阻抗增加 70%~40%，接地距离 II 段如按线路阻抗的 1.5 倍灵敏度整定，则有可能拒动。

当  $Z_{m0}/Z_0=60\%$  时，① 一回路检修时，保护 1 测量阻抗变为线路正序阻抗的 64%~80%；② 二回路同时运行，保护 1 测量阻抗变为线路正序阻抗的 160%~133%。

从以上结果可以看出，处于受电端的接地距离

I段易超越,而受电端保护在区外故障时助增往往很大,因此只有在相邻线出口金属性短路才会误动。在实际运行中,双回路一回线停电检修的时间不长,检修也是安排在天气好时进行,此时发生相邻线出口金属性短路故障的概率极小,这也是实际电网未发生距离I误动的原因。当 $Z_{m0}/Z_0 < 60\%$ 时(大部分情况,约占80%),按0.7倍整定的距离I段可以不用考虑超越的问题。

## 2 整定方法

### 2.1 接地距离I段的整定

A.调整零序补偿系数 $K$ 。为了保证距离I段不超越,最严重的情况是一回线两端断开并接地,N母线故障,此时要接地距离正确测量线路阻抗,零

序补偿系数要修正为 $K_1 = \frac{(Z_0 - \frac{Z_{m0}^2}{Z_0}) - Z_1}{3Z_1}$ 。由表1

可知, $Z_{m0}/Z_0 > 80\%$ 时, $K_1$ 可为负值,目前实际运行的微机保护 $K$ 值最小等于0。当 $K=0$ 后,即不计零序电流,互感影响降到最低。但当双回线正常运行时,I段保护范围明显减小。这种方法,主要缺陷是I段保护范围太小。当 $Z_{m0}/Z_0 < 70\%$ 时,不建议采用。当 $Z_{m0}/Z_0 > 70\%$ 时,可以采用。

B.补偿系数 $K$ 按不计互感取, $K = (Z_0 - Z_1) / 3Z_1$ ,通过可靠系数 $K_K$ 取较小值保证I段不超越。I段整定原则 $Z_{DZ1} \leq K_K \times Z_1$ , $K_K$ 为可靠系数, $Z_1$ 为本线路正序阻抗。 $K_K$ 按表2取。

### 2.2 接地距离II段的整定

A.II段整定原则 $Z_{DZ2} \geq K_{lm} \times Z_1$ ,没有互感时, $K_{lm}$ 灵敏系数=1.3~1.5, $Z_1$ 为本线路正序阻抗。有互感时 $K_{lm}$ 按表2取。

B.相邻线保护接地距离II段与保护1接地距离I段配合时,保护1的I段按3.1B整定。

$Z_{DZ2} \leq K_K \times Z_1 + K_K \times K_Z \times Z_{ZD}^I$ , $K_Z$ 为助增系数, $Z_{ZD}^I$ 为I段动作阻抗,动作阻抗计算比较复杂。表2的I段动作阻抗是按表1条件折算的,是保证I段能动作的范围,而实际的动作范围还会大一些。

由于保护1的测量阻抗范围不固定,建议不与

I段配合,可与保护1的II段做不完全配合。

表2 不同互感时的可靠系数和灵敏度( $\beta = 0.5 Z_0 = 2.5Z_1$ )

Tab. 2 Reliable coefficient and sensitivity of distance relay

$Z_{m0}/Z_0$	$K_K$	$K_{lm}$	I段动作 阻抗	$K=0$ 时 $K_{lm}$
1	0.2	2.5	11%	3.5
0.9	0.3	2.5	17%	3.0
0.8	0.4	2.5	23%	3.0
0.7	0.6	2.0	38%	2.5
0.6	0.7	2.0	47%	2.5
0.5	0.8	2.0	56%	2.5

表2中可靠系数 $K_K$ 未计及各种误差,理论上讲,如考虑电压互感器误差3%,保护装置误差5%,线路阻抗误差3%,电流互感器由于二次电流比实际电流总要小些,不计误差,总误差有11%,考虑一定裕度,还应再乘以系数0.85。

## 3 结论

按照整定规程,双回路接地距离I段在一回线检修时,不能超越,但没有给出具体的整定方法。II段的灵敏度要求也未考虑互感的影响。本文给出了简单可行的整定方法,供整定人员参考。如果实际电网参数差距较大,可按式(1)计算。

## 参考文献

- [1] 许正亚. 输电线路新型距离保护[M]. 北京: 中国水利电力出版社,2002.  
XU Zheng-ya/New Distance Protection for Transmission Lines[M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press,2002.
- [2] 220kV~750kV 电网继电保护装置运行整定规程[Z].  
Setting Guide for 220kV~750kV Power System Protection Equipment[Z].

收稿日期: 2008-10-11; 修回日期: 2008-11-30

作者简介:

方天宇(1966-),男,高级工程师,从事继电保护整定运行工作。E-mail: zjjbk@163.com