

分相电流差动线路保护中零序差动作用分析

文明浩¹, 李瑞生², 王强², 王尔寒², 胡叶宾², 桑仲庆²

(1. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 许继集团, 河南 许昌 461000)

摘要: 分相电流差动保护装置中一般都配置零序差动保护, 目的是为了提高保护装置的耐过渡电阻能力。经分析表明, 零序差动保护并不比故障分量差动保护的灵敏度高, 并且其整定需躲过外部三相短路时的不平衡电流。零序电流差动保护对整个保护装置的灵敏度和动作速度均没有实质性的提高。

关键词: 零序电流差动; 分相电流差动; 故障分量差动; 继电保护

中图分类号: TM772 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2002)12-0042-03

1 引言

目前, 分相电流差动保护的应用日益广泛, 为了提高纵联差动保护装置的耐过渡电阻能力, 一般都在装置中配有零序差动保护。配置零序差动保护的主要理由有: (1) 零序差动保护比分相电流差动保护灵敏度高; (2) 超高压长线中相间分布电容电流比零序分布电容电流大, 因此零序差动保护受电容电流影响少。然而, 经过分析计算表明, 以上两条理由并不充分。零序差动保护充其量是作为无法使用故障分量差动时的一个补充。

2 零序差动保护和故障分量差动保护灵敏度比较

2.1 理论分析

零序差动保护判据:

$$\begin{cases} |I_{m0} + I_{n0}| > k |I_{m0} - I_{n0}| \\ |I_{m0} + I_{n0}| > I_{CD0} \end{cases}$$

式中: I_{CD0} 为动作门槛值; k 为整定系数。

故障分量差动保护判据为:

$$\begin{cases} |I_m + I_n| > k |I_m - I_n| \\ |I_m + I_n| > I_{CD} \end{cases}$$

式中: I_m, I_n 表示故障分量。

如果不考虑长线分布电容, 不难得到: 内部故障考虑 $|\arg(I_m / I_n)| < 90^\circ$ 时 (一般情况下满足此条件), $|I_m + I_n| / |I_m - I_n| \geq 1$; 外部故障时, $|I_m + I_n| / |I_m - I_n| = 0$ 。因此理论上, 故障分量差动保护的動作区和制动区是不相邻的。

由于零序电流就是故障分量中的零序电流, 以上结论对零序电流差动保护同样成立。因此在理论上内部故障时无论是故障分量电流差动还是零序电

流差动, 其动作量与制动量之比均大于 1, 在比率制动这一点上两者相比无明显优劣。

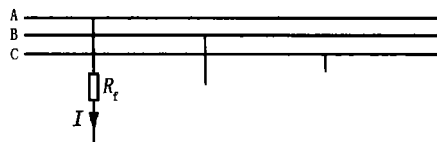


图 1 单相接地故障

Fig. 1 Single-phase earth fault

零序差动保护的应用是为了提高分相电流差动保护的耐过渡电阻能力, 因此在此只需分析内部高阻单相接地故障。以 A 相短路接地为例, 如图 1 所示, 在 A、B、C 坐标系统中的边界条件是:

$$\begin{cases} I_A = I; \\ I_B = I_C = 0 \\ U_A = I \cdot R_f \end{cases} \quad (1)$$

将式(1)中电流和电压用对称分量表示, 则得 0、1、2 坐标系统的边界条件为:

$$\begin{cases} U_1 + U_2 + U_0 = IR_f \\ I_1 = I_2 = I_0 = I/3 \end{cases} \quad (2)$$

由此可得到故障分量差流: $I_m + I_n = I_1 + I_2 + I_0 = I$; 零序差流: $I_{m0} + I_{n0} = 3 \cdot I_0 = I$ 。

因此对于单相接地故障, 故障分量差流和零序差流是相等的。从以上分析可知, 无论从比率制动的角度还是从差流的大小来看, 零序电流差动保护并不比故障分量电流差动保护灵敏度高。

2.2 超高压长线电容电流问题

对于超高压长线, 由于电容电流的存在, 必然会使无内部故障时有差流存在。对于此问题, 通常有两种处理方法: 一种是不补偿分布电容电流, 人为地抬高差动保护的動作门槛; 另一种是对电容电流进行补偿, 差动保护的動作门槛只需按正常躲过不平

衡电流整定。

对于前一种方法,即不补偿分布电容电流,此时被迫抬高的门槛将使高阻接地故障无足够的灵敏度。同时对于超高压长线的主保护装置,一般都带有距离后备保护,电压的测量是必须的,差动保护引入电压进行分布电容电流补偿也是很经济有效的办法。本文主要讨论后一种情况。目前光纤纵差保护装置的通信速率基本上还是64 kb/s,由于通讯速率的限制,一般采用向对侧传送补偿后的相电流的办法。电容电流的补偿通常采用一边补一半分布电容的方案,补偿的电容电流为:

$$I_c = (U_m + U_n) Y / 2$$

式中: $Y = Y_0 l$, Y_0 为单位长度线路的横向导纳, l 为线路全长。

一般情况下零序电流差动保护都必须有足够的延时(100 ms左右)以躲过三相合闸不同时等因素的影响。当采用良好的滤波器,并且在故障后一、两个周波后,电容电流的补偿已经可以取得十分满意的结果。因此对于电容电流进行有效地补偿后,长线电容电流将不会使故障分量电流差动和零序电流差动的灵敏度产生实质性的差异。

3 整定计算

当外部三相短路时,在零序差动保护中动作电流为被保护线路两侧零序不平衡电流的相量和,实际上也是差动保护装置采集的三相不平衡电流的相量和。制动电流为被保护线路两侧零序不平衡电流的相量差。此零序不平衡电流仅仅来自测量误差和暂态分量引起的计算误差,因此线路两侧零序不平衡电流的相量和完全有可能大于线路两侧零序不平衡电流的相量差,比率制动式零序差动保护可能误动。为避免误动,零序差动保护的動作电流门槛应按以下原则整定。

(1) 按避越外部单相接地故障时的不平衡电流整定

$$I_{CD0} = K_{rel} K_{aper} K_{st} f_i I_{k.ou.max}^{(1)}$$

式中: K_{rel} 为可靠系数,一般取 $K_{rel} = 1.3$; K_{aper} 为非周期分量系数,取 $1.5 \sim 2.0$; K_{st} 为同型系数,互感器同型号时取为0.5,不同型号时取为1.0; f_i 为互感器幅值误差, $f_i = 0.1$; $I_{k.ou.max}^{(1)}$ 为外部单相短路最大短路电流。

(2) 按避越外部三相短路时的不平衡电流整定

$$I_{CD0} = K_{rel} K_{aper} K_{st} f_i I_{k.ou.max}^{(3)}$$

式中: K_{rel} 为可靠系数,取 $1.3 \sim 1.5$; $I_{k.ou.max}^{(3)}$ 为外部三相短路最大短路电流。

故障分量差动保护的動作电流门槛整定,一般可根据负荷状态下实有的最大不平衡差动电流整定,一般取 $0.1 I_n$ (额定电流)。一般情况下,外部三相短路最大短路电流远大于额定电流,因此故障分量电流差动的動作门槛一般低于零序电流差动動作门槛,从而决定了故障分量电流差动保护具有更高的灵敏度。

4 应用范围对比分析

故障分量电流差动保护只要故障前系统处于正弦稳态并且没有内部故障时就可以应用。也就是说,即使多次发生故障或故障发展时,只要故障发生前有一段相对稳定的时期,就可以采用故障分量电流差动保护。零序电流差动保护需在故障发生后有足够的延时(100 ms左右)以躲过三相合闸不同时等因素的影响。因此在動作速度上故障分量电流差动保护具有明显的优势。

为了尽可能地利用输电线路的输送能力,在全相运行中发生单相接地故障时,有可能而必要的情况下可以使输电线两相运行几分钟甚至较长的时间,以便运行人员有足够的时间处理事故,使电力系统受到的扰动最小。此时输电线路一般都有比较重的负荷,稳态量电流差动保护的灵敏度并不能反映所有的故障,特别是高阻接地故障。零序电流差动保护此时由于故障前存在穿越性零序电流,其灵敏度也受到了严重影响。根据叠加原理不难知道,故障分量电流差动保护此时仍不受负荷电流的影响,具有较高的灵敏度。

5 结论

对于内部单相接地故障,零序电流差动保护与故障分量电流差动保护具有相同的動作电流。在比率制动特性上,在全相运行时两者的動作电流与制动电流之比在理论上均大于1,非全相运行时零序电流差动保护受负荷的影响。而且由于零序差动保护的整定需躲过外部三相短路时的不平衡电流,故障分量差动保护仅需躲过负荷状态下实有的最大不平衡差动电流,因此在实际应用中故障分量电流差动保护将具有更高的灵敏度。零序电流差动保护需在故障发生后有足够的延时(100 ms左右)以躲过三相合闸不同时等因素的影响。因此在動作速度上故障分量电流差动保护也具有明显的优势。

由于故障分量电流差动保护的应用,配置零序电流差动保护对整个保护装置的灵敏度和动作速度均没有实质性的提高。零序电流差动保护仅仅可在无法使用故障分量电流差动保护的少数场合(如故障频繁发生而且间隔很短的时候)弥补稳态量电流差动保护灵敏度不足的缺陷。

参考文献:

- [1] 华中工学院. 电力系统继电保护原理与运行[M]. 北京:水利电力出版社,1981.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京:

中国电力出版社,1996.

- [3] 尹项根,陈德树,张哲,等. 故障分量差动保护[J]. 电力系统自动化,1999,22(11):13-17.

收稿日期: 2002-06-21

作者简介:

文明浩(1973-),男,博士,从事高压线路保护的研究;

李瑞生(1966-),男,硕士研究生,高级工程师,从事继电保护方面的工作;

王强(1969-),男,硕士研究生,高级工程师,从事继电保护方面的工作。

Analysis of zero sequence current differential protection in phase segregated current

differential protection for transmission lines

WEN Ming-hao¹, LI Rui-sheng², WANG Qiang²

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: Zero sequence current differential protection is expected to improve the performance under high resistance earth fault conditions in phase segregated current differential protection for transmission lines. The results of studies indicate that fault component based differential protection is more sensitive than zero sequence current differential protection. Sets of zero sequence current differential protection have to avoid external three-phase fault imbalance current. The performance of sensitivity and trip time can not be improved by zero sequence current differential protection.

Key words: zero sequence current differential protection; phase segregated current differential protection; fault component based differential protection; relay protection

(上接第 41 页)

- [7] 王鹏,王海猷,王卫国,等. 软件测试在变电站监控主站研制中的应用[J]. 现代电力,1999,(4):65-69.
- [8] 曾昭华,蒋卫平. 中国电力科学院研究所电力系统仿真实验室[J]. 国际电力,2001,5(2):43-46.
- [9] 王澎. 利用奥秘克朗测试仪对继电保护装置进行电磁暂态试验[J]. 东北电力技术,1999,(7):25-29.
- [10] 张建诚,陈志业. 就地判别式切机装置测试仪的研究[J]. 华北电力学院学报,1996,23(2):14-18.
- [11] 李国杰,刘昊昱,左群业,等. 自动化产品模拟测试系

统[J]. 继电器,2000,28(8):48-49.

收稿日期: 2002-01-17

作者简介:

姚光华(1976-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统动态安全分析与稳定控制;

赵武智(1974-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统动态安全分析与稳定控制;

陈允平(1945-),男,教授,博士生导师,从事电力系统运行与控制、电能质量、FACTS、电力系统仿真等方面研究。

Initial analysis about measure and simulation for transient stability control equipment

YAO Guang-hua, ZHAO Wu-zhi, LIU Qi-sheng, CHEN Yun-ping

(School of Electrical Engineering of Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Directed to the bigish disparities between relay protection and stability control devices at the aspects of measure device and simulation, this paper begins from the transient stability control device, analyzes the meaning and possibility of developing general stability control measure device, discusses the relations among measure, simulation and diagnosis and points out a common test flow for stability control device. Then the technology and methods of module measure, integrate measure, digital simulation and simulation software which are important to not only stability control but also relay protection and other automation devices are presented. At the end, the author indicates the developing trends of stability control measure and simulation at the respects of network, intelligentization, realtime, modularization and so on.

Key words: transient stability control; measure device; simulation