

负荷电流对电流差动保护动作性能影响的分析

高厚磊 江世芳 山东工业大学电力学院 济南 (250061)

【摘要】 在线路电流差动保护中,向量差动作判据获得了较为广泛的应用,但其动作性能并非令人满意。本文就负荷电流对这种判据产生的不利影响进行理论分析,重点讨论内部故障情况下由于负荷电流的存在而导致保护灵敏度下降甚至拒绝动作的问题。

【关键词】 负荷电流 电流差动保护 动作判据 工频向量

1 引言

随着通信技术的不断发展,输电线路电流差动保护已从利用导引线的模拟式发展到目前利用微处理器和数字通信的全数字式。在此期间,差动保护的判据也在不断地得到改进和完善。在已经提出的判据和算法中,基于工频正弦量的向量差动作判据获得了较多应用。但应用实践表明,这种判据的允许过渡电阻能力不尽如人意,在某些内部故障情况下的灵敏度不能满足要求。为了对该问题有一个明确认识,本文利用故障分析的知识对上述问题进行理论探讨。

2 向量差动判据及特点

如图1所示,设 \dot{I}_m, \dot{I}_n 为线路两侧工频电流向量,则向量差动作判据的基本方程如式(1)和(2)所示。

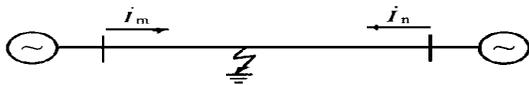


图1

$$\begin{cases} |\dot{I}_m + \dot{I}_n| > I_0 \\ |\dot{I}_m + \dot{I}_n| > K(|\dot{I}_m| + |\dot{I}_n|) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} |\dot{I}_m + \dot{I}_n| > I_0 \\ |\dot{I}_m + \dot{I}_n| > K(|\dot{I}_m - \dot{I}_n|) \end{cases} \quad (2)$$

式中: I_0 —最小整定值, K —制动系数。

式(1)为国外保护常用判据^{[1][2]},式(2)为国内保护常用判据^{[3][4][5]}。两式不同之处在于制动量的选取不一样。这是国内保护为克服国外判据在内、外部故障时具有相同制动作用的不足而进行的改进。

式(1)或(2)构成的动作判据具有概念明确、形式直观、动作特性分析方便等优点,在一般情况下能

满足灵敏度和稳定性的要求。但这种向量差动判据存在以下问题:

判据中所用的各侧电流向量,在系统正常时为负荷电流,在故障情况下为包括负荷电流在内的故障后稳态工频量。系统正常运行或发生外部故障时,两侧电流大小相等,相位相反(忽略电容电流),保护能可靠不动,负荷电流的存在不会产生不利影响。在发生内部不对称或经过渡电阻的对称故障时情形则大不相同。负荷电流为穿越性电流,它对两侧故障电流大小和相位关系的影响总是使其朝着不利于动作的方向发展,这表现为一般情况下会降低保护的灵敏度,在经高阻故障伴有较大负荷送出的情况下将会导致保护拒动。这类保护的允许过渡电阻能力一般不超过250^{[5][6]}。为了对该问题有一个清楚了解,下面进行详细分析。

3 负荷电流影响的分析

如图2所示双端系统,假定 M 侧电势领先 N 侧电势,系统和线路各序阻抗的阻抗角相等,各元件的正、负序阻抗相等, F 为 MN 线路中的任意点,规定母线指向线路为电流正方向。

当系统正常运行时, A 相负荷电流为:

$$\dot{I}_{fHA} = \frac{\dot{E}_{MA} - \dot{E}_{NA}}{Z_{M1} + Z_{MN1} + Z_{N1}} \quad (3)$$

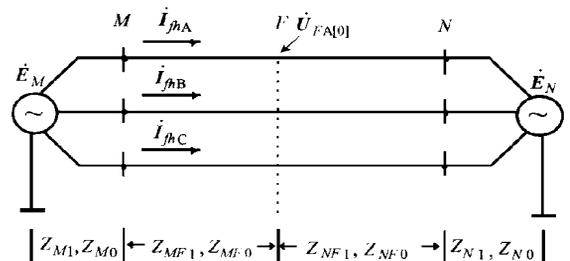


图2

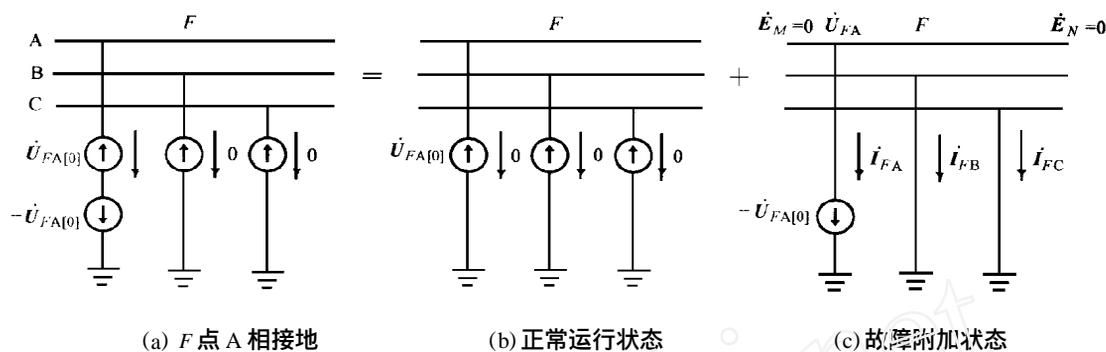


图3 F点A相接地故障分解

F点A相电压为:

$$\dot{U}_{FA[0]} = \dot{E}_{MA} - \dot{I}_{fHA} (Z_{M1} + Z_{MF1}) \quad (4)$$

现假定F点发生金属性接地故障,根据叠加原理可将故障系统分解为正常负荷状态和故障附加状态,如图3所示。

为求解各侧总的短路电流,首先必需求出故障附加状态对应的故障分量电流。

由图3(c)可知,故障附加状态的边界条件为:

$$\begin{cases} \dot{I}_{FB} = 0, \dot{I}_{FC} = 0 \\ \dot{U}_{FA} = -\dot{U}_{FA[0]} \text{ 文利} \end{cases} \quad (5)$$

将(5)写成对称分量形式,有:

$$\begin{cases} \dot{I}_{FA1} = \dot{I}_{FA2} = \dot{I}_{FA0} = \frac{1}{3} \dot{I}_{FA} \\ \dot{U}_{FA1} + \dot{U}_{FA2} + \dot{U}_{FA0} = -\dot{U}_{FA[0]} \end{cases} \quad (6)$$

由式(6)可作出求解故障分量的复合序网,如图4所示。由图不难得出:

$$\dot{I}_{FA1} = \dot{I}_{FA2} = \dot{I}_{FA0} = \frac{\dot{U}_{FA[0]}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (7)$$

$$\dot{I}_{FA} = 3 \cdot \frac{\dot{U}_{FA[0]}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (8)$$

式中, Z_1, Z_2, Z_0 分别为正、负、零序网的综合阻抗,其值可由系统及线路各序参数算出,一般有 $Z_1 = Z_2$ 。故障点各序电流得到后可计算M侧线路序电流:

$$\dot{I}_{MF1} = \frac{Z_{N1} + Z_{NF1}}{Z_{M1} + Z_{MN1} + Z_{N1}} \cdot \dot{I}_{FA1} = C_{M1} \cdot \dot{I}_{FA1} \quad (9)$$

$$\dot{I}_{MF2} = \frac{Z_{N2} + Z_{NF2}}{Z_{M2} + Z_{MN2} + Z_{N2}} \cdot \dot{I}_{FA2} = C_{M1} \cdot \dot{I}_{FA1} \quad (10)$$

$$\dot{I}_{MF0} = \frac{Z_{N0} + Z_{NF0}}{Z_{M0} + Z_{MN0} + Z_{N0}} \cdot \dot{I}_{FA0} = C_{M0} \cdot \dot{I}_{FA1} \quad (11)$$

至此,M侧A相故障分量电流可以算出:

$$\dot{I}_{MA} = \dot{I}_{MF1} + \dot{I}_{MF2} + \dot{I}_{MF0} = (2 \cdot C_{M1} + C_{M0}) \cdot \dot{I}_{FA1}$$

$$\dot{I}_{FA1} = K_M \cdot \dot{I}_{FA}$$

$$K_M = \frac{1}{3} \cdot (2 C_{M1} + C_{M0}) \quad (12)$$

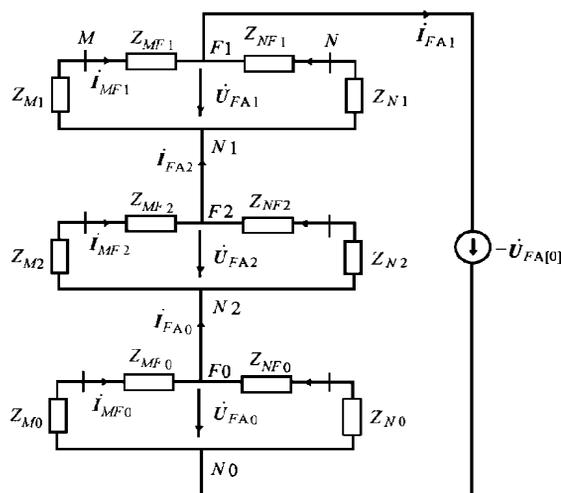


图4 求故障分量电流的复合序网

同理可以算出N侧A相故障分量电流:

$$\dot{I}_{NA} = (2 C_{N1} + C_{N0}) \cdot \dot{I}_{FA1} = K_N \cdot \dot{I}_{FA}$$

$$K_N = \frac{1}{3} (2 C_{N1} + C_{N0}) \quad (13)$$

式中:

$$C_{N1} = \frac{Z_{M1} + Z_{MF1}}{Z_{M1} + Z_{MN1} + Z_{N1}}$$

$$C_{N0} = \frac{Z_{M0} + Z_{MF0}}{Z_{M0} + Z_{MN0} + Z_{N0}}$$

在各序阻抗角相等的条件下, K_M, K_N 均为小于1的实数且 $K_M + K_N = 1$ 。

考虑负荷电流后,各侧故障后的A相短路电流应为:

$$\dot{I}_{MA} = \dot{I}_{fHA} + \dot{I}_{MA} = \dot{I}_{fHA} + K_M \cdot \dot{I}_{FA} \quad (14)$$

$$\dot{I}_{NA} = -\dot{I}_{fHA} + \dot{I}_{NA} = -\dot{I}_{fHA} + K_N \cdot \dot{I}_{FA} \quad (15)$$

根据以上计算结果,可作出图5所示的电压电流向量图。

由图5(b)可以清楚地看到,线路内部故障时,负荷电流的存在使线路两侧故障相电流的相位差加

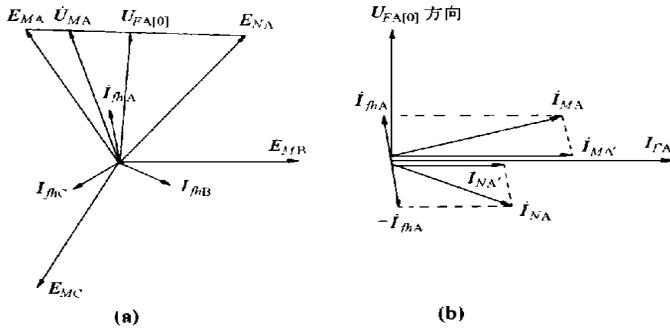


图 5 双端系统 F 点 A 相接地电压、电流向量图

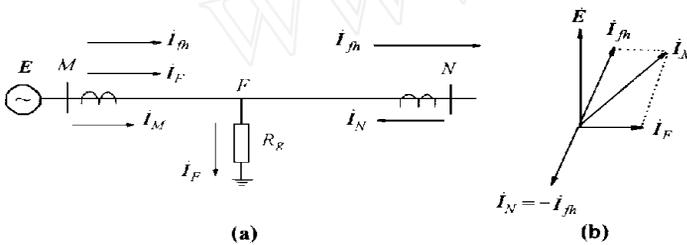


图 6 内部故障伴有负荷送出示意图

大,同时也影响到两侧电流的幅值。这在负荷电流较小而故障分量很大的情况下不会对相量差动判据构成威胁。当长线重载线路上发生经过渡电阻短路特别是经高阻短路时,由于故障分量变小将导致图 5(b)中两侧的故障相电流的相位差向超过 90 的方向增大,从而使向量差动判据中的工作量减小,保护的灵敏度将因此受到严重威胁。下面再来看另一种情形。

图 6 给出一经高阻短路且线路一端有负荷送出的故障情况。由图中向量图可知,由于系统中的故障分量电流小于负荷电流,同时在 N 端又有 100% 的负荷送出,从而导致线路两侧电流向量的关系接近于外

部故障,保护将拒绝动作。这种内部故障伴有负荷送出的情况,在双端或三端系统中某一端或某两端系统退出运行的时间里时有发生,这给向量差动原理的保护造成很大困难。

4 结论

以上分析表明,基于向量差动作判据的电流差动保护,在内部故障时其动作性能将受到负荷电流的影响。表现为一般情况下会降低保护的灵敏度,高阻故障或高阻故障伴有负荷送出时将导致保护拒动。从上述分析过程可以看出,若用两端故障分量电流取代两端的稳态工频电流向量并构成类似于式(1)所示的动作判据,将能克服上述由负荷电流所带来的问题。因此,基于故障分量的电流差动保护动作判据是一个值得考虑的方案。

参考文献

- 1 T. Einarsson, et al. Experiences of Current Differential Protection for Multi - Terminal Power Lines Using Multiplexed Data Transmission System. CIGRE, 1994 Session, Paris, 34 - 203.
- 2 南京自动化研究所翻译. LFCB102 型数字电流差动保护使用说明书. 1989.
- 3 田晓玫, 马天浩等. 数字式光纤纵差保护的研究. 光通信研究, 1993, (1).
- 4 许继电器股份有限公司. WXH - 35 型微机短线路保护装置. 1995.
- 5 王旭昭, 伍叶凯等. 一种适用于双端系统微机微波电流差动保护的跳闸判据. 继电器, 1991, (4).
- 6 山东工业大学. ABB 公司 REL561 型分相电流差动保护装置介绍及动模试验报告. 1995.

收稿日期: 1998-07-24

高厚磊 男, 1965 年生, 博士, 研究方向为电力系统继电保护.

ANALYSIS FOR AFFECTION OF LOAD CURRENT TO OPERATING PERFORMANCE OF CURRENT DIFFERENTIAL PROTECTION

Gao Houlei, Jiang Shifang (Power College of Shandong Industry University, 250061 Jinan, China)

Abstract Phasor differential criterion has been widely used in line differential protection. But its operating performance is not satisfactory. This paper analyzes the affection of load current to operating performance of the criterion. The problem that load current causes sensitivity to be lowed (even not to trip) under internal fault conditions is mainly discussed.

Keywords Load current Current differential protection Operating criterion Fundamental frequency phasor