

微机零序电流方向保护检验探讨

王惠蓉, 王宽, 陈航生

(福州电业局检修部, 福建 福州 350001)

摘要: 根据多年来从事继电保护综合自动化系统现场调试工作的经验, 结合大电流接地系统 in 发生接地故障的特点, 从正方向和反方向接地故障两个方面简要介绍了微机零序电流方向的保护原理。探讨了微机零序电流方向保护的调试方法及其特点, 根据不同厂家装置的特点总结了现场调试过程中需注意的问题, 得出了实际检验调试过程中的注意事项。

关键词: 接地故障; 最大灵敏角; 动作区; 最小动作电压

Discussion about microcomputer-based zero sequence current directional protection

WANG Hui-rong, WANG Kuan, CHEN Hang-sheng

(Fuzhou Electric Power Industry Bureau, Fuzhou 350001, China)

Abstract: According to the experiences from the scene debug of the integrated automation system over the years and characteristic of neutral point effectively earthing, this paper simply introduces the principles about the microcomputer-based zero sequence current directional protection from positive-earth fault and the negative earth fault. In addition, it discusses the debug way and characteristics about microcomputer-based zero sequence current directional protection. Meanwhile, it sums up the points worth paid attention to during the process of scene debug relying on the specialties of devices produced by different factories and concludes the alarming terms in the practical test and debug.

Key words: earth fault; maximum flexible angle; operating zone; minimum operating voltage

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)02-0118-04

0 引言

随着电力系统向高电压、大机组、现代化大电网方向发展, 继电保护技术及其装置应用水平也获得很大提高, 继电保护已从常规的继电器保护过渡到综合的微机保护。

在我国电力系统中, 110 kV 及以上电压等级电网都采用中性点直接接地方式, 有称为大电流接地系统, 在这种电网中, 接地故障占总故障次数的 90% 左右。作为接地保护的零序电流方向保护是高压线路保护中正确动作率最高的一种, 在高压电网中发挥着重要作用。在我国中性点直接接地系统不同电压等级电网线路上都装设了零序电流方向保护装置。而保证零序方向保护能否有选择性地动作的核心元件是零序方向继电器。因此, 本文以微机型的线路零序电流方向保护为例, 结合大电流接地故障的特点及零序方向保护的原理, 将微机型的零序方向继电器的调试方法作较为全面的探讨。

1 接地故障特点及微机零序电流方向保护原理简述

1) 大电流接地系统在发生接地故障时, 零序电流和零序电压的相位关系只与变电所和有关支路的零序阻抗角有关, 与故障点有无过渡阻抗无关。

(1) 正方向接地故障, 如图 1~图 3 所示, K 点故障时, 零序网络中线路侧, 流过零序电流 I_{M0} 靠近母线 M 侧零序电压 U_{M0} 为 $\dot{U}_{M0} = -\dot{I}_{M0} \dot{Z}_{M0}$, 其中 \dot{Z}_{M0} 为 M 侧零序电源阻抗。 Z_{M0} 主要决定于变电所中性点接地变压器的零序阻抗, 假设阻抗角为 85° , 则零序电压滞后零序电流 95° 。相量关系如图 3 所示。

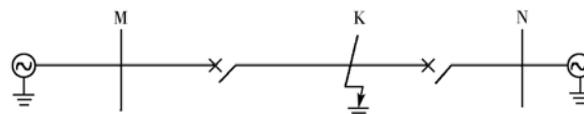


图 1 正方向系统图

Fig.1 Direction diagram

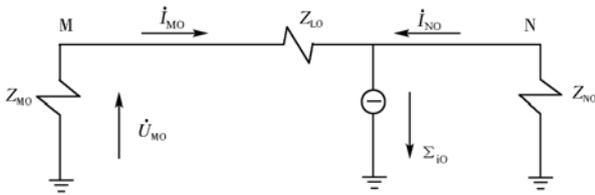


图 2 零序等值电路

Fig.2 Zero-sequence equivalent circuit

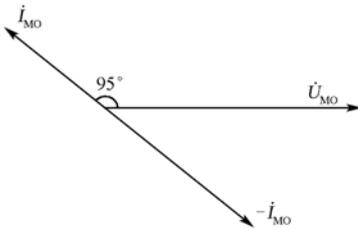


图 3 零序电压、电流向量图

Fig.3 Zero-sequence voltage and electric current vector diagram

(2) 反方向接地故障, 如图 4~图 6 所示, K 点故障时, M 侧保护零序电流和 N 侧保护零序电流相等, 方向相反, 即 $\dot{i}_{M0} = -\dot{i}_{N0}$, 若线路上没有插入任何感应零序电压, 则 M 侧母线零序电压为 $\dot{U}_{M0} = \dot{i}_{M0}(Z_{M0} + Z_{L0})$, Z_{N0} 为对侧变电所零序电源阻抗; Z_{L0} 为线路零序阻抗; $Z_{N0} + Z_{L0}$ 主要决定于线路阻抗, 约为 80° 左右, 所以零序电压超前零序电流 80° 左右, 向量关系如图 6 所示。

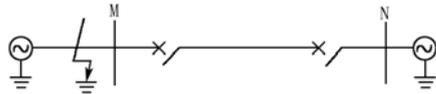


图 4 反方向系统图

Fig.4 Reversed direction diagram

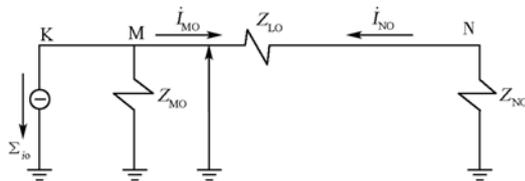


图 5 零序等值电路

Fig.5 Zero-sequence equivalent circuit

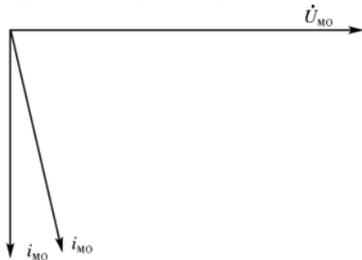


图 6 零序电压、电流向量图

Fig.6 Zero-sequence voltage and electric current vector diagram

2) 微机零序电流方向保护与传统的零序电流方向保护基本原理相一致, 即配置零序电流分量大小元件和方向元件的多段式电流方向保护。所不同的是传统的零序电流方向保护逻辑是由硬接点组成, 而微机零序电流方向保护除了输入量的采集外, 所有的零序电流大小计算、故障方向判断均由软件完成, 满足动作要求即发出跳闸出口命令。受故障过渡电阻的影响较小, 具有较高的灵敏度。

2 微机零序电流方向保护检验

由于微机保护的逻辑计算智能化特点, 简化了调试, 各装置厂家也没有专门的零序方向元件调试规程及检验方法, 人们在年检时对零序电流方向保护一般仅作正反方向保护动作行为来验证其正确性。但我省系统短路容量的不断增大, 省网内大多数变电站的 110 kV 母线等值零序阻抗逐渐减小, 对于 300 A 的故障零序电流, 其在保护安装处产生的零序电压小于 2 V, 小于大多数通用线路保护零序功率方向的动作门槛 (对于 PSL/RCS 系列保护, 其零序功率基本门槛为 0.5 V)。因此, 就必须检验零序电流保护的功率方向元件最小动作电压 (与设备技术参数相比较)、零序功率方向元件动作区及最大灵敏角, 保证接地故障时零序方向元件可靠动作。我局几种线路保护型号的零序方向元件最小动作电压见表 1。

表 1 几种线路保护型号的零序方向元件最小动作电压

Tab.1 Minimum smallest operating voltage of the zero-sequence directional elements about several kinds of line protection models

型号	厂家	最小动作电压
PSL-602、PSL-603	国电南自	0.5 V 加浮动门槛
RCS-900 系列	南瑞继保	0.5 V < 最小动作电压 < 1.0 V
CSC-101B	北京四方	≥ 1.5 V
WXH-803	许继	1 V < 最小动作电压 < 2 V

检验前大家应了解不同厂家对角度正、负有不同的规定, 南自厂保护电流滞后电压规定为正角, 微机保护测试仪一般规定电流滞后电压为负角。明确了规定, 在试验中角度的判断和计算就不会混淆。

以南自厂线路保护 PSL-602 为例, 零序方向元件灵敏角为 -110° , 动作范围如下: $175^\circ \leq \arg \frac{3\dot{U}_0}{3\dot{I}_0} \leq 325^\circ$, 即零序电压超前零序电流在 $175^\circ \sim 325^\circ$ 之间。

见图 7 PSL-602 零序方向元件灵敏角及动作区。

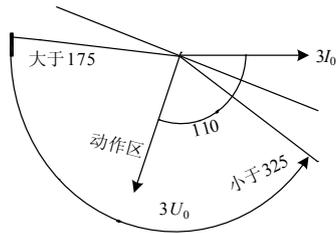


图 7 PSL-602 零序方向元件灵敏角及动作区

Fig.7 Flexible angle and operating zone of the PSL-602 zero-sequence directional elements

但大家在检验中发现定值单给出的是：零序阻抗补偿系数 $KR=3.25$ 、零序电抗补偿系数 $KX=0.81$ （我局南郊变 220 kV 高南线 PSL 602G 定值）。其实给出的是线路零序阻抗角： $\phi=90-\text{arctg} \frac{0.81}{3.25} = 90-14=76^\circ$ ，发生接地故障时“602”装置的零序功率方向继电器测量到的系统零序电流超前零序电压 104° ，接近方向继电器的灵敏线。见图 8 接地故障零序电流超前零序电压相量图。

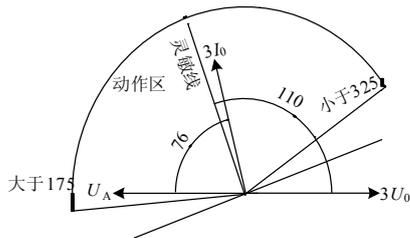


图 8 接地故障零序电流超前零序电压相量

Fig.8 The vector of zero-sequence electric current in advance zero-sequence voltage in the earth fault

2.1 微机三相试验仪设置（设 A 相接地故障）

(1) $U_a=X$ V (X 为根据实验项目所加的电压值)， U_b 、 U_c 相电压为正常值，则 $3\dot{U}_0 = \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c = (X-57.7$ V)；

(2) 设 I_a 为 1.2 倍零序电流动作值， $3I_0=I_a$ ；

(3) 电流角度以 U_a 为基准，输入角度(注意：微机三相试验仪，电流滞后电压为负角)。

2.2 是否经方向元件控制检查

以零序 I 段为例，将装置中 1LP16 零序 I 段保护、1LP18 零序总投压板投入，定值中零序 I 段方向控制字投入。模拟反方向 A 相接地故障，设 $U_A=10$ V (B、C 相电压为正常值)， $3U_0=(10$ V- 57.7 V) $=47.7$ V， $I_A>$ I 段定值，输入角度 -250° ，即 I_A 滞后 U_A 250° ， $3U_0=-U_A$ 且超前 $I_A=3I_0$ 70° ，为反方向故障，零序方向 I 段不动作，见图 9， $3U_0$

超前 $3I_0$ 70° ；模拟正方向 A 相接地故障，按上述设置，仅改变输入角度 -70° ，即 U_A 超前 I_A 70° ，则 $3I_0$ 超前 $3U_0$ 110° ，为正方向故障，零序方向 I 段动作，见图 10， $3I_0$ 超前 $3U_0$ 110° 。

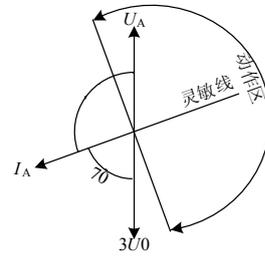


图 9 $3U_0$ 超前 $3I_0$ 70°

Fig.9 $3U_0$ in advance $3I_0$ 70 degrees

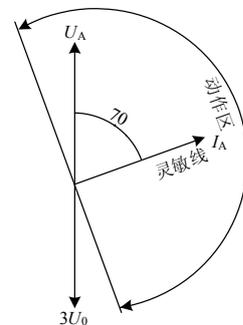


图 10 $3I_0$ 超前 $3U_0$ 110°

Fig.10 $3I_0$ in advance $3U_0$ 110 degrees

2.3 零序方向元件动作区及灵敏角检查

以零序 I 段为例，将装置中 1LP16 零序 I 段保护、1LP18 零序总投压板投入，定值中零序 I 段方向控制字投入。设 $U_A=10$ V (B、C 相电压为正常值)， $3U_0=(10$ V- 57.7 V) $=47.7$ V， $I_A>$ I 段定值，输入角度小于 -145° ，即 U_A 超前 I_A 小于 145° ，模拟 A 相接地故障，零序电流方向 I 段动作，记录 $\phi_1=145^\circ$ ；条件同前，输入角度小于 5° ，即 U_A 滞后 I_A 小于 5° ，模拟 A 相接地故障，零序电流方向 I 段动作，记录 $\phi_2=5^\circ$ ，即在 $-5^\circ \leq \phi \leq 145^\circ$ (按南自厂规定正负) 区间，动作区为 $145^\circ - (-5^\circ) = 150^\circ$ ，计算最大灵敏角为： $-\phi_L = \frac{145^\circ - (-5^\circ)}{2} + 35^\circ = 110^\circ$ ，即零序电流 $3I_0$ 超前零序电压 $3U_0$ 110° 。见图 11 零序方向元件动作区及灵敏角。

2.4 最小动作电压检验

按 2.1.3 条件，在最大灵敏角 -110° 下，即输入角度 -70° (U_A 超前 I_A 70°)，输入 $U_A=55$ V (B、C 相电压为正常值)， $I_A>$ I 段定值，模拟 A 相单相接地故障， $3U_0=(55$ V- 57.7 V) $=2.7$ V 大于 2 V，零

序方向 I 段动作; 按 0.2 V 步长继续增大 U_A 值, 即减小 $3U_0$ 值至 2 V, 零序电流方向 I 段不动作, 求出零序方向元件最小动作电压大于 2 V, 与设备技术参数相比较满足要求。

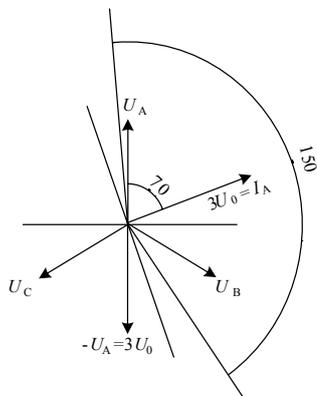


图 11 零序方向元件动作区及灵敏角

Fig. 11 Operating zone and flexible angle of the zero-sequence directional elements

3 调试中的常见问题

零序电流保护中零序过流部分往往没有问题。问题总是出现在零序功率方向上, 保护人员经常弄错。现场主要有 2 个问题: CT 的极性问题、保护装置的内角问题。

3.1 CT 的极性问题

微机线路保护的零序电流取自三相星型接线方式形成的 $3I_0$, CT 的极性为母线指向线路为正方向。

3.2 保护装置里的内角问题

20 世纪 90 年代前常使用的零序方向电流保护, 一般采用内角为 70° 的零序功率方向继电器, 施工中将 $3U_0$ 电压极性反接, 即接入装置电压为负 $3U_0$, 零序电流回路同极性接入, 采用这样的接线方式, 最终实现零序方向电流保护功能。现在微机线路保护装置普遍采用自产 $3U_0$ 解决方案, 正常情况下不用外部 $3U_0$, PT 断线后使用外接 $3U_0$, 以南瑞 RCS900 系列保护为代表。当 PT 断线时装置自动退出零序方向元件, 只保留不带方向的零序过流保护。

4 结束语

本文简要介绍了微机零序电流方向保护的原理, 实际检验中的调试方法和注意事项。总之, 在微机零序电流方向保护调试中, 首先, 应以厂家技术说明书和检验规程为依据, 结合定值通知单及调试试验仪的实际, 正确设置调试参数, 使模拟接地故障时与大电流系统接地故障时零序电流和零序电压的相位关系一致。其次, 应掌握正确的调试方法, 保证零序方向元件的方向性和灵敏性, 使零序电流方向保护在系统发生故障时能有选择性地正确动作, 有效地保证电网安全稳定运行。

参考文献

- [1] 国电南自 PSL-602 技术说明书, PSL-603 技术说明书[Z]. 2006.
State Power Nanjing Automation PSL-602 Technical Manual, PSL-603 Technical Manual[Z]. 2006.
- [2] 南瑞继保 RCS-900 系列技术说明书[Z]. 2007.
Nari-Relays RCS-900 Series Technical Manual[Z]. 2007.
- [3] 北京四方 CSC-101B 技术说明书[Z]. 2004.
Sifang CSC-101B Technical Manual[Z]. 2004.
- [4] 许继 WXH-803 技术说明书[Z]. 2005.
Xuchang Relay WXH-803 Technical Manual[Z]. 2005.
- [5] 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.
- [6] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

收稿日期: 2009-02-22; 修回日期: 2009-05-17

作者简介:

王惠蓉 (1956-), 女, 高级技师, 主要从事电力系统继电保护、变电站综合自动化及电气设备故障诊断等领域的研究和管理; E-mail: whr2864@yahoo.com.cn

王宽 (1981-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力系统继电保护、变电站综合自动化及电气设备故障诊断等领域的研究和维护工作;

陈航生 (1983-), 男, 高级工, 主要从事电力系统继电保护、变电站综合自动化及电气设备故障诊断等领域的研究和维护工作。