

强磁弱电系统中一起保护误动作分析

杨先义, 王 华, 陈 漫
(成都电业局, 四川 成都 610021)

摘 要: 分析了强磁弱电系统下的一起纵联零序保护误动作行为, 并提出了防止误动作的改进措施。

关键词: 强磁弱电系统; 纵联零序方向; 误动作; 改进措施; 负序功率方向

Abstract: The pilot zero sequence protection misoperation under a magnetically strong and electrically weak system is analyzed and an improvement action for preventing misoperation is proposed.

Key words: strong magnetism and weak electricity system; pilot zero sequence direction; misoperation; improvement action; negative sequence power direction

中图分类号: TM773 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2009)06-0075-04

1 事故简述

2009 年 3 月某日, 110 kV 面海线发生 C 相永久性接地故障, 大面站 110 kV 面海线 147 开关零序电流 II 段保护动作, 重合后加速。与此同时, 与 110 kV 面海线同廊架设 (共走廊距离约 17 km) 的 220 kV 大石南线两侧的 RCS902A-SC 纵联零序方向保护动作, 单跳 C 相, 经重合闸延时后重合, 重合成功后线路两侧 RCS902A-SC 纵联零序保护再次动作, 三跳。事故后巡线, 在 110 kV 面海线上找到故障点, 而在 220 kV 大石南线上未发现有故障。220 kV 大石南线保护配置: 一号保护为光纤纵差 PSR703, 未动作; 二号保护为纵联距离零序 RCS902A, 纵联零序方向保护动作, 测距 -34 km。所有故障录波启动, 所有 220 kV 线路收发信机启动, 现场一次设备检查正常。故障发生前, 系统运行方式如图 1。

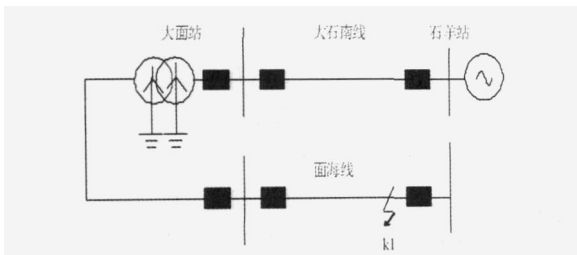


图 1 故障前系统接线方式

2 保护动作行为分析

2.1 RCS902A-SC 动作原因分析

取大面变电站和石羊变电站的 RCS902A-SC 录波数据计算零序电流幅值、零序电压幅值、零序电压电流相位及零序功率如图 2。石羊变电站侧零序故障分量波形见图 2。图 2(a)为 $3I_0$ 的幅值, 图 2(b)为 $3U_0$ 的幅值, 图 2(c)为 $3U_0$ 超前 $3I_0$ 的角度, 图 2(d)为零序功率。从图上可以看到, 故障后, $3U_0$ 超前 $3I_0$ 约 250° , 零序功率为 -5 VA 。 $3U_0$ 和 $3I_0$ 的相位关系和零序功率表明石羊变电站侧零序功率方向判为正方向。石羊变电站零序电流 $3I_0$ 达到约 2.3 A , 超过整定为 1.3 A 的“零序方向过流定值”。大面变电站侧零序故障分量波形见图 3。图 3(a)为 $3I_0$ 的幅值, 图 2(b)为 $3U_0$ 的幅值, 图 3(c)为 $3U_0$ 超前 $3I_0$ 的角度, 图 3(d)为零序功率。从图上可以看到, 故障后, $3U_0$ 超前 $3I_0$ 约 220° , 零序功率为 -1.7 VA 。 $3U_0$ 和 $3I_0$ 的相位关系和零序功率表明大面变电站侧零序功率方向判为正方向。大面变电站零序电流 $3I_0$ 达到约 1.8 A , 超过整定为 1 A 的“零序方向过流定值”。

分析结论图 4: 线路两侧的零序功率方向均为正方向。对纵联零序保护而言, 线路两侧的零序功率方向均判为正方向, 且零序电流超过了“零序方向过流定值”, 故而纵联零序方向保护动作。

2.2 区外故障纵联零序方向动作的原因

根据系统等效接线图 (图 5、6), 考虑线路互感的影响, 忽略电阻, 根据每回线路的零序电压降和基尔霍夫方程, 可列出以下方程组。

$$I_0 = I_1 + I_2$$

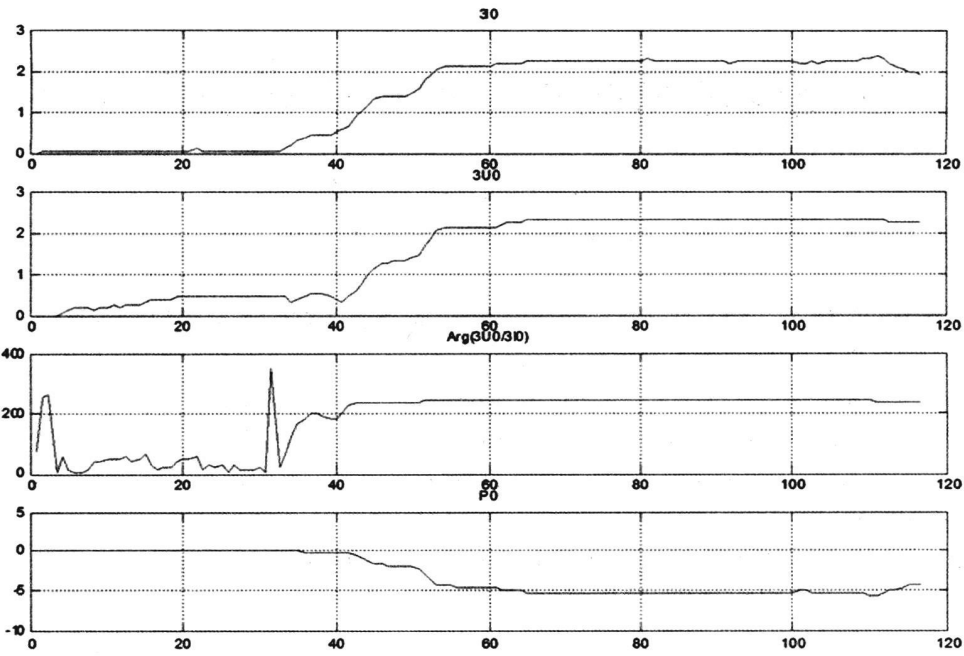


图 2 石羊变电站侧零序故障分量波形分析

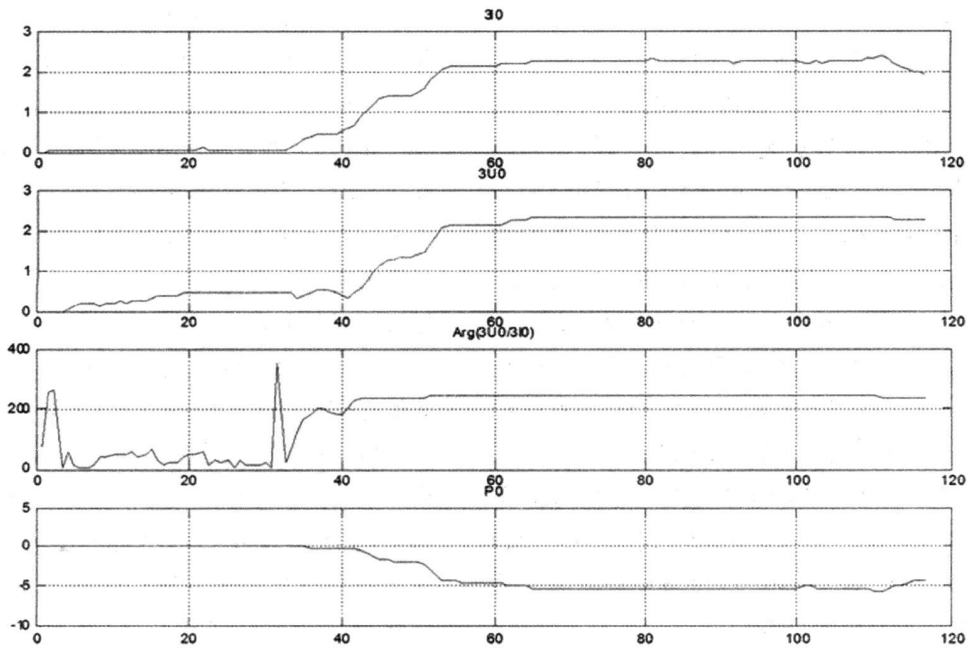


图 3 大面变电站侧零序故障分量波形分析

$$\begin{aligned}
 U_0 &= (Z_{1l0} + Z_{l0}) I_l + Z_{sn0} I_s + Z_{0m} I_m - U_{m0} & U_{m0} &= Z_{sn0} I_s \\
 &= I_l (Z_{120} + Z_{sn0}) + Z_{0m} I_m & U_{n0} &= Z_{sn0} I_s
 \end{aligned}$$

对方程组进行求解, 可求得:

$$\begin{aligned}
 U_{m0} &= \frac{U_0 [Z_{sn0} (Z_{2l0} + Z_{sn0}) - Z_{0m} (Z_{sn0} + Z_{l0})]}{(Z_{2l0} + Z_{l0} + Z_{sn0} - Z_{cm}) (Z_{1l0} + Z_{sn0}) (Z_{1l0} + Z_{sn0}) + (Z_{sn0} + Z_{cm}) (Z_{1l0} - Z_{cm})} \\
 U_{n0} &= \frac{U_0 (Z_{sn0} + Z_{0m}) Z_{sn0}}{(Z_{2l0} + Z_{l0} + Z_{sn0} - Z_{cm}) (Z_{1l0} + Z_{sn0}) + (Z_{sn0} + Z_{cm}) (Z_{1l0} - Z_{cm})}
 \end{aligned}$$

由于上式分母大于零, 因此, 当 $[Z_{sn0} (Z_{2l0} + Z_{sn0}) < Z_{cm} (Z_{sn0} + Z_{l0})]$ 时, $U_{m0} < 0$, 即线路两侧零序电压出现反相。且 $Z_{sn0} + Z_{l0}$ 越大, 或 $Z_{2l0} + Z_{sn0}$ 越小, 或 Z_{0m} 越大, 越容易出现零序电压反相。以上比较式中,

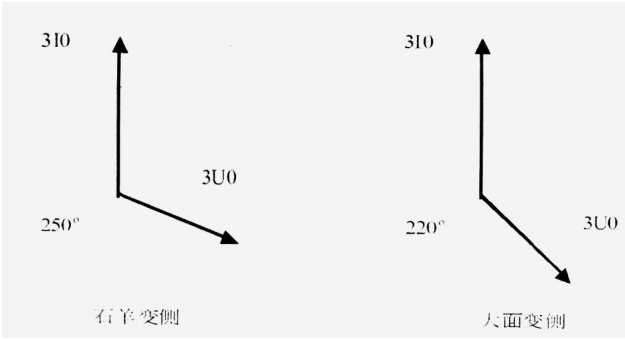


图 4 线路两侧零序方向分析

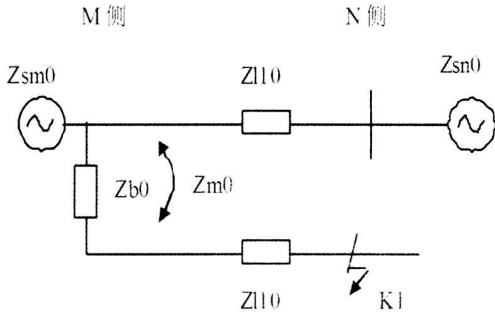


图 5 系统等效接线图

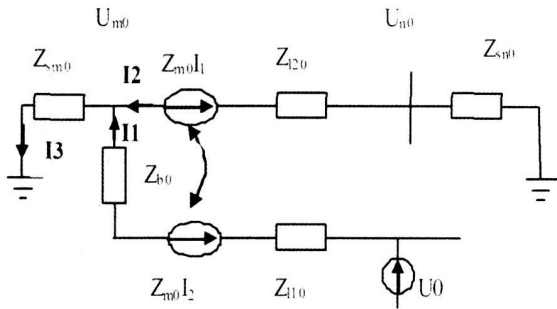


图 6 零序回路示意图

$Z_{sn0} (Z_{210} + Z_{sn0})$ 可理解为系统中电的联系程度, $Z_m (Z_{sn0} + Z_{10})$ 可理解为系统中磁的联系程度, 如果磁的联系大于了电的联系, 应会出现线路两侧零序电压反相的结果, 造成纵联零序保护误动。

本案例中发生区外故障时因为相邻线路零序互感 Z_{0m} 的原因, 使大石南线线路上的零序电压和零序电流发生变化, 导致大石南线的零序功率方向发生误判。220 kV 大石南线与 110 kV 面海线之间存在较弱的电气联系和较强的电磁联系, 定量计算显示其电磁联系强于电气联系, 因此当 110 kV 面海线上发生单相接地故障时, 大面变电站侧零序电压出现反相, 与零序电流方向出现“负负得正”的效果, 从而使得线路双方零序方向均判为正方向, 保护误动。

就零序方向继电器来看, 互感引起的效果与线路发生接地故障的效果是一致的, 所不同之处在于: 互感引起的零序变化可以视为零序电压源串接于线路, 是一个纵向故障源, 故障引起的零序变化可以视为零序电流源并接于故障点, 是一个横向故障源; 互感引起的零序电流是穿越性的, 故障导致的零序电流两侧是负的, 均由线路流向母线; 互感引起的零序电压两侧相差 180° ; 故障导致的零序电压两侧均为正^[1]。

2.3 负序功率方向分析

在强磁弱电系统下发生单相接地故障时, 负序功率方向能否正确反映出故障点位置呢? 以下根据本案提取的相同故障录波数据进行误动线路两侧的负

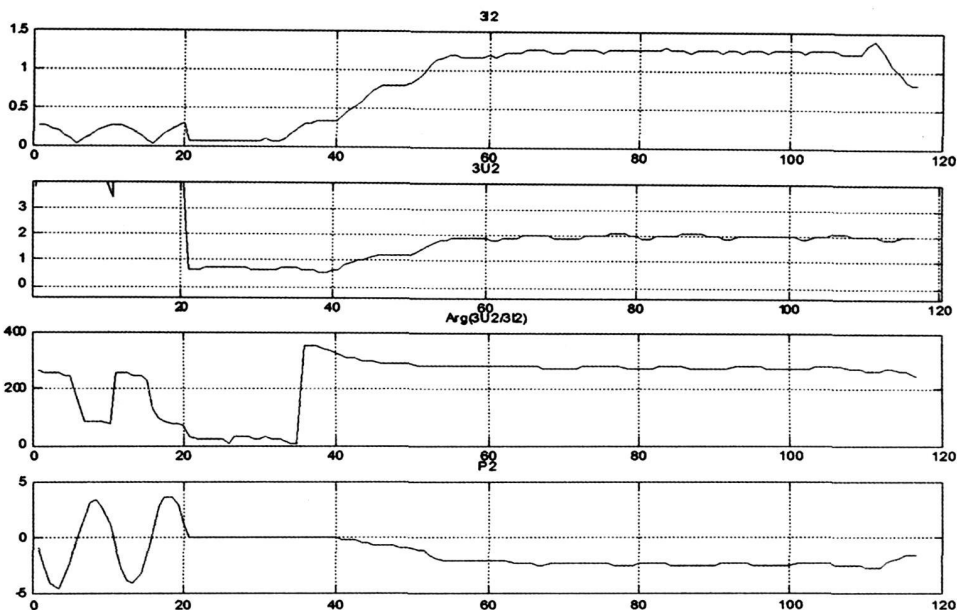


图 7 石羊变电站侧负序故障分量波形分析

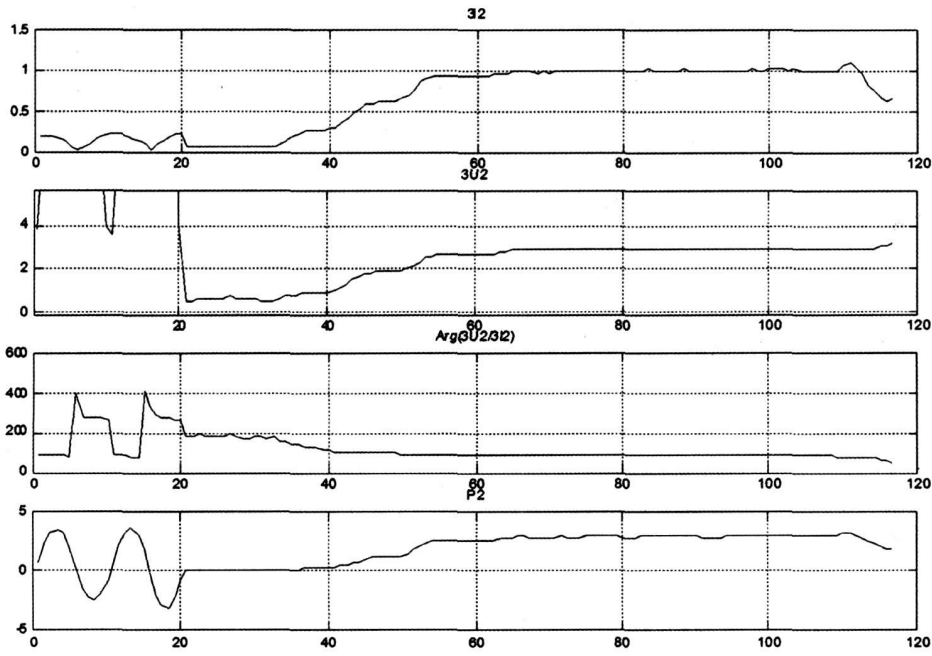


图 8 大面变电站侧负序故障分量波形分析

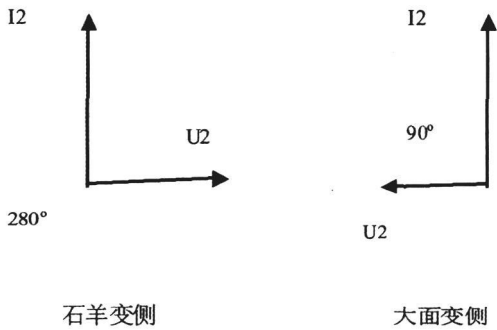


图 9 线路两侧负序方向分析

序故障分量分析。石羊变电站负序电压、负序电流、负序电压电流相位和负序功率如图 7。 $3U_2$ 超前 $3I_2$ 的相位约在 280° 左右, 负序功率 P_2 约为 -2.8 VA 。从 $3U_2$ 超前 $3I_2$ 的相位和负序功率可以看到, 石羊变电站侧负序功率方向判为正方向。大面变电站负序电压、负序电流、负序电压电流相位和负序功率如图 8。 $3U_2$ 超前 $3I_2$ 的相位约在 90° 左右, 负序功率 P_2 。

分析结论: 石羊变电站负序功率方向判别为正方向故障, 大面变电站负序功率方向判别为反方向故障, 上述方向判别表明是发生了区外故障。

3 改进措施

(1) 采用光纤差动保护。由于光纤差动保护是基于基尔霍夫定律原理, 它不再依赖零序功率方向继电器来判别故障方向, 因而可以从根本上避免零序方

向的误判问题。从本案中也可看出, 误动作线路配置的光纤差动保护并未动作。而且, 同纵联距离零序保护相比, 光纤差动保护具有天然判相功能, 对于同杆线路的跨线故障, 有很强的识别功能, 因此采用光纤差动保护是最有效和最完善的措施。但目前典型设计要求超高压线路的两套主保护需要采用不同原理的保护, 能否同时采用双光差保护, 值得进一步研究。

(2) 增加纵联零序保护的负序闭锁条件, 采用零序和负序电气量的综合判别。由于负序功率方向在强磁弱电条件下发生单相故障时依然能够保持方向判别的正确性, 通过在纵联零序方向保护中采用零序和负序电气量的复合判据, 可以提高纵联零序方向保护动作的可靠性, 确保故障时不会发生方向误判。

参考文献

- [1] 薛峰. 同杆线路纵联零序保护误动分析及措施研究 [M]. 国网公司继电保护培训教材.
- [2] 薛峰. 一起零序互感引起的平行双回线跳闸事故分析 [M]. 国网公司继电保护培训教材.

作者简介:

杨先义 (1973—), 男, 工程硕士研究生, 长期从事继电保护维护工作, 成都电业局生技部.

王 华 (1976—), 男, 大学本科, 成都电业局生技部, 长期从事电力系统管理工作.

陈 漫 (1975—), 女, 大学专科, 成都电业局变电运行管理所, 长期从事变电运行管理工作.

(收稿日期: 2009-06-12)