

# 超高压线路微机保护的选相问题

陈忠<sup>1</sup>, 文炎斌<sup>2</sup>

(1. 广电集团广东省输变电工程公司, 广东 广州 510160; 2. 广电集团广州番禺分公司, 广东 广州 510000)

**摘要:** 随着电网结构的不断复杂, 超高压线路微机保护选错相的问题时有发生。该文讨论了国内现在微机保护常用的几种选相原理的不足, 并提出解决选相问题的几点建议。

**关键词:** 线路保护; 选相; 重合闸

**中图分类号:** TM733      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1003-4897(2004)15-0056-03

## 0 引言

鉴于电力系统故障绝大多数为单相故障, 220 kV 及以上输电线路的重合闸都使用单重方式或特重方式(单相故障三跳三合, 多相故障三跳不重合), 这就给线路保护选相功能提出较高的要求。假如发生单相故障, 保护选为多相或者选不出相, 就有可能把发生单相瞬时故障的线路中断供电, 如果是重要线路, 甚至可能引发更严重的稳定性问题。假如把多相永久故障选为单相故障, 势必给系统造成较大冲击, 系统的动态稳定性就要受到严重考验。尽管各大微机保护研制厂家已在线路保护的选相问题上做了大量的改进, 但是线路微机保护的选错相事故仍然时有发生。

## 1 事例引用

2002年, 广东电网就发生了3次直接由保护选相问题造成动作错误的事故(还有几次故障中有连带选相问题, 但由于保护配置的互补性没有造成事故), 以下简称陈述。

### 1.1 故障一

某220 kV线路发生B相大短路电流接地故障, 远离故障点侧保护三跳后重合成功, 而近故障点侧则三跳后不重合(当时使用的是特重方式, 保护型号为: WXB-11、WXB-15)。

### 1.2 故障二

某500 kV线路发生A相经大过渡电阻接地发展性故障, 远离故障点侧260 ms后高频零序方向保护跳开三相不重合, 而近故障点侧306 ms后高频零序方向保护单跳A相重合成功(当时使用的是单重方式, 保护型号为: LFP-901D、LFP-902DK、LFP-902D)。

### 1.3 故障三

某220 kV线路发生A相故障, 其中一侧变电站另一条220 kV线路几乎同时发生A、B相接地故障; 本线路另一侧保护其中一套保护(LFP-901A)选跳三相, 不重合, 稍慢的另一套保护(LFP-902A)高频零序出口, 先单跳A相后三跳(当时使用单重方式)。

## 2 常用选相原理分析

事故调查最终确定以上3个故障都是因为保护选错相。然而这3次故障从录波图上可以清楚地辨别出哪相故障, 为什么线路微机保护会选错相? 说明现在线路保护所用的选相原理中确实存在一定的缺陷。现在国内线路保护选相原理主要是以下几种及其不同组合: 相电流差变化量选相; 带零序补偿阻抗选相;  $I_0$  与  $I_{2A}$  比较选相; 工作电压变化量选相。一般都是故障开始阶段使用或, 故障后阶段使用或。

### 2.1 阻抗选相分析

过去的保护一般都由重合闸选相, 而选相原理几乎都是带零序补偿的阻抗选相。现在线路微机保护很多时候(特别故障较后阶段)还是使用带阻抗接地距离段(或段)选相或在其它选相原理中辅以阻抗选相。这种原理的选相元件在发生高阻接地时就显得灵敏度不够, 而发生大电流单相故障时, 非故障相元件可能由于零序补偿而误动。故障一(故障相二次电流82 A)就是因为WXB-11、WXB-15在特重方式下重合闸插件参与选相, 用的就是带零序补偿的阻抗选相元件, 由于大零序电流使非故障相元件因零序补偿而误动。

### 2.2 电流突变量选相分析

相电流差变化量选相(即突变量选相)是现在微机保护首选的选相原理, 在故障发生初期有较高的灵敏度, 但在故障后期灵敏度就大幅度降低, 如类似

故障二的渐变式故障,并且其他线路故障会使它误选,如故障三(随着系统的不断复杂,两条线路同时故障的几率越来越大,因此,未来微机保护要考虑这种情况)。

### 2.3 $I_0$ 与 $I_{2A}$ 比相选相分析

$I_0$  与  $I_{2A}$  比相的选相是稳态选相原理,它把  $I_0$  与  $I_{2A}$  的相位平面划为 3 个区,  $-60^\circ < \text{Arg}(I_0/I_{2a}) < 60^\circ$  时选 A 区;  $60^\circ < \text{Arg}(I_0/I_{2a}) < 180^\circ$  时选 B 区;  $180^\circ < \text{Arg}(I_0/I_{2a}) < 300^\circ$ , BC 接地故障为 A 区, CA 接地故障为 B 区, AB 接地故障为 C 区。但由于接地电阻的影响,两相接地有可能误入其它区,如 AB 接地会进入 A 区,在一个区里,如 A 区就有 3 种故障可能(AN、BCN、ABN),把它们区分开来还是要靠阻抗,阻抗区分不出来还是选相无效。这种选相原理只有微机保护较强大的计算功能才能支持,并且只有较为严重的故障才能发挥作用。如故障二中  $I_0$  与  $I_{2A}$  都非常小,相位差可能根本算不出。

### 2.4 电压变化量选相分析

工作电压变化量选相就是测量 6 个电压变化量  $V_{0PA}$ 、 $V_{0PB}$ 、 $V_{0PC}$ 、 $V_{0PAB}$ 、 $V_{0PBC}$ 、 $V_{0PCA}$ , 取最大相  $V_{0P \max}$ , 与另两相相间  $V_{0P}$  比较,大于一定倍数为最大相故障,否则为多相。但这种选相容易受干扰,周围任何一个地方再发生扰动都会使它选错相,如故障三,另一线路同时故障(当然故障三是这 4 种原理都选不出的),类似故障二,它显得不灵敏,因为这个故障发展到跳闸时故障相电压才降低不足 2 V。因此,它的门槛值非常难确定。

## 3 解决选相问题的建议

怎样才能更好地解决选相问题,确实是值得探讨和解决的问题。作为多年线路微机保护的调试者和运行者,作者有以下几点拙见:

### 3.1 大力推广线路光纤纵联差动保护

光纤纵联差动保护不需要其它专门选相元件,保护元件本身就具有正确的选相功能。但是这种保护的通道投资过大,短线路已经开始使用,长线路还很少使用,然而随着光纤通道的通信和保护联合使用,光纤保护的进一步推广,使用可靠性较好的光纤纵差将成为一种趋势。

### 3.2 利用高频通道解决选相问题

高频保护在传递方向判别的同时传送选相信息。以上 4 种选相原理之所以不能最终解决问题就是因为它全部都是从线路单侧考虑的,假如两侧配合,问题就比较容易解决,但只解决高频保护选相问

题。如类似故障三,假如在一段范围内下一条线路同时发生其他相故障,以上 4 种选相元件必定误动。

#### 3.2.1 在原有保护基础上增加高频通道

假如增加选相通道(选相元件带方向),并使用特重方式,检测到其他相有近区反向故障侧就可以发闭锁信号不让对侧三跳,但不闭锁本侧,等它先三跳后对侧就很容易选出相,跳位停信保证对侧可靠跳开,两侧都可重合。当然实现的方案有很多种,一般需要增加高频通道(如在 A、B 相通道使用双频收发信机,各增加一个带有选相信息的信号),但实际运用可能会影响保护的可靠性,并且要使用特重方式才能起到作用,因此这种方法只是一种参考。

#### 3.2.2 使用分相高频保护

一个保护元件只管一相故障,各相保护元件只和对侧相应相配合,使用 3 台双频收发信机(双配置),用分相跳闸接点三取二组成三跳回路,重合闸就可以使用单重方式。这样,其他相同时发生区外故障就不会造成三跳。假如某线路(如重要区域站之间的连接,两侧都有很多线路)选相问题非常突出,又没条件装光纤纵差保护,是可以从这方面考虑的,应该总可以找到一种解决方案。

### 3.3 在保护选相失败的延时阶段增加一些判据

在保护选相失败的延时阶段(一般都为 100 ms 以上)增加一些判据,如直接比较三相电流幅值或比较三相电流故障前后的差值,这样就不会出现录波图上明显看出哪相故障的情况误选相,如故障二。

### 3.4 对阻抗选相进一步改进

对阻抗选相进一步改进。把短路阻抗中的感性分量分出来,直接比较电抗,然后加上小门槛值的相电流故障前后差值(是全过程的总差值,不是单位时间的变化量)闭锁,电抗门槛值可用 1.05 倍线路电抗。这样既可以避免过渡电阻的影响,又可以使大电流接地时不误动,还可以在在一定程度上避免区外同时发生故障时误选。门槛值用线路电抗不会出现可靠性问题,假如在非常接近对侧站的地方发生故障,对侧的独立快速保护会很快跳开,本侧就非常容易选出相。(这观点只是作者从理论上的推断,没有做过详细的故障分析基础研究,也许这一观点有许多不足,有赖于各位专家进一步完善)。

## 4 结论

总之,随着微机保护的发展,选相功能的进一步完善势在必行。作者相信更完善的选相原理,更完美的选相元件组合方案将在未来的微机保护中出

现,为电力系统的安全稳定运行服务。

收稿日期: 2003-11-06; 修回日期: 2003-12-01

作者简介:

陈忠(1975-),男,电气助理工程师,主要从事继电保护调试工作; E-mail: chenzhong888@sohu.com

文炎斌(1974-),男,电气助理工程师,主要从事电网调度工作。

### Phase selection of microcomputer-based protection in extra high voltage line

CHEN Zhong<sup>1</sup>, WEN Yan-bin<sup>2</sup>

(1. Guangdong Power Transmission and Substation Engineering Company, Guangzhou 510160, China;

2. Guangzhou Fanyu Power Supply Branch, SVA, Guangzhou 510000, China)

**Abstract:** Maloperations are made sometimes in phase selection of microcomputer based line protection in complex networks. The paper focuses on the shortcomings of some generally employed selection methods at home. And some proposals are put forward for phase selection.

**Key words:** line protection; phase selection; reclose

(上接第 18 页 continued from page 18)

**Abstract:** An approach of fast and optimum online fault restoration of transformer in the distribution substation is proposed with the combination of PN model and GA. The PN model is built to solve the operation of restoration strategy according to the substation running mode. GA is adopted with the function of optimum strategy based on the control of ordering and constraint strategy, which is optimized to cut load scheme according to the load reliability class, minimum operating time of load, the overload ability of healthy transformer capacity, and a little power on bus-tie current breaker. The results of the simulation show that the approach is feasible and effective and has high practical value.

**Key words:** distribution substation; service restoration; Petri Nets; optimum ordering strategy; genetic algorithm; object-oriented programming

(上接第 47 页 continued from page 47)

### Design and development of dispatching sheet expert system for power network

YANG Ji-tao<sup>1</sup>, HU Ming<sup>2</sup>, WU Qiong<sup>1</sup>, YANG Yi-han<sup>1</sup>

(1. Department of Electrical Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2. XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** An object-oriented expert system for power system operation management in dispatching center is introduced in this paper. In order to reuse the source code and improve the performance of the software, the inheritance of object-oriented programming is employed in designing class hierarchy of the software, and only a limited number of classes are constructed based on the function and mode of operation object instead of real detailed types of device or bay. Based on object-oriented analysis and design techniques, a practical expert system is developed, which incorporates functions such as network topology, searching, knowledge production and derivation processing.

**Key words:** network dispatch; expert system; operation sheet; object-oriented technique