

基于阻抗比较的同杆并架选相新方法

文明浩¹, 李瑞生²

(1. 华中科技大学, 湖北 武汉 430074; 2. 许继集团, 河南 许昌 461000)

摘要: 首先对综合比相阻抗继电器在同杆并架双回线故障下的动作行为进行了研究,在此基础上提出一种结合综合比相继电器的选相新方法。这种选相元件根据改进后的综合比相继电器的选相结果,参考测量阻抗值对已选出的动作相再次进行筛选。同杆并架的后备距离保护应用此选相元件,通过适当的整定配合,能可靠地区分靠近线路末端跨线故障和区内相间故障,提高距离保护 I 段的正确动作率。数字仿真结果表明,基于阻抗比较的同杆并架选相新方法受同杆并架线路拓扑结构和对称性等因素影响小,能保证后备距离保护 I 段在各种线路运行方式下正确选相跳闸。

关键词: 同杆并架; 阻抗比较; 综合比相; 距离保护

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)17-0001-03

0 引言

当前,电网建设已进入了以超高压、远距离、大容量为标志的新阶段,区域型大电网已形成,全国联网也将在不久的将来实现。建设同塔多回输电线路,对提高单位线路走廊宽度下的输电容量,解决超高压输电线路走廊紧张问题是一个很有效的方法。同杆并架双回线是其中较典型的形式,在国内已得到应用,并在逐年增加。与单回输电线路相比,同杆并架双回线路的故障种类更复杂,同杆并架双回线上可能发生跨线故障,虽然实际运行统计发生跨线故障的几率不到 20%,但由于这种故障涉及两回输电线路,如果双回同时切除将严重影响系统稳定运行。因此保证继电保护装置有选择性地正确切除故障线路显得尤为重要。

1 综合比相式距离继电器

距离保护动作的正确性取决于其所测量的阻抗是不是故障环路的阻抗。综合比相式距离继电器中包含的选相元件、方向元件和姆欧元件都有选相能力,它的选相能力是很强的。这种继电器比较四个电气量的相位,要求四个电气输入量相位差小于 90 时动作,一个这种继电器相当于六个比较两个电气输入量相位的继电器。

接地判据:

$$\text{工作电压: } U_{op, \phi} = U_{\phi} - (I_{\phi} + KI_0) Z_{zd}$$

$$\text{第一极化电压: } U_{po1 \phi 1} = -U_{IM\phi}$$

$$\text{第二极化电压: } U_{po1 \phi 2} = -I_{2\phi} Z_d$$

$$\text{第三极化电压: } U_{po1 \phi 3} = -I_0 Z_d$$

式中: ϕ 代表 A、B、C 相; 0、1、2 代表正、负、零序; M 代表记忆; Z_{zd} 代表整定阻抗; Z_d 为电抗变压器模拟阻抗,相角 85°; K 为补偿系数。

相间判据:

$$\text{工作电压: } U_{op, \phi\phi} = U_{\phi\phi} - I_{\phi\phi} Z_{zd}$$

$$\text{第一极化电压: } U_{po1 \phi\phi 1} = -U_{IM\phi\phi}$$

第二极化电压: $U_{po1 \phi 2} = I_{2\phi}$ (不同于第三相负序)

$$\text{第三极化电压: } U_{po1 \phi 3} = I_0$$

式中: ϕ 代表 AB、BC、CA 相; 0、1、2 代表正、负、零序; M 代表记忆; Z_{zd} 代表整定阻抗; Z_d 为电抗变压器模拟阻抗,相角 85°。

分析表明,综合比相阻抗继电器在同杆并架双回线故障时不跨线故障基本选相正确,而跨线故障选相能力较差,主要是漏选相。对于简单异名相跨线不接地故障(如 C|IA),此继电器缩短了保护范围,按线路全长的 80% 整定时,大约 60% 处开始拒动。对于同名相跨线故障(如 AB|B),由于零序电流并非由接地故障产生,绝大部分此类型故障都拒动,包括近区故障。如保护出口处 AB|B 故障,一号线 AB 相间继电器,四个电压相位分别为:

工作电压 0°;

第一极化电压 17.8°;

第二极化电压 36.7°;

第三极化电压 -68.7°;

第二极化电压和第三极化电压的相位差大于 90°;由于跨线故障分流产生的零序电流相位偏差是造成保护拒动的主要原因。

对于近区的一号线三相二号线两相接地故障,

发生三相故障线路三相全部拒动。另外,从保护出口到线路中点附近,一线三相一线两相不接地故障,发生三相故障线路三相全部拒动。由于跨线故障,零序电流和负序电流在两条线路上出现分流是造成保护拒动的主要原因。如近区发生一号线三相二号线两相接地故障 ABCIABG,一号线 BC 相间继电器四个电压相位分别为:

- 工作电压 0° ;
- 第一极化电压 3.75° ;
- 第二极化电压 65.5° ;
- 第三极化电压 -36.0° ;

同样,跨线故障造成零序和负序电流相位偏离了工作电压和第一极化电压相位,从而引起保护拒动。

在综合比相式相间距离继电器中, $I_{2\phi}/I_0$ 作为选相元件适用于单回线路简单相间接地故障,相间短路基本没有零序电流,第二极化电压 I_0 自动退出比相,三相短路基本无负序电流,第三极化电压 $I_{2\phi}$ 自动退出比相。对于同名相跨线故障(如 ABIB),如果将整个同杆并架线路看成一个整体,因为故障没有接地,所以没有零序电流。但是每一回线路都可以测量到零序电流,也就是说,零序电流只是在同杆并架线路内部形成环流。而对于单回线路三相短路,基本不存在稳态的负序、零序电流。而保护近区的一号线三相二号线两相接地跨线故障,对于一号线的后备距离保护来说不但有负序还有零序电流。对于单回线的三相短路和两相短路,选相元件会自动退出比相,而在这两种跨线故障时,选相元件由于零序电流和负序电流的存在无法自动退出比相,选相元件提供的选相信息不但没有任何意义的,还阻碍了故障相相间距离继电器的动作。

综合比相式继电器中包含有零序电抗元件、负序电抗元件、零序方向元件、负序方向元件,但由于跨线故障中两回线路都有零序和负序故障注入电流源,而不像简单故障中零序和负序网络中只有一个故障注入电流源,此时零序和负序电流相位一定程度上偏离了工作电压和第一极化电压相位,跨线故障时零序、负序电抗元件和方向元件有时会阻碍故障相距离继电器的动作。

由以上分析可知,综合比相式距离继电器中包含的选相元件、方向元件动作条件对于跨线故障过于苛刻。

2 基于阻抗比较的同杆并架选相新方法

考虑到同杆并架线路中不跨线故障还是占多

数,首先应保证此类故障正确动作,因此没有取消而是适当放宽第一、第二和第三极化电压的比相条件,毕竟零序和负序电流相位只是一定程度上偏离了工作电压和第一极化电压相位。同时为防止因比相条件的放宽造成的保护误动,需适当增加新的动作条件。基于以上考虑,作者提出基于阻抗比较的同杆并架选相新方法,主要包括三个步骤:

1) 修改了综合比相继电器的动作条件,工作电压与第一极化电压的相位差小于 90° ;其它任意两个电压的相位差绝对值小于 130° ;

2) 经过电流比相选相后,定义 z_{min} 为六个综合比相继电器中仍为动作的继电器对应的测量阻抗幅值最小值,如果动作的继电器对应的测量阻抗幅值大于 $z_{min} \cdot (= 1.5 \sim 2.0)$,此继电器置为不动作。

3) 清除选相冲突,如果相间继电器动作,将所有单相继电器置为不动作。

距离继电器测量到的故障环路的阻抗一般小于非故障环路的阻抗。根据改进后的综合比相继电器的结果,计算出已选出的相间和单相继电器对应的测量阻抗,以其中最小的测量阻抗为基准,如果其他测量阻抗相对值超过一定范围,则认为是误选相,予以剔除。如近区发生同名相跨线不接地故障 BCIC,六个继电器的测量阻抗分别为:

A相	119	178.48°
B相	27.9	17.74°
C相	66.5	-163.97°
AB相	137.7	18.13°
BC相	7.57	84.48°
CA相	97.5	-171.88°

显然 BC 相间继电器测量阻抗远小于其他继电器,通过步骤 2 可有效剔除非故障相。

然而对于相间故障,有可能经过第二个步骤后,故障相的相间继电器和单相继电器都动作,采取第三个步骤清除选相冲突也就十分必要了。同杆并架的后备距离保护应用此选相元件,通过适当的整定配合,能可靠地区分靠近线路末端跨线故障和区内相间故障,提高距离保护 I 段的正确动作率。

3 仿真分析

以 500 kV 双回线路为例,用 ATP 作了大量的数字仿真。图 1 为仿真计算的系统模型,仿真计算考虑了如表 1 所示电源电势之间不同的夹角,单相和两相接地故障(包括跨线故障)考虑了如表 2 所示 8 种过渡电阻,故障方式考虑了同杆并架线路可

能发生的全部 117种故障方式。故障点共 16个,其中 MS线路上等距离设置了 11个内部故障点, E、T、K、D、F母线为 5个外部故障点。在仿真计算中,还计及了不同的线路长度,不同的系统阻抗。仿真计算中采用傅氏算法求取电压、电流相量,当故障后数据不满 20 ms时,采用半周傅氏算法。在傅氏算法求取相量之前数据经过了截至频率为 50 Hz的低通滤波器。

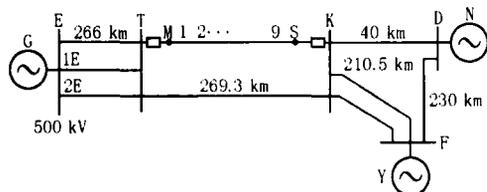


图 1 500 kV 系统模型

Fig 1. Single line diagram for 500 kV system

表 1 与 G侧电源电势角差

Tab 1 Phase difference between source G and another source

	(°)
Y侧	-90 -60 -30 0 30 60 90
N侧	-90 -60 -30 0 30 60 90

表 2 单相和两相接地过渡电阻

Tab 2 Fault resistance for single-phase and phase to phase ground fault

	1	2	3	4	5	6	7	8
过渡电阻 /	0	5	30	60	100	200	300	400

仿真结果表明同杆并架的后备距离保护应用此选相元件基本都能选相跳闸,仅仅某些点(不包括近区故障) AB IA和 BC IC两种类型的跨线不接地故障, II号线单相拒动。线路中点以后 IC IA跨线不接地故障,出现拒动。系统中同杆并架线路以外任何点发生故障,纵联保护和后备保护均可靠地不动作。

保护最快动作时间 10 ms,大部分金属性故障能在 15 ms动作, 20 ms几乎全部的金属性故障能动作。

4 结论

1)单纯使用综合比相阻抗继电器在同杆并架双回路故障时不跨线故障基本选相正确,但跨线故障选相能力较差,主要是漏选相。

2)基于阻抗比较的同杆并架选相新方法受同杆并架线路拓扑结构和对称性等因素影响小,能保证后备距离保护 I段在各种线路运行方式下正确选相跳闸。

参考文献:

- [1] 沈国荣,朱声石,等. 综合比相式新型接地与相间距离继电器[J]. 电力系统自动化, 1989, 13(5): 28-35.
SHEN Guo-rong, ZHU Sheng-shi, et al. A Multiplex Phase-comparison Type Ground and Phase Distance Relay [J]. Automation of Electric Power Systems, 1989, 13(5): 28-35.
- [2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京:中国电力出版社, 1995.
ZHU Sheng-shi. Protection Theory and Techniques for High Tension Networks[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1995.

收稿日期: 2006-02-20; 修回日期: 2006-04-19

作者简介:

文明浩(1973-),男,副教授,从事电力系统继电保护与控制方面的科研和教学工作; E-mail: swemmh@263.net

李瑞生(1966-),男,硕士研究生,高级工程师,从事继电保护方面的研究。

A new fault phase selector for double circuit lines on the same tower based on impedance comparison

WEN Ming-hao¹, LI Rui-sheng²

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: The multiplex phase-comparison type ground and phase distance relay for double circuit lines on the same tower is studied. Then a new fault selection scheme based on impedance comparison is presented. According to the measure impedances, this new scheme selects the phases again which have been selected by the improved multiplex phase-comparison type distance relay. Using this fault phase selector, back-up distance relay for double circuit lines on the same tower can distinguish between cross country faults near to the end line and internal phase-phase faults responsibly by set coordination. The digital simulation indicates that the new fault selection scheme based on the impedance comparison is hardly influenced by topological structure and symmetry of double circuit lines on the same tower is lightly and the back-up distance relay in zone I may cut off the selected fault circuit correctly.

Key words: double circuit lines on the same tower; impedance comparison; multiplex phase-comparison type; distance relay