

超高压输电线路对侧开关单相偷跳的处理策略

杜肖功¹, 于涛², 段玉倩¹, 刘世明¹, 刘凯¹

(1. 烟台东方电子信息产业股份有限公司, 山东 烟台 264001; 2 山东大学电气工程学院, 山东 济南 250061)

摘要: 高压、超高压输电线路的开关为分相开关, 当对侧开关单相偷跳后, 在线路负荷比较重、同时重合闸动作时间比较长的情况下可能引发系统振荡。此时, 虽然系统运行于非全相状态, 而本侧的距离保护却不能正确识别, 从而在启动后进入全相运行的故障处理模块, 当振荡中心在保护范围内时, 就可能引起距离保护误动。通过分析对侧开关单相偷跳后本侧距离保护感受到的电气量特征, 提出了一种针对对侧线路开关单相偷跳的判据, 解决了距离保护可能误动的问题。

关键词: 偷跳; 距离保护; 系统振荡

中图分类号: TM773 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)22-0026-04

0 引言

微机距离保护通常采用启动元件(如相电流差突变量启动元件)动作后进入故障处理程序这种程序结构。故障处理程序可设计为: 暂态流程(保护启动后 0~50 ms, 在这段时间内故障分量可以准确提取, 保护算法多采用短数据窗, 因此这段程序流程定义成暂态流程)、稳态流程(保护启动后 50~150 ms, 这段时间内故障电流的暂态分量对基波的影响较小, 保护算法采用长数据窗, 因此这段程序流程定义成稳态流程)和振荡闭锁流程(保护启动后超过 150 ms, 在这段时间内系统有可能振荡, 距离保护的准确动作需要经振荡闭锁控制, 因此这段程序流程定义成振荡闭锁流程)。在高压、超高压输电线路保护的程序设计中充分考虑了全相运行和非全相运行两种不同工况, 并有相应的处理策略。由于本文主要考虑线路对侧开关单相偷跳引起系统振荡时微机距离保护的动作为, 故本文侧重讨论距离保护在振荡闭锁流程中的程序设计。

微机距离保护中的振荡闭锁流程分为全相振荡闭锁流程和非全相振荡闭锁流程两部分。在全相振荡闭锁流程中, 其故障判别元件包括不对称故障判别元件(如 $|I_0| + |I_2| > m * |I_1|$)和对称性故障判别元件 $U_{\phi\phi} \cos \phi_{\phi}$ (测量振荡心电压)。而非全相振荡闭锁流程中的故障判别元件一般采用监视健全相的相间电流突变量元件 $D \Omega$, 利用 $\text{Arg} \frac{I_0}{I_2}$ 选相元件的选相区发生变化和测量健全相的振荡中心电压 $U_{\phi\phi} \cos \phi_{\phi}$ 。距离保护进入振荡闭锁流程后由故障判别元件动作后来开放距离保护, 如果是全相运行

则根据选相结果, 对故障相进行故障测量, 如果测量结果在保护动作范围内, 则距离保护作用于跳闸, 否则距离保护不动作。

距离保护由于其受负荷的影响比较小, 保护范围稳定等优点, 在高压、超高压输电线路被广泛采用。在线路对侧开关单相偷跳的情况下, 因为距离保护是单端电气量的保护, 所以无法通过通道获得信息判断对侧开关的状态。只能依据本侧的电气量和开关位置信息来判断对侧的开关状态。本文在深入分析对侧开关单相偷跳时的电气量特点, 提出了利用单侧电气量判断对侧开关单相偷跳的判据。解决了有可能导致距离保护误动的问题, 同时提高了供电的可靠性。

1 对侧开关单相偷跳时距离保护的动作为分析

当对侧开关单相偷跳时, 本侧距离保护从严格意义上讲是全相运行, 这是因为三相开关均处于合位, 只是其中一相为空载, 另两相为正常负荷。本文针对对侧开关单相偷跳而定义的本侧处于非全相运行状态不是从电气意义上而言, 是从距离保护的程序逻辑处理上而定的。

对于一个正常运行的系统, 当对侧开关发生单相偷跳, 而本侧距离保护没有判断出这种状态时, 就其动作为来看, 基本上可以分为以下几种情况:

1) 线路在轻负荷情况下对侧开关发生单相偷跳, 若本侧距离保护的启动元件不动作, 距离保护将不进入故障处理程序中, 待对侧的重合闸保护动作后, 线路就会恢复全相运行。这种情况下距离保护不会误动。

2) 线路在轻负荷情况下对侧开关发生单相偷跳,若本侧距离保护的启动元件动作,则距离保护进入故障处理程序中。此时,距离保护测量元件测量的结果在距离保护动作范围外,距离也不会误动。

3) 线路在重负荷情况下对侧开关单相偷跳但没有引起系统振荡,此时本侧距离保护的启动元件动作,距离保护进入故障处理程序段中。因为超高压线路中一般不会因过负荷而导致测量阻抗进入保护动作范围内(如果因重负荷而使得测量阻抗进入保护动作范围内时,就闭锁相应段的距离保护,而不存在距离保护误动的可能),距离保护将进入全相运行的程序段中。尽管如此,由于阻抗元件的测量结果在距离保护的動作范围外,因此距离保护不会误动。

4) 线路重负荷运行时对侧开关发生单相偷跳并引起系统振荡,这时本侧距离保护的启动元件动作,距离保护进入故障处理程序段中,并且在全相运行的程序段中。因为从系统的起振到导致距离保护一段误动需要一定的时间,现代的运行系统,不论发生多么严重的故障,这个时间不会小于 150 ms,所以待系统振荡时程序已经进入到振荡闭锁程序段中。线路对侧开关单相跳开,由文献[1]知这时电流序分量的关系是 $I_1 + I_2 + I_0 = 0$,使得振荡闭锁流程中的不对称故障判别元件 $|I_0| + |I_2| > m * |I_1|$ 动作,于是距离保护被开放,此时相间阻抗测量元件反映的是振荡中心的阻抗,当振荡中心落在距离保护的動作范围内,本侧距离保护就会误动作。

从上述的分析可以看出,在轻负荷情况下对侧开关单相偷跳或在重负荷情况下对侧开关单相偷跳但没有引起系统振荡的情况下,即便本侧没有判断出对侧开关处于非全相运行状态,本侧的距离保护也不会误动。只有在重负荷情况下对侧开关单相偷跳引起了系统发生振荡,并且振荡中心在距离保护的動作范围内,本侧距离保护才会发生误动。因此距离保护如果能在这种情况下识别出对侧开关发生单相偷跳,就可以解决距离保护误动的问题。

2 重负荷情况下对侧开关单相偷跳时本侧保护的表征

高压、超高压长距离输电线路传送的容量比较大,当运行在稳定极限附近时,传输的电流称作重负荷电流,如果此种情况下对侧开关发生单相偷跳,容易引起系统发生振荡。此时,本侧保护感受到的电气量特征是:两个健全相电流依然为重负荷电流;但

跳开相电流幅值较小,并且呈容性电流;同时三相开关是处于合位状态。

系统发生振荡有一个起振过程,距离保护如果在阻抗元件计算并判断出测量结果在其動作范围内之前判断出对侧开关单相偷跳,程序就进入非全相振荡处理程序段。由于在该程序段中,故障判别元件不会动作,因此距离保护不会误动。待对侧重合闸动作且系统振荡平息后,整个系统又重新恢复正常运行。

由此可知,在重负荷情况下对侧开关发生单相偷跳而引起系统振荡后,导致距离保护误动的主要原因是本侧距离保护没有正确识别对侧线路的运行状态。故本文对此提出了相应的对侧偷跳判据,确保在上述情况下本侧距离保护能够及时判断出对侧开关发生单相偷跳状态。同时为确保该判据在其他故障情况下不影响程序的其它流程,要求本判据在系统振荡平息后能够自动恢复到全相运行状态。

为此,本文给出了重负荷情况下检测对侧开关发生单相偷跳的流程图,如图 1 所示。图中以 A 相开关发生偷跳为例进行示意。

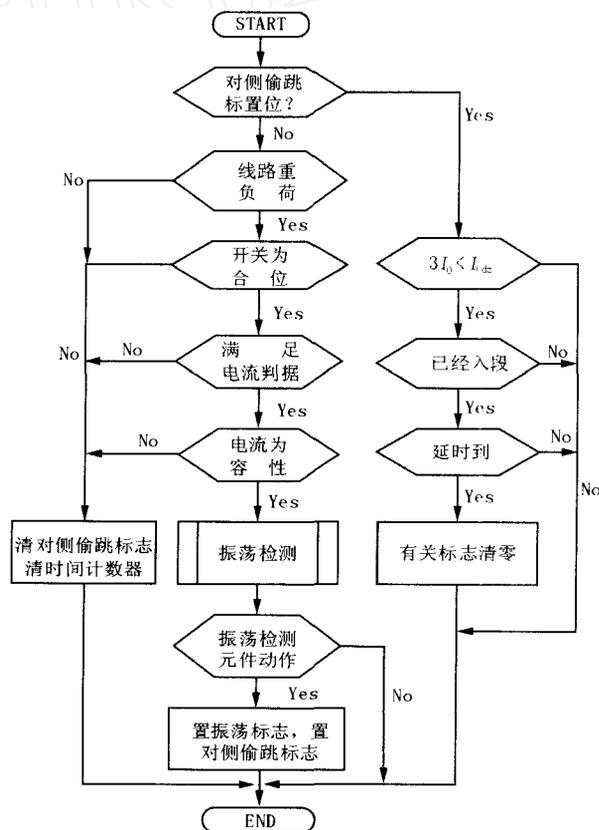


图 1 偷跳检测逻辑

Fig 1 Detecting logic trip without fault

偷跳检测逻辑说明:

电流判据的表达式:

$$I_{w1} < I_a < I_{y1} \& I_b > I_{zm} \& I_c > I_{zm};$$

I_{w1} 为无流定值,按躲线路稳态电容电流整定;

I_{y1} 为有流定值,按(2~3)倍无流定值整定;

I_{zm} 为重负荷门槛定值。

3 检测判据的动作行为分析

当线路处于重负荷运行状态时,本文提出的偷跳检测判据被开放。下面分别针对线路发生区内、区外故障及对侧开关发生单相偷跳来分析检测判据的动作行为。

3.1 区内故障

当线路发生区内故障时,方向元件判断为正方向故障。对于相间故障或三相故障,由于故障相电流变大,而健全相电流基本上不变,所采用的电流判据,如图1中所示,是两相电流比较大同时一相电流比较小,故电流判据不会动作,从而本文提出的对侧偷跳判据不会误判,对保护原有的处理流程没有影响。

而对于那些单相高阻接地故障或单相远端故障,会出现两相电流(健全相)比较大,一相电流(故障相)比较小的情况,但是由于区内故障时电流呈感性,所采用的故障相电流属性判据,如图1所示,是故障相电流呈容性,故故障相电流属性判据不会动作,从而本文提出的对侧偷跳判据也不会误判,对保护原有的处理流程没有影响。

3.2 区外故障

当本侧线路发生正方向区外故障时,分析结果同上相似,对保护原有的处理流程没有影响。

当本侧线路发生反方向区外故障时,三相电流有可能满足电流判据,且故障相的电流也有可能比较小并呈现容性,此时,若区外单相故障引起系统动稳破坏,则对侧偷跳检测判据将判断为对侧开关偷跳,但是该结果是经延时确认的;考虑到本侧线路保护的上一级保护快速动作(一般小于60ms),故障相被切除后,故障相电流将呈感性,而这一过程所需的时间会在整定的延时范围内,这样检测的时间计数器将返回,因此对侧偷跳检测判据不会误判,对保护原有的处理流程没有影响。

3.3 对侧开关发生单相偷跳

当对侧开关发生单相偷跳,且引起系统发生振荡时,本侧的开关位处于合位,健全相电流基本不变,而跳开相电流很小且呈容性,对侧偷跳检测判据

将给出正确判断结果:对侧开关单相偷跳,置上相应的标志后,进入非全相的振荡处理程序段中。

4 仿真试验

本文提出的对侧偷跳检测判据在自行研制的高压、超高压线路成套保护装置中给以了实现。该保护装置的主保护是高频距离保护,后备保护是三段式距离保护和四段灵敏的零序保护及两段不灵敏零序保护构成,软件采用模块化程序结构设计,通过状态调度来决定程序的流程。对侧开关单相偷跳检测模块是程序中的一个状态检测模块。

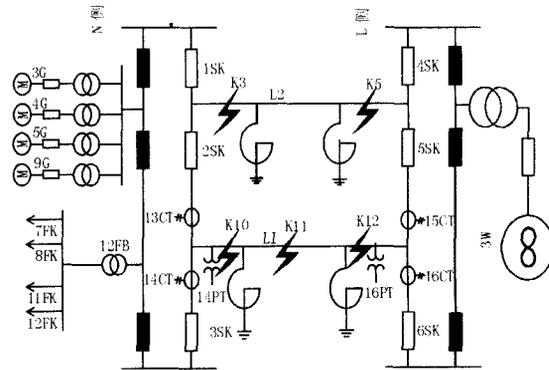


图2 线路模型

Fig 2 Single-line diagram of transmission line

表1 线路相关参数

Tab 1 Parameters of transmission line

参数名称	参数值
线路长度	400 km
正序阻抗 Z_1	$7.678 + j112.36$
零序阻抗 Z_0	$50.59 + j328.65$
零序补偿系数	K_r 1.86
	K_x 0.64
并联电抗器 X_p	2017
分布电容	C_1 $5.4 \mu F$
	C_0 $3.6 \mu F$
CT变比	1250 A / 1 A
PT变比	500 kV / 0.1 kV

为检验本文提出的检测判据的动作行为,利用实时数字仿真系统RTDS在500kV电压等级400km长的线路模型上进行了仿真试验。保护配置在L1线路的N侧,共设了5个故障点(k_3 、 k_5 、 k_{10} 、 k_{11} 、 k_{12}),进行了各种故障试验,试验的项目包括:区内、区外金属性故障、发展性故障、区内外经过渡电阻故障(0~300)、静稳破坏下的各种区内、外故障、动稳破坏下的各种故障(包括全相动稳破坏和相邻故障线切除的动稳破坏及对侧开关单相偷跳导致的动稳破坏)、距离保护的暂态超越,频率偏移等试验项

目。试验的结果证明本文提出的对侧开关单相偷跳判据,在其他故障情况下不影响程序的正确可靠运行,在重负荷对侧开关偷跳引起系统振荡情况下可以正确判断,提高了保护的動作性能。试验中采用的线路模型和参数分别如图 2 及表 1 所示。

5 结论

大量的 RTDS 试验证明了本文提出的检测判据不影响距离保护的正常运行;它能够准确地检测出重负荷情况下对侧开关发生的单相偷跳,防止了距离保护可能发生的误动作,提高了保护的性。通过理论分析和试验证明,本文提出的检测判据是实用可行的。

参考文献:

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社,1995.
ZHU Sheng-shi Relay Protection Principle and Technology for High Tension Networks, Second Edition[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1995.
- [2] 徐振宁,杨奇逊,刘万顺,等.一种序分量高电压线路保护选相元件[J].中国电机工程学报,1997,17(3):

214-215.

XU Zhen-ning, YANG Qi-xun, LIU Wan-shun, et al. A Sequence Fault Phase Selector for Transmission Line Protective Relay[J]. Proceedings of CSEE, 1997, 17(3): 214-215.

- [3] 赵志华,张红跃,易永辉.一种在振荡闭锁期间发生故障时快速开放距离保护的方法[J].继电器,1997,26(2):18-21.

ZHAO Zhi-hua, ZHANG Hong-yue, YI Yong-hui. A Method of the Distance Relay Action Quickly When Internal Fault in the Term of Out-of-step[J]. Relay, 1997, 26(2): 18-21.

收稿日期: 2005-03-17; 修回日期: 2005-04-20

作者简介:

杜肖功(1971-),男,工程师,主要进行高压线路保护和变电站综合自动化产品的产品研发;E-mail: duxiaogongyt@sohu.com

于涛(1973-),女,硕士研究生,主要研究方向为继电保护及变电站综合自动化;

段玉倩(1972-),女,博士,主要研究方向为继电保护。

A handling strategy for EHV transmission line protection after single-phase tripping of remote breaker

DU Xiao-gong¹, YU Tao², DUAN Yu-qian¹, LIU Shi-ming¹, LIU Kai¹

(1. Dongfang Electronic Information Co., Ltd, Yantai 264001, China;

2. School of Electrical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: HV and EHV transmission lines are equipped with split-phase breaker. If a longer reclosing time is setting in a heavy load line, the system may swing after the trip without fault of remote breaker. Although system is operating in a 2-phase state, the local distance protection can not identify it correctly. The normal fault processing program will be run after start-up, and distance protection may trip while oscillation center lies in its protection domain. By analyzing the electric quantities measured by local protection device, a criterion is proposed to solve this maloperation with nice effect.

Key words: trip without fault; distance relay; system swing

(上接第 9 页 continued from page 9)

Abstract: This paper presents a new fault detection method for the grounding fault of DC electrical source, which based on multi-resolution neural network (MRNN) and data fusion. MRNN is utilized to filter the signal sampled from DC system, and data fusion is employed to dispose the signal in order to judge whether grounding fault occurs. This method overcomes the limitations of existing methods, moreover, it can timely realize detection using computer control. PC and data collection cards are used to design the hardware of the system, simulation results are represented to show the feasibility of the algorithm in grounding fault detection.

Key words: DC system; grounding fault detection; wavelet neural network; data fusion