浅析电压量在高压线路光纤差动保护中的作用

王尔寒[1], 王 强[1], 路光辉[1], 桑仲庆[1], 胡叶宾[1], 赵 丽[2]

(1. 许继电气保护部,河南 许昌 461000; 2. 许继电气自动化部,河南 许昌 461000)

摘要: 针对电压量在传统纵差保护使用中的一些缺陷,提出并详细分析了在纵差逻辑中的新的使用方法及其优越性,并简要分析了电压量在纵差保护中其他方面的应用,从而全面阐述了电压量在纵差保护中的重要作用。电压量的正确运用可极大改善保护装置的整体性能。

关键词: 光纤差动; 电压量; CT断线; 电容电流补偿; 测距

中图分类号: TM77 **文献标识码**: A **文章编号**: 1003-4897(2004)23-0066-03

0 引言

在现行的高压线路保护中,一般是采取原理不同、分别组屏的双主双后备保护配置方案。随着电力系统光纤网络的迅速发展,在主保护的选择上也有了很大的余地,目前多采用的配置方式为:一套是基于高频或光纤通道的方向或距离保护;而另一套采用原理简单但可靠性极高的光纤差动保护。这种保护配置方案是值得在电力系统中推广使用的。一般而言,前者必须依赖电压、电流两种电气量,CT、PT断线后保护受到很大影响,而后者主要使用电流元件,不受PT断线的影响。正因如此,很多人反对在差动保护中使用电压量,这是可以理解的。但笔者认为:如果电压量的引入能改善保护装置的性能,同时又保证使差动保护不依赖于电压量,并且在PT断线后不影响保护正常运行,那么,电压量的运用显然能在很大程度上提高保护装置的性能。本文将结合许继新一代"WXH-803型光纤差动保护装置"简要说明电压量的使用情况。

1 电压量在差动判据逻辑中的应用

单纯的电流差动保护,很难在各种工况下做到完美无缺。有条件地引入电压量,使之与电流量配合使用、取长补短,可使保护逻辑更加完善。

1.1 没有电压量参与的电流差动保护判据存在的问题

国内大多数差动保护装置都采用基于以下两式作为差动判据[1,2]:

$$|I_M + I_N| > I_{CD} \quad (1)$$

$$|I_M + I_N| > k|I_M - I_N| \quad (2)$$

其中: I_M、I_N 分别为线路两侧同名相相电流,并以由母线流向线路为正方向; I_{CD}为差动定值,一般整定较低, K为比例系数,一般 $K<1$。

显然,当 $K<1$ 时,一侧CT断线后,只要该线路负荷电流大于差动定值,则式(1)、(2)都成立。也就是说:只要PT断线引起电流突变量起动,使差动判据开放,则保护装置就可能误动作。为解决这一问题,传统解决方案是两侧保护装置相互传递起动信号,只有两侧都起动后才开放保护。当然这能解决大部分实际问题,但在弱馈系统使用时却有麻烦,主要表现在弱馈侧并不能确保在线路内部故障时都能引起电流突变量起动,导致装置不能开放保护逻辑而拒动。因此为了使保护适用于弱馈线路,保护装置大都含有一项类似"单侧起动能否开放保护"的控制字,以解决弱馈系统问题,但这又冒着CT断线可能引起误动作的风险。

1.2 传统保护装置引入电压量方式及其存在问题

由上可知:"两侧保护起动才开放保护逻辑"与"弱馈系统只有单侧起动"是差动保护的一对棘手矛盾。对于这类问题,有些生产厂家也想到引入电压量,但都局限于使用单端电压量进行辅助判别。比如增加电压突变量启动元件,或者采用远方起动允许信号同时判别低电压元件。上述方法的缺陷不仅在于两侧保护的电流起动元件与电压起动元件存在配合问题,而且受到了PT断线的影响,当弱馈侧PT断线后可能因无法起动而闭锁保护。

1.3 自适应的弱馈系统及PT断线的解决方案

许继公司新一代光纤差动保护WXH-803采取新的解决方案,基本原理是采用电流突变量为主要启动元件,同时以两侧电压突变量为辅助判别元件。如图1所示。该方案并不区分弱馈与否,只要电流突变量起动就判别起动前后的电压突变量,并将该变化的有无信息与电流突变量起动信息一起随数据帧传送至对侧。若是弱馈系统,在收到对侧起动信

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

息后同样进入故障状态(为远方起动方式)。并同样判别电压的变化情况并随数据帧传至对侧。这样每侧保护装置在任一侧起动后的第一帧数据中都包含4个状态信息:两侧的电流突变量信息(Δi),两侧的电压突变量信息(ΔU)。

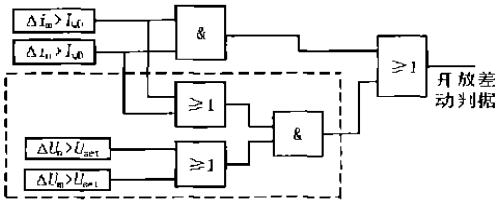


图1　差动判据开放逻辑框图

Fig. 1　Logic of open criterion for differential protection

其中:$\Delta i_m > I_{QD}$,$\Delta i_n > I_{QD}$为两侧的电流突变量起动元件,I_{QD}为起动定值。$\Delta U_m > U_{set}$,$\Delta U_n > U_{set}$反映两侧电压变化量元件,U_{set}为电压突变量门槛,一般取2～8 V。

事实上,线路两侧不可能同时发生CT断线。在这个前提下,由图1可知,当两侧都是电流突变量起动时可以认为是故障引起,无需判别电压变化量;当只有一侧电流起动时,要考虑是否为CT断线引起,此时引入两侧电压突变量,只要有一侧符合条件就开放差动判据。该框图的工作原理的优越性主要表现在以下两方面:

1) 不因CT断线而误动

例如,当M侧发生CT断线引起单侧突变量起动,但此时两侧电压不会有很大变化,差动保护判据不会开放,避免保护误动。

2) 不因CT断线而拒动

例如,当M侧为弱馈侧并已存在PT断线,在线路发生故障时,强电侧(N侧)会有电流突变起动,同时又会使电压产生变化,即有$\Delta U_m > U_{set}$条件成立,经图1虚框内逻辑开放差动判据。

这样,在线路两侧电压量的辅助判别下,一方面CT断线后无延时闭锁保护;另一方面,一侧PT断线后并不会因此闭锁保护。也就是说,虽然该方案引入电压量开放差动判据,但基本上不受PT断线的影响。

1.4　电压量在零序电流差动中的作用

在保护装置的硬件实现上,零序电流实际上就是三相相电流的合成电流。因此,它不仅受不平衡电流的影响,而且受三相CT特性差异,包括微机保护装置内部小CT的特性差异的影响,并且影响程度随着相电流的增大而增大。因此在某些工况下,保护装置内部的二次零序电流并不能真正反映一次零序电流的大小和相位,可能导致零序电流差动元件误动作。而电压量往往工作在较好的PT线性区内,这种状况并不因发生故障而改变。因此在一定条件下引入零序电压量作为开放元件是一个可行性方案。如图2所示。同样如上文所述,利用两端零序电压量作参考可避免PT断线的影响。

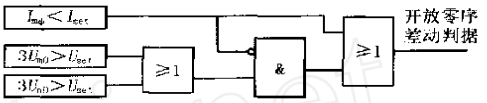


图2　零序差动保护开放逻辑图

Fig. 2　Logic of open criterion for zero-sequence differential protection

其中:$I_{max\phi} < I_{set}$为最大相电流把关条件,门槛值I_{set}建议取$2I_N$。当条件成立时则直接开放零序差动判据,因为此时CT工作在较好的线性区内。当故障电流大于I_{set}时,则要判别两侧有无零序电压分量,有则开放保护,反之则闭锁。U_{set}为其门槛值,一般取值较低。另外,为避免故障后不平衡电流的影响,零序差动保护经100 ms延时出口。

2　运用电压量对电容电流进行实时补偿

当电流差动保护用于地下电缆或长距离架空线路时,线路中的充电电容电流不能被忽视。在无故障或外部故障情况下,该电流错误地表现为差动电流。如图3所示。传统的作法是在定值整定时考虑电容电流,但在内部短路时又会降低保护的灵敏度。实践证明,利用电压量对电容电流实时补偿是一种有效的手段。文献[3]对电容电流的影响及补偿方案进行了一般性分析,在WXH-803保护装置中,具体补偿过程是采用集中参数的π型等效线路模型,实时计算当前的每相电容电流,并按每侧各补一半的方式补偿。

$$I_C = \frac{U_1}{jX_{C1}} + \frac{U_2}{jX_{C2}} + \frac{U_0}{jX_{C0}} = \frac{U_\phi - 3U_0}{jX_{C1}} + \frac{U_0}{jX_{C0}} \quad (3)$$

式中:I_C表示实时计算的电容电流;X_{C1},X_{C0}为线路正序电抗、零序电抗,并按$X_{C1} = X_{C2}$;补偿过程的矢量关系如图3所示。

为方便作矢量图且不失一般意义,取两侧电压U_m,U_n大小相位一致,那么两侧电容电流也随之相同。补偿部分为OB,按两侧各补一半的原则,有OB$=0.5I_C$。并按以下两式补偿:

$$I_{MC} = I_M - 0.5 \cdot I_C \quad (4)$$

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

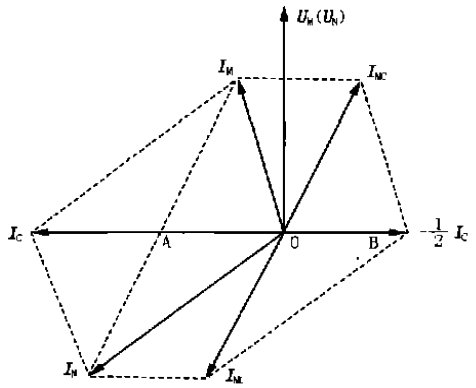


图 3 电容电流补偿示意图

Fig. 3 Compensation of capacitive current

$$I_{NC} = I_N - 0.5 \cdot I_C \quad (5)$$

通过式(4)、(5)补偿后的各相电流量基本上不受充电电容电流的影响,保护可投入低灵敏判据,但在任一侧有 PT 断线时则退出电容电流补偿,并自适应抬高差动门槛。

3 基于双端量的故障测距

众所周知,基于单侧电气量的测距方案要实现精确测距是相当困难的,特别在双电源系统中发生带有过渡电阻接地的情况时存在较大的测量误差。其主要原因是不能知道真正的流过接地点的故障电流。单端测距的算法基本公式如式(6)[4],一般处理方法是以单侧的零序电流代替流过过渡电阻 R_g 的故障电流 I_F,这在幅值和角度上都存在一定的差异,导致测距不准确。但在基于数字通道的纵联差动保护中,对端电流是可知的,这样流过接地点的故障电流 I_F 可按式(7)求出。再利用式(6)即可精确算出故障点的距离 D_{MF}。

$$U_m = I_m \cdot Z \cdot D_{mF} + I_F \cdot R_g \quad (6)$$

$$I_F = I_M + I_N \quad (7)$$

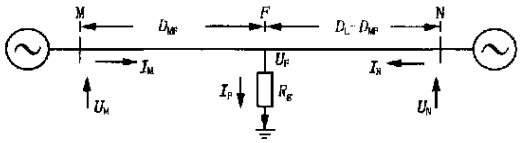


图 4 线路内部接地故障示意图

Fig. 4 Schematic diagram of line interal ground-fault

WXH-803 保护装置的双端测距方案采用"双端电压、电流法"[4]。该方法的关键之处在于保护装置动作后,利用数字通道将故障后的有效电压数据传至对侧。

$$U_m = I_m \cdot Z \cdot D_{mF} + U_F \quad (8)$$

$$U_n = I_n \cdot Z \cdot (D_L - D_{mF}) + U_F \quad (9)$$

由式(7)、(8)容易得出:

$$D_{mF} = \frac{U_m - U_n + I_n \cdot Z \cdot D_L}{(I_m + I_n) \cdot Z} \quad (10)$$

D_{mF} 即为所测故障点距离。显然,该方案简单明了,不受过渡电阻的影响,并有较高的测量精度。

4 其他方面的应用

根据基于数字式光纤通道保护装置辅助功能的扩展,电压量的应用将更加广泛。比如在采样同步方面,大多保护装置采用采样时刻调整法,而对采样同步的监视仍采用基于通道的"乒乓算法",监视有盲点。但若同时利用双端电压量,运用参考相量法[5]对采样同步效果进行监视,则监视手段会更加完善。甚至可以利用基于电压量的参考相量法作为独立的采样同步算法,但该方法的同步效果不如前者。

5 结论

由上文分析可知,数字式光纤通道的使用为保护装置提供了很好的通信手段。通过两侧保护的信息互通,差动保护虽引入电压量,但仍可做到不受 PT 断线的影响,并使差动保护具有更强的自适应性,提高了保护装置的整体性能。

参考文献:

[1] 李保恩,员保记,冯秋芳,等(LI Bao-en, YUAN Bao-ji, FENG Qiu-fang, et al). 微机分相电流差动保护的应用研究(Application Research on Microprocessor-based Phase-splitting Current Differential Protection)[J]. 继电器(Relay),1998,26(3):31-35.

[2] 廖泽友,等(LIAO Ze-you, et al). 高压线路电流差动保护的现状及其前景展望(Current State and Prospect of HV Line Current Differential Protection)[J]. 继电器(Relay),1999,27(1):4-7.

[3] 伍叶凯,邹东霞(WU Ye-kai, ZOU Dong-xia). 电容电流对差动保护的影响及补偿办法(The Influence of Capacitance Current to Differential Protection and Its Compensation Scheme)[J]. 继电器(Relay),1997,25(4):4-8.

[4] 葛耀中(GE Yao-zhong). 新型继电保护与故障测距原理与技术(New Types of Protective Relaying and Fault Location: Their Theory and Techniques)[M]. 西安:西安交通大学出版社(Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press),1996. 217-263.

(下转第 76 页 continued on page 76)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

livery ,1994 ,9(3) :1289-1297.

[19] Hu Y,Novosel D ,Saha M M ,et al. An Adaptive Scheme for Parallel-line Distance Protection[J]. IEEE Trans on Power Delivery ,2002 ,17(1) :105-110.

[20] Eissa M M , Masoud M. A Novel Digital Distance Relaying Technique for Transmission Line Protection [J]. IEEE Trans on Power Delivery ,2001 ,16(3) :380-384.

[21] 蔡超豪(CAI Chao-hao). 基于神经网络的双回线自适应接地距离保护(An Adaptive Ground Distance Protection for Double-circuit Lines Based on Neural Network) [J]. 东北电力技术(Northeastern Electric Power Technology) , 1997 ,(9) :17-20.

[22] 聂一雄 ,尹项根(NIE Yi-xiong , YIN Xiang-gen). 人工智能与模糊控制在电力系统继电保护应用的研究现状及前景(Present Situation and Developing Prospect of Artificial Intelligence and Fuzzy Control in Power System Protection Relay) [J]. 继电器(Relay) ,2000 ,28(5) :1-5.

[23] 俞波(YU Bo). 超高压同杆并架双回线路微机保护的研究(博士学位论文)(Research on Microprocessor - based Protective Relay for EHV Double Circuit Lines on Same Tower , Doctoral Dissertation) [D]. 北京:华北电力大学(Beijing: North China Electric Power University) ,2002.

收稿日期: 2004-03-29; 修回日期: 2004-06-17

作者简介:

康小宁(1968 -) ,男 ,副教授 ,研究方向为电力系统自动化和继电保护技术;

梁振锋(1974 -) ,男 ,硕士研究生 ,研究方向为电力系统继电保护。E-mail: Lzf-9999 @163. com

Survey on the protective relaying and autoreclosure for double-circuit lines on the same pole

KANG Xiao-ning , LIANG Zhen-feng

(School of Electrical Engineering , Xi'an Jiaotong University , Xi'an 710049 , China)

Abstract: Double-circuit transmission lines on the same pole (DLSP) are widely used on transmission systems due to its economy and large transmission capacity over single-circuit line. With the influence of mutual coupling between two circuits and the complexity of fault types , the existing protection techniques for double-circuit transmission lines are different from that for single-circuit lines. Based on analyzing the fault characteristic of double-circuit transmission lines , this paper summarizes principle and characteristic of protection techniques for DLSP , including current differential protection , mutual speed-up protection , pilot distance protection , transverse differential protection , and the automatic reclosing of double-circuit transmission lines. The prospects of protection development are discribed.

Key words: double-circuit transmission lines; relay protection; automatic reclosing; survey

(上接第 68 页 continued from page 68)

[5] 高厚磊 ,等(GAO Hou-lei , et al). 数字电流差动保护中几种采样同步方法(Sampling Synchronization Methods in Digital Current Differential Protection) [J]. 电力系统自动化(Atuomation of Electric Power Systems) ,1996 ,20(9) :46-49.

收稿日期: 2004-03-30; 修回日期: 2004-04-27

作者简介:

王尔寒(1975 -) ,男 ,硕士研究生 ,工程师 ,主要从事电力系统继电保护的研究与设计; E-mail: wangerhan @xjgc. com

王 强(1969 -) ,男 ,硕士研究生 ,高级工程师 ,主要从事电力系统继电保护的研究与设计;

路光辉(1969 -) ,男 ,硕士 ,工程师 ,主要从事电力系统继电保护的研究与设计。

Brief analysis of voltage effect on HV differential protection based on channel of optical fiber

WANG Er-han[1] , WANG Qiang[1] , LU Guang-hui[1] , SANG Zhong-qing[1] , HU Ye-bin[1] , ZHAO Li[2]

(1. XJ Electric Corporation Protection Department ,Xuchang 461000 ,China ;

2. XJ Electric Corporation Automatization Department ,Xuchang 461000 ,China)

Abstract: Aiming at the limitation of conventional voltage , the paper gives some new methods and details its advantage in the logic of differential protection. The other applications of voltage are briefly explained. It can improve performance of equipment with voltage correctly using.

Key words: differential protection based on channel of optical fiber; voltage; CT break; compensation of capacitive current; distance measurement

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net