

高频工频突变量方向保护误跳闸原因分析及处理对策

罗强, 王国华

(宁夏银南供电局, 宁夏 吴忠 751100)

摘要: 对采用 CSL102(A) 高频工频突变量方向保护作为全线速动主保护的输电线路, 在手分开关 而其三相断路器完全开断不同期时间较长时, 高频工频突变量方向保护的错误动作情况进行分析。提出相应的改进措施, 以完善其保护功能。避免在运行人员执行正常的操作过程中高频方向保护误动情况的再次发生。

关键词: 工频突变量方向保护; 不同期; 故障处理程序; 错误跳闸

中图分类号: TM773 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2003)04-0060-04

1 前言

宁夏银南供电局关帝变电站 220 kV 线路大关乙线高频方向保护, 采用许继四方公司生产的 CSL102(A) 型保护, 该保护于 2002 年分开关时发生误动, 本文对此进行分析, 并提出改进方案。

关帝变电所一次系统 220 kV 侧接线简图如下所示:

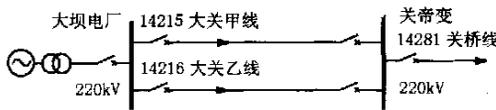


图1 变电所 220 kV 侧一次接线简图

Fig. 1 Primary connection sketch on 220 kV side of substation

2 事故经过

2002 年 3 月 29 日, 关帝变电所运行人员接到宁夏电网中调令, 分别对 220 kV 线路大关甲线、大关乙线进行停电操作。在大关甲线停电操作完成后, 接到大关乙线停电中调令。正当运行人员在模拟屏处进行模拟操作时, 大关乙线开关跳闸, 控制室电笛鸣响, 大关乙线控制屏绿灯闪光, 发“保护动作”信号, 中控屏发“220 kV 故障录波器动作”信号。大关乙线高方保护屏 CSL-102A 装置“跳 A”、“跳 B”、“跳 C”、“永跳”信号灯亮。操作箱指示 A、B、C 三相跳闸, 并且三相跳位信号灯亮。CSF-101A 装置“重合闸充电”信号灯亮。故障录波图及故障跳闸报告见图 2 和图 3。

操作前设备运行概况:

根据运行记录, 在停大关甲、乙线之前, 负荷分配情况如下:

大关甲线一次负荷情况:

电流: $I_A = 150 \text{ A}$ $I_B = 140 \text{ A}$ $I_C = 140 \text{ A}$

功率: $P = -6 \text{ MW}$ $Q = -1.0 \text{ Mvar}$

大关乙线一次负荷情况:

电流: $I_A = 140 \text{ A}$ $I_B = 130 \text{ A}$ $I_C = 130 \text{ A}$

功率: $P = -5.7 \text{ MW}$ $Q = -1.8 \text{ Mvar}$

两套线路保护用 CT 变比为 600/5(A)。

4 保护动作行为分析

从故障录波图可以看出, 故障开始绝对时刻起第一个周波内三相电流不对称, A 相、B 相幅值较大 (二次电流峰值约 2.3 A), 而 C 相则幅值较小, 甚至趋近于 0, 且持续时间较短, 约 7~8ms, 此种情况产生的主要原因为对侧 (大坝电厂侧) 三相断路器分断不同期所致 (大关甲、乙线开关为 SF6 型开关, 其空载时非同期开断时间参数, 厂家技术要求为不大于 3ms, 而带负荷运行情况下全开断时间未作规定)。大关甲线未发生此现象的原因之一是由于在两线并列运行时, 负荷分配均匀, 相对于停大关乙线时小约为一半 (停大关甲线时二次约为 1.25 A 左右, 停乙线时约为 2.5 A 左右)。原因之二, 大关甲线对侧三相开关非同期开断时间小, 所以未发生同类跳闸现象。

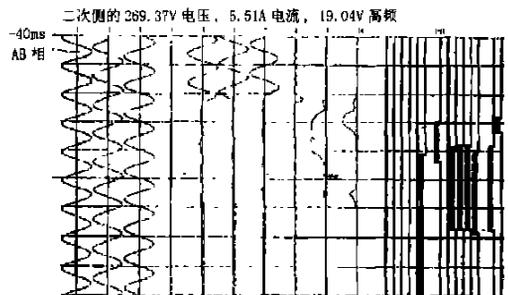


图2 220 kV 故障录波图

Fig. 2 Fault waveform record on 220 kV side

4.1 CSL101A 高频闭锁保护未动作原因分析

CSL101A、CSL102A 的硬件完全相同,后备保护软件完全相同,只是作为主保护的高频保护所用的原理不同。分别是 CSL101A 的高频距离、零序方向保护,CSL102A 的工频突变量方向保护,而距离元件计算阻抗是采用解微分方程算法。而微分求解算法至少需要 3 个点的采样值,才能正确求出阻抗值,从 CSL102A 打印的故障报告来看,只有 2 个采样点,不能满足这一要求。并且距离元件判断故障方向需用故障绝对时刻起后一个周波与之前一个周波进行比较^[2],以确定故障时刻电流电压的相位关系,而由故障录波图可以看出故障绝对时刻起故障电流并未持续一个周波,也就是说,在此情况下高频距离保护来不及动作。而高频零序方向保护是作为经大电阻接地的补充保护^[2],它仅在突变量选相元件选出单相接地故障而接地阻抗方向元件不动作时才投入,显然它亦不能动作。故 CSL101A 高频距离保护未动。

Relay 10:
TIME 07:06:92
7 GPQD
17 GPBXTX
28 GPBCK
TIME 07:06:52

NO.	I_A	I_B	I_C	$3I_0$	U_A	U_B	U_C	$3U_0$
-4	1.7	1.1	-2.9	-0.1	-25.7	-54.3	80.5	-0.2
-3	0.3	2.3	-2.7	0.1	16.8	-78.4	62.3	-0.1
-2	-1.3	2.8	-1.7	0.0	55.1	-86.6	25.5	-0.2
-1	-2.3	2.6	-0.2	0.0	78.1	-61.5	-15.0	3.1
0	-2.8	1.5	-0.2	-1.2	78.9	-25.8	-46.2	11.7
1	-2.1	0.1	0.1	-1.9	60.4	12.8	-72.9	-0.3
2	-0.9	0.1	0.0	-0.6	23.3	47.9	-79.1	-12.8
3	-0.1	0.0	0.3	0.2	-8.6	72.8	-63.8	1.7
4	-0.2	-0.2	0.3	0.1	-49.5	78.8	-30.9	-2.5

图3 大关乙线 CSL102A 事故跳闸报告

Fig.3 Fault report of 220 kV line

4.2 CSL102A 高频方向保护动作原因分析

电力系统二相短路接地 $K^{(1,1)}$ 为横向故障。断一相 $F^{(1)}$ 为纵向故障。都是不对称故障。并且 $K^{(1,1)}$ 与 $F^{(1)}$ 的故障边界条件相同,序网连接方式也相同,只是短路为横向网口的连接,断线为纵向网口的连接^[1]。

断线故障的计算公式为: $I_1 = \frac{E}{X_1 + X}$

$E = E_M - E_N = 2 E \sin(\angle / 2)$

式中, \angle 为两侧电势摆开角。

电力系统是多电源的网络,这些电源电动势的幅值和相位都不相同,因而故障计算复杂。在假定是线性网络的前提下,为了简化计算,常采用叠加原理。对于 $F^{(1)}$ 断线故障,应用叠加原理可以得出单侧 A 相断线复合序网图^[3],如图 4 所示。

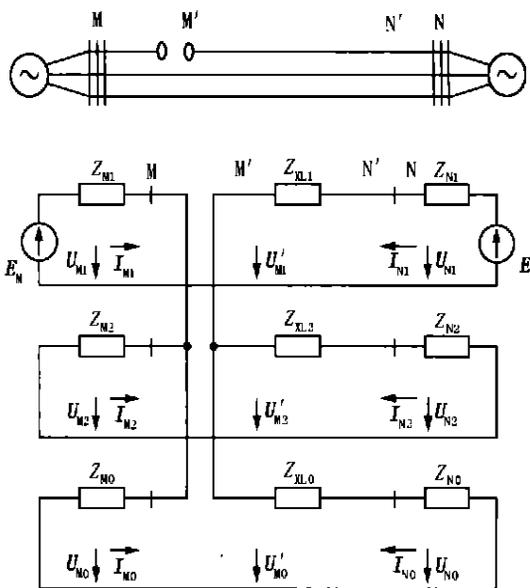


图4 单侧 A 相断线示意图及复合序网图

Fig.4 The diagram of one side "A" line broken and complex analysis

由图 4 可求得断开相(A 相)的各序电流为:

$$\begin{cases} I_{M1} = - I_{N1} = \frac{E_M - E_N}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \\ I_{M2} = - I_{N2} = - I_{M1} \frac{Z_0}{Z_2 + Z_0} \\ I_{M0} = - I_{N0} = - I_{M1} \frac{Z_2}{Z_2 + Z_0} \end{cases} \quad (1)$$

式中 $Z_1 = Z_{M1} + Z_{X1} + Z_{N1}$ (正序网络综合阻抗);

$Z_2 = Z_{M2} + Z_{X2} + Z_{N2}$ (负序网络综合阻抗);

$Z_0 = Z_{M0} + Z_{X0} + Z_{N0}$ (零序网络综合阻抗);

且假设 $Z_{M1} = Z_{M2}, Z_{N1} = Z_{N2}, Z_{X1} = Z_{X2}$, 即 $Z_1 = Z_2$

断开相(A 相)的各序电压为:由图 4 所示单侧断口两相运行时的复合序网可知,母线 M 断开相各序电压为:

$$\begin{cases} U_{M1} = E_M - I_{M1} Z_{M1} \\ U_{M2} = - I_{M2} Z_{M2} \\ U_{M0} = - I_{M0} Z_{M0} \end{cases} \quad (2)$$

母线 N 的断开相各序电压为

$$\begin{cases} U_{N1} = E_N - I_{N1} Z_{N1} \\ U_{N2} = - I_{N2} Z_{N2} \\ U_{N0} = - I_{N0} Z_{N0} \end{cases} \quad (3)$$

电压互感器接在母线上时,若以断线前由 M 侧向 N 侧输送的负荷电流为参考相量,则可按式(1)、式(2)、式(3)绘出两侧故障电流、电压间的相位关

系,如图5所示。

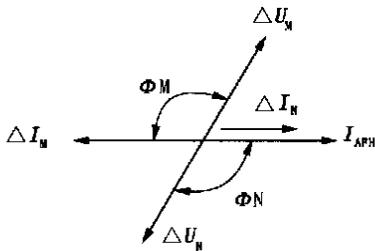


图5 单断口两相运行时两侧故障电流电压间的相量图

Fig. 5 The phasor diagram of current and voltage of the both side fault

由此可知,由于断线点发生在两端母线之间,两端母线电压决定于系统阻抗而与线路分布电容无关,且故障电流均超前于两侧故障电压,这样就造成CSL102A高频方向保护采用的三种相间突变量电流 I_{AB} 、 I_{BC} 、 I_{CA} 中最大者的相别与相应的电压所确定的故障方向,均为正方向,即两侧的突变量方向元件都处于动作状态,因此在电压互感器接于母线的情况下,当线路非全相运行时,应采取防止保护误动的措施^[4]。

由以上分析,利用对称分量法,可以求得故障点各相的全电流和全电压变化量为:

$$\begin{aligned}
 I_{KA} &= 0 \\
 I_{KB} &= I_{KA1} \left[2 - \frac{Z_2 + Z_0}{Z_2 + Z_0} \right] \\
 I_{KC} &= I_{KA1} \left[-\frac{Z_2 + 2Z_0}{Z_2 + Z_0} \right] \\
 U_{KA} &= 3 I_{KA1} \frac{Z_2 + 2Z_0}{Z_2 + Z_0} \\
 U_{KB} &= U_{KC} = 0
 \end{aligned}$$

由此可得,故障点的电流电压相量图如图6所示。

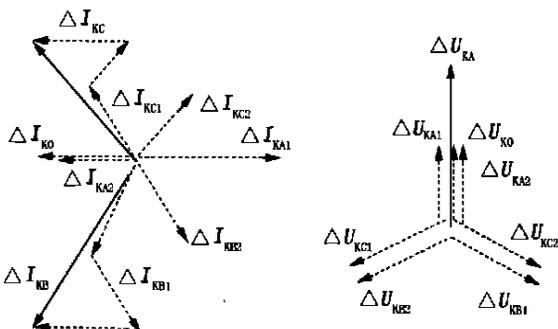


图6 单侧A相断线时故障点电流、电压相量图

Fig. 6 Phasor of current and voltage on the fault point

从图中可知,CSL100系列保护装置所采用的相电流差突变量选相原理。因为 $F^{(1)}$ 与 $K^{(1,1)}$ 的故障

边界条件相同^[1],而选出是AB相间故障,从录波图中也可以验证这一点,正是因为有7~8ms三相不对称的电流,启动电流达到1.9A远大于 $2I_{QD}$ 电流1.03A(定值 I_{QD} 为0.518A),致使两侧工频突变量方向保护均正向动作。在装置启动后高频方向保护收到约5ms的发信信号,因对侧判正向故障停信,本侧亦判正向故障停信,此时软件设计进入8ms延时确认有无高频闭锁信号程序段,在此延时段内,程序设计不再进行故障电流大于 $2I_{QD}$ 电流判断。而从故障录波图可以看出高方保护再无闭锁信号出现。所以从故障绝对时刻起28ms报“GPTBCK”,因与CSL101A选相原理一样的选相元件选择为相间故障,由于定值控制字 $KG2_{.01}$ 为“1”,所以驱动出口继电器永跳三相。

高频方向保护故障处理程序逻辑框图简图如图7所示。

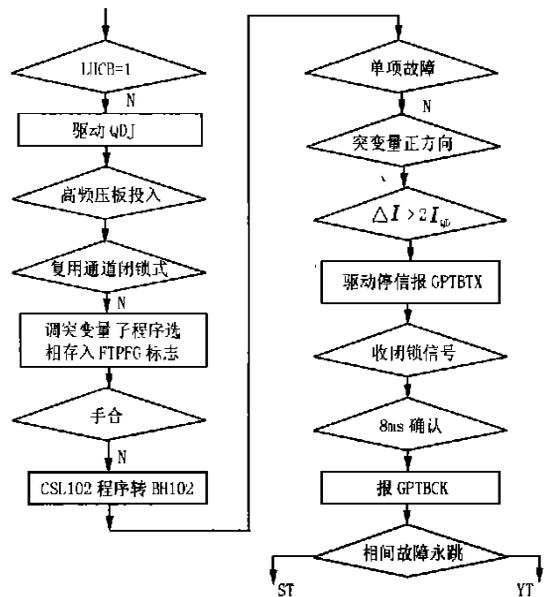


图7 故障处理程序逻辑框图简图

Fig. 7 Logic flowchart of fault processing program

5 改进方案

5.1 对装置和其故障处理程序的改进

针对以上高频方向保护误动的分析,建议厂家对其装置和故障处理程序进行改进。为此提出如下改进方案:

(1) 定义手跳开入量端子,在手分开时,利用手跳继电器的备用接点引入手分开入量至装置中。在软件设计准备进入BH102高频方向保护故障处理程序段之前,先进行是否有手分开入量的判断,如

果没有,则转入正常的高频方向保护故障处理程序段。如果有手分开入量,则转入高频保护故障处理中断程序入口处,重新执行中断程序。

(2)在软件设计进入8 ms延时确认有无高频闭锁信号程序段之后,再进行一次故障电流大于 $2I_{QD}$ 电流的判断。因为正常运行中线路发生各类故障时,在故障未可靠消除的情况下,故障电流大于 $2I_{QD}$ 电流的判据必然成立。

改进后的高频方向保护故障处理程序逻辑框图简图如图8所示:

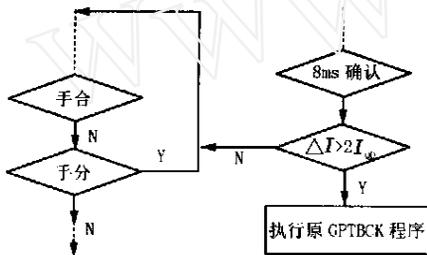


图8 故障处理程序逻辑框图的改进

Fig. 8 Improvement for the flow chart of fault processing program

通过以上对装置和故障处理程序进行的改进,可以看出,这样的改进不会对保护装置执行正常的故障处理程序带来任何负面的影响,却可以对在手分开时,因三相断路器分断不同期产生的类似非全相运行情况,从而导致高频工频突变量方向保护误动的现象起到一定的抑制作用。

5.2 对调度运行管理的建议

因为输电线路在正常带负荷运行情况下,受电压等级、负荷大小、以及输电线路本身电感、电容的影响,其三相断路器完全开断不同期时间不容易控制在一个较短的时限内^[6]。因此对采用高频工频突变量方向保护作为全线速动主保护的输电线路,在手分开时,而其三相断路器完全开断不同期时间较长时,高频工频突变量方向保护的错误跳闸目前

是无法避免的。为此建议调度运行管理部门,对采用高频工频突变量方向保护作为全线速动主保护的输电线路进行停电操作时,应根据负荷潮流情况,选择由负荷侧先进行停电操作,这样即使负荷侧的高频工频突变量方向保护启动了,而因为长距离输电线路本身电感、电容的衰减作用,电源侧的高频工频突变量方向保护未必启动,可以可靠地闭锁负荷侧的高频工频突变量方向保护的错误动作。避免输电线路错误跳闸现象的发生。

6 结束语

综合以上的分析,对采用高频工频突变量方向保护作为全线速动主保护的输电线路,在手分开时,而其三相断路器完全开断不同期时间较长时,高频工频突变量方向保护的错误动作是不可避免的。这样容易引起现场运行人员不必要的恐慌,也影响了对继电保护装置动作可靠性的正确评价。因此从完善继电保护功能的角度考虑,这个问题应该得到保护装置生产厂家和有关管理部门的重视。并尽快制定相应的改进措施和完善相应的管理条例。

参考文献:

- [1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [2] 杨新民,杨隽琳. 电力系统微机保护培训教材[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [3] 金建源. 输电线路高频保护[M]. 北京:水利电力出版社,1987.
- [4] 高中德. 超高压电网继电保护专题分析[M]. 北京:水利电力出版社,1994.

收稿日期: 2002-08-30; 修回日期: 2002-10-10

作者简介:

罗强(1969-),男,工程师,从事电力系统继电保护运行维护工作;

王国华(1974-),男,助理工程师,从事电力系统继电保护运行维护工作。

Analysis and measure to maloperation of high frequency directional protection

LUO Qiang, WANG Guo-hua

(Ningxia Yinnan Power Supply Bureau, Wuzhong 751100, China)

Abstract: High frequency protection is the main protection for high voltage line, so its reliability is very important to power network. The paper analyses high frequency directional protection's maloperation when manually opening the three-phase breaker with a long-time asynchronism. Because the maloperation usually arouses operator's intensity and wrong evaluation to the reliability of the device, the paper provides method to improve it so as to avoid it to happen again when operator executes normal operation.

Key words: delta variable; directional protection; asynchronism; maloperation