

几起 220 kV 线路高频通道典型故障的检查与处理

傅宁涛

(广东省粤电集团湛江电力有限公司, 广东 湛江 524099)

摘要: 高频通道是高频保护的重要组成部分, 高频通道的可靠与否直接关系高频保护能否正确动作。而高频通道故障是高频保护最常见的故障, 对于高频通道的故障处理也是现场人员最头疼和最关心的问题。从几起高频通道中不同高频加工元件的典型故障及高频通道典型故障的常见检查和测试方法的介绍, 比较常见检查处理方法的优缺点, 从而加深对高频通道故障处理的认识及了解相关注意事项, 希望此文对高频通道的故障检查与处理有借鉴作用。

关键词: 220 kV 线路; 高频通道; 故障处理; 注意事项

Inspection and processing of several HF channel typical faults for 220 kV line

FU Ning-tao

(Zhanjiang Electric Power Co.,Ltd, Zhanjiang 524099,China)

Abstract: The HF channel is the important constituent of HF protection, its reliability leads to the correct response from the HP protection. How to deal with the HP channel fault is also the most difficult and concerned issue to the engineers on site. From the introduction of several HF channel typical malfunction and its inspection and test, this paper compares with good and bad points of common inspection processing methods, thus deepens understanding to the HF channel fault processing and knows some points which should be paid attention. It is a reference to HF channel fault's inspection and treatment.

Key words: 220 kV line; HF channel; handling fault; attention items

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)14-0105-04

0 引言

随着光纤通道的发展, 光纤保护逐步取代高频保护, 但 220 kV 线路使用高频保护仍然占有很高的比例, 高频通道的维护仍然是现场人员关心的难点问题。高频保护作为 220 kV 高压输电线路全线速动的主保护, 对于线路故障保护正确动作快速切除故障有着重要的意义, 而高频通道是高频信号的传输设备, 高频通道的可靠与否直接关系高频保护能否正确动作。近年来, 进行了多项高频通道的反措, 高频保护动作的可靠性有明显提高, 由于高频通道由输电线路、阻波器、耦合电容器、结合滤波器、高频电缆、收发信机等组成, 其构成复杂。高频信号传送主要以弱电耦合方式传输, 易受电磁干扰、气候环境等影响, 使高频通道故障时有发生。如因某相高频通道故障而导致该相高频保护不能投入运行, 使设备在单套高频保护投入的情况下长期运行, 必然降低线路保护动作的可靠性。本文通过某厂几次高频通道故障检查处理过程的介绍, 了解常见高

频通道故障检测处理方法和注意事项。

1 几起典型高频通道故障检查与处理

以下涉及的几条线路均为 220 kV 双分裂输电线路, 其全线速动保护采用闭锁式高频保护, 高频电缆、收发信机阻抗为 75 Ω 。

1.1 阻波器调谐元件损坏

2001 年 7 月 28 日 8:58 厂站甲线 A 相高频收发信机发 3 dB 告警。退出厂站甲线 A 相高频保护, 两侧测试 A 相高频收发信机的收信电平, 本侧(电厂)衰减 12 dB、对侧衰减 9 dB, 可见高频通道出现很大的传输衰耗。线路两侧立即联合检查高频通道, 测情况如下。

1.1.1 拉合线路地刀检测高频通道, 由表 1 测试数据可见, 电厂侧合上线路侧地刀, 收发信机不能启动发信, 收信电平很低, 对侧合上地刀时, 收信电平为 +1.5 dB, 对侧拉开地刀时, 收信电平为 +2.0 dB。

表1 拉合线路地刀测试本侧收发信电平

Tab.1 Test this side to receive the sending a letter level

电厂	变电站	A相	
		收信	发信
合上地刀	合上地刀	+1.5 dB	不能启动发信
拉开地刀	合上地刀	+17.9 dB	+35.5 dB
合上地刀	拉开地刀	+2.0 dB	不能启动发信
拉开地刀	拉开地刀	+18.2 dB	+35.7 dB

滤波器阻抗是合格的。

表2 更换结合滤波器前后测得两侧衰耗差值

Tab.2 Both sides attenuation interpolation

	测试端	发信	收信	线路衰耗
更换结合滤波器前	电厂侧	+30.0 dB	+20.0 dB	+13 dB
	坡头站侧	+26.5 dB	+17.0 dB	+6.5 dB
更换结合滤波器后	电厂侧	+29.8 dB	+20.5 dB	+14.8 dB
	坡头站侧	+32.0 dB	+15.0 dB	+11.5 dB

1.2.3 输入阻抗测试

(1) 高频电缆

① 高频电缆回波损耗

平衡桥置 75 Ω；其回波损耗 10.8 dB

表3 回波衰耗

Tab.3 Active return loss

项目	对侧断开高频电缆线加电阻本侧回波测试/dB	本侧断开高频电缆线加电阻对侧回波测试/dB
负载	75 Ω	75 Ω
74 kHz	14.0	14.6
75 kHz	15.0	19.0
76 kHz	18.0	16.0
77 kHz	22.0	12.4
78 kHz	17.5	11.4
79 kHz	15.0	12.6
80 kHz	18.0	14.8
81 kHz	22.0	13.6
82 kHz	30.0	10.6

② 高频电缆输入阻抗

接线如图1，振荡器内阻置 0， R_1 按电源内阻选用 75 Ω、选频表的测量阻抗置高阻， $R_2=75 Ω$ 。测试参数详见表4，按公式1计算输入阻抗，测的高频电缆输入阻抗为 100 Ω 左右，在误差之内，是合格的。

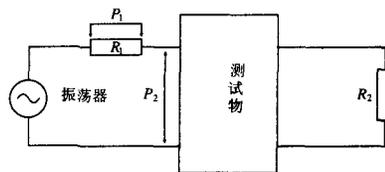


图1 输入阻抗测量

Fig.1 Input impedance survey

$$Z_{阻抗} = R_1 \times 10^{0.05(P_1 - P_2)} \Omega \quad (1)$$

(2) 结合滤波器

① 结合滤波器回波衰耗测试。平衡桥置 75 Ω，测得结合滤波器的回波损耗为 9.5 dB。

1.1.2 当变电站向线路充电，电厂侧未合厂站甲线开关时，电厂侧测得 A 相收信为+18.0 dB。

1.1.3 厂站甲线送电正常运行，即线路两侧地刀拉开，两侧开关合闸状态下，电厂侧测得 A 相收信电平低至+6.5 dB。

由上述测试数据可见电厂侧阻波器故障，高频信号向电厂开关站传输，导致两侧收发信机接收到的高频信号很低。更换厂站甲线 A 相阻波器的调谐装置，恢复设备正常状态，电厂侧测得收发信机收信电平为+17.2 dB，收、发信电平正常。

1.2 结合滤波器故障

2000年7月5日16:08厂站乙线区外故障（相邻线路发生单相接地故障），A相高频保护动作跳闸，重合闸动作，开关重合成功。2000年12月12日10:34厂站乙线区外故障（相邻线路发生单相接地故障），A相高频保护动作跳闸，重合闸动作，开关重合成功。

两次都是区外故障，高频收发信机未收到高频信号但高频保护却动作出口。从故障录波图看，保护动作的原因是A相高频信号出现间断，即未收到对侧的闭锁信号，本侧高频保护感受为区内故障，高频保护正确启动停信（依线路保护动作报告），高频保护误动出口跳闸。结合两侧故障录波图及保护动作报告，电厂侧正确停信、坡头站侧正确发信闭锁。可见，高频保护误动的关键是高频通道高频信号传输故障。

1.2.1 两侧衰耗差值检查

经查看该线路投运调试报告，两侧线路衰耗相差6.5 dB，采用更换对侧结合滤波器方法，最后两侧线路衰耗相差3.3 dB，根据规程要求通道衰耗基本正常。测试数据见表2。

1.2.2 通道回波衰耗测试

该线路A相高频通道工作频率78 kHz，在工作频率附近，本侧及对侧分别断开高频电缆接负载阻抗测试回波衰耗，测试参数见表3。两侧测得的回波损耗均大于12 dB，符合规程要求。说明阻波器、结合

表4 高频电缆输入阻抗

Tab.4 HF electric cable input impedance

振荡器输出 /dBm	P_1 /dBm	P_2 /dBm	输入阻抗/ Ω
10	0.6	3.1	100.014
16	6.6	9.1	100.014

②结合滤波器输入阻抗测试。振荡器内阻置 75 Ω 、选频表高阻跨测、线路侧电阻 300 Ω ，测得结合滤波器输入阻抗为 90 Ω 左右，是合格的。测试参数详见表 5。

表5 结合滤波器输入阻抗

Tab.5 Union filter input impedance

振荡器输出 /dBm	P_1 /dBm	P_2 /dBm	输入阻抗/ Ω
10	0.6	2.1	89.138
5	-4.5	-2.8	91.214
0	-9.4	-7.8	90.170

电厂侧检查以上各元件，未发现任何问题。但我们所做的检查仅是稳态高频信号测试，故障过程中高频通道工作情况难以完全模拟测试。由于对侧变电站该线路收发信机内阻 75 Ω ，采用 100 Ω 高频电缆，这样就增加了通道衰耗，而通道收信裕度按 15 dB 整定。考虑到两次本线 A 相高频误动都是在相邻线路单相接地故障发生时出现的，分析认为存在区外故障本线高频信号堵塞可能。省中调根据元件测试情况，经综合分析后采用提高通道收信裕度，两侧特制专用窄频结合滤波器更换。之后发生多次相邻线路类似故障，均未出现本线高频保护误动的情况。

1.3 收发信机阻抗不匹配

220 kV 厂站丙线于 2002 年 6 月 7 日投运，在高频通道对调时发现 A 相两侧线路衰耗相差 6.0 dB，参数如表 6。按《WXH-11、WXB-11、SWXB-11 型微机保护检验规程》第 12.2.5.1 条规定“如两侧的传输衰耗值相差大于 3.0 dB 时，则需再次核对通道加工设备是否良好，阻抗是否匹配，只有证实每个加工设备的技术性能都符合规定要求，不存在其它疑问时，才允许两侧的传输衰耗有较大的差值。”按此规定，该 A 相高频保护不能投入运行。

表6 两侧衰耗差值

Tab.6 Both sides attenuation interpolation

测试端	发信	收信	线路衰耗
电厂侧	+30.5 dB	+19.5 dB	+3 dB
变电站侧	+28.5 dB	+27.5 dB	+9 dB

(1)测量通道阻抗

按图 1 接线。用本身收发信机作高频信号发生装置： $P_1=6.6$ dB、 $P_2=29.5$ dB；用振荡器作高频信号发生装置： $P_1=-31.6$ dB、 $P_2=-7.0$ dB。计算两种方式通道的测量阻抗分别为 79.4 Ω 、84.6 Ω 。根据《WXH-11、WXB-11、SWXB-11 型微机保护检验规程》第 12.2.2.6 条规定要求测量输入阻抗与标称值相差不大于 20%。由此看出，电厂侧高频电缆、结合滤波器、阻波器的匹配阻抗基本正常。

(2)阻波器阻抗测试

按图 2 接线，在工作频率附近的频带调整振荡器输出频率及功率，分别测量 P_1 、 P_2 电压电平值。按公式 2 计算该阻波器的阻抗，在工作频率附近其阻抗为 1 096~1 188 Ω 。按《WXH-11、WXB-11、SWXB-11 型微机保护检验规程》第 12.2.1 条规定“阻波器在阻带内调谐阻抗中的电阻分量需大于 600 Ω ”。由此可见，该相阻波器的电阻分量是合格的。

$$Z_{\text{阻抗}}=100 \times 10^{0.05(P_1-P_2)} \Omega \quad (2)$$

(3)两侧实测通道衰耗

信号源分别用本身收发信机、振荡器（内阻置 75 Ω ），在各自高频通道末端分别用收发信机、75 Ω 高频电阻做负载，测试参数详见表 7。简单分析可以看出，对侧收发信机做负载，两侧线路衰耗相差 5.8 dB，用 75 Ω 高频电阻做负载，则两侧线路衰耗相差只有 0.3 dB、1.5 dB，并且对变电站侧影响最大，电厂侧变化很小，由此可以判断变电站的收发信机的内阻是不匹配的。经更换收发信机线滤波插件后，测试两侧传输衰耗相差为 1.5 dB，通道符合投运要求。

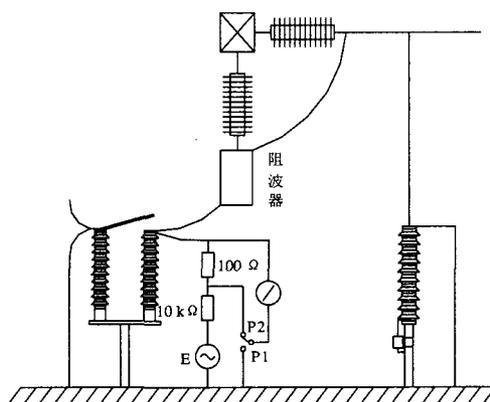


图 2 停电不拆阻波器时的阻抗测试接线图阻波器

Fig.2 Anti-wave impedance test

表7 两侧实测通道衰耗

Tab.7 The both sides actual channel degeneration

高频信号源	电厂侧		变电站侧		两侧负载
	发信 dB	收信 dB	发信 dB	收信 dB	
收发信机	30.0	19.2	28.0	27.0	收发信机
	30.0	20.2	28.0	22.5	75 Ω 电阻
振荡器	-6.0	+2.5	+10.0	-15.0	75 Ω 电阻

2 高频通道常规测试方法的比较

高频信号在高频通道传输中,各元件阻抗匹配很重要,否则在接收端就不可能获得尽可能大的高频信号。近年来电厂高频通道故障有80%以上是阻抗不匹配问题,阻抗不匹配问题检查很困难,要求两侧逐次检查高频加工设备,工作量大,费时费力。寻求一种最直接最有效的测试方法,对提高检查效率至关重要,常见阻抗不匹配检查测试方法有回波损耗法、衰耗及阻抗测试法,这两种方法运用于不同场所,依据高频通道故障情况,高压线路运行状态而定。

衰耗及阻抗测试法,是现场采用的最为普遍的高频通道故障检查测试方法。高频衰耗法,可分为通道实测法与试验测试法,通道实测法是在整个通道由高频信号源发信测试各设备衰减情况,这种方法直观简单,不需停电。试验测试法,被测元件需要停用,接匹配负载及匹配的输入信号。阻抗测试中值得注意的是输入阻抗与特性阻抗是两个不同概念,测输入阻抗时,所测的用于计算输入阻抗的高频信号包含入射和反射信号,输入阻抗与元件所接的负载有关,而特性阻抗仅与四端网络结构参数有关,与元件所接的负载无关,是很准确的反映元件特性。

回波损耗法,回波损耗实际反映电源内阻和负载阻抗比值 Z_S/Z_L 函数关系,回波损耗的大小可以表示阻抗匹配程度,回波损耗越大,负载阻抗与电源阻抗越匹配。在高频通道现场采用成品的回波损耗装置,测试方便快捷。根据国家标准《电力线载波结合设备》5.3.1 规定结合设备工作频带内线路侧和电缆侧的回波损耗应不小于 12 dB。但现场因设备所处的电磁环境,按此标准判断很多正常运行设备的回波损耗都不合格,建议若工作频带内的最小回波损耗大于 12 dB,这是合格的,阻抗应当是匹配的;若最小回波损耗在 6~12 dB 之间,必须测试输入阻抗,阻抗合格即可,不合格加以调整;若最小回波损耗小于 6 dB 则通道器件或回路异常,必须检查加以排除。

根据现场多年运行经验,通道高频信号突变达到 6 dB 以上,高频设备可能出现故障,如结合滤波器接线端严重锈蚀接触不良、阻波器损坏、高频电缆接线错误等;通道高频信号突变达到 6 dB 以内,高频设备可能出现异常,如阻波器阻抗特性差、结合滤波器线路侧阻抗不匹配等。当然高频故障情况复杂,不能一概而论,具体问题需依据实际分别对待。

3 高频通道故障检查注意事项

3.1 测试附加元件选取

所有测试附加元件应当是高频元件,比如用模拟电阻是高频电阻,绝对不可用工频或普通元件替换,否则测试的数据错误,不能用来分析高频通道问题。注意选用元件的功率,高频元件功率较小一般小于 20 W,多数仅有 5~10 W,加量时注意电平与功率对应关系,否则烧坏设备。

3.2 输入阻抗测试

输入阻抗测试接线如图 1 中, R_1 有的用设备输入匹配阻抗,有的用小阻值无感电阻。初看两种选择是矛盾的,实际是用于不同的测试情况。输入阻抗测试所用计算依据是欧姆定理,通过已知的 R_1 、 P_1 计算四端网络输入电流 I ,再根据 P_2 计算四端网络输入阻抗。由于测量时串接电阻 R_1 ,将会产生一定的附加衰耗,只要 R_1 足够小,可以认为测试误差是允许的。如果高频信号源内阻置 0 Ω,则 R_1 选择用设备输入匹配阻抗;如果信号源内阻值已置设备输入匹配阻抗,比如收发信机作信号源测试,则 R_1 选择用小阻值无感电阻,通常采用 5 Ω、5 W 的无感电阻,本人较为赞同前者,因为理论上没有引起附加衰耗。输入阻抗测试中表计均应采用高阻跨测。

4 结语

高频通道是高频信号的传输设备,高频通道的可靠与否直接关系高频保护能否正确动作。而高频加工设备元件多,故障类型也不尽相同,高频通道的故障排除就显得较为困难,因此正确选用合理的高频通道故障查找和测试方法是解决高频通道故障的关键。本文通过几次高频通道的典型故障检查处理的方法的介绍,并比较常见检查处理方法的优缺点,提出常见高频通道故障检查测试方法,希望能给电力系统各位同行有借鉴作用,也希望通过此文建立与各位同行进行高频通道故障检查测试方法的交流平台。

(下转第 111 页 continued on page 111)

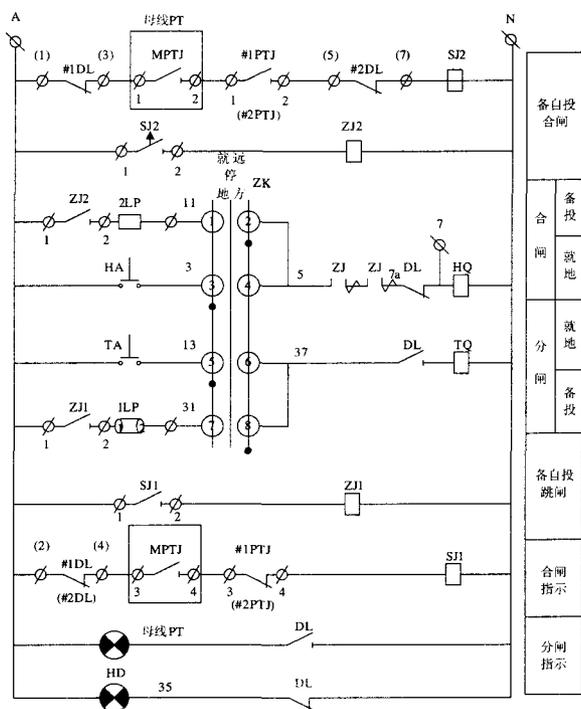


图4 备自投动作逻辑回路

Fig.4 Action logic circuit of device

动合触点闭合后, 判断运行断路器在合位 (#1DL), 且运行线路失压 #1PTJ 动断触点返回, 则启动 SJ1 时间继电器, 延时 3 s 后 ZJ1 继电器动作, ZJ1 动合触点经 1LP 连片跳开运行断路器 (#1DL)。

备自投合闸逻辑: 如图 4 所示, 当母线失压 MPTJ 动合触点闭合后, 判断热备用线路 PT 带电,

#2PTJ 常开闭合, 且运行线路 (#1DL) 及热备用线路 (#2DL) 均在跳闸位置, 则启动 SJ2 时间继电器, 延时 4 s 后 ZJ2 继电器动作, ZJ2 动断触点经 2LP 连片合上热备用断路器 (#2DL)。

(3) 备自投的复归: 如图 4 所示, ① 备自投合上热备用线路开关后, 10 kV 母线带电, 则 MPTJ 继电器返回, 备自投复归; ② 备自投合上热备用线路开关后, 若 10 kV 母线仍然失电, 则备自投继续动作跳开热备用线路开关, 备自投复归。

3 实施后的效果及存在问题

3.1 实施后的效果

当基地 I、II 双回进线任一回出现瞬时或永久性故障时, 通过交流备自投, 均能确保 10 kV 配电室不失电。

3.2 存在问题

在 10 kV 母线 PT 一次保险三相熔断的情况下, 如不及时退出备自投回路, 会导致带电线路的开关合上, 失电线路的开关断开。

参考文献

- [1] 电器产品选型手册[Z].人民电器.
The Lectotype Notebook of Electric Products[Z].
People Electric.

收稿日期: 2008-08-29; 修回日期: 2008-12-12

作者简介:

李波 (1975-), 男, 学士, 工程师, 从事继电保护运行及管理工作. E-mail:wzlb@sina.com

(上接第 108 页 continued from page 108)

参考文献

- [1] 国家电力调度中心. 电力系统继电保护典型故障分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
National Electric Power Control Center. Electrical Power System Relay Protection Typical Fault Analysis[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [2] GB/T 7330-1998, 交流电力系统阻波器[S].
GB/T 7330-1998, Line traps for AC Power Systems[S].
- [3] GB/T 7329-1998, 电力线载波结合设备[S].
People's Republic of China National Standards GB/T 7329-1998, Coupling Devices for Power Line Carrier Systems.

- [4] 江苏省电力公司. 电力系统继电保护原理与实用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
Jiangsu Electric Power Company. The Principle and Practical Technology of Relay Protection of Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

收稿日期: 2009-03-07; 修回日期: 2009-06-18

作者简介:

傅宁涛 (1974-), 男, 电气工程师, 从事电力系统继电保护管理工作. E-mail:fanis0917@sina.com