

220 kV 系统高频保护 异常运行分析及预防措施

刘 杨¹, 李晓明², 曹凯丽¹

(1. 安徽省电力调度通信中心, 安徽 合肥 230061;

2. 巢湖电力公司, 安徽 巢湖 238000)

摘要: 针对 5 年来安徽省电网高频保护动作情况的统计结果及高频保护的运行情况, 总结归纳出易发生误动的高频保护类型及造成误动的原因, 主要有高频通道设备、收发信机、保护装置、通道干扰等问题。并结合实际介绍了防误动所采取的具体措施及改进办法, 包括二次回路抗干扰措施; 保护装置交、直流电压、电流入口处加装抗干扰电容; 收发信机及保护装置加装抗干扰及反措; 高频加工设备的反措等。

关键词: 高频保护; 异常分析; 对策

中图分类号: TM 773

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2005)05-0098-04

1 高频保护情况介绍^①

高频保护是保证输电线路故障全线速切及保证系统稳定运行的重要保护。随着电力系统的飞速发展, 电网机组容量越来越大, 电网结构日趋复杂, 要求线路故障快速切除以保证系统安全稳定运行。同时, 由于同杆架设双回线及环网套环网接线的增加, 给保护的整定带来很大困难, 整定人员不得不根据整定规程规定, 简化后备保护整定配合。与相邻线路高频保护配合, 高频保护的停运、故障等, 不仅使线路失去全线速切的功能, 还会因为保护失配, 使保护越级跳闸, 造成系统事故扩大或失稳解列, 给系统稳定运行造成极大威胁。因此, 保证高频保护的正常运行始终是继电保护部门最重要的任务之一。表 1 是 5 年来安徽省线路故障时高频保护动作情况。

表 1 220 kV 高频保护切除线路故障统计表

Tab.1 Statistics of 220 kV high-frequency protection response to line faults

年度	线路故障次数	高频正确切除次数	高频保护误动次数	高频保护拒动次数	高频正确切除率/%
1998	47	178	3	2	94.68
1999	32	120	3	1	93.75
2000	30	126	1	1	96.67
2001	34	132	1	1	97.05
2002	40	154	3	0	96.25

注: 每条线路按 2 套高频保护统计。

通过表 1 统计数据可知近 5 年来安徽省线路故障都是由高频保护动作快速切除故障的, 在故障时发生过 1 套高频拒动的情况, 也发生过故障时 1 套高频保护异常停役的情况, 但没有发生 2 套高频同时拒动的情况, 也没有在 1 套高频异常停役时发生线路故障, 且另 1 套

高频又拒动的情况, 因此线路故障时都是由高频保护动作快速切除故障, 保证了系统的安全运行。

截止到 2003 年底全省 220 kV 系统共有输电线路 139 条, 无论是联络线还是终端馈线全部配有双高频保护。其中联络线高频保护基本为以下几种配置: 南自厂生产的 WXB-11, WBX-15; 南瑞公司生产的 LFP-901A, LFP-902A; 南瑞公司与南自厂生产的 CKF-1, WXB-11 或 LFP-901A, WBX-11 等, 晶体管型保护在 2000 年底已更换完毕, 集成电路型保护目前只剩 1 条线路, 其余均在 2002 年底更换完毕。收发信机采用的是扬州厂生产的 YBX-1, YBX-1K 型, 南京 734 厂生产的 GSF6, GSF6A 及南瑞公司生产的 LFP-912 型收发信机。终端馈线一律采用南自所生产的 LFP-901A(RCS-901), LFP-902A(RCS-902) 保护, 该保护在终端侧投入弱馈回路后, 能保证终端线路的全线速切, 并具有选相功能, 在线路单相瞬时故障时能单跳、单合保证供电可靠性。

2 高频保护异常情况介绍

2003 年底全省共投入高频保护 534 套, 光纤保护 22 套。为更好地了解高频保护异常运行情况, 将 1999~2003 年全省高频保护异常停役列于表 2。

高频保护因其构成的特殊性, 不像一般保护构成单一, 其构成相对复杂, 它由线路两侧的保护装置、收发信机及高频通道组成, 且高频通道又由高频电缆、结合滤波器、耦合电容器, 线路阻波器和电力线路等许多设备组成, 因此高频保护的正常运行受到多种因素限制, 而上述设备任一个发生异常都会影响高频保护的正常运行。因此, 高频保护出现异常的情况较多且情况也复杂。

① 刘 杨, 曹凯丽. 安徽省 220 kV 系统继电保护及自动装置统计分析报告. 合肥: 安徽省电力中心调度所, 1996~2003.

表 2 1999 ~ 2003 年安徽省高频保护投运率
Tab.2 The commission rate of high-frequency protection in Anhui during 1999 ~ 2003

年度	停运次数	停运时间/h	高频投运率/%
1999	256	4 576	99.44
2000	219	4 548	99.56
2001	234	4 680	99.40
2002	248	4 720	99.51
2003	211	3 987	99.65

归纳起来安徽省高频保护异常通过表 3 可以看出主要有以下几个方面。

表 3 高频保护异常停役原因分类次数统计表
Tab.3 Statistics of high-frequency protection abnormal operations for different reasons

年度	通道设备	收发信机	保护装置	通道干扰	其他问题
1999	52	49	20	64	36
2000	58	44	32	70	45
2001	39	52	18	59	39
2002	45	41	26	76	42
2003	49	58	30	60	40

2.1 高频通道设备问题

因高频保护通道构成环节较多,因此受通道影响较大,且高频通道的加工设备都运行在高压状态下,一次设备不停无法进行检查。而申请一次设备停役都比较困难,首先要排除保护装置收发信机本身及装置到结合滤波器之间的电缆、结合滤波器本身肯定没有问题后,才能申请停一次设备,因此加工设备问题造成的高频保护异常,往往停役时间较长。下面介绍几起因通道问题造成的高频保护长时间停役的事例。

2.1.1 事例 1

某 220 kV 线路高频保护因通道衰耗突然增大,保护装置 3DB 告警灯亮;将两侧装置停役,检查装置本身没发现问题,检查收发信机各插件工作电压、发信电平均正常,怀疑是通道加工设备问题,将两侧结合滤波器更换后,仍不正常;用 2 500 V 摇表测量保护装置到结合滤波器之间的高频电缆,没发现开路或短路接地等问题,此时就怀疑结合滤波器至耦合电容器之间的通道有问题。在做好安全措施的情况下,保护人员登梯打开带电运行中的耦合电容器中压 TV 端子箱,发现端子箱内高频通道引线外绝缘层有破损,使高频通道引线的铜导体与中压 TV 端子箱外壳处于似接非接的状态,临时采用绝缘胶片隔离后,故障现象消失。上述故障造成该线路高频闭锁保护异常停役 2 次,耗时 362 h。

2.1.2 事例 2

某 220 kV 线路高频保护,多次因一侧收到对侧信号低甚至收不到信号而停役,还时常伴有收发信机中的功放管多次烧坏。首先申请停役的原因是线路的一侧保护收发信机在做通道试验时,收不到对侧信号,不能正常启动发信,并且时好时坏,因此首先判断是对侧保护的远方启动发信回路有问题。通

过对装置的认真检查排除了上述问题,怀疑保护装置到结合滤波器间的高频电缆接触不良,保护人员到开关场结合滤波器下口用选频表测量对侧发来的信号,通过测试两侧均与正常运行的数值相同,因此怀疑结合滤波器有问题。将一侧结合滤波器盖子打开,发现内部高频电缆接线端子排采用的是一般低压电工材料制作的,与底板的距离较小,当内部受潮后,绝缘水平大大下降。检查发现其端子排绝缘电阻小于 2 kΩ,大大增加了通道的传输衰耗,而且绝缘电阻随着气候变化而变化,梅雨季节最严重,将结合滤波器更换后正常。因结合滤波器中的绝缘损坏是逐步发展的,且随着天气的变化时好时坏,还伴有几次收发信机大功率管损坏,增加了故障判断的难度及时间,造成高频闭锁保护异常停役 8 次,耗时 2 929 h。

2.1.3 事例 3

某 220 kV 线路高频保护,一到下雨、下雪天气通道衰耗就增大,某一侧保护装置就收不到对侧发来的信号,每次停下来检查两侧保护及收发信装置均良好,等到天气转晴后,故障现象自动消失。上述情况多次出现后,认为该线路是改造线路,通道设备都是搬家设备,设备运行时间长,经过搬运特性变坏,因为线路启动时两侧高频保护对调测试时,通道衰耗就大,通道裕度刚刚满足要求。为彻底查清异常原因,首先申请 220 kV 线路停役,要求两侧保护人员都到现场,安排了从保护装置到收发信机、高频电缆、结合滤波器、耦合电容器、阻波器,一一检查排除,发现在结合滤波器下端口处测量本侧装置所发信号电平,衰减很大,信号电平下降很多,检查发现结合滤波器到装置之间有一分频器,分频器中的高频电缆因绝缘不好,出现短路,在通信人员确认此分频器不再需要后,将分频器去掉,两侧收发信正常,通道裕度大大增加,保护正常投入。

2.2 收发信机问题

几年来因收发信机问题造成高频保护异常停役主要有以下几种情况。

2.2.1 逆变电源问题

逆变电源是收发信机的重要部件,因早期的收发信机设计不合理、收发信机电源板质量不好易损坏,另外保护装置有远方启动回路,通道遇有干扰时往往长发信,无法解环,造成逆变电源烧坏的情况较多,如:多次发生电源板上整流桥元件损坏的情况。近期生产厂家有所改进,如南自院生产的 LPF-912 及宏图高科生产的 GSF-6B 都注意了这个问题,因此电源问题出现的相对较少。

2.2.2 元器件损坏问题

几年来出现元器件问题较多的有:收发信机功放管击穿;收发信机晶振回路中电容开路;收发信机线滤特性变坏衰耗变大;收发信机抗干扰电容虚焊。

2.3 保护装置问题

因保护装置本身问题造成的停役主要是下面几个原因。

a. 原晶体管保护装置因使用年限长、元器件老化及绝缘不好现象严重,经常出现管子击穿问题。

b. 微机保护采样芯片损坏、I/O-1 插件多块芯片损坏情况较多。

c. 面板指示灯不正常。

d. 保护装置电源问题严重,如:因电源内部发生软击穿,造成数据采样不对;电源不稳定,发生掉电现象。

e. 装置受温度影响,CPU 芯片的一部分腿脚处于悬浮状态。

f. 装置插件松动。

2.4 通道干扰问题

目前高频保护均有远方启动发信回路,因此遇到干扰容易频繁启动发信,干扰是哪一侧装置引起无法区分,有的发信原因不明,为防止误动,往往只能停用,因此每年因通道干扰停役次数较多,时间较长。因高频保护的加工设备结合滤波器、耦合电容器及阻波器等,以及高压输电线设备均设置在室外,当其受到雷雨、外界电磁波干扰或一次设备操作等均会产生干扰信号影响高频信号的发出或接收。其特点是频繁停役、自动恢复,由于干扰源很难确定,往往造成保护异常停役次数多、时间长,且大多发生在天气恶劣时或一次系统有操作时段。如某 220 kV 线路频繁发生收信电平偏低的情况,将两侧装置停役,检查装置本身没问题,检查收发信机各插件工作电压、发信电平正常,怀疑是通道加工设备问题,对两侧结合滤波器进行检查仍正常,后怀疑是线路阻波器问题,通过分别拉开线路两侧开关,并对拉开前和拉开后收信电压进行比较,排除阻波器的问题,最后请通信人员对通道衰耗进行测试,发现通道在保护频率 302 kHz 附近衰耗很大而在其他频率范围衰耗小,因此通过与通信部门协商将保护频率由 302 kHz 调至 110 kHz 后,两侧保护运行正常。

3 预防措施^[1~3]

通过上述分析可知,真正由保护装置本身问题造成高频保护异常停役的情况,占高频保护异常停役的时间并不是很多,约为 15%,而因通道干扰及高频通道加工设备造成的高频保护异常停役,占了高频保护异常的 66%~70%。因此,解决高频保护异常停役工作的重点在于解决通道干扰高频通道加工设备问题,近年来围绕着解决高频通道异常问题主要采取了以下措施。

3.1 二次回路抗干扰措施

二次回路抗干扰措施主要有 3 个方面:控制干扰源;降低干扰源与敏感设备间的耦合程度;提高设备抗干扰能力。下面介绍具体措施。

a. 控制电源用有屏蔽层的电缆(铠装铅包电缆或屏蔽电缆),须将屏蔽层两端接地,在钢带和铅包层上接出 26 股铜线接到保护屏的接地铜排上,在升压站应接入远离变压器中性点的接地网上。高频保

护通道用的高频电缆屏蔽层必须两端接地,为了减小地网中工频地电位差在高频电源屏蔽层产生大电流,影响高频信号传输,高频电缆屏蔽层两端接地点间须旁路一根 100 mm² 的铜导线。

b. 强、弱电不得合用在同一根控制电缆内,操作断路器跳、合闸线圈电源的瞬间产生反电势,在接点断开瞬间,有“打火”现象,弱电回路产生频谱较宽的高频干扰,这种干扰能量很大,会损坏弱电回路的元器件、逆变电源等,引起弱电回路逻辑混乱。

c. 交、直流回路不得合用在同一根电缆内,交流 220 kV 是接地系统,直流系统最怕接地,希望对地绝缘电阻越高越好。交、直流回路放在同一根控制电缆内,当芯间绝缘电阻下降,将引起直流系统接地而使继电保护误动跳闸。

3.2 保护装置交、直流电压、电流入口处加装抗干扰电容

交流电流、电压回路以及直流电源接入装置的电缆使用屏蔽电缆可以大大减少进入装置的干扰。但是在较高的干扰频率下,一次干扰将通过一、二次间的电容直接串入控制电缆芯,是屏蔽层不能完全解决的。

通过试验可知,用屏蔽电缆比无屏蔽电缆要好得多,使用屏蔽电缆可大大减少干扰,但仍不能将干扰减小到保护安全工作水平,接入入口电容后,干扰电压又减小一些,且电容量大,效果更明显。但是,直流系统对地电容过大,在直流系统一点接地时,可能引起保护误动。因此用 0.05 μF 容量比较合适。

3.3 收发信机及保护装置加装抗干扰及反措

a. 收发信机应有可靠、完善的接地措施,并与保护屏接地铜排相连。

b. 在收发信机的功率放大、电源、高频通道输入等回路不应设置过载、过压等保护性措施,以防系统异常、故障时收发信机不能正常工作。

3.4 高频加工设备的反措

a. 收发信机与结合滤波器之间的高频回路都应有工频量抑制电容抑制工频量侵入。为防止工频量进入变换器,使变换器饱和,造成通道阻塞,新安装的结合滤波器和收发信机与高频电缆芯线相连接端均应分别串有电容器。对于已运行的采用高频变换器直接耦合的高频通道(结合滤波器及收发信机高频电缆侧均无电容器),要求在其通道的电缆芯回路中串接一个电容器,其参数为:0.05 μF 左右,交流耐压 2 000 V,1 min。串接电容后应检查通道裕度。

b. 结合滤波器的一、二次线圈间接地连线应断开。结合滤波器的外壳和同轴电缆外罩铁管应与耦合电容器的底座焊接在一起。高频同轴电缆屏蔽层,在结合滤波器二次端子上,用大于 10 mm² 的绝缘导线连通引下,焊接在上述分支铜导线上,实现接地。在控制室内,高频同轴电缆屏蔽层用 1.5~2.5 mm² 的多股铜线直接接于保护屏接地铜排。

c. 不允许在继电保护高频通道中接入带电监

测设备。

d. 不允许用电缆并接在收发信机通道入口引入高频信号进行录波。

3.5 其他措施

a. 认真做好每天高频保护交换信号,并认真记录。发现异常立即将高频保护投信号,并及时通知保护人员检查。

b. 加强对通道设备如:结合滤波器、阻波器、耦合电容器、高频电缆等设备的检测,尤其是各设备的连接电缆端子是否接触良好,为避免雨淋受潮生锈,应采用铜制螺栓。

c. 尽快更换早期生产的、性能差的保护装置与收发信机装置,使用技术先进、性能良好的设备是一项很好的措施。

d. 使用技术先进、性能优良的光纤保护。因为光纤保护由于光信号的特点,可以有效防止雷电、系统故障时产生的电磁方面的干扰,具有很强的抗干扰能力。光纤保护还具有构成简单、通道组成元器件少、运行维护简单方便、出故障率小的特点。

参考文献:

[1] 周全仁. 电力系统继电保护及安全自动装置反事故技术要点[M]. 北京:中国电力出版社,1999.

[2] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 北京:水利电力出版社,1992.

[3] 贺家李. 断电保护原理[M]. 天津:天津大学出版社,1998.

[4] 邢昌宏. 距离保护与收发信机配合构成高频闭锁保护的实现方法[J]. 电力自动化设备,1998,18(3): 35-37. XING Chang-hong. The realization of high frequency block protection by utilizing distance protection and carriers[J]. Electric Power Automation Equipment,1998,18(3): 35-37.

[5] 肖安南,高云峰. YBX-1 与 CKF-1 构成的方向高频保护的高频通道特点及其运行维护[J]. 安徽电力职工大学学报,1999,4(4): 106-107. XIAO An-nan, GAO Yun-fen. The character of high-frequency channel with YBX-1 and CKF-1 directional high-frequency protection[J]. Journal of Anhui Electric Power University for Staff,1999,4(4): 106-107.

(责任编辑:李 玲)

作者简介:

刘 杨(1954-),男,安徽阜阳人,工程师,主要从事继电保护运行管理工作;

李晓明(1966-),男,安徽无为,高级工程师,主要从事继电保护技术管理工作;

曹凯丽(1959-),女,湖南长沙人,高级工程师,主要从事继电保护运行管理工作(E-mail:caokl365@hotmail.com)。

Analysis of abnormal operation of 220 kV high-frequency protection and its countermeasures

LIU Yang¹, LI Xiao-ming², CAO Kai-li¹

(1. Anhui Electric Power Dispatching Center, Hefei 230061, China;
2. Chaohu Electric Power Corporation, Chaohu 238000, China)

Abstract: Based on the statistics of high-frequency protection operation within Anhui power network in recent five years, the protection types with frequent misoperations and their reasons are summarized, including high-frequency channel devices, transceiver, protection equipment, channel interference and so on. Some countermeasures against misoperation are introduced: anti-interference measures in secondary circuit; anti-interference capacitances at AC/DC voltage/current input channels of protection equipment; anti-interference and anti-accident measures for transceiver and protection equipment; anti-accident measures for high-frequency processing equipment.

Key words: high-frequency protection; abnormal analysis; countermeasure

中英文摘要编写要求

摘要 是科技文章的重要组成部分,是以提供文献内容梗概为目的,不加评论和解释,简明、确切地记述文献重要内容的短文。摘要应具有独立性和自明性,并拥有与文献同等量的主要信息,即不阅读全文,就能获得必要的信息。根据文摘编写规则国家标准 GB 6447-86 及《科技书刊标准化 18 讲》向作者介绍论文摘要的编写要求。

a. 应按照摘要编写的 4 个要素(论文的目的、方法、结果、结论)进行编写。目的:研究、研制、调查等的前提、目的、所涉及的主题范围。方法:所用的原理、理论、条件、对象、材料、工艺、结构、手段、装备、程序等。结果:实验、研究的结果、数据,被确定的关系,观察得到的效果、性能等。结论:结果的分析、研究、比较、应用,提出的问题等。

b. 摘要编写应内容充实,中文摘要应不少于 200 字,英文摘要应在 150 个词左右。

c. 摘要应尽可能取消或减少课题研究的背景信息;出现的数据应是最重要、最关键的数据;缩略语、略称、代号,除了相邻专业的读者也能清楚理解以外,在首次出现时必须写出中、英文全称;不得简单重复题名中已有的信息;除了实在无法变通以外,一般不列数学公式,不出现插图、表格;不用引文,除非该文献证实或否定了他人已出版的著作。

d. 摘要编写用第三人称。建议采用“对……进行了研究”、“报告了……现状”、“进行了……调查”等记述方法标明一次文献的性质和文献主题,不必使用“本文”、“作者”等作为主语。