

高频保护通道的组成及其 常见故障解决方法

何永波¹, 余年¹, 朱志甫², 于嘉¹, 王绪本¹

(1. 成都理工大学 信息工程学院, 四川 成都 610059;

2. 西南交通大学 信息科学与技术学院, 四川 成都 610000)

摘要: 介绍了高频通道的组成成分, 列出了高频通道运行中应该掌握的参数, 进而列出工作中常见高频通道的故障类型。针对高频通道的常见故障, 如参数不匹配、高频干扰、架空线路的间隙放电、衰减超标、3 dB 告警、拍频等, 分别提出对应的解决措施和排除方法。

关键词: 高频保护; 高频通道; 常见故障; 解决方法

中图分类号: TM 773

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)11-0111-04

在高压输电线路路上, 为减轻故障损害程度, 保证电力系统并列运行稳定性和提高输送功率, 往往要求继电保护无延时地切除线路上任一处的短路故障。在 220 kV 及以上电压等级的电网中, 广泛采用高频保护作为主保护。所谓高频保护, 即是应用载波技术, 以输电线路本身作为通道, 将线路两侧工频电气量(或两侧阶段式保护中测量元件的判别结果)调制在频率为 40~500 kHz 的高频电波上, 沿通道互相传送; 两侧保护收到此高频电波后, 再将其还原为工频电气量(或判别结果)并在各自的保护中比较这些量, 以判断是区内还是区外故障, 达到保护线路的目的^[1]; 而要构成能反应两端电气量的保护, 必须具有能反应两端电气量的信号和传输这个信号的通道。

在高频保护系统组成中, 高频通道占据着重要地位, 同时也发挥着至关重要作用。高频保护运行的好坏, 不仅取决于高频保护装置本身, 同时在很大程度上取决于高频通道的工作情况。因此, 高频保护通道的工作好坏是高频保护正确动作的重要前提。

1 高频通道的组成

目前, 广泛采用的技术是将输电线路本身作为通道, 即输电线路在传输 50 Hz 工频电流的同时, 还叠

加传输一个高频信号——载波信号, 以进行线路两端电量的比较。而以输电线路作为高频保护的通道传输高频信号, 必须对输电线路进行高频调制, 即隔离高电压, 把工频电流和高频电流分开, 并把载波机接入电力线, 做到既不影响工频电流的输送, 又满足传输高频信号的要求。经高频调制的输电线路称之为输电线载波通道, 简称为高频通道或通道; 在输电线路的两相上作高频调制的通道, 称为相-相制高频通道; 只在一相上调制的, 称为相-地制高频通道^[1]; 对于相-地制高频通道, 其所需调制设备较少, 一次性经济投资较小, 所以国内一般多采用相-地制高频通道。下面就以相-地制高频通道为例介绍。

相-地制高频通道的构成如图 1 所示^[1], 图中 1 为输电线路, 2 为高频阻波器, 3 为耦合电容器, 4 为连接滤波器, 5 为放电间隙, 6 为接地刀闸, 7 为高频电缆, 8 为高频收发信机, a_1 、 a_2 、 a_3 、 b_1 、 b_2 、 b_3 为测试点。

1.1 高频阻波器

高频阻波器是由电感线圈和可调电容器组成的并联谐振回路; 当其谐振频率为选用的高频频率时, 对高频电流呈现很大的阻抗(大于 1 k Ω), 从而使高频电流限制在被保护的输电线路以内, 而不致流到相邻的线路中; 对工频 50 Hz 而言, 高频阻波器的阻抗

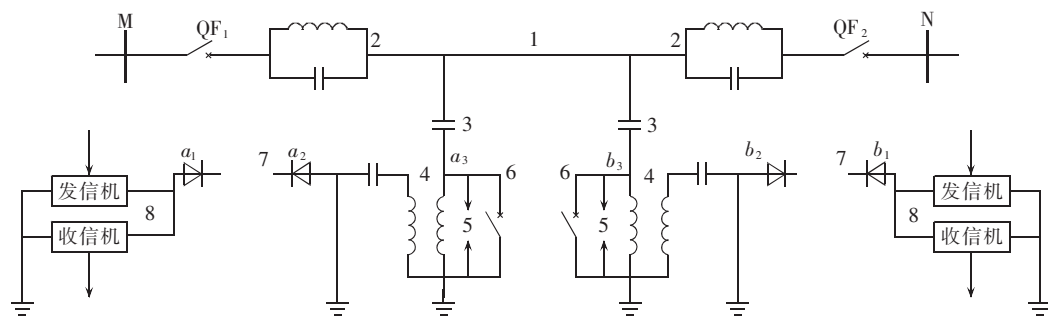


图 1 “相-地”制高频通道的构成

Fig.1 Structure of high frequency channel of phase to ground system

仅是电感线圈的阻抗,其值约为 $0.04\ \Omega$,因而,工频电流可以顺利通过。

1.2 耦合电容器

耦合滤波器的作用是将低压高频设备耦合到高压线路上。耦合电容器的电容量很小,对工频电流呈现很大的阻抗,可以防止工频高压侵入高频收发信机;耦合电容器对高频电流则阻抗很小,高频电流可以顺利通过,耦合电容器与结合滤波器共同组成带通滤波器,只允许此带通频率内的高频电流通过^[2]。

1.3 结合滤波器

由于电力架空线路波阻抗约为 $400\ \Omega$,高频电缆波阻抗约为 $100\ \Omega$ 或 $75\ \Omega$ (一般多为 $75\ \Omega$),因此,利用结合滤波器与其起阻抗匹配作用,以减少高频信号衰减,使高频收发信机的高频功率最大,同时,还利用结合滤波器进一步使高频收发信机与高压输电线路保持距离,以保证高频收发信机及人身安全。

1.4 高频电缆

高频电缆的作用是将控制保护室的收发信机和户外开关场的结合滤波器连接。由于其工作效率高,因此高频电缆通常采用单芯同轴电缆。它具有高频损耗小、抗干扰能力强等优点。

1.5 保护间隙

保护间隙是高频通道的辅助设备,保护高频收发信机和高频电缆免受过电压的袭击而造成损坏。

1.6 接地刀闸

接地刀闸也是高频通道的辅助设备,在调试或检修高频收发信机和结合滤波器时,将它接地,以保护人身安全。

1.7 高频收发信机

高频收发信机用来发送和接收高频信号。

2 高频通道参数

在进行高频通道检查时,掌握有关参数及通道结构是排除故障的前提。

2.1 高频通道参数

阻波器阻抗

$$f=50\ \text{Hz 时}, Z=0.04\ \Omega$$

$$f=\text{高频时}, Z>1\ \text{k}\Omega$$

线路阻抗

$$Z=400\ \Omega\ \text{或}\ 300\ \Omega$$

电缆阻抗

$$Z=100\ \Omega\ \text{或}\ 75\ \Omega$$

2.2 高频通道的运行参数

高频通道的运行参数与设备的生产厂家有关,一般情况下,视线路长短,本侧和对侧一组常用参数可以参考如下(本侧发信对侧收信):本侧发信机输出电平($10\ \text{W}$) $31\ \text{dB}$ ($40\ \text{dBm}$)(a_1 处);本侧结合滤波器电缆侧电平约 $28\ \text{dB}$ (a_2 处);本侧结合滤波器线路侧电平约 $42\ \text{dB}$ (a_3 处);对侧结合滤波器线路侧电平约 $30\ \text{dB}$ (b_3 处,视线路长短);对侧结合滤波器电缆侧电平约 $28\ \text{dB}$ (b_2 处,视线路长短);对侧收发信机收信电平约 $20\ \text{dB}$ (b_1 处,视线路长短)。

当线路的对侧发信本侧收信时,其参数与上述参数数值对称。

3 常见高频通道的故障类型

由于受环境、天气等综合因素的影响,高频通道往往会出现很多种故障。常见的高频通道故障一般有下面几种类型。

a. 短路。导致短路的故障有元器件绝缘击穿短路、电缆线短路等。

b. 断线。可能的断线故障是元器件损坏、插件未插好、电缆线断开等。

c. 参数不匹配。参数不匹配故障主要类型是高频电缆长度为 $\lambda/4$ (λ 为波长)时高频信号传输受阻。

d. 衰耗超标 $3\ \text{dB}$ 告警。引起 $3\ \text{dB}$ 告警的原因很多,常见的如阻波器损坏、耦合电容器问题、高频电缆故障、天气的影响都可能造成 $3\ \text{dB}$ 告警^[3]。

e. 高频干扰。阻波器容易受雷电的侵入,使调谐元件损坏,分流衰耗增大^[2]。

f. 架空线路的间隙放电干扰。由于输电线路在大雾和潮湿的天气间隙放电(间隙绝缘不良)经常使收发信机因为远方起信而误动信号^[2]。

g. 出现拍频。在高频通道中,两侧高频信号的幅值相近、频率相同、相位相反时,结果相互抵消;为了避免拍频现象的发生,目前的收发信机中收发回路是按时分制方式工作,采用了外差接线,严重的拍频现象得到了控制,但是在现场有时仍然存在拍频,引起高频信号间断出现问题,高频信号的间断会导致区外故障时的高频闭锁保护误动作。

4 常见故障的解决方法

针对不同的高频通道故障,采用不同的处理方法。检查高频通道故障时,应首先退出高频保护,然后进行通道的检查与处理。

4.1 参数不匹配的故障

通过用选频电平表测量通道,将测量的参数和对应的满足指标对比,逐步缩小故障范围,确定故障点。

4.1.1 本侧发信、对侧收信

将对侧收发信机电源关掉,使本侧发信机发信,用选频电平表测量通道的每一个环节的电平(如高频通道原理图中的 a_1 、 a_2 、 a_3 、 b_1 、 b_2 、 b_3 各点应满足指标)。

4.1.2 对侧发信、本侧收信

将本侧收发信机电源关掉,使对侧发信机发信,用选频表测量通道的每一个环节的电平(如高频通道原理图中的 b_1 、 b_2 、 b_3 、 a_1 、 a_2 、 a_3 各点应满足指标)。

4.1.3 更换通道检查

如有可能更换另一相正常通道来检验其收发信机的收发信是否正常,如果正常,可排除收发信机本身的问题,如结果仍不正常,则对外部通道逐步进行检查,逐步缩小故障的范围。

4.2 视具体情况分析处理高频干扰

4.2.1 加装电源抗干扰滤波器

直流供电系统在变电站中分布广、支路多,具有广泛的天线接收效应,各类空间电磁干扰也在导线中相互叠加,形成较强的干扰电动势,所以直流供电系统引入的干扰属于比较严重的干扰;对付直流供电系统引入的传导性干扰,虽然可以用隔离、屏蔽、光耦、滤波等方法,但是最直接有效的方法就是在收发信机直流电源入口处加装电源抗干扰滤波器。电源抗干扰滤波器实质上就是用低通滤波器进行滤波。

4.2.2 仪用互感器二次回路接地

国际大电网会议推荐在引入控制室的第一点(配电盘或保护盘)对二次回路实施接地,理由是应在最易遭受回路过电压威胁的点上对人员和联接设备提供最好的保护^[3]。而在仪用互感器安装处附近实现接地,则主要是为了限制互感器二次线圈的电压应力,在距互感器若干距离外的控制室配电盘处,则可能因接地故障而引入明显的过电压。同时,试验与运行人员也将有更多的机会在配电盘上进行工作,我国现行的继电保护规程则明确规定“接地宜设在控制室内”,且不允许多点接地。

4.2.3 灵敏始点电平

收发信机厂家对收发信机的灵敏始点电平调试一般为 $-4\sim-5$ dB。但是,考虑到高频通道上除电晕干扰外,还应考虑在短路燃烧电弧稳定周期中以及在切除高压线路短路弧光的单相重合闸周期里扰动干扰的短时影响,推荐采用最小允许灵敏始点电平为:110 kV 线路不低于 5 dB,在更高的电压等级线路上不低于 2 dB,所以笔者认为在保证收信裕量的前提下,适当提高收信灵敏始点电平对防止干扰有作用。

4.2.4 高频收发信机入口串电容

早期的收发信机和结合滤波器,在构成原理上都有一个与通道串接的电容器,从而使 50 Hz 工频分量在高频通道中被抑制;在高频收发信机入口串电容,可以有效保护设备受到高频干扰。

另外,应该考虑气候的影响,例如该线路是否处于雷电、大风、大雾、或大雪等环境^[4]。

4.3 架空线路的间隙放电干扰

当架空线路的间隙出现放电干扰时,可能的原因有如下几方面:

- a. 电力线路接触不良,有放电现象;
- b. 瓷瓶绝缘有缺陷或高压设备不良,有放电现象;
- c. 阻波器调谐元件损坏,产生火花放电;
- d. 耦合电容器下桩头螺丝不紧、有不连续的放电现象;
- e. 耦合电容器与输电线路连线太细,放电产生杂音干扰;

对于架空线路的间隙放电现象,排除时要细心。

4.4 衰耗超标 3 dB 告警

运行中通道设备故障,尤其是线路阻波器的故

障,会使高频保护通道衰减增大,通道裕度减小,严重时将使高频保护误动作^[4];在正常情况下,高频保护通道的通道裕度常要求大于 12 dB;当高频保护通道的裕度出现异常时,就要检查线路中的线路阻波器,通过测量判断阻波器的好坏^[5]。

不同的运行情况下,分别有 2 种不同的方法可判断线路阻波器的好坏。

a. 线路能停电检查。依次拉开线路两侧的断路器及隔离开关,因为断路器触头间有均压电容,断路器即使拉开,对高频信号仍然形成通道,所以必须同时拉开隔离开关,每拉一次断路器和隔离开关,启动一次收发信机,测量对侧的接收电平,当拉开后对侧的接收电平有明显的提高,通道裕度能恢复到正常状态时,则被拉开一侧的阻波器就是故障阻波器。按照此方法,可检查两侧的阻波器的好坏。

b. 线路不能停电检查。该试验线路可以不停电,轮流启动两侧发信机,测出两侧的输入阻抗,通道入口串一只 $R \leq 5 \Omega$ 的电阻,用选频表测量发信机启动时 R 上的电平值 P_r ,再换算成电压 U_r (V),求得电流 $I = U_r / R$,则输入阻抗 $Z_{sr} = U / I (\Omega)$;将计算结果与高频通道的参数比较,进而可以判断线路阻波器的好坏。

试验接线如图 2 所示,图中 P 为选频电平表,JC 为结合滤波器,C 为耦合电容器,r 的取值一般小于等于 5Ω ,功率为 5 W。对于长线路的阻抗就等于线路的特征阻抗,恒为常数,与线路末端所接负载大小及工作状态无关。因此,从高频电缆侧测得的输入阻抗即为高频电缆的特征阻抗 100Ω (或 75Ω)。如果测试结果与特征阻抗值相差较大,即可判断高频阻波器已经损坏。

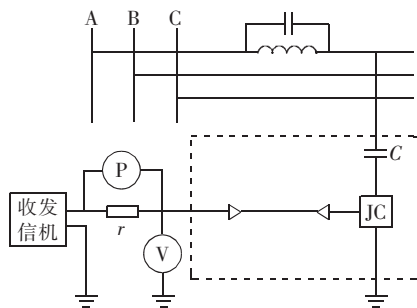


图 2 试验接线图

Fig.2 Testing circuit

4.5 出现拍频

为避免出现拍频现象,目前的收发信机中收发回路是按分时接收法方式工作,采用了外差接线,从而控制了严重的拍频现象。

分时接收法是一种使本侧发送的高频信号和对侧发送的高频信号,由分时开关轮流送入收信回路的方法^[5]。使本侧收发信机在发信时,仅接收本侧信号,不接收对侧发送的高频信号;本侧停信时,收信回路接收对侧发送的高频信号,这样避免了两侧信号的拍频现象。但是在现场有时仍然存在拍频,引起

参考文献:

(责任编辑: 李 玲)

何永波(1979-),男,河南新乡人,工程师,硕士研究生,从事电力系统的调试和运行工作(E-mail:heyongbo522@126.com)。