

通道对高频保护正常工作的影响及对策

湖南省变电修试安装公司 沈学斌

摘要 本文就湖南电力系统高频保护，由于通道原因无法正常投入运行进行了综述，同时针对通道测试中发现的几个问题：阻抗失配、反射损耗、回波损耗、波阻抗进行了分析，并提出了处理办法及对策。

1 概述

为了提高系统的安全稳定性，目前在电力系统保护均采用双高频（即高频闭锁距离和高频相差）快速保护。湖南电力系统的双高频保护由于高频通道及其高频加工设备等原因，有12条220kV线路14套高频保护投入率不高或者长期不能投入运行。例如凤滩电厂至益阳的220kV线路，由于高频闭锁距离保护频率为48kHz，与通讯公用的结合滤波器频率范围无法满足要求，导致1984年投产以来无法投运，而类似这种情况较多，如本文提到的毛朗线高频闭锁保护，由于反射损耗等原因导致长期不能投运，这不仅影响高频保护投入率，同时对系统安全构成潜在性的威胁。

高频讯号加工设备及高频通道，虽然引起继电保护工作人员极大的重视，然而由于高频讯号在通道中传输途径较多，且又十分复杂，怎样减少传输中的损耗，提高收讯功率仍然是相当棘手的问题。本文通过毛朗线高频闭锁距离保护通道的处理，对通道通常遇到的一些问题提出肤浅的看法和设想，供同行在工作中予以借鉴。

2 毛朗线高频通道的现状

毛朗线全长93.4km，导线为LGJQ—400，收发讯机为扬州电讯仪器厂生产的YBX—1型产品，发讯频率 $f = 210\text{kHz}$ ，其通道是由分频器FL—50、高频电缆、JL₄型结合滤波器、耦合电容器等构成，两侧收发讯机发送功率均大于43db，波形为正弦波， $f = 210\text{kHz}$ ，但两侧均只能收到对侧十分微弱信号，原因是通道衰耗太大。但问题到底在哪一部分，一直是个谜。

带着这个问题，省局中调、中试和我们配合，曾多次查找。为此，曾停电二次，进行阻波器、耦合电容器等设备测试，又对电缆、分频器、结合滤波器的输入阻抗、损耗及特性阻抗测试，均符合规程要求，但讯号仍然收不到。后又将A相的高闭收发讯机连同分频器、电缆及结合滤波器接入B相的相差通道，收讯电平正常。相反，将B相的相差收发讯机连同电缆、结合滤波器接入A相高闭通道，也是同样收不到信号。上述这些工作证实了高闭收发讯机、电缆及结合滤波器回路是完好的。而耦合电容器测试电容值符合要求，仅仅略偏低一些，阻波器测试其阻抗及调谐频率均满足要求。唯一的区别一个是B相，一个是A相，却造成这样大的区别，很难解释。高频信号到底损耗在哪里，高频信号跑到何处，是问题的关键。

为了这个目的，决定从两方面着手处理问题：（1）减少现在通道加工设备的损耗；（2）增加结合滤波器与线路的匹配性，减少反射耗散功率和回波损耗，增强收发讯机输入阻抗与电缆输入阻抗的匹配关系，降低收发讯机的回波损耗。

通过更换电缆和对收发讯机及结合滤波器的调整，使通道损耗有所改善，提高了收讯电平，使这一老大难问题得到解决。

3 通道测试中发现的几个问题

通过多次试验表明，A相线路波阻抗较B相线路波阻抗小，而且远小于400Ω，才可能产生高频闭锁距离保护收讯电平很低的现象，现在对下面几个问题进行讨论。

3.1 输电线路波阻抗问题

通常220kV线路一般按400Ω考虑，其波阻抗按下式进行计算

$$Z_c = L_0 / C_0 = 60 L_n \cdot 2h / r \quad (1)$$

式中 L_0 、 C_0 ——架空线单位电感和电容

h 、 r ——架空线对地平均高度和导线半径

假定导线平均对地高度 $h = 4\text{m}$ ，导线为LGJQ—400，半径 $r = 11.29\text{mm}$ ，代入（1）式计算得到波阻抗 $Z_c = 393.8\Omega$ ，接近400Ω，为此我们采用两种方法试验，证实了A相通道波阻抗小于400Ω。

（1）用模拟线路通道试验

试验线路如图1所示，电容 $C_1 = 3300\text{PF}$ ， $Z = 400\Omega$ ，电缆波阻抗75Ω，收发讯机YBX—1，输入阻抗为 $Z_1 = 61\Omega$ 。通过改变JL₄型结合滤波器一次、二次抽头，得到表1的数据。

表1

结合滤波器抽头		收发讯机功放	收发讯机线滤
一次	二次		
300Ω	1	4.30N	4.30N
300Ω	2	4.35N	4.25N
300Ω	3	4.35N	4.15N
400Ω	1	4.40N	4.10N
400Ω	2	4.40N	4.00N
400Ω	3	4.40N	3.95N

表2

结合滤波器抽头		收发讯机功放输出	收发讯机线滤输出
一次	二次		
300	1	4.40N	4.00N
	2	4.40N	3.90N
	3	4.40N	3.90N
400	1	4.45N	3.95N
	2	4.45N	3.90N
	3	4.45N	3.85N

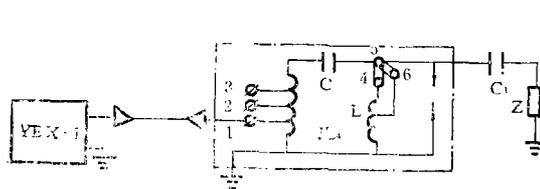


图1 模拟通道试验线路

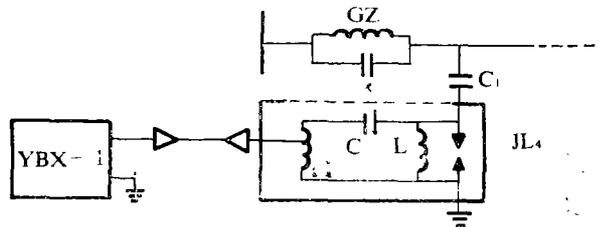


图2 实际通道试验

从表1的数据可知,当结合滤波器置于下列位置:一次300Ω(抽头5、6),二次75Ω(抽头1),收发讯机输出功率最大,无回波损耗和反射损耗。当抽头改变后,其回波和反射损耗增加,其输出功率有很大部分衰耗在线性滤波回路。

(2) 用实际通道试验。

实际通道试验接线如图2所示,试验方法同前面的模拟通道,测试结果如表2。

表2表明,无论结合滤波器在哪一个抽头位置,均有较大的反射损耗和回波损耗。很显然,实际通道的波阻抗不是400Ω,远低于400Ω,不能与JL₄型的波阻抗匹配,这是造成高频闭锁距离保护收不到讯号的主要原因,下面将进一步加以说明。

3.2 阻抗失配问题

为了使对侧能收到本侧发出的高频讯号,不仅要求收发讯机有足够的发讯功率,同时要求收发讯机输出阻抗与电缆输入阻抗、结合滤波器电缆侧输入阻抗与电缆输出阻抗、结合滤波器输出阻抗与线路波阻抗完全匹配,就能获得最理想的传输效果,实际上由于阻抗失配影响传输功率。

毛胡线的等值输入阻抗到底是多大,根据表1和表2的数据可以推导出来。经测量,收发讯机输入阻抗 $Z_1 = 61\Omega$,电缆输入阻抗 $Z_2 = 75\Omega$,JL₄的抽头1输入阻抗 $Z_3 = 75\Omega$,线路侧300Ω实测为301Ω,仅仅只有线路波阻抗不知道,设 Z_c 为线路波阻抗。

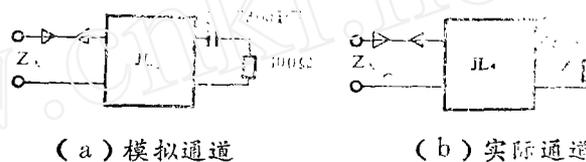


图3 等值输入阻抗

根据图3a可以求出在模拟通道情况下等值输入阻抗:

$$Z_1 = 400 \times 75 / 301 = 99.67\Omega$$

在模拟通道下,其电流和电压按表1可求得:

$$U = 0.775 \times 10^{4.3 \times 8.686 / 20} = 57.1\text{V}$$

$$I = U / Z_1 = 0.573\text{A}$$

$$E = I (Z_1 + Z_1) = 92\text{V}$$

实际通道下,其电压按表2可求得:

$$U = 0.775 \times 10^{4.8 \times 8.686 / 20} = 42.3\text{V}$$

假定在此种情况下,电势E不变化

$$I = E / Z_1 + Z_1 = U / Z_1 \quad (2)$$

$$\therefore Z_1 = 51.92\Omega$$

折算到JL₄的一次侧,求出线路波阻抗 Z_c 为

$$Z_c = Z_1 \times 301 / 75 = 208.4\Omega$$

由于阻抗失配,使收发讯机实际送出功率降低,从表2可知,实际通道YBX—1功放输出电压 $U_1 = 63.1\text{V}$ 。而线滤输出仅只有42.3V,在线滤上电压下降了20.7V,消耗功率为3.5db,这就是由于反射损耗造成的,这样不仅增加收发讯机发射功率,也影响收讯效果。

3.3 反射和反射损耗

反射是由于阻抗不匹配造成的。反射的大小,用反射系数 β 表示:

$$\beta = \left| \frac{Z_{in} - Z_{out}}{Z_{in} + Z_{out}} \right| \times 100\% \quad (3)$$

式中 Z_{in} ——输入阻抗 Z_{out} ——输出阻抗

反射损耗按下式计算

$$b_{反} = \ln \frac{Z_{in} + Z_{out}}{Z_{in} - Z_{out}} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_{in}}{P_{out}} \quad (4)$$

按照公式(4), 由于反射在线性滤波器造成的损耗为

$$b_{反} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_{in}}{P_{out}} = 20 \log \frac{V_{in}}{V_{out}} = 20 \log \frac{63.1}{42.3} = 3.47 \text{ db}$$

反射使高频讯号传输过程造成许多不良影响:

- a. 降低收发讯机输出功率, 使对侧收到的信号降低, 信噪比降低。
- b. 由于反射的结果, 使一部分功率反射回来, 消耗在收发讯机的线路上, 增加功放回路集电极功耗。
- c. 由于电抗和电容的原因, 对各种频率反射不均匀, 造成频率失真。
- d. 反射使高次谐波分量增加, 干扰高频讯号的传输。

通过以上分析可知, 只有增加阻抗匹配, 减少反射损耗, 是提高高频保护工作可靠的一个重要措施。

3.4 回波损耗

它是与反射系数有关的一个指标, 它按下式进行计算:

$$b_{回} = \ln \frac{1}{\beta} = \ln \left| \frac{Z_{in} + Z_{out}}{Z_{in} - Z_{out}} \right| \quad (5)$$

根据式(5), 可以计算出毛阴线在实际通道的回波损耗为

$$b_{回} = \ln \left| \frac{61 + 51.92}{61 - 51.92} \right| = 2.52 \text{ N} = 21.89 \text{ db}$$

通过上述计算表明, 该线路存在一定回波损耗, 影响功率的传输。

4 处理办法及对策

毛阴线高频闭锁自投产以来一直无法正常投入运行, 成为湖南系统一个难题, 通过对通道的分析, 采取下列措施后, 使之投运成功。具体办法如下:

4.1 减少通道加工设备的损耗, 在施工中将高频电缆进行更换, 将结合滤波器进行更换和调整, 使之阻抗完全匹配, 减少反射损耗和回波损耗。

4.2 为了使收发讯机输入阻抗能完全与电缆匹配, 对于YBX-1型收发讯可作如下调:

a. 收发讯机功放输出回路 R_{14} 参数适当调整, 如图4所示, 可以提高收发讯功率和输入阻抗。但提高不是太多。

b. 改变功放回路电流负反馈中的反馈电阻 $R_{10} = 47\Omega$ 阻值, 它不仅改变了功放回路的输出功率, 同时改变了收发讯机输入阻抗, 收效明显, 但应该注意, R_{10} 改变不能太大, 倘若使功放回路驱动三极管工作不在深度负反馈区, 将可能导致输入阻抗值离散较大。

4.3 为了适应由于波阻抗偏离 300Ω 和 400Ω 这样一种情况, 在JL₄型结合滤波器电感线圈增加 250Ω 一个抽头, 这样使结合滤波器一次侧能与线路的波阻抗更好的配合, 这是提高我

母线差动保护接线正确和错误的判断

宁夏电力局中调所 李仲明

摘要 本文系统的总结了长期以来对变电所或发电厂母线经常采用双母线母联兼旁路的一次接线方式，大部分由母线相位比较差动保护屏构成的母线差动保护，对其各种正确与错误的接线予以归纳分类，并进行了分析和提出纠正的方法，以免类似的错误再次发生，起到抛砖引玉的作用。

关键词 双母线 母联兼旁路 CT极性 差动保护 相位比较

1 概述

由于各种类型的差动继电器，相位比较继电器等等，结构简单、动作可靠，被广泛的应用在母线的差动保护上，本文依据理论分析，结合多年来多次在母线差动保护区内、外发生故障时、母线差动保护容易发生错误，导致差动保护在外部故障时误动，在内部故障时拒动或灵敏度降低、从宁夏区（省）20年来的统计分析得知，正确动作率很低、约在百分之五十以下，但其错误的根源绝大部分是由于一个变电所的母线上所连接元件的间隔是分批分期逐渐接入的、无法一次将所有的出线间隔全部完善，往往是每一元件（线路或变压器）投运时所带的P—jQ接近于为零，所以无法测试其电压、电流的六角图和模拟母线区内、外故障的试验，就在这种情况下安装施工完后投运的母线差动保护误动作的几率最大、其次是在运行过

省高频闭锁距离保护工作的可靠性较为实用的措施。从我省高闭的通道情况来看，普遍波阻抗均低于 300Ω ，而毛朗线及德毛线更为特殊一些，就显得问题更大。

4.4 为了彻底解决我省高频保护通道问题，除了JL₄型结合滤波器增加抽头外，有必要对全省的相差，高闭通道的波阻抗分别进行测试，这样在调试中做到心中有数，减少调试时间，提高双高频保护的投入率。

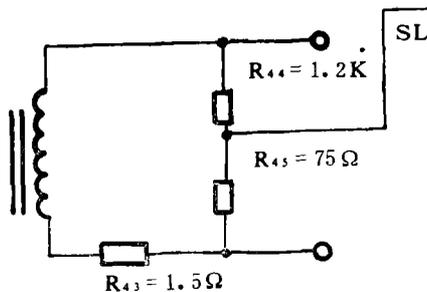


图4 YBZ—1 功放输出电路

参考文献

- [1] 朱声石. 高压电网继电器保护原理与技术.
- [2] 电力线高频通道技术问题. 湖南省电力中心试验所翻印.
- [3] YBX—1 型收发讯机说明书. 扬州电讯仪器厂.