

220 kV 高压电缆与架空混合线路保护通道的选择

崔厚坤

(南京电力工程设计有限公司,江苏南京 210009)

摘要: 高压混合线路上,应用的保护通道主要有光纤通道和高频通道,而这2种通道在选择时需根据本条线路的实际情况做出正确的选择。根据混合线路的特征,阐述了光纤、高频保护在混合线路上如何选择,分析光纤、高频在混合线路中的应用,特别讨论了高频通道在高压混合线路中的应用,对以后混合线路保护通道选择提供了可行性研究分析依据。

关键词: 混合线路;高频保护;光纤保护;通道方案

中图分类号: TM726

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2010)03-0039-03

随着城市化进程的加快,高压网络的结构日趋复杂。几乎无法全线采用架空线路,势必会部分采用电缆供电,因此高压网络电缆、架空的混合线路逐渐在各电力系统中大量出现。为了满足系统稳定、线路潮流大、联络阻抗小的特性需要,线路继电保护装置均需利用传输通道构成全线速断的功能。最简便、可靠性高的传输通道便是利用输电线传输高频信号的电力线载波通道或利用光纤传输光信号的光纤通道。而对于已有高压线路的部分段下地改造后,其保护通道的选择将是设计中主要面临的课题。

1 电缆架空混合线路的发展

随着城市里变电站的改造,电缆线路将会最终取代架空线路。这样会形成越来越多的电缆、架空混合线路。跨越河流或日后发展迫使送电线路让道(如建设机场)而转入地下,改用电力电缆输送时,又形成了电缆、架空混合线路。虽然从工业布局设计而言,供电方案总是避免采用混合线路,然而在城市发展、工矿扩建与供电方案有矛盾时,出现混合线路是不可避免的,特别对大城市环网而言,迟早总会出现的,从目前国内大中型城市来看,混合线路已有不少数量。至于混合线路的结构,有不同的构成方案,如图1所示。

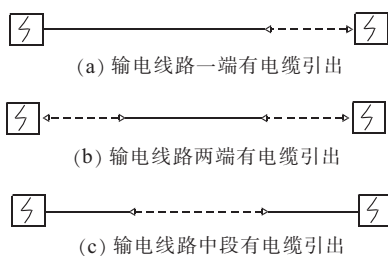


图1 电缆与架空混合线路类型

图1中3种图形概括了混合线路的类型,一般由于变电站受城市规划、地形、出线走廊等限制而形

成。对于电缆、架空混合线路进行研究,找出最为合理的保护通信通道方案很有意义,为今后的建设提供成熟的经验及设计依据。

2 高压混合线路高频通道传输

在实际工程中,电缆架空混合线路上开设载波保护,决定于电缆的高频衰减及电缆架空线由于高频特性阻抗不匹配而造成的失配损耗。电力电缆单位长度的载波传输衰减要比架空线大的多,一条电力电缆的衰减由其结构型式及耦合方式决定。由于线路特性阻抗 Z_0 与负载阻抗 Z_1 间阻抗不连续而产生的失配损耗,其分贝值由下式计算^[1],得:

$$b = 20 \lg \left| \frac{Z_0 + Z_1}{2Z_0 Z_1} \right| \quad (1)$$

式中: b 为失配损耗,dB; Z_0 为架空线阻抗; Z_1 为电力电缆阻抗。

实验证明混合线路对载波信号的衰减远大于纯电缆,约为10条混合线路和10条纯电缆线路对载波信号的衰减平均值。如图2所示。

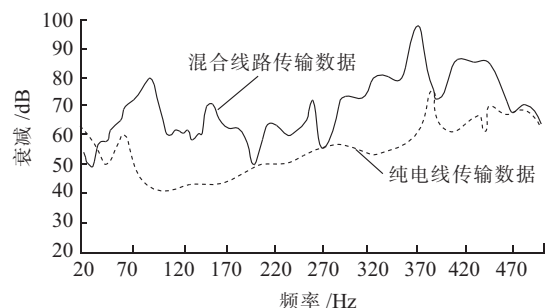


图2 纯电缆和混合线路传输衰减比较

如果架空线路本身的衰减很小,又有阻抗失配点,则它的输入阻抗可能与特性阻抗相差很多。在架空线路长度为载波频率波长 $1/4$ 的整数倍时更是如此。 $1/4$ 波长线段是明显的例子,它可被看作为阻抗变换器,其输入阻抗为(对于无损线路):

$$Z_{in} = Z_0^2 / R \quad (2)$$

式中: Z_0 为特性阻抗; R 为负载电阻。对于 $Z_0=300\ \Omega$ 和 $R=20\ \Omega$,则 $Z_m=450\ \Omega$ 。与特性阻抗相比,它是一个很高的阻抗。

失配比有相位差时,也会产生失配损耗。因此,由于架空线路输入阻抗变化范围很大所引起的失配损耗是不能直接避免的。即使改变载波频率,使线路长度为 $1/8$ 波长的奇数倍时也是如此。当架空线路和电力电缆混合时的电缆端输入阻抗由于电力电缆与架空线路连接点的阻抗失配的影响将很大。当电力电缆长度相当于 $1/8$ 波长的奇数倍的频率比使其长度相当于 $1/4$ 波长的任意倍的频率好。同架空线路一样,当电力电缆的衰减大于 $5\ \text{dB}$ 时,反射现象就可以忽略不计^[2]。在高压电缆架空混合线路开载波通道,广东和上海地区电力系统做过大量的研究及试验,取得了不少宝贵的经验。从广东及上海的实测数据和分析,电力电缆与架空线直接连接,高额信号在接头处的失配衰耗较大,上海实测数据为 $0.7\sim 1\ \text{N}$,电力电缆的公里衰耗值也较大,直埋单芯电力电缆的衰耗上海实测数据约为架空线的十几倍,广东实测数据甚至数十倍之差。

电力电缆中传输高频信号,其信号的衰耗将随着频率的升高增加很快,要在 $220\ \text{kV}$ 电缆内传输高频信号,一般认为只能使用在 $80\ \text{kHz}$ 以下。 $220\ \text{kV}$ 电力电缆都是单相式的结构,安装均为平行敷设,因此在电力电缆的金属护层上,正常均会感应出电压。电力电缆较长时,则感应过电压可能超过人身安全的规定,一般为了安全起见,均将金属护层接地,如果两端接地,又将产生很大环流,导致护层发热,反之又影响了电力电缆的输送容量。因此当电力电缆长度过长时,为了避免影响人身安全。故障时避免护层感应过电压超过其护层允许的耐压水平,一般运行单位均将电缆护层以全长分成 $3\ \text{N}$ 段。每三段为一周期。每周期护层交叉换位,两端接地处理。这样的处理。将大大不利于高频信号的传输,增加很大的衰耗,据有经验专家的估计,换位 2 次以上,衰耗已大到不能容忍的地步^[3]。因此,较长的电力电缆载附高频信号的传输方式,也不可取。势必要采用高频电缆传输通道来传递高频信号。电缆、架空混合线路采用高频保护需要现场实测以确保通道损耗在允许范围之内。

3 光纤通道与载波通道技术特点

对于高压线路保护通道,目前国内应用的主要是高频载波通道和光纤通道。高频保护是将其发出的高频信号载附在电力线路(包括电力电缆及架空线路)上,传输到对侧的高频保护装置,进行逻辑比

较,判断故障。光纤保护是利用光纤通道作为媒介来传输保护信号。

3.1 高频通道的优点

(1) 高频载波通道以输电线路本身作为通道,不需专门的通信线路投资及通信通道维修费用,具有一定的经济优势。

(2) 高频载波通道附设于高压线路上,与高压线路一样具有绝缘水平高、机械强度大、杆塔牢固等优点,在继电保护快速保护上得到广泛的应用。

(3) 高频载波通道由于在不同的相别上耦合,因此能满足 $220\ \text{kV}$ 及以上保护通道双重化的要求。

(4) 高频保护在线路旁路代供电中的运用较为成熟。

3.2 高频通道的缺点

(1) 通道故障率高。高频通道由输电线路、线路阻波器、耦合电容器、结合滤波器、高频电缆等部分组成,其中任何一个部分的接线松动、元件衰老、导线锈蚀等都可造成高频通道故障。

(2) 线路阻波器检修和维护、调谐元件的检查和更换等工作都需要将线路停运,目前还没有有效的线路阻波器在线监测手段。

(3) 很难实现高频通道的实时监测。

(4) 抗干扰性能差。绝缘子放电、开关设备操作、雨雪雾天等都会在高频通道上产生噪音干扰,甚至导致高频通道无法运行。

3.3 光纤通道的优点

(1) 传输安全。传输时不会产生电磁脉冲、辐射、或者任何可以探测到的能量。

(2) 抑制噪声。由于光纤是绝缘体,光纤通信网络与输电线路无直接联系,可以有效地防止雷电、系统故障时产生的电磁方面的干扰,传输可靠性高。

(3) 传输效率高。光纤通道具有误码率低、容量大、传输速度快、损耗小、传输性能好、高带宽等物理优点,可加强继电保护动作的正确性和可靠性。

(4) 光纤体积小、重量轻、价格便宜,利于节约成本。

(5) 光纤保护灵敏度高、动作可靠快速,能适应电力系统震荡、非全相运行,运行可靠性高。

3.4 光纤通道的缺点

(1) 施工工艺问题。光纤的施工工艺复杂、施工质量要求高,无论断点的熔接质量不高,还是光纤活接头积灰,往往造成光纤的衰耗指标不稳,引起通道衰耗增加,从而导致保护装置通道告警或光纤保护退出运行。

(2) 通道双重化问题。按照 $220\ \text{kV}$ 及以上线路主保护双重化原则的要求,纵联保护的信号通道也

要求双重化,但如果使用 2 套光纤保护作为线路的主保护,同一根光缆传输的 2 个通道不能视为双重化通道,因此通道双重化的问题也一直限制着光纤保护的大规模推广应用。

(3) 光纤保护管理界面的划分问题。随着保护与通信衔接的日益紧密,继电保护专业与通信专业管理界面日益难以区分,各专业职责不够明确,将直接影响到光纤保护的可靠运行。

4 光纤通道与载波通道的选择

电缆、架空混合线路分为新建线路及改造线路,对于新建混合线路,综合考虑光纤通道与高频载波通道的优缺点,应首选光纤通道,可在 220 kV 架空线路部分架设地线复合光缆(OPGW),这种光缆的光纤被藏在架空线中,因此它既具有架空地线的功能,又具有通信光缆的功能,被广泛应用于电力系统,电缆部分采用非金属普通光缆跟随高压电缆沿电缆沟敷设进入变电站,这种方式被广泛应用于各地新建高压混合线路中,光纤中的纤芯部分保护用,部分通信用。有些地区,由于考虑到城市美化等因素而必须将原有的部分架空线路下地时,由于 220 kV 已经有架空线路不方便架设 OPGW 光缆,如果在高压导线下面架设全介质自承光缆(ADSS),考虑到 ADSS 光缆的寿命及受电腐蚀较大而被否决,因此,一般会采用以下 2 种方案,一种是将光缆悬挂在其他 110 kV 或 35 kV 线路上,采用迂回光纤通道来为线路保护提供光纤通道;一种是采用载波高频保护。对于迂回通道而言,由于光缆不挂在被保护的线路上,因此在线路改造时,会影响 220 kV 线路的保护通道,再者如果迂回通道过长,在经济方面考虑也会放弃迂回光纤通道。这样应着重考虑高频载波通道。

南京地区桃花变至晓庄变 220 kV 线路是一条高压混合线路,一部分为 220 kV 架空老线路约 13 km,一部分为新建 220 kV 电缆线路约 1 km,此条线路一期全线为架空线路,且保护为高频保护,改造

后变高压混合线路,因此面临保护通道选择的问题。本条线路的保护通道在设计时考虑了 3 个方案。方案 1:在线路上重新架设光缆,考虑到在老线路上架设 OPGW 不可行,且在 220 kV 线路上全线架设 ADSS 受电腐蚀较大,因此,否决方案 1;方案 2:使用高频通道,由于高频阻抗不匹配问题,如果在本条线路上采用高频保护,则需要对通道损耗进行现场测试,考虑到桃花变工程工期很紧,且本条线路后期将进行全线改造,重新安装高频设备将会增加不必要投资,因此,方案 2 没有采用;方案 3:采用迂回光纤通道,由于晓庄变至 220 kV 汉河变有 48 芯光纤,且纤芯剩余较多,而桃花变工程本期在桃花变与汉河变之间架有 36 芯光纤,因此在全线光缆中可选出 10 芯给保护用,桃晓线光纤迂回保护通道几乎不需要额外投资,考虑到经济性和技术性,本条 220 kV 高压混合线路的保护通道选用的是光纤迂回通道。

5 结束语

在高压电缆、架空线路中,保护通道的选择是必须面临的问题,在目前的技术条件下,对于新建的 220 kV 高压混合线路,首先考虑选择光纤通道;在光纤通道无法或很难实现时,考虑高频通道,但在应用高频通道的时候,必须搞清电力电缆与架空线的长度、耦合方式、计算 1/4 波长的个数来选择电力载波机的工作频率。并要做好实验验证工作,保证通道损耗不影响保护的正常动作。

参考文献:

- [1] 能源部西北电力设计院. 电气工程电气设计手册[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [2] 戴 勒. 混合线路上采用高频保护通道的技术分析[J]. 继电器,1994(1):44-50.
- [3] 朱发强. 混合电力线路载波通信[C]. 中国电机工程学会电力通信专业委员会第五届学术会议论文集,2004,11.

作者简介:

崔厚坤(1977-),男,河北故城人,工程师,从事电力系统通信及综合自动化设计工作。

The Selection for the Protection Channel Between 220 kV Power Cable and Overhead Power Line

CUI Hou-kun

(Nanjing Electric Power Design Institute, Nanjing 210009, China)

Abstract: The protection channels between the power cable and overhead power line are mainly fiber channel and high frequency transmission channel. The right choice between the two channels needs to be made according to the actual power line. Based on the characteristic of mixed power line, this paper expatiates how to make the choice between the fiber channel and high frequency channel, and analyses the application of the two channels on mixed power lines, especially, it discusses the application of high frequency transmission channel in high voltage mixed line, this paper can provide a reference for the feasibility study on the selection for protection channel in mixed power lines.

Key words: mixed power line; high frequency protection; fiber protection; project of channel