

500 kV 输电线路光纤保护联调探讨

李凡红, 庄秋月

(四川省电力公司超(特)高压运行检修公司 四川 成都 610041)

摘要: 光纤保护作为线路首选主保护已在 220 kV 及以上电压等级中得到了广泛的应用。与此同时,由于距离远,线路两侧联调时所出现的问题也越来越多,尤其在验收或首检中因准备不足或调试思路繁冗而无法得到迅速解决,影响联调进度。通过四川电网的某 500 kV 线路光纤保护及通道调试为例详细介绍了光纤保护通道联调的方案、步骤和方法,对调试中可能出现的问题进行细致地探讨并提出了相应的解决措施,具有一定的通用性,以便为今后此类调试工作提供实用的参考。

关键词: 光纤保护; 线路联调; 过压远跳; 光纤自环

Abstract: Optical fiber protection, as the preferred main protection of transmission line, has been widely applied in 220 kV voltage level and above. At the same time, due to the long distance, there are more and more problems occurring during the joint commissioning in both sides of line. In particular, due to the lack of preparation or the tedious commissioning schemes, these problems can not be resolved quickly in the acceptance check or the first check, which often affects the commissioning progress. Taking the optical fiber protection and channel commissioning of a 500 kV line in Sichuan power grid for example, the program, procedures and methods for joint commissioning of optical fiber protection channel are described in detail, the problems which may occur in the commissioning are discussed and the corresponding measures are put forward, which has some generality to provide such a useful reference for the future commissioning.

Key words: optical fiber protection; joint commissioning of transmission line; overvoltage transferred tripping; optical fiber self-loop

中图分类号: TM771 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2012)04-0041-05

0 前言

随着“远距离、大功率”的复杂电力网络的形成,其安全稳定运行越来越重要。要使电力系统中的故障和不正常运行情况在最短的时间内得到控制,需要可靠的传输通道将两侧的继电保护信号准确迅速地传送。

光纤作为继电保护的通道介质具有雷电电磁干扰小、对电场绝缘好、频带宽和衰耗低等优点,在继电保护领域中得到了广泛的应用^[1]。由于它的用途在于传输并交换两侧的信息以供保护装置判断线路是否发生故障,其通道的好坏将直接决定保护装置能否正确判断并动作,因此在此类光纤保护装置投产或首检预试前继电保护人员需要进行通道联调试验,以确保信号传输准确无误。

1 光纤保护原理

光纤保护的基本原理是输电线的纵联保护借助光纤通道将线路两端的保护装置纵向连接起来,将各端的电气量(电流、功率方向等)或指令(允许、闭锁)传送给对侧,以供判断故障发生范围,从而决定是否跳闸。现在其主流分为光纤差动保护和光纤距离保护两大类。

光纤差动保护的原理是利用光纤通道将本侧电流的波形或代表电流相位的数字信号以光纤为介质传送到对侧。两侧的保护装置根据对本侧和对侧的电流幅值及相位的信息进行处理和比对,将其比较的结果通过程序计算线路三相电流的变化来判断三相电流的向量和是否为零,并以此为依据来区分是区内还是区外故障,从而确定保护装置是否动作^[2]。

光纤距离保护是在高频纵联距离保护的基础上演化而来,利用距离保护的启动元件和距离方向元件控制发出高频信号来决定两侧保护是否动作,以稳定可靠的光纤通道代替高频通道,从而提高保护动作的可靠性。其主要分为允许式和闭锁式,由于其不受负荷电流的影响,不受线路分布电容电流的影响,不受两端 TA 特性是否一致的影响等优点,因此在超高压电网中逐步代替高频保护并得到了广泛应用。目前四川电网使用最多的是允许式光纤距离保护,在发生故障时利用距离元件和零序方向、电流元件动作,向对侧发允许跳闸信号,保证两侧快速跳闸。

上述的光纤保护均能使保护无延时地切除被保护线路任一点的故障,将故障点进行有效隔离。

目前,四川超(特)高压电网的线路主保护为光纤保护,现场调试中发现:对于光纤保护而言,由于其通道连接“厂-站”或“站-站”的两侧,其联调的试验直接决定着保护的正確动作与否,因此有必要对其采取行之有效的试验策略以保证通道的完好性及保护动作逻辑的正确性。

2 实例的配置

鉴于上述的情况,以四川超(特)高压电网中的 500 kV 线路联调为例来详细介绍保护装置的常见配置,并提出一种通用的联调策略。

根据文献[3]规定:220 kV 及以上电压等级线路保护应双重化配置,因此四川电网的 500 kV 线路保护采用双重独立配置,其常见的详细配置如表 1 所示。

其中,WXH-803A、RCS-931E 和 CSC-103B 是采用光纤电流差动保护全线速动主保护,而 CSC-101B 采用光纤纵联距离保护为主保护。

以上只是列举了 4 种较为常见的配置,针对不同的变电站的设计要求和考虑,其配置的保护装置可能会不尽相同,但其一定遵守“保护双重化配置”的原则,并且分析思路殊途同归,故以配置 1 为例来介绍。

3 联调方案

联调是在对保护装置自身调试校验完的基础上

表 1 500 kV 线路实例配置细表

配置	保护	线路保护装置	过电压保护装置	备注(主保护)
许继+四方	第一套	WXH-803A	WGQ-871A	光纤差动
	第二套	CSC-101B	CSC-125A	光纤距离
许继+四方	第一套	WXH-803A	WGQ-871A	光纤差动
	第二套	CSC-103B	CSC-125A	光纤差动
南瑞继保	第一套	RCS-931E	RCS-925G	光纤差动
	第二套	RCS-931E	RCS-925G	光纤差动
许继+南瑞继保	第一套	RCS-931E	RCS-925G	光纤差动
	第二套	WXH-803A	WGQ-871A	光纤差动

进行的,为突出重点,这里只是针对联调方案进行阐释。其步骤可分为如下 4 部分。

(1) 设置好两侧的通道以确保两侧的信息可以正常交换。其设置内容主要有以下 2 点。

- ①正确接入“光收”和“光发”的光纤;
- ②设置好本侧、对侧的纵联码以保证彼此匹配;

(2) 进行本侧、对侧的交流采样。其注意事项如下。

①检查两侧的采样是否满足规程要求:交流电流和交流电压的幅值误差均应小于 $\pm 5\%$;

②若两侧的 TV 变比不一样时,要以某侧为基准换算成统一的标准来比较:可根据整定的 TA 变比调整系数,使两侧的二次电流一致;

③对于有些保护装置,其差流显示需要投其“光纤差动保护”保护硬压板才能实现,否则采不到相应的值。

(3) 模拟相应的故障类型来验证其动作逻辑的正确性。其具体细则见表 2 所示。

表 2 是针对本侧的试验内容,对侧的调试反之亦然。对于表中的说明 1 进行如下的解释:对于南瑞线路保护(RCS-931E)而言,对侧的全电压将闭锁两侧的差动;对于许继线路保护(WXH-803A/G)而言,对侧的全电压将不会闭锁两侧的差动;对于四方线路保护(CSC-101B)而言,对侧的全电压将会闭锁对侧的差动而不闭锁本侧的差动,主要作

表 2 模拟故障类型细则表

试验内容	试验条件	本侧(保护动作情况)	对侧(保护动作情况)
单瞬故障	对侧: TWJA(B、C) =0 TV 断线 本侧: 模拟故障	单跳	单跳
	对侧: TWJA(B、C) =0 正常电压 本侧: 模拟故障	见说明 1	见说明 1
	对侧: TWJA(B、C) =1 本侧: 模拟故障	单跳	不动作
过电压启动远跳		动作	动作
边开关失灵启动远跳		保护动作但未出口跳闸	动作
中开关失灵启动远跳	对侧: TWJA(B、C) =0 本侧: 模拟故障	保护动作但未出口跳闸	动作
高抗电量启动远跳		保护动作但未出口跳闸	动作
高抗非电量启动远跳		保护动作但未出口跳闸	动作
通道故障	对侧: TWJA(B、C) =0 TV 断线 本侧: 模拟故障	不动作	不动作
主保护压板退出	对侧: TWJA(B、C) =0 TV 断线 本侧: 模拟故障	不动作	不动作

用是反映单相高阻接地故障。

从上面的解释可以看出: 对于不同的线路保护装置, 其全电压对差动的影响将有所不同, 因此要针对不同的保护调试来具体分析以确保调试的正确性和快速性。

(4) 整组传动试验: 由于第 3 步骤调试只是针对保护装置的逻辑进行了校验, 不能确保保护出口能否正确跳闸, 鉴于此需带两侧各自的开关进行传动试验以确保整组的动作正确性和回路的完好性。

其整组传动试验的内容与上述实验步骤相同, 为减少对开关在同一时间的多次冲击, 可适当减少试验内容, 只选取单瞬故障和启动远跳各一种进行即可。

4 所遇到问题及相应解决措施

4.1 启动远跳回路的方式

对于 500 kV 线路而言, 其启动远跳回路的方式主要为以下 3 类。

①其传输距离较远, 为防止线路的“容升效应”出现过电压, 一般会在线路的一侧安装并联电抗器的措施来抑制。因此, 高压电抗器的电量保护或非电量保护动作后均可启动远跳回路;

②其为 3/2 主接线方式, 因此边开关和中开关的失灵保护动作可启动远跳回路;

③线路存在一端(对侧)出现线路过电压、电抗器内部短路和断路器失灵等故障, 因此设置过电压启动远跳, 由另一端(本端)远跳保护根据收信逻辑和相应的就地判据出口跳开本端断路器^[4]。

三者以“或”的逻辑来决定是否发送“远传”指令。其动作逻辑如图 1 所示。

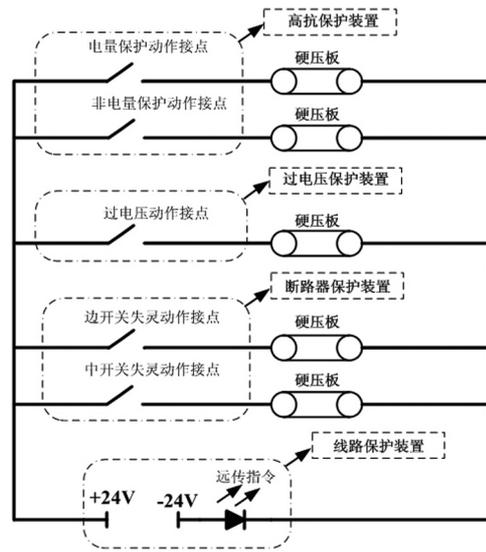


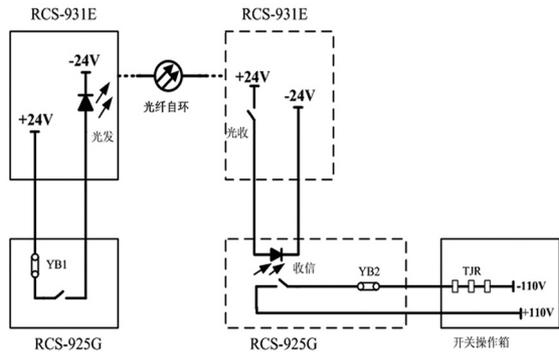
图 1 启动远跳回路简图

保护装置发出的“远传”指令通过“专用光纤”方式或“复用通道”方式传输给对侧, 对侧收到“远传”指令后, 结合“就地判据”(前提是该功能投入)综合考虑来决定是否动作来跳开该侧的开关。

4.2 “光纤自环”模式

在实际调试中, 两侧的调试进度不同会造成调

试内容不同,无法实时真实模拟“本-对侧”的远方跳闸动作逻辑;加之在调试各侧保护装置动作逻辑时没有必要与对侧联调。为了互不影响两侧的调试以及试验中的联调可能导致对侧的开关跳闸伤及检修人员,因此选择“光纤自环”模式来模拟。其动作机理如图 2 所示。



虚线表示利用本侧虚拟对侧保护装置(主要为闸释动作机理);而实线表示本侧的实际装置。YB1 为过电压启动远跳;YB2 为远方跳闸。

图 2 光纤自环模式简图

在实际调试过电压启动远跳试验的过程中,会经常出现如下的问题。

- ① RCS-931E 装置的“远传”信号未开入;
- ② 利用本侧自环进行整组传动时,开关未动作。

解决措施如下。

① 检查光耦是否完好,利用短接“远传”接点的方法观察装置内部开入是否变位;若变位则说明其完好,否则其损坏;

② 检查过电压保护装置是否正常动作,通过测试仪加量、万用表来测试相应的输出接点的对地电位,观察电位的变化;若电位为正则表明其动作接点完好,否则其损坏;

③ 检查其硬压板 YB1、YB2 和相应控制字是否投入,通过查看装置的开入量和定值单的控制字;

④ 检查过电压保护装置“远跳经跳位闭锁”控制字投入情况;若投入则远跳令需要在满足本侧开关跳开且三相无电流的条件下才启动远方跳闸装置,反之则直接启动。

⑤ 若上述方式都不能解决,则采用测通断的方法来检查其二次回路,需要注意的是所测试的二次回路不带电。

4.3 两侧通道异常

文献[3]规定:线路纵联保护通道(含光纤、微波、载波等通道及加工设备和供电电源等)、远方跳

闸及就地判别装置应遵循相互独立的原则按双重化进行配置。四川 500 kV 电网的线路保护都遵从此原则,所以调试过程中应对其独立性进行检查验证。

在整组调试的过程中,出现两侧的误码率高、失步次数大等通道异常现象。现场经验判定其原因主要为连接两侧的光纤接口处存在接触不良或污染、光纤部分损坏。

解决方法:采用分段自环法来查找故障,即以相应的接口自环,并在装置内部设置成相同的纵联码(即“自环”模式)来进行。

① 将本侧保护装置后的尾纤接入处自环,通过装置观察其通道异常是否消失;若是则为装置内部故障;

② 将本侧通信小室的配线架上的尾纤接入处自环,通过装置观察其通道异常是否消失;若是则为保护小室至通信小室的光纤存在损坏;

③ 将对侧通信小室的配线架上的尾纤接入处自环,通过装置观察其通道异常是否消失;若是则为两侧通信小室之间的光纤存在损坏;

④ 同样的道理可以测试对侧的光纤通道是否正常。

5 结 论

对于 220 kV 及以上电压等级的线路投运前以及首检预试及年检预试中,为保证保护能正确动作,联调工作一定要做到准确无误,其好坏直接决定线路发生故障时能否快速切除,因此联调不容忽视。为此,通过对四川超(特)高压电网的 500 kV 线路为例,系统介绍了常用的线路保护装置配置以及一种现场易于操作的联调方法以供保护同行参考,并对联调过程中出现的问题提出了相应的解决措施,总结并提出了相应的现场操作经验和技能以便于今后的检修工作。

参考文献

- [1] 布文哲,董海山,姜华薇.输电线路光纤保护技术的应用及问题分析[J].河北电力技术,2007,26(3):35-38.
- [2] 朱声石.高压电网继电保护原理与技术[M].北京:中国电力出版社,1995.
- [3] 国家电力调度通信中心.《国家电网公司十八项电网

重大反事故措施》(试行) 继电保护专业重点实施要求 [S]. 2005.

[4] 许继电气股份有限公司. WGQ-871A 微机故障启动装置技术说明书 [R]. 2008.

作者简介:

李凡红(1984) 男, 助理工程师, 研究方向为电力系统

(上接第 14 页)

风速不变时, 分别对风电场全模型和风电场等值模型进行仿真, 有功功率、无功功率和电压的波形如图 10 所示。

由仿真曲线可知: 机群出口 PCC 处发生三相短路扰动时, 风电场 PCC 处有功出力、无功变化和电压幅值在等值前后基本吻合, 只是在扰动发生前后有较为明显的局部误差, 各种动态过程都具有较好的精度。等效风电机组参数对系统扰动具有良好的适应性。说明暂态运行时等值模型也能够很好的反应出风电场特性。

5 总 结

以上建立了变速恒频双馈风电机组的模型, 对阵风风和渐变风下端口的稳态、暂态特性进行了仿真, 仿真结果表明: 双馈风电机组可以实现有功的最大功率跟踪, 有功和无功解耦控制, 输出功率因数为 1, 端口电压稳定, 从而验证了模型的正确性。其次, 在考虑尾流效应的情况下, 对基于不同容量双馈风电机组的风电场进行等值, 在稳态、暂态运行情况下进行仿真分析, 结果表明, 等值前后风电场的有功功率、无功功率及电压基本吻合, 误差较小, 等值模型能够很好反应出风电场特性, 对各类动态过程仿真具有较好的适用性, 这为大规模含变速恒频双馈型机组风电场的等值提供方法参考。

参考文献

[1] 陈雷, 邢作霞. 大型风力发电机组技术发展趋势 [J]. 可再生能源, 2003(1): 27-30.

[2] 冯双磊, 赵海翔, 任普春. 基于 PSCAD/EMTDC 的双馈式变速恒频风电机组动态模型仿真 [J]. 电网技术, 2007, 31(17): 30-35.

[3] 李光允, 陈小虎, 唐国庆. 大型风力发电场等值建模研究综述 [J]. 华北电力大学学报, 2006, 31(1): 42-46.

智能运行及控制理论研究, 从事继电保护及控制方面的工作;

庄秋月(1986) 女, 助理工程师, 研究方向为电力系统运行及暂态分析。

(收稿日期: 2012-01-11)

[4] Yu Zou, Malik Elbuluk, Yilmaz Sozer. A Complete Modeling and Simulation of Induction Generator Wind Power Systems [C]. Industry Applications Society Annual Meeting (IAS), IEEE, 2010: 1-6.

[5] 张照彦, 马永光. 双馈异步风力发电机建模与仿真研究 [J]. 电力科学与工程, 2010, 26(1): 5-9.

[6] 万航羽, 黄梅. 双馈风力发电机建模及谐波分析 [J]. 电气应用, 2008, 27(6): 53-57.

[7] 徐园. 基于 PSCAD/EMTDC 变速恒频双馈风力发电机组运行及特性分析 [D]. 宜昌: 三峡大学, 2008: 17-20.

[8] 高一丹, 张步涵. 并网双馈风力发电机组的建模与仿真 [J]. 湖北工业大学学报, 2010, 25(1): 75-80.

[9] 苏常胜, 李凤婷, 晁勤, 等. 异步风力发电机等值及其短路特性研究 [J]. 电网技术, 2011, 35(3): 177-182.

[10] 李环平, 杨金明. 基于 PSCAD/EMTDC 的大型并网风电场建模与仿真 [J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(21): 62-66.

[11] L. M. Fernandez, C. A. Gareia, J. R. Saenz. Equivalent Models of Wind Farms by Using Aggregated Wind Turbines and Equivalent Winds [J]. Energy Conversion and Management, 2009, 12(4): 691-704.

[12] 孙蕾. 变速恒频风力发电机组建模与控制策略研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2009: 47-52.

[13] Daniel J T, Andrew G, Jawad M K and Eric M. Petritz. Fixed-speed Wind-generator and Wind-park Modeling for Transient Stability Studies [J], IEEE Transactions on Power Systems, 2004, 19(4): 1911-1917.

[14] 张慧群. 基于遗传算法的风电场异步发电机动态等值研究 [D]. 南京: 河海大学, 2007: 23-31.

作者简介:

李智才(1986) 男, 硕士研究生, 研究方向为洁净能源发电与风电并网技术;

李凤婷(1965) 女, 教授, 工学博士, 硕士生导师, 研究方向为风电并网技术与电力系统继电保护。

(收稿日期: 2012-05-11)