

晋东南-荆门特高压线路保护浅析

宋述勇, 张群英, 阴崇智, 马振国, 杨超颖

(山西电科院, 山西 太原 030001)

摘要: 介绍了晋东南-南阳-荆门特高压交流1000kV试验示范工程的线路、变压器、电抗器、断路器等保护的配置情况, 重点分析了特高压线路保护联跳三相新功能的技术要求和厂家实现该功能的保护逻辑, 论述了采用纵联标识码后光纤差动保护和光纤纵联距离保护在通道自环、同步采样、通讯时钟等通讯方式的设定方法, 简要介绍了特高压经高阻接地故障的新特点, 并对比分析了南瑞继保和四方线路保护实现上述功能的异同和有别于超高压线路保护的特点。

关键词: 特高压; 联跳三相; 纵联标识码; 光纤差动; 高阻接地

UHV line protection analysis on Jindongnan-Jingmen

SONG Shu-yong, ZHANG Qun-ying, YIN Chong-zhi, MA Zhen-guo, YANG Chao-ying
(Shanxi Electric Science Institute, Taiyuan 030001, China)

Abstract: This paper introduces protection configuration of line, transformer, reactor, and breaker on Jindongnan-Nanyang-Jingmen 1000 kV UHV AC demonstration project, analyses mostly technical request and protection logic of UHV line protection following three-phase trip, and discusses the communication mode set method on self-loop, synchronization sampling, communication clock of optical current differential protection and optical pilot distance protection adopting pilot sign code. It introduces characteristic on UHV grounding fault with high resistance, and contrasts the difference and characteristic compared with EHV of NARI and Sifang line protection.

Key words: UHV; following three phase trip; pilot sign code; optical current differential; grounding with high resistance

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2008)21-0024-05

0 引言

我国第一条特高压交流1000kV输电线路, 晋东南-南阳-荆门交流1000kV试验示范工程包括三站两线, 线路全长约645km, 晋东南站、南阳站及荆门站均为3/2断路器接线, 本期为不完整串, 双断路器。论文介绍了特高压试验示范工程三站两线的保护厂家、保护型号。由于特高压输电线路的晋东南-南阳线路和荆门-南阳线路共用南阳开关站的两个开关, 因此在光纤差动和光纤纵联距离保护中增加了联跳三相功能, 不同于超高压线路中的远跳。纵联标识码为电网中的地址唯一性标志, 采用纵联标识码后, 光纤差动和光纤纵联距离保护中的通讯方式定值设定将不同于超高压线路保护的通讯方式定值设定。特高压输电线路经高阻接地故障电流较小, 因此将线路保护反应高阻接地的能力降低到800A, 并且增加了零序反时限保护。

1 特高压试验示范工程保护配置

晋东南-南阳-荆门特高压交流1000kV试验

示范工程一次系统结构和保护配置如图1所示。

本期1000kV工程为双断路器加跨条接线, 南阳变电站1000kV母线在两侧线路保护的保护区之中, 晋东南和荆门母线在线路和变压器保护区之中, 故不设母线保护。南阳为开关站, 没有变压器保护装置, 晋东南和荆门变电站设有变压器。线路采用高压电抗器补偿方式。继电保护具体配置详见表1所示。

晋东南-南阳和南阳-荆门的线路保护采用南瑞继保、四方的光纤差动和光纤距离保护装置构成双重化保护, 第一套采用分相电流差动保护, 第二套采用光纤距离保护, 两条线路交叉配套实现双重化。每套主保护配置两个2Mbit/s的通信接口, 每套主保护装置的每个2M光通信接口能收、发一个联跳(用于实现联跳三相功能, 不经就地判别)命令和一个远跳命令(用于实现过电压保护、失灵保护和电抗器保护动作后, 经对侧线路保护的远方跳闸就地判别装置跳闸的功能); 变压器保护采用南瑞继保和国电南自的变压器保护装置, 晋东南站采用南瑞继保变压器保护(含非电量保护)作为第一套保护,

荆门站采用国电南自变压器保护(含非电量保护)作为第一套保护;三个站的电抗器保护全部采用许继的电抗器保护(含非电量保护)作为第一套保护,深南瑞的电抗器保护(不含非电量保护)作为第二

套保护。断路器保护都采用南瑞继保的断路器保护装置。过电压及远跳判别装置采用南瑞继保和四方的保护装置。

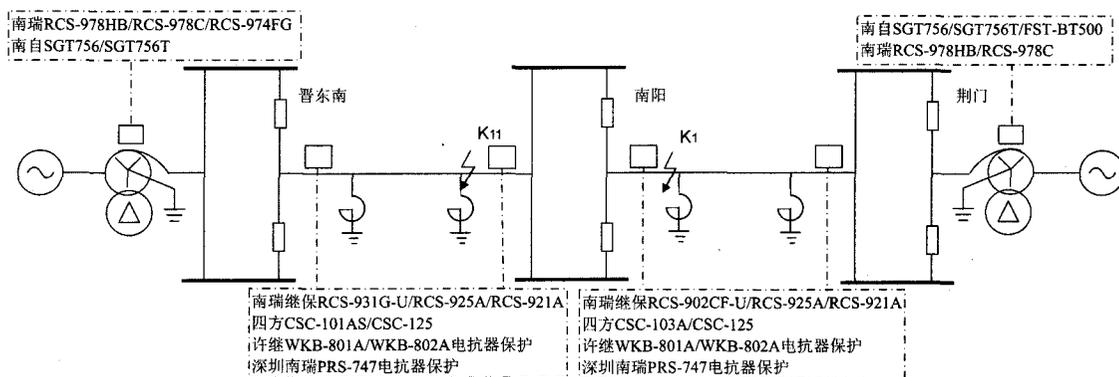


图1 特高压试验示范工程一次系统和保护配置图

Fig.1 Primary system and protection configuration diagram on test and demonstration project of UHV

表1 特高压试验示范工程保护配置

Tab.1 Protection configuration on test and demonstration project of UHV

保护名称		晋东南变电站	南阳开关站		荆门变电站
线路保护	光纤差动	南瑞继保 RCS-931G-U	南瑞继保 RCS-931G-U	四方 CSC-103A	四方 CSC-103A
	纵联距离	四方 CSC-101AS	四方 CSC-101AS	南瑞继保 RCS-902CF-U	南瑞继保 RCS-902CF-U
断路器保护	/	南瑞继保 RCS-921A	南瑞继保 RCS-921A		南瑞继保 RCS-921A
过电压及远跳判别装置	/	南瑞继保 RCS-925A 四方 CSC-125	南瑞继保 RCS-925A 四方 CSC-125		南瑞继保 RCS-925A 四方 CSC-125
变压器保护	第一套	南瑞继保 RCS-978HB/ RCS-978C3/RCS-974FG	/		国电南自 SGT756/ SGT756T/ FST-BT500
	第二套	国电南自 SGT756/ SGT756T	/		南瑞继保 RCS-978HB/ RCS-978C3
电抗器保护	第一套 (全部)	许继 WKB-801A WKB-802A	许继 WKB-801A WKB-802A		许继 WKB-801A WKB-802A
	第二套(不含非电量)	深圳南瑞 PRS-747	深圳南瑞 PRS-747		深圳南瑞 PRS-747

2 特高压试验示范工程线路保护的特点

2.1 联跳三相功能

由于特高压输电线路的晋东南-南阳线路和荆门-南阳线路共用南阳开关站的两个开关,在两条线路上发生异相转换性故障时将可能出现单相运行或三相跳开的情况,为此,增加了保护联跳三相功能,将晋东南和荆门侧开关跳开。当线路上发生故障,导致一侧保护动作跳开三相时,保护装置向对侧发远方三相跳闸信号,对侧收到远跳信号后,直接跳三相。具体要求如以下三点^[1]:

(1) 保护动作且开关跳三相,向对侧发联跳三相信号。

(2) 收到联跳三相信号,中止发送联跳三相

信号。

(3) 收到联跳三相信号且本侧保护动作后,强制性三跳。

上述技术条件的第(2)条是为防止联跳三相信号循环收发而作的规定,第(3)条加了本侧保护动作条件是为防止误收联跳三相信号而误动。联跳三相功能不同于远跳功能,远跳功能是过电压保护、失灵保护和电抗器保护动作后,经线路保护通道远传至对侧,经对侧远方跳闸就地判别装置跳闸。保护联跳三相功能是特高压输电线路特殊的要求,由线路保护实现。

南瑞继保和四方的光纤差动和光纤纵联距离保护联跳三相功能实现方法不尽相同。

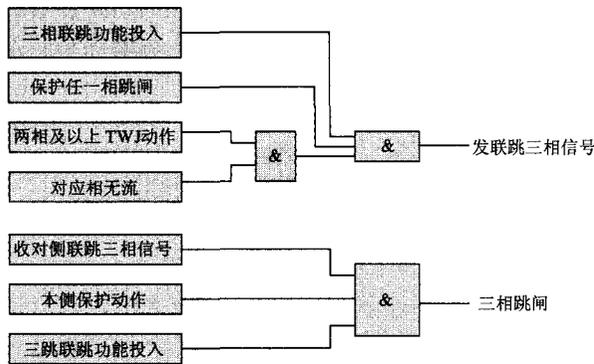


图 2 南瑞线路保护联跳三相逻辑图

Fig.2 NARI's logic diagram on following three phase trip of line protection

图 2 中表示了南瑞继保线路保护联跳三相功能所要求的三点。第(1)点技术要求实现时采用保护跳闸加上断路器跳开两相即向对侧发送联跳信号,比技术要求条件要宽。

线路保护向对侧发送联跳信号,本侧线路保护不一定三跳,是否三跳取决于故障转换时间,也就是故

障和 TWJ 第二次动作开入的先后顺序。如果第一次单相故障时,两相 TWJ 还没有开入,则线路保护只会发送联跳信号,本侧不会三跳。如果保护单相跳闸时,两相 TWJ 已经开入,则本侧线路保护进入非全相程序经短延时三相跳闸,同时发送联跳信号。如表 2 所示(中国电科院动模试验数据),K11 点为图 1 中晋东南-南阳线路的南阳出口,K1 点为图 1 中南阳-荆门线路的南阳出口。当异名相故障经 20 ms 延时转换时,南阳侧(晋东南-南阳和荆门-南阳)光纤差动和光纤纵联距离保护只发联跳三相信号,而不三跳,晋东南和荆门侧光纤差动和光纤纵联距离保护收到南阳侧对应的线路保护发送的联跳三相信号动作于三跳。当异名相故障经 60 ms、200 ms 延时转换时,晋东南-南阳侧光纤差动和光纤纵联距离保护先单相跳闸,故障转换时,南阳侧(荆门-南阳)光纤差动和光纤纵联距离保护在收到三相跳闸位置开入后向晋东南侧发送联跳三相信号,晋东南侧和荆门侧光纤差动和光纤纵联距离保护收到南阳侧对应的线路保护发送的联跳三相信号后动作于三跳。

表 2 异名相经不同延时故障转换的线路保护动作情况

Tab.2 Line protection action on different phase transition fault through different time delay

地点	晋东南	南阳	南阳	荆门
故障类型	K11 点 A 相故障延时 20ms 转 K1 点 C 相故障			
南瑞继保 RCS-931 差动保护	13.07ms 跳 A 166.4ms 三跳	11.4ms 跳 A	-----	-----
四方 CSC-101S 纵联距离保护	18.07ms 跳 A 136.6ms 三跳	23.6ms 跳 A	-----	-----
四方 CSC-103 差动保护	-----	-----	13.2ms 跳 C	14.60ms 跳 C 116.6ms 三跳
南瑞继保 RCS-902 纵联距离保护	-----	-----	27.2ms 跳 C	54.00ms 跳 C 146.6ms 三跳
故障类型	K11 点 B 相故障延时 60ms 转 K1 点 A 相故障			
南瑞继保 RCS-931 差动保护	11.20ms 跳 B 231.2ms 三跳	11.2ms 跳 B	-----	-----
四方 CSC-101S 纵联距离保护	14.87ms 跳 B 202.8ms 三跳	19.2ms 跳 B	-----	-----
四方 CSC-103 差动保护	-----	-----	15.6ms 三跳	16.40ms 跳 A 28.4ms 三跳
南瑞继保 RCS-902 纵联距离保护	-----	-----	40.8ms 三跳	45.60ms 跳 A 88.0ms 三跳
故障类型	K11 点 C 相故障延时 200ms 转 K1 点 A 相故障			
南瑞继保 RCS-931 差动保护	16.40ms 跳 C 358.8ms 三跳	16.4ms 跳 C	-----	-----
四方 CSC-101S 纵联距离保护	23.20ms 跳 C 327.4ms 三跳	23.8ms 跳 C	-----	-----
四方 CSC-103 差动保护	-----	-----	12.6ms 三跳	13.00ms 跳 A 25.4ms 三跳
南瑞继保 RCS-902 纵联距离保护	-----	-----	36.8ms 三跳	41.60ms 跳 A 84.0ms 三跳

如果晋东南-南阳-荆门线路异名相经短延时(20 ms)转换故障时,将出现线路单相运行的情况。此时断路器实现三相跳闸按照动作时序共有以下几

种动作途径:一是断路器保护通过两种方法实现三跳,一是两相跟跳三相,另外一种两相跳令开入使重合闸放电,沟通三跳或勾三接点实现三跳;二

是南瑞线路保护单相运行 200 ms 三跳(四方线路保护无此功能), 三是断路器非全相动作于三跳。

四方光纤差动和光纤纵联距离保护实现联跳三相的方法略有不同。在实现第(2)点技术条件时, 四方线路保护在收到对侧三相联跳信号后还要判断对侧开关是否三相跳开或保护三跳。跟跳对侧三跳控制字只控制跟跳不控制发信。如图 3 所示。

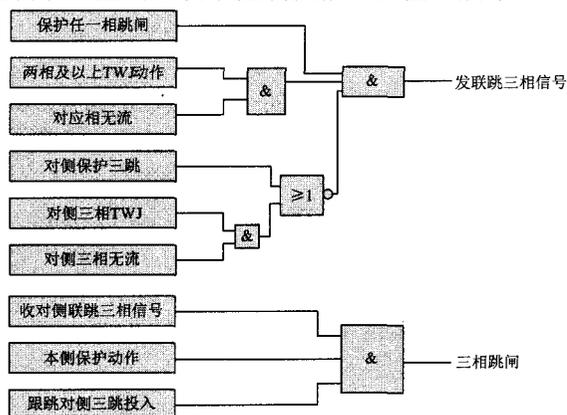


图 3 四方线路保护联跳三相功能逻辑图

Fig.3 Sifang's logic diagram on following three phase trip of line protection

南瑞继保和四方线路保护的联跳三相功能实现方式上不尽相同, 如表 3 所示。

表 3 南瑞和四方线路保护联跳三相功能对比表

Tab. 3 Contrast table on following three phase trip of NARI's and Sifang's line protection

特点	发联跳三相信号	跟跳三相	终止发联跳信号	联跳三相控制字功能	其他
南瑞线路保护	保护跳闸加上断路器跳开两相, 受联跳三相控制字控制	本侧保护动作且收对侧联跳三相信号	收对侧联跳三相信号	控制发联跳信号和跟跳功能	开关三跳后不再三跳
四方线路保护	保护跳闸加上断路器跳开两相, 不受联跳三相控制字控制	本侧保护动作且收对侧联跳三相信号	收对侧联跳三相信号且对侧已三相跳开	控制跟跳功能	开关三跳后不再三跳
备注	不同	相同	不同	不同	相同

2.2 通讯方式控制字

为提高数字式通道线路保护装置的可靠性, 防止出现一条线路的两套保护装置通道交叉情况, 特高压输电线路差动和纵联距离保护都采用了纵联标识码功能。南瑞继保线路保护 V3.0 及以上版本的保

护装置才提供纵联标识码功能, 四方的纵联标识码功能在超高压保护配置中还不是标配。线路差动保护存在同步采样和时钟同步问题, 而光纤纵联距离保护只有时钟同步问题。两个保护厂家的纵联标识码功能不完全相同。南瑞线路差动保护增加了两个定值项: “本侧纵联码”“对侧纵联码”; 减少了两个保护控制字: “主机方式”、“通道自环试验”, 同时将原来的“专用光纤”改名为“内部时钟”。四方差动保护增加了“本侧纵联保护地址”和“对侧纵联保护地址”定值项。由于特高压光纤纵联距离保护装置采用光电接口内置方式, 因此增加了内外时钟方式控制字, 通过纵联标识码定值设定通道自环, 没有采样同步问题。

“纵联标识码功能”是保证全网运行的保护设备具有唯一性, 即正常运行时, 本侧纵联码与对侧纵联码应不同, 且与本线的另一套保护的纵联码不同, 也应该和其它线路保护装置的纵联码不同。南瑞和四方线路保护对该功能的叫法略有差异, 如上所述。功能也不尽相同。

南瑞线路保护的本侧纵联码和对侧纵联码在定值项中整定, 范围均为 0~65535, 线路差动保护装置根据本装置定值中本侧纵联码和对侧纵联码定值决定本装置的主从机方式, 同时决定是否通道自环试验方式。若本侧纵联码和对侧纵联码整定一样, 表示为通道自环试验方式, 若本侧纵联码大于等于对侧纵联码, 表示本侧为主机, 反之为从机^[2]。光纤纵联距离保护装置则根据定值中本侧纵联码和对侧纵联码定值决定本装置是否为通道自环试验方式, 内/外时钟定值决定时钟同步问题^[3]。

表 4 不同通道方式的南瑞电流差动保护定值设定

Tab.4 Setting on NARI's current differential protection of different channel mode

通道方式	不采用纵联标识码			采用纵联标识码	
	主机方式	通道自环试验	专用光纤	纵联标识码 (本侧、对侧)	内部时钟
自环方式	1	1	1	两侧相同	1
专用光纤	一侧为主 一侧为从	0	1	标识码大为 主, 小为从	1
64k 复用 PCM	一侧为主 一侧为从	0	0	标识码大为 主, 小为从	0
2M 复用 SDH (SDH 重定 时功能开)	一侧为主 一侧为从	0	0	标识码大为 主, 小为从	0
2M 复用 SDH (SDH 重定 时功能关)	一侧为主 一侧为从	0	1	标识码大为 主, 小为从	1

由于纵联标识码功能还不是线路保护装置的标准配置,下面对比分析南瑞继保差动保护有纵联标识码与没有纵联标识码时的通讯方式定值设定的异同。如表 4 所示。

而四方差动保护通过定值“本侧纵联保护地址”、“对侧纵联保护地址”来设定装置地址(唯一作用),不决定主从方式和通道自环试验。通道自环试验通过“通道环回实验”控制字实现,此时地址识别码不起作用。“主机方式”控制字决定采样同步方式,“通道选择外时钟”控制字决定时钟同步问题^[4]。而光纤纵联距离保护装置通过“本侧纵联保护地址”等于“对侧纵联保护地址”来设定通道自环方式,“通道选择外时钟”控制字决定时钟同步问题。如表 5 所示^[5]。

表 5 不同通道方式的四方电流差动保护定值设定
Tab.5 Setting on Sifang's current differential protection of different channel mode

通道方式	主机方式	通道环回试验	通道选择外时钟	纵联保护地址(本侧、对侧)
自环方式	1	1	0	不起作用
专用光纤	一侧为主 一侧为从	0	0	两侧不同
64k 复用 PCM	一侧为主 一侧为从	0	1	两侧不同
2M 复用 SDH (SDH 重定时功能开)	一侧为主 一侧为从	0	1	两侧不同
2M 复用 SDH (SDH 重定时功能关)	一侧为主 一侧为从	0	0	两侧不同

此外,线路保护是采用 64 k 还是 2 M 传输速率,南瑞继保线路保护在光纤接口插件中由跳线选择,而四方线路保护通过定值来整定。

线路保护装置将本侧的纵联码定值包含在向对侧发送的数据帧中传送给对侧保护装置,当对侧接收到的纵联码与定值整定的对侧纵联码不一致时,保护装置将报警。

2.3 高阻接地故障

规程规定,500 kV 系统经 300 Ω 接地时,线路保护应可靠动作。因此,特高压工程开始规定 1000 kV 系统经 600 Ω 接地时,保护应可靠动作。但在特高

压线路保护动模试验时,最小运行方式下经 600 Ω (1000 A) 高阻接地时电气量二次数值较小,零序保护的灵敏度受到一定影响。所以特高压二次技术条件定为“系统发生经高过渡电阻单相接地故障时,当故障点电流大于 800 A 时,保护应能切除故障,分相差动保护应能选相动作”^[1]。同时增加了零序反时限保护,提高高阻接地故障时保护的灵敏度。

3 结束语

晋东南—南阳—荆门特高压交流 1000 kV 试验示范工程由于一次结构及参数的新特点,造成了二次保护配置及功能上的一些变化。线路保护针对特高压的新问题,增加了线路保护联跳三相功能,用零序反时限功能应对高阻接地故障,纵联标识码功能增加了线路保护的可靠性。双重化的保护厂家在实现特高压二次技术条件的过程中虽然不完全相同,但结果都满足技术条件的要求。论文通过对比分析,使大家清晰地认识了特高压与超高压线路保护、南瑞继保和四方线路保护之间的相同和不同点,对特高压试验示范工程的保护性能有了比较清晰的认识和理解。

参考文献

- [1] 晋东南—南阳—荆门 1000kV 特高压交流试验示范工程二次系统技术条件(第二版)[Z].
- [2] RCS-931G-U 特高压线路成套保护装置技术和使用说明书[Z].
- [3] RCS-902CF-U 特高压线路成套保护装置技术和使用说明书[Z].
- [4] CSC-103 数字式线路保护装置说明书[Z].
- [5] CSC-101S 数字式线路保护装置说明书[Z].

收稿日期:2008-06-30

作者简介:

宋述勇(1971-),男,研究生,高级工程师,主任工程师,从事继电保护工作;E-mail:songsy@sina.com

张群英(1964-),男,大专,工程师,从事继电保护工作;

阴崇智(1969-),男,研究生,高级工程师,从事继电保护工作。