

同杆双回线路继电保护方案研究

张延, 雷雨田, 吴云

(湖南省电力勘测设计院, 湖南 长沙 410007)

摘要: 探讨同杆双回线路跨线故障的保护解决方案, 介绍纵联保护信号传输方式和特点。结合某工程实例, 剖析同杆双回线路保护配置和保护远传信号通道选择的思路。介绍一种载波机与保护装置之间实现 3+1 命令方式的接口回路。

关键词: 同杆双回线路; 纵联保护; 光纤

中图分类号: TM773 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)13-0040-03

1 同杆双回线路继电保护解决方案

同杆双回线路上可能发生跨线故障, 在发生跨线故障时若将两回线切除, 对系统的安全稳定运行将构成严重威胁。理想的对策是在跨线故障时仅切除故障相, 实现按相重合闸。研究同杆双回线路跨线故障继电保护配置方案, 应重点考虑跨线故障的选相跳闸及重合闸问题, 对防止发生跨线故障时双回线全部跳闸, 最大限度地保持故障切除和重合闸后的系统稳定性具有重要意义。同杆双回线路跨线故障的保护主要有以下几种:

分相电流差动保护: 保护装置采集线路三相电流并进行转换, 通过通道将三相电流向对侧传送的同时接收对侧来的信号, 两侧数据严格同步, 以便进行差动比较; 保护原理简单, 不反映负荷、不受系统振荡及串补电容的影响, 有天生的选相能力, 发生跨线故障时, 四侧保护均能正确、快速选相跳闸。同杆双回线上为了在跨线故障时能选跳故障相, 最好采用分相电流差动纵联保护。

分相传送信号的距离纵联保护: 综合比相式距离继电器测量故障环路的阻抗, 在复杂的跨线故障中一般都能选出故障相, 正确性取决于其所测量的阻抗是不是故障环路的阻抗。分析表明近处故障(包括跨线故障)都能正确选跳故障相(单相故障跳单相, 两相故障跳两相), 随着故障点远移到线路末端时, 两相两导线跨线故障(例如 IAIBG)都被判断为相间故障(IABIIABG), 但此时故障已在距离保护 II 段范围以内, 虽然选相错误(两回线都判为 ABG 故障), 但由于保护 II 段有延时, 故不会立即跳闸。一旦对侧保护 I 段正确选跳故障相后, 两回线都是单相故障, 本侧相间距离继电器返回, 接地距离继电器开始测量, 接地距离保护 II 段正确选跳故障相,

实际根据先是判 ABG 故障, 然后判 AG(BG) 故障就可实现纵续动作。在线路末端发生跨线故障时保护不能正确选相, 但对侧保护可以选相, 如果两回线保护有足够的通道按相传送逻辑信号(闭锁信号或允许信号), 就可以实现全线速动选跳故障相。

依靠纵续动作实现有选择地切除故障相: 如果没有通道可供传送选相信号, 仅反应线路一侧的电气量的选相方法无法区分线路末端的单回线故障、跨线故障和双回线外部故障, 则只能依靠距离保护的继电器纵续动作实行选相跳闸。纵联保护动作时由距离保护实现选相跳闸的逻辑如下: a) 若是单回线故障, 则选相无困难; b) 若选相结果是单相故障, 则选相一定正确, 立即选跳故障相; c) 若两回线保护都动作, 且又都选为多相故障, 此时有可能是线路末端跨线故障, 所以不能立即跳闸。此时可用相间距离继电器的纵续动作回路等待对侧跳闸, 如系两相两导线跨线故障, 则一旦对侧跳闸后, 本侧改选为单相故障, 于是就立即跳闸, 如果是本线末端的多相故障, 则由相间距离继电器的纵续动作回路跳三相。

2 纵联保护信号传输方式

分相电流差动保护的同步数据通信信号传输方式有两大类: 专用光纤和 PCM 复用。分相传送信号的距离纵联保护有两种信号传送方式: PCM 复用和载波复用通道。

采用专用光纤方式时, 保护远传信号传输通道直接由 2 芯光纤和保护装置光接口组成, 通道时延小于 1 ms。其可靠性依赖于站点间直通光缆, 当光缆断缆时保护远传信号全部中断, 无替代传输路由。

光纤通信 PCM 复用方式下, 保护远传信号复用在 PCM 设备 2 Mbit/s 接口经 SDH 环网传输, 不占用光纤芯数, 不依赖两站点接直通光缆路由, 而且

工程设计时一般单独配置一套保护专用 PCM 装置,可以复用多路保护远传信号。在点对点传输时,通道时延小于 1 ms;经过 SDH 光纤通信网络传输时,只要站点控制在 8 个以内时,通道总时延仍能控制在 15 ms 以内。当某一方向光纤通信电路故障时,可以经由 SDH 自愈环保证信息连续传送至对侧。从统计的角度来看,光纤电路切换与电力线路故障同时发生的几率非常小。其缺点是相应站点 SDH 光端机或保护专用 PCM 装置故障时,保护远传信号随之中断;如果保护远传信号经光纤支电路传输时,通道不具备 SDH 自愈切换保护功能。

载波通信为点对点通信方式,技术成熟可靠,可以满足远传保护信号的要求。虽然只有 1 个通道,一般采用多频道 FSK 多命令的信号系统以改善保护的选相性能:在 1 个通道内可以切换 5 个频率, f_G 为监频, f_A 、 f_B 、 f_C 分别为 A、B、C 相的跳频, f_3 为三相跳闸的跳频,正常传送监频,在故障后监频消失,若收到 f_A 、 f_B 、 f_C 任何一个就表示允许某一相跳闸,若收到 f_3 就表示允许三相跳闸。采用这种多命令的信号系统后,在末端跨线故障时只要对侧选跳单相故障并发出该相的跳频,本侧收到该信号并对本侧保护也选中该相就立即跳该相,无需依靠纵联动作。由于跳频数量的限制,在发生两相故障时不论哪两相故障都一律传送 f_3 跳频,收到该跳频后在核对本侧也判为多相故障后就立即三相跳闸。

3 同杆双回线路保护配置实例分析

M 变电所为 500 kV 变,K 变电所为 220 kV 变,M 站~K 站之间的双回 220 kV 线路采用单回路架设,两回线路均配置一套高频闭锁距离保护和一套高频相差保护。2003 年该双回线剖进新建的 220 kV 变电所(N 变电站)时,受城区规划制约 220 kV 线路出线走廊调整,M~N 和 N~K 双回线均改为采用同杆双回线路重新架设,因此需要对线路保护重新设计。电力通信网设计中,N 变电所~K 变电所之间与线路同步架设 32 芯 OPGW 光缆,是全省电力光纤通信环网主干光缆线路的一段。M 变电所和 N 变电所是同城 SDH 光纤通信网络上的两个主要节点。

根据 220 kV 线路要求配置不同原理的双套保护的要求及快速切除故障的需要,考虑在同杆双回线路上开通双高频保护通道的可靠性和安全性都很低,因此必须考虑配置光纤保护通道,设计采用分相电流差动保护和分相传送信号的允许式距离纵联保

护构成同杆双回线路保护配置方案。根据不同信号传输方式,有两个方案可供选择:一、专用光纤分相电流差动保护+PCM 复用距离纵联保护方案;二、专用光纤分相电流差动保护+载波复用距离纵联保护方案。两个方案均能满足主保护双重化使用不同保护原理的要求,区内故障时线路两侧保护能快速切除多相故障。

由于 N 变电所和 K 变电所分别两个地区局,不在同一个 SDH 光纤通信网内,若采用方案一专用光纤通道和 PCM 通道只能通过 N 变电所~K 变电所 OPGW 光缆路由传输,即 N~K 双回线路共 4 套纵联保护均通过 1 条光缆路由,安全可靠较低。因此本案 N~K 双回线路保护配置方案采用方案二,考虑便于施工调试、简化运行等因素,M~N 双回线路保护配置也采用方案二。

实际配置 RCS-931B 分相电流差动保护和 RCS-902C 距离纵联保护构成双重化主保护,RCS-931B 分相电流差动保护采用专用光纤通道传送保护命令,RCS-902C 利用载波通道分相传输允许式保护命令。保护配置如图 1。

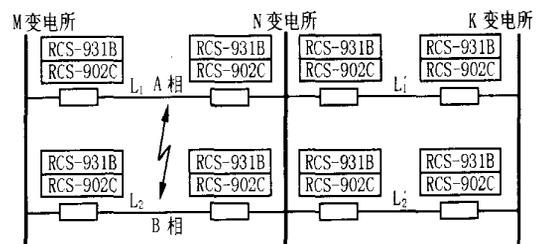


图 1 双回共杆线路保护配置示意图

Fig. 1 Allocation of relay protection for double-circuit lines on the same tower

本方案两套主保护采用了不同路由传送保护信号,提高了安全性。采用专用光纤通道时,每套保护装置配置 2 芯光纤作为通道。按 $N+1$ 的备用方式配置 6 芯光纤(每条线路各使用 2 芯,备用 2 芯),信号通过保护装置自带的光接口输出。同时将现有相-地耦合方式、单频工作方式的高频保护载波通道更改为相-相耦合方式、双频工作方式的保护复用载波通道,配置保护信号复用和传输接口设备后,在传送语音的载波通道上,可复用多个继电保护命令。

4 保护装置与载波机的接口设计

通常,允许式保护命令用于同杆双回线路故障有 2 种接口方式:一种为双命令输入输出的音频接

口方式,单相跳闸命令 1P 和三相跳闸命令 3P 输入、输出,但故障时要靠相继动作来切除故障。如图 1 所示双回共杆线路,L1 线、L2 线发生故障,L1 线 N 侧选 A 相故障,发单跳允许命令,L2 线 N 侧选 B 相故障,发单跳允许命令,而 M 侧均判为 A、B 两相故障,发三跳允许信号,而三跳允许条件为本侧选二相及二相以上故障并收到三跳允许信号,单跳动作条件为本侧选单相故障并收到任一跳闸允许信号,因此,M 侧保护不满足跳闸条件,相间选相元件返回,等 N 侧保护分别跳开 L1 线的 A 相和 L2 线的 B 相后,M 侧保护的单相选相元件动作,相继切除故障相。另一种方式采用四命令的音频接口方式,即选择 A 跳、B 跳、C 跳、三跳,两侧可以同时跳闸。L1 线 M 侧选两相跳闸,收到 A 相跳闸允许命令,跳闸方式设定为 A 相跳闸,L1 的 N 侧选 A 相跳闸,收到三相跳闸允许命令,跳闸方式也为 A 相跳闸,这种方式可以达到两侧同时跳闸。

本方案通信设计载波机采用 ETL 载波机,与纵联保护配合采用 NSD550 音频接口。NSD550 为嵌入式的保护接口,装在 ETL 载波机上,以 ETL 载波机的导频信号作为监频,当保护命令到来时,保护接口将它变换为通信传输的频率信号,并控制发信机将话音通道切断,将发送电平提升到全部功率发送命令信号,而在线路的另一侧,收信机判断监频信号已消失,并检测到一个有效的跳频信号,相应的输出端就动作;如果同时接收到监频和跳频信号,或同时收不到监频和跳频信号,接收端就告警。

NSD550 可以根据保护装置使用要求以两种方式传送命令信号:2 个允许式跳闸命令和 2 个直跳命令(2 个非编码+2 个编码),适用于双回线路的冗余保护或单回线路的备份保护;或 3 个允许式跳闸命令和 1 个直跳命令(3 个非编码+1 个编码),适用于单回线路的分相保护。不论哪种方式,编码

的直跳命令都优先于非编码的允许式跳闸命令。

RCS-902C 距离纵联保护装置输出 TA、TB、TC 三个单相允许式跳闸信号至载波机保护接口装置,没有单独的三跳命令输出/输入接口。NSD550 采用四命令(3+1)的音频接口方式。因此设计时,NSD550 保护接口装置配设了两块多功能的远方保护接口板(G4AI),G4AI 板与 RCS-902C 保护装置的接口回路如图 2,并利用 NSD550 保护接口装置的编码功能和内部逻辑关系编程,来实现 4 个命令输入/输出。即保护装置输出的 TA、TB、TC 三相允许式跳闸信号,分别与两块 G4AI 板的 A、B、C 命令输入端连接;第一块 G4AI 板和第二块 G4AI 板的 A、B、C 命令输出端并联,并与保护装置 TA、TB、TC 三相允许式跳闸信号输入端连接,其中第一块 G4AI 板的 A、B、C 命令输出设置为 TA、TB、TC 命令输出,第二块 G4AI 板的 A、B、C 命令输出均设置为 TD(三相跳闸)命令输出。这样,经过回路改进和相应软件置后,NSD550 装置在 3+1 运行方式中传送各个命令的优先关系优化如表 1:

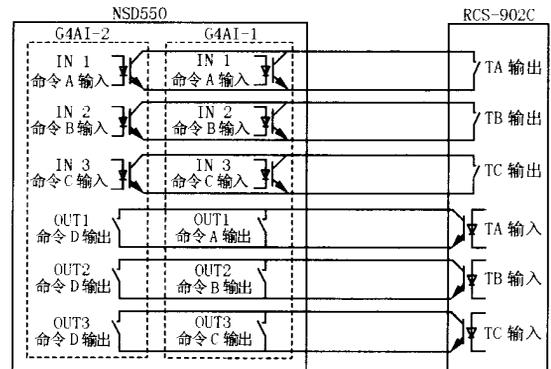


图 2 NSD550 装置与 RCS-902C 保护装置接口回路示意图

Fig. 2 Interface circuit between NSD550 device and RCS-902C relay

表 1 回路改进后 3+1 运行方式 NSD550 装置命令优先关系表

Tab. 1 Command precedence mapping of NSD550 device at 3+1 operation mode after circuit rebuilt

M 端保护装置输出命令	加在 M 端发信机输入端的命令	通道中实际传输的命令	命令信号编码方式	N 端发信机输出端的命令		N 端保护装置输入命令
				第一块 G4AI	第二块 G4AI	
TA	A	A	非编码	A1	无	TA
TB	B	B	非编码	B1	无	TB
TC	C	C	非编码	C1	无	TC
TA、TB、TC 中任意两个命令或三个命令同时输出时	AB、BC、CA 或 ABC	D	编码	无	A2、B2、C2 同时输出	三相跳闸

注:A、B、C 是 3 个非编码的允许式命令信号,D 是编码的直跳式命令信号。

(下转第 47 页 continued on page 47)

- [6] 伍力,吴捷,周乐荣(WU Li, WU Jie, ZHOU Lerong). 输变电工程项目的模糊多目标综合评判决策(Fuzzy Multi-objective Comprehensive Decision on Transmission Project) [J]. 电网技术(Power System Technology), 1999,23(3):19-22.

周新娟(1977-),女,硕士研究生,从事电力系统规划及电力系统稳定性方面的研究;

E-mail: greenxinjuan@163.com

刘永强(1961-),男,博士,副教授,从事非线性动力系统理论、电力系统分析与控制及电力电子变流技术方面研究;

吴捷(1937-),男,教授,博士生导师,从事自组织,自适应控制;电力系统运行和控制方面的研究工作。

收稿日期: 2003-10-13; 修回日期: 2004-01-04
作者简介:

Structural distribution planning based on computer assistant decision-making system

ZHOU Xin-juan, LIU Yong-qiang, WU Jie

(Department of Electric Power, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: An urban and rural power grid is a structural one. The paper presents some rules for different levels of network with some guidance and restraints. The back/forward sweep algorithm which fits for distribution power flow calculation and an approach to distribution network reliability calculation based on minimal path adopted in the decision-making system are introduced in this paper. The paper also puts forward a fuzzy comprehensive evaluation, which is employed in the proposed system. The structural distribution planning based on computer assistant decision-making system has been used to real distribution planning of many regions in some southern province of China, which shows the validity and efficiency of the system.

Key words: distribution network; back/forward sweep algorithm; reliability; minimal path; fuzzy multi-objective

(上接第 42 页 continued from page 42)

5 结论

线路两套纵联保护的通道宜采用不同的通道传送。同杆双回线路为了有选择性切除跨线故障,宜设置一套分相电流差动保护,另配置一套分相传送信号的距离纵联保护,两套保护的通道应为不同路由。随着光纤通信在电网中的应用,有条件时优先采用光纤通道:专用光纤+PCM 复用通道。如果双回线路共 4 套纵联保护只有 1 个光缆路由,宜采用专用光纤+载波复用通道方案。

参考文献:

- [1] 朱声石(ZHU Sheng-shi). 高压电网继电保护原理与技

术(Principle and Technology of Relay Protection in HV Network) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press),1995.

收稿日期: 2003-10-09

作者简介:

张延(1970-),女,高级工程师,从事电力系统及自动化规划设计工作; E-mail: zhangy @hepd.com

雷雨田(1963-),高级工程师,从事电力系统通信规划设计工作;

吴云(1969-),高级工程师,从事电力系统自动化、电力系统通信规划设计工作。

Relay protection for double-circuit lines on the same tower

ZHANG Yan, LEI Yu-tian, WU Yun

(Hunan Electric Power Design Institute, Changsha 410007, China)

Abstract: The relay protection solutions of cross line fault over double-circuit lines on the same tower are discussed, the protection signal transmission modes and technique characteristics of longitudinal differential protection are introduced. For a practical project, ideas of scheming the relay protection for double-circuit lines on the same tower and choosing the telecommunication channel are analysed. An interface circuit between power line carrier and relay protection device is presented to implement 3 + 1 command mode.

Key words: double-circuit lines on the same tower; longitudinal differential protection; optical fiber