

# 同杆双回线路继电保护原理及工程应用

夏勇军<sup>1</sup>, 尹项根<sup>2</sup>, 胡刚<sup>1</sup>, 张哲<sup>2</sup>, 董永德<sup>1</sup>

(1. 湖北省电力试验研究院, 湖北 武汉 430077; 2. 华中科技大学电气学院, 湖北 武汉 430044)

**摘要:** 介绍了同杆双回线路继电保护技术的特点, 同杆双回线路保护原理、研究和应用进展, 以及实际投运同杆双回线路的保护配置情况。对同杆双回线路继电保护技术的研究及工程应用作了分析和展望。

**关键词:** 同杆双回线路; 继电保护; 原理及应用

## Principle and engineering application of double-circuit transmission lines protection

XIA Yong-jun<sup>1</sup>, YIN Xiang-gen<sup>2</sup>, HU Gang<sup>1</sup>, ZHANG Zhe<sup>2</sup>, Dong Yong-de<sup>1</sup>

(1. Hubei Electric Power Testing and Research Institute, Wuhan 430077, China;

2. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The characteristics of double-circuit transmission lines protection are expatiated. Main protection principles research and engineering application state, and protection configuration scheme of real operating double-circuit transmission lines are introduced. The digital protection technology and its engineering application are surveyed and analyzed in the paper.

**Key words:** double-circuit transmission lines; relay protection; principle and application

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 1674-3415(2009)03-0098-06

## 0 引言

同杆双回线路输电技术以其在单位走廊的输电容量、输电效率和投资回报率等方面的技术和经济优势, 在我国得到了长足发展<sup>[1, 2]</sup>。由于同杆双回线路导线数目多、双回线之间距离近、运行方式多样, 由此导致了复杂的故障类型和故障暂态特性, 使得常规单回线的继电保护配置方案和整定计算方法难以直接应用, 保护性能也受到很大影响。如果对双回线复杂的运行方式和零序互感等方面的影响考虑不充分, 或者保护配置方案和定值整定不合理, 则会出现保护装置误动或拒动的情况<sup>[3-6]</sup>, 严重危及电网的运行安全。因此, 在同杆双回线路日益推广应用的今天, 继续深入研究并总结其继电保护配置方案和现有保护运行情况, 对提高保护的运行水平和维护电网的安全运行都具有极强的现实意义。

## 1 双回线路继电保护的特点

### 1.1 线间互感及跨线故障对继电保护的影响

除了在同一回线相间存在互感外, 同杆双回线线间也存在互感的影响。故障情况下, 双回线上的电压和电流不仅取决于本线路运行情况, 而且还受

另一回线电气量感应影响, 其中以零序互感的影响最为突出。若不采取应对措施, 可能导致接地距离保护和零序方向保护等发生拒动或误动。此外, 在发生跨线故障时, 电气量的变化特征与单回线故障时的情况也存在明显差异, 给基于单侧电量的保护原理, 如距离保护和功率方向保护等带来了许多新的问题。

### 1.2 不同运行方式下保护灵敏度的差异

同杆双回线有双回线同时运行、单回线运行、双线组合全相运行(准三相运行)、双回线(或单回线)非全相运行等多种运行方式。由于线间互感的存在, 在不同的运行方式下发生故障时, 线路的故障电压和故障电流存在很大的差异, 进而导致在不同运行方式下的保护灵敏度并不相同。因此, 需考虑保护配置方案和定值在不同运行方式下的适应性和灵敏度问题。

### 1.3 跨线故障选相

对于同杆双回线的异名跨线故障, 保护装置存在误切双回线的可能, 对系统稳定运行产生影响。例如, 发生 IA IIBG 故障时, 应该由 I 回线两侧跳 A 相、II 回线两侧跳 B 相, 但保护装置很容易误判为双回线都发生 AB 相间短路故障而同时跳开两回

线,给系统稳定带来不必要的影响。因此需要研究有效的跨线故障选相方案,在系统发生上述类似故障时能够选跳线路,以维持两侧系统的联系。

#### 1.4 自动重合闸

同杆并架线路发生跨线永久性故障时,应尽量避免两回线重合闸配合不当,导致重合于永久性相间故障,对系统造成严重的二次冲击。例如,发生IA IIBG永久性故障时,当I回线两侧跳A相、II回线两侧跳B相后,若两回线同时重合,相当于再次重合于ABG相间短路,将产生很大的短路电流,并导致两条线路同时切除,从而严重危及电网的稳定运行。此外,当两侧系统主要依靠双回线联系时,也需考虑如何协调两回线的重合闸方式,尽量保证跨线故障切除后,两侧系统仍能保持良好的互联运行,以提高电网的安全稳定运行水平。

#### 1.5 更高的可靠性要求

相对单回线路而言,双回线传输功率更大,两侧系统联系更强,其安全稳定运行对系统稳定更为重要,这就对同杆双回线路的保护提出了更高的可靠性要求。需要保护装置能够更加快速、准确而又有选择性地切除故障线路。

## 2 同杆双回线路继电保护原理及应用

### 2.1 分相(分线)电流纵差保护

分相电流差动保护是指按相比较线路两侧电流的幅值及相位。如果两侧的电流差或者相位超过动作值时,线路两侧同时按相切除故障相。同杆双回线路每相都有两回出线,因此传统的分相电流差动保护在双回线中实为分线差动的形式。分相电流差动有良好的故障选相能力,保护效果不受系统振荡及负荷影响、对全相和非全相运行中的故障均能正确选相并跳闸。所以它是目前同杆双回线最理想和应用最为广泛的保护之一。在光纤通信条件满足的情况下,应考虑优先装设。

分相电流差动保护应用于超高压长线路时,受线路分布电容的影响较大。目前,应用于单回线路的分相电流差动保护,主要通过电容电流补偿以及自适应提高差流门槛等方式来防止电容电流过大导致保护误动,从而降低了保护动作的灵敏度。当应用于同杆并架线路时,由于两回线之间的距离较近,线间电容的影响增大,此时应采用何种补偿方式,如何合理选择差流门槛等仍需做进一步的研究分析。

### 2.2 纵联距离(方向)保护

对于同杆并架双回线,当通道条件不具备,或为了满足主保护动作原理的双重化配置要求,常采

用纵联距离(方向)保护作为线路主保护。同时,距离保护也广泛用于同杆并架线路的后备保护。

线间互感的存在,使得双回线路中纵联距离和纵联方向保护的配置方案和整定相比传统单回线路复杂很多,邻线零序电流通过互感会对接地距离保护产生影响,使保护范围缩短或超越<sup>[7,8]</sup>,因此在实际运行中常考虑缩短单侧距离保护的動作范围。为了减小零序互感的影响,文献[9]提出了一种利用邻线零序电流进行补偿的距离保护方案。但采用相邻线路零序电流补偿时,仍存在故障相对健全相的影响如何、应该怎样补偿及健全相会不会误动等问题;同时还要考虑在故障相近侧跳闸后,健全相会不会因零序电流的影响而发生相继误动等问题。此外,在不同的运行工况下,如邻线挂地线检修时,由于无法获得检修线路的零序电流,会导致补偿失效,影响保护性能。引入邻线零序电流补偿后,也将给运行管理带来诸多不便。因此,如何减少零序互感对距离保护的影响,仍有许多工作有待开展。

距离保护应用于同杆并架线路时面临的另一突出问题是,当发生跨线故障时,阻抗测量元件的计算结果与实际短路阻抗可能存在较大误差,从而导致保护误动或拒动。文献[10]从双回线的整体出发,指出通过采用两回线的6组电气量计算阻抗,可实现距离保护在各种故障下的正确动作,但由于该保护方案涉及两回线的电气量,失去了保护的灵活性和可靠性<sup>[8]</sup>。文献[11]指出通过按相传送闭锁或者允许逻辑信号构成的纵联距离保护,可实现双回线路距离保护的全线速动;而对于单端电源供电的双回线路,当故障位置靠近送电侧,且阻抗继电器反应稳态量时,可能出现纵联距离(方向)保护拒动,需后备保护(如距离I段)跳开送电侧开关后,实现线路的相继动作<sup>[12]</sup>的情况。

从目前的文献资料看,虽然针对同杆并架线路零序互感对距离保护的影响,以及发生跨线故障时距离保护的動作特性进行了研究和分析,但由于同杆并架线路故障的复杂性,特别是对于非全相运行或重合期间发生故障,以及发生转换性故障时距离保护的動作行为等问题有待进一步研究。

### 2.3 横联差动保护

横联差动保护<sup>[13,14]</sup>的基本原理是在同一侧比较双回线的电流,不需要增加额外的保护通信通道。根据电流的方向是否引入动作判据的差异,横差保护可分为横联方向差动保护和电流平衡保护两种形式<sup>[13]</sup>。电流平衡保护只比较两回线电流的大小,适合安装于单侧电源供电的平行双回线的电源侧,而不能用于单电源双回线路的负荷端,在双电源系统

中的弱电源端其保护的灵敏度往往是不够的。此外,当发生含同名故障相的跨线故障时,由于两相电流相等而会导致保护拒动。

按保护功能的不同,横联差动还可以分为相间和零序(接地)差动两种形式<sup>[14,15]</sup>。相间横差保护分别取不同相别的两回线的差流作为动作判据<sup>[14,16]</sup>;零序差动保护则由两回线的零序电流作比较,将双回线两个零序电流的和或者差作为动作量的判据的都有应用<sup>[14,15]</sup>。

对于远离故障点的保护端,横联差动保护可能存在相继动作的情况<sup>[14]</sup>,会导致故障的延时切除;另外,零序横差保护定值应躲开相邻线路故障时流过双回线的零序差电流,如果双回线间互感较大而在定值整定中考虑不充分时,会导致横差保护误动<sup>[15]</sup>。

文献[17]通过引入故障分量和零序分量,提出了利用全量电流和零序电流构成启动判据,由故障分量构成选线判据的电流平衡保护方案,提高了传统基于全量的电流平衡保护的灵敏度、减小了相继动作区。文献[18]探讨了与同杆双回线路相邻的第三回线路发生接地故障时,故障线路在双回线上感应出不同的零序互感电压,进而在双回线上产生零序环流,导致电流平衡保护误动的问题,提出了通过修改保护启动元件消除零序环流影响的方法。这些改进方法在文献中都得到了仿真计算的有效验证。

横联差动保护同时利用了双回线的电气量,二次回路交叉、接线复杂、运行不灵活;当其中一回检修、停运,或者线路准三相运行方式下,该保护功能不再有效,需闭锁或者退出运行。

## 2.4 纵联零序保护

纵联零序保护是国内使用较为广泛的快速保护之一,但在同杆双回线间的互感会对保护整定和运行带来影响,而且,该保护不具备故障选相跳闸功能。文献[5]分析了一起局部同杆并架的线路中,相邻线路发生故障时,由于零序互感的影响,导致220 kV健全线路的纵联零序保护误动,该文献通过理论计算和仿真分析指出,双回线间强磁弱电的特性越明显,保护误动的可能性就越大,而且文献从增加负序闭锁功能、延长保护动作时间、提高零序停信门槛等方面的改进措施进行了探讨,指出如何实现纵向零序保护的可靠性、灵敏且快速性,还需展开研究。文献[5,19]还指出在不能有效解决零序功率方向保护的可靠性和灵敏度问题时,对重要的同杆并架线路,建议选择分相光纤纵差作线路的主保护。

将双回线作为整体,文献[20]通过六序分量法

计算出同相和反相零序电流后,对所构成的零序功率方向继电器的性能及动作情况进行了分析,结合实际动模试验,发现同杆双回线在一些跨线故障的情况下,可能发生了零序功率方向继电器方向判断错误,导致保护拒动。

## 2.5 基于六序分量的保护

将双回线路的对称分量分解为同序量和反序量,即得到六序分量。六序故障分量仅在故障时存在,其幅值和相位关系独立于正常状态,保护安装处的序电压故障分量和对应的序电流故障分量之间的相位关系由保护装设处到系统中性点间的阻抗决定,不受短路点过渡电阻的影响,选相灵敏度较高<sup>[10]</sup>。由于基于六序分量的保护方法用到双回线各导线的电气信息,在接线复杂性、受运行方式影响的复杂性上的缺陷与横差保护类似,因此在线路单回运行、准三相运行和非全相运行时,保护必须退出<sup>[21]</sup>,因此,基于六序分量的保护仍处于理论研究阶段,尚未投入工程应用。

## 2.6 其它保护方案

此外,相关文献就自适应原理<sup>[22]</sup>、横差模电流的暂态能量<sup>[23]</sup>、电流行波<sup>[24]</sup>、基于同步相量测量<sup>[25]</sup>和相关分析<sup>[26]</sup>等方法研究了同杆双回线路各种新的保护方案和原理,但大多限于理论和仿真分析,暂无实际工程应用的报道。

## 3 同杆双回线路继电保护配置实例

目前我国已有一系列同杆双回线路投入运行,现结合相关文献对现有同杆双回线路保护的配置情况作分析探讨。

### 3.1 500 kV 电压等级的双回线路保护配置实例

洪龙线路是我国第一条全线同杆并架的500 kV电压等级线路,连接四川洪沟变和龙王变,全长180 km<sup>[27]</sup>。受当时技术条件的限制,最初保护装置配置和通道的组织并未考虑同杆双回线路跨线故障的选相问题,主保护配置采用微机高频方向保护和高频距离保护构成的双重化配置形式。在该保护配置下,当发生异名跨线故障情况时,会导致双回线同时三相跳闸<sup>[27]</sup>,对电力输送效率和系统稳定带来影响。

为改善保护装置性能,四川省电力公司和南瑞继保公司针对洪龙线路研制了新的保护装置,由分相光纤纵差保护和以光纤为通道的纵联距离保护实现主保护的双重化,文献[28]通过RTDS仿真验证新的保护方案能够正确选相及跳闸,该工程的投运及相关研究对我国同杆双回线路保护配置起到了重要参考。另外,文献[28]指出了双回线运行方式对

距离保护的影响,即在发生接地故障时,相邻线路的零序电流会对本线路的测量阻抗产生影响,随着双回线运行方式的不同,在线路末端发生单相接地故障时,相阻抗元件的测量值会发生很大变化。因此,定值整定需要考虑这些影响因素,相关的理论和工程应用研究有待进一步展开。

文献[29]介绍了浙江嘉兴-王店 500 kV 双回线路保护配置情况,通过在每回线配置两套电流差动保护来构成主保护的双重化。

### 3.2 330 kV 电压等级同杆双回线路保护配置实例

文献[30]介绍的 330 kV 安康—南郊双回线路全长 240 km,属于局部同杆并架线路,同杆架设部分占整体线路的 65%,于上世纪 90 年代初期投入运行。按当时的技术条件,双回线采用快速方向和快速高频闭锁距离保护构成主保护的双重化。在该保护配置下,系统发生的各类故障,保护基本都能正确动作。但保护在实际运行中存在一些缺陷,首先,双回线合环时如果运行线路的功率较大,合环点电压相角差过大,合环后会导快速方向保护误动;其次,当安康侧机组全停为弱电源侧时,快速方向保护的阻抗元件灵敏度不满足要求,会造成保护拒动和选相失败,文献建议,当条件允许时,同杆双回线路可考虑选用纵差保护方案。

文献[31]介绍的 330 kV 同杆双回线路的主保护优化配置中,青海桥头和黄家寨之间双回线路的双重化配置分别由分相式光纤电流差动和分相式距离纵联保护实现。

### 3.3 220 kV 及以下等级同杆双回线路配置实例

文献[11]以某 220 kV 线路为例,介绍了一种同杆双回线路保护配置方案,主保护由分相电流差动和距离纵联构成双重化,文献指出这两套保护均能实现故障线路的分相跳闸功能。

文献[3]介绍了某 220 kV 双回线路配置双重化高频距离保护时,在 I 回线发生相间短路,而导致 II 回线高频距离保护误动的情况,本次保护的误动作情况可通过缩小距离阻抗整定值加以改进,以使非故障线路大电源侧所测量的接地阻抗值落于阻抗整定边界之外;另外,对该文献所述双回线路两侧电源零序阻抗和正序阻抗的特殊关系,在保护装置的软件设计上需要考虑高频距离保护和后备零序保护间的配合。

文献[4]介绍了一起 110 kV 平行双回线配置以光纤作通道的高频保护时,由于单相接地而导致两回线全部跳开的误动情况。事故原因是由于故障线路一次开关本身跳闸速度过慢时,导致并列运行的健全线路功率倒相,零序电流助增至超过 I 段定值

所致,可通过采用更高性能的断路器,同时通过软件修改以防止功率倒向对保护动作行为的影响等方法来解决保护的误动问题。

## 4 结语

结合本文对同杆双回线保护原理及工程应用的调研分析,可总结以下特点以及需要进一步开展的研究工作,供同行讨论与参考:

(1) 分相(分线)电流差动具有良好的保护性能和故障选相能力,实际运行情况也一再表明,在通道条件允许的情况下,应该优先选用。

(2) 出于保护双重化和后备保护的要求,目前尚需继续对受线间互感影响而复杂化的距离保护、零序保护等保护方案等开展更深入的量化研究,包括这些保护方案的合理配合。

(3) 同杆双回线路保护的不正确动作情况主要是由于对线间互感情况下保护的整定计算缺乏更加量化的计算研究、保护装置本身以及所配置方案对双回线路复杂的系统结构和运行方式考虑不充分所致。

(4) 在对同杆双回线路不同运行方式下继电保护配置的灵敏度及适应性问题、局部同杆并架线路的保护配置和整定<sup>[5]</sup>,以及不同电压等级同杆架设下的继电保护技术研究等问题都需要展开相应研究,目前,在现有文献中还鲜有报道。

在输电线路走廊日渐紧张和同杆双回线路建设不断推广的背景下,为更深入地认识同杆双回线路故障暂态特性,可结合能够考虑线间互感的动态物理模型、数字仿真计算和现场试验分析结果,以继续探讨同杆双回线路继电保护的一般性配置原则和实际各条线路的优化配置方案,这对促进同杆双回线路输电技术的推广、提高双回线保护的正确动作率和维护系统安全稳定运行都有重要的意义。

## 参考文献

- [1] 舒印彪, 赵丞华. 研究实施中的 500kV 同塔双回紧凑型输电线路[J]. 电力建设, 2002, 23(5), 6-8.  
SHU Yin-biao, ZHAO Cheng-hua. 500kV Compact Type Double Circuit Transmission Line on One Tower under Study and Implementation[J]. Electric Power Construction, 2002, 23(5), 6-8
- [2] 潘靖, 易辉, 陈柏超. 我国紧凑型与同塔双回输电现状与展望[J]. 高电压技术, 2005, 31(9), 25-27.  
PAN Jing, YI Hui, CHEN Bai-chao. Current Situation and Prospect of Compact Line and Double Circuit on Same Tower in China[J]. High Voltage Engineering, 2005, 31(9), 25-27.

- [3] 张克元, 于朝辉, 高昌培. 220kV 福凯 II 回线高闭误动原因分析[J]. 继电器, 2000, 28(2), 51-53.  
ZHANG Ke-yuan, Yü Zhao-hui, GAO Chang-pei. Cause Analysis on Maloperation of HF Blocking Distance Protection on 220 kV Fukai II Circuit[J]. Relay, 2000, 28(2), 51-53.
- [4] 范黎敏. 一起110 kV 并行双回线保护误动浅析[J]. 浙江电力, 2001, 01, 48-49.  
FAN Li-ming. Analysis on the Protection Misoperation of a Parallel Double Circuit Line[J]. Zhejiang Electric Power, 2001, 01, 48-49.
- [5] 曾耿晖, 黄明辉, 刘之尧, 等. 同杆线路纵联零序保护误动分析及措施[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(20), 103-107.  
ZENG Gen-hui, HUANG Ming-hui, LIU Zhi-yao, et al. Wrong Operation Analysis and Measures of Transverse Zero Sequence Protection in Double-Circuit Line on the Same Tower[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(20), 103-107.
- [6] 郭润生, 何彩红, 鄧建杰. 相邻线路零序互感对线路零序纵联方向保护的影响[J]. 继电器, 2004, 32(9), 71-73.  
GUO Run-sheng, HE Cai-hong, ZHI Jian-jie. Influence of Zero-sequence Mutual Inductance to Pilot Protection in Parallel Lines[J]. Relay, 2004, 32(9), 71-73.
- [7] 武在前. 220kV 同杆双回线继电保护方案的研究[M]. 太原理工大学硕士学位论文, 2004.  
WU Zai-qian. Research on Protective Relay Scheme for 220kV Double Circuit Lines on the Same Tower [M]. Master dissertation of Taiyuan University of Science and Technology, 2004
- [8] 俞波. 超高压同杆并架双回线路微机保护的研究[D]. 华北电力大学博士学位论文, 2002.  
YU Bo. Research on Microprocessor-based Protective Relay for EHV Double Circuit Lines on Same Tower[D]. Doctor dissertation of North China Electric Power University, 2002.
- [9] 余鲲. 存在零序互感的同杆并架多回线保护整定计算的研究[J]. 电力科学与工程, 2007, 23(1), 45-48.  
YU Kun. Study on Protection Setting Computation of Parallel Multi-circuit Transmission Lines with Zero Sequence Transformer[J]. Electric Power Science and Engineering, 2007, 23(1), 45-48.
- [10] 索南加乐. 同杆双回线的故障分析及继电保护[D]. 西安交通大学博士学位论文, 1991.  
SUONAN Jia-le. Fault Analysis and Protective Relaying of Parallel Lines on the Same Tower[D]. Doctoral Dissertation of Xi'an Jiaotong University, 1991.
- [11] 张延, 雷雨田, 吴云. 同杆双回线路继电保护方案研究[J]. 继电器, 2004, 32(13), 40-43.  
ZHANG Yan, LEI Yu-tian, WU Yun. Relay Protection for Double-circuit Lines on the Same Tower[J]. Relay, 2004, 32(13), 40-43.
- [12] 李洪书. 单电源 220kV 线路继电保护的运行分析[J]. 华北电力技术, 2005, 增刊, 24-27.  
LI Hong-shu. Operation Analysis on Singal Power Source 220kV Lines Relay Protection [J], North China Electric Power, 2005, 24-27.
- [13] 黄益庄, 李春光. 微处理机方向横差保护装置的研究与应用[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1997, 37(1), 45-48.  
HUANG Yi-zhuang, LI Chun-guang. Study and Application of Directional Transverse Differential Relaying Protection Device by Microprocessors[J]. Journal of Tsinghua University, 1997, 37(1), 45-48.
- [14] 宋斌, 陈玉兰, 徐秋林, 等. 微机横联差动电流方向保护装置[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(10): 85-88.  
SONG Bin, CHEN Yu-lan, XU Qiu-lin, et al. Design of Microprocessor-based Transverse Differential Current Directional Protective Device[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(10): 85-88.
- [15] 阎晓丁, 佟卫东, 张新华. 零序互感对零序横差保护的影响[J]. 电力情报, 1998, 1, 20-22.  
YAN Xiao-ding, TONG Wei-dong, ZHANG Xin-hua. Influence of Zero-sequence Mutual Inductance to Zero-squence Transverse Differential Current Protection[J]. Information on Electric Power, 1998, (1): 20-22.
- [16] 陈松林, 吴银福. 一种利用微机实现的平行线路横差保护方案[J]. 继电器, 1999, 27(5), 33-34  
CHEN Song-lin, WU Yin-fu. A Transverse Differential Relaying Protection Scheme By Microprocessor[J]. Relay, 1999, 27(5), 33-34.
- [17] 解建宝, 梁振锋, 康小宁, 等. 平行双回线电流平衡保护的仿真研究[J]. 电网技术, 2007, 31(9), 81-83.  
XIE Jian-bao, LIANG Zhen-feng, KANG Xiao-ning, et al. Simulation Research on Current Balance Protection for Double-Circuit Transmission Lines on the Same Tower[J]. Power System Technology, 2007, 31(9), 81-83
- [18] 康小宁, 梁振锋, 索南加乐. 相邻线路零序互感对平行双回线电流平衡保护的影响及改进措施[J]. 继电器, 2005, 33(20), 1-4  
KANG Xiao-ning, LIANG Zhen-feng, Suonan Jiale. Influence of Zero-sequence Mutual Inductance to Transverse Differential Current Protection and Approaches to the Improved Measures [J]. Relay, 2005, 33(20), 1-4.
- [19] 刘庆, 李卓君. 同杆并架线路保护有关问题的研究[J]. 广东电力, 2007.20(5), 10-12  
LIU Qing, LI Zhuo-jun. Research on Problems

- Concerning Joint Use Line Protection[J]. Guangdong Electric Power, 2007,20 (5), 10-12.
- [20] 孔伟彬, 朱晓彤, 张俊洪, 等. 同杆双回线上零序功率方向继电器的误判问题[J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (22), 45-48.
- KONG Wei-bin, ZHU Xiao-tong, ZHANG Jun-hong, et al. Wrong Judgement of Zero Sequence Directional Relay on Double-Circuit Line on the Same Pole [J], Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (22), 45-48
- [21] 郑玉平. 串补线路继电保护的研究与同杆双回线继电保护及重合闸的研究[D], 武汉大学博士学位论文, 2004
- ZHEN Yu-ping. Research on Line Protection with Serial Capacitor and Research on Double Circuit Lines Protection and its Re-Close[D]. Doctor Dissertation of Wuhan University, 2004.
- [22] 刘浩芳, 葛耀中, 刘俊岭, 等. 自适应电流速断保护在双回线中的应用[J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (10) :54-58.
- LIU Hao-fang, GE Yao-zhong, LIU Jun-ling, et al. Application of Adaptive Current Fast-Tripping Protection on Double-Circuit Lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002,26 (10) :54-58.
- [23] 范春菊, 郁惟镛, K.K.Li. 基于横差模电流暂态能量的同杆双回线保护方案[J], 电网技术, 2006, 30 (18), 69-74.
- FAN Chun-ju, YU Weiyong, K.K.Li. Protection Scheme for Double Lines on Same Tower Based on Transient Energy of Modal Differential Transverse Current[J]. Power System Technology, 2006, 30 (18), 69-74.
- [24] 李幼仪, 董新洲, 孙元章. 基于电流行波的输电线横差保护[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22 (11), 6-10.
- LI You-yi, DONG Xin-zhou, SUN Yuan-zhang. Current-Travelling-Wave-Based Protection of Double-Circuit Transmission Line[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22 (11), 6-10.
- [25] 蔡国伟, 周国屏, 李凌. 基于同步相量测量的同杆双回路继电保护方案的研究[J]. 电力自动化设备, 2007,27(6),56-59.
- CAI Guo-wei, ZHOU Guo-ping, LI Ling. Protection Scheme for Double-line with Same Pole Baded on Synchronized Phasor Measurement[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007,27(6),56-59.
- [26] 唐宝峰, 徐玉琴. 基于相关分析的同杆双回线故障序分量选相研究[J]. 继电器, 2005,33(9),39-42.
- TANG Bao-feng, XU Yu-qin. Research on Superimposed Phase Selector for Double Circuit Lines on the Same Tower[J]. Relay, 2005,33(9),39-42
- [27] 黄震, 沈其瑜, 李天华, 等. 同杆双回线跨线故障继电保护方案研究[J]. 四川电力技术, 2002, 25(1), 11-15.
- HUANG Zhen, SHEN Qi-yu, LI Tian-hua, et al. Protection Scheme Research of Line-Line Fault in Double-Circuit Line on the Same Tower[J]. Sichuan Electric Power Technology, 2002, 25(1), 11-15.
- [28] 陈宝喜, 甄威, 唐永红. 四川洪龙 500kV 同塔双回线继电保护及自适应重合闸装置 RTDS 实时仿真试验[J]. 四川电力技术, 2004, 6, 1-5.
- CHEN Bao-xi, ZHEN Wei, TANG Yong-hong. RTDS Real-time Simulation Test for Relay Protection and Self-adapting Automatic Recloser of 500 kV Sichuan Hong-Long Double-circuit Lines on Same Tower[J]. Sichuan Electric Power Technology, 2004, 6, 1-5.
- [29] 徐生昶. 光纤通信复用继电保护通道告警信号实例分析[J]. 电力系统通信, 2006,02, 5-7.
- XU Sheng-chang. Analysis of Fault Alarm Signal on the Optic-fiber Communication Channel Multiplexed with Relay Protection[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2006,02, 5-7.
- [30] 莫海军. 330kV 安康—南郊同杆并架双回线保护运行综述[J]. 水力发电, 2000, 11, 47-48.
- MO Hai-jun. Summary on the operation of 330 kV Ankang-Nanjiao co-pole double-circuit line[J]. Water Power, 2000, 11, 47-48.
- [31] 吴永刚, 思晓兰, 张惠芳. 330 kV 同杆并架双回线继电保护优化配置及应用[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(9), 64-66.
- WU Yong-gang, SI Xiao-lan, Zhang Huifang. Optimizing Protection Configuration of 330kV Double Transmission Line on Same Tower[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(9), 64-66.

收稿日期: 2008-04-15

作者简介:

夏勇军 (1978-), 男, 博士, 工程师, 主要从事电力系统继电保护研究及应用工作; E-mail: xia\_yong\_jun@tom.com

尹项根 (1954-), 男, 教授, 博导, 主要从事电力系统继电保护和综合自动化等研究工作;

胡刚 (1958-), 男, 高工, 主要从事电力系统继电保护相关的应用及管理工作。