

## 智能变电站兼具旁代功能的线路保护方案

李园园<sup>1</sup>, 刘育权<sup>2</sup>, 王莉<sup>2</sup>, 朱晓彤<sup>1</sup>, 李力<sup>1</sup>, 刘东超<sup>1</sup>

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102; 2. 广州供电局, 广东 广州 510620)

**摘要:** 针对目前旁代操作过程中, 线路保护装置操作复杂, 误操作风险较高, 同时保护性能下降或退出使系统运行风险加大的难题, 提出了一种适用于智能化变电站, 兼具旁代功能的线路保护新方案。具体介绍了兼具旁代功能的线路保护的整定方案和判据、以及在智能变电站中的数字化实现方案。本方案节省了旁路保护装置, 简化了旁代操作时线路保护装置的操作, 解决了并列分流对线路保护的影响, 避免了旁路时保护性能下降或退出, 提高了系统运行的安全性。

**关键词:** 智能变电站; 线路保护; 旁代; 旁路保护; 并列分流

### Research and implementation of smart substation line protection device combining with bypass line protection

LI Yuan-yuan<sup>1</sup>, LIU Yu-quan<sup>2</sup>, WANG Li<sup>2</sup>, ZHU Xiao-tong<sup>1</sup>, LI Li<sup>1</sup>, LIU Dong-chao<sup>1</sup>

(1. NARI-Relays Electric Co., Ltd, Nanjing 211102, China; 2. Guangzhou Power Supply Bureau, Guangzhou 510620, China)

**Abstract:** This paper aims to solve these difficulties: complexities or maloperations of line protection device, the influence on protection performance during transmission line bypass operation. A new scheme of line protection with bypass line protection is introduced. This scheme is applicable to smart substations. The overall plan and criteria of the new scheme, as well as implementation in smart substation are discussed in detail. In this scheme, a bypass line protection device can be spared, operations of line protection device during transmission line bypass operation can be simplified. Moreover, the influence on protection caused by paralleling branch current can be eliminated, and security of power system can be enhanced.

**Key words:** smart substation; line protection; transmission line bypass operation; bypass line protection; paralleling branch current

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)09-0115-05

## 0 引言

旁代操作是变电站运行中经常性的一种倒闸操作, 其不仅要进行一次设备的操作, 还涉及到相关二次设备, 如保护装置、稳控装置的操作, 操作过程复杂, 误操作风险较高<sup>[1]</sup>。

为了保证旁代操作的正确性, 运行人员对各种旁代操作过程进行了深入研究, 制定了严格的操作规范和操作票制度<sup>[1-4]</sup>, 但是实际操作时仍然不可避免地出现一些问题。究其原因, 主要还在于操作过程比较复杂, 涉及因素比较多, 操作步骤往往达十几步之多<sup>[1]</sup>, 如果能够简化操作步骤, 特别是保护装置的操作, 则可大大降低工作的复杂性。

另外, 在旁代操作过程中, 随着一次设备的顺序操作, 需要退出原有的线路保护, 将保护切换到旁路保护。由于涉及到旁路开关和线路开关并列时

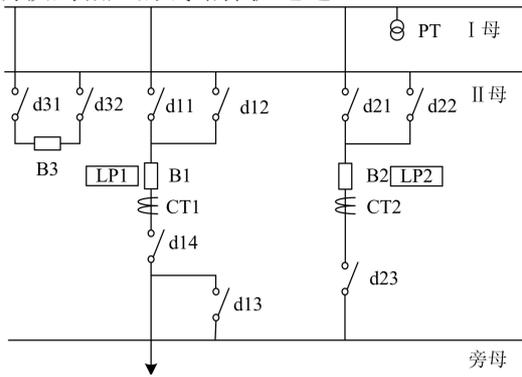
的线路电流分流、线路主保护通道切换、旁路开关的保护定值区切换等复杂操作和问题, 为防止这些切换操作时的不对应引起保护误动或拒动, 在旁代操作时往往将保护或者主保护短时退出<sup>[1-4]</sup>, 造成操作期间线路处于无保护状态, 或者无主保护状态, 增加了系统运行的风险。

随着智能化技术的发展, 以及智能变电站的建设<sup>[5-10]</sup>, 基于智能化保护平台, 引入智能技术, 研究新的旁代保护方案, 以简化旁代时的二次设备操作, 同时解决旁代时无保护或保护性能下降问题成为可能。

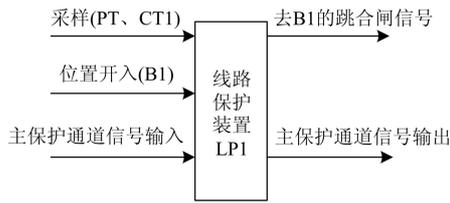
## 1 现有旁代保护方案及问题

如图1(a)所示, 目前的旁代保护方案是在旁路开关单独配置一台旁路保护装置 LP2, 与线路保护装置 LP1 独立。如图1(b)所示, 线路保护装置

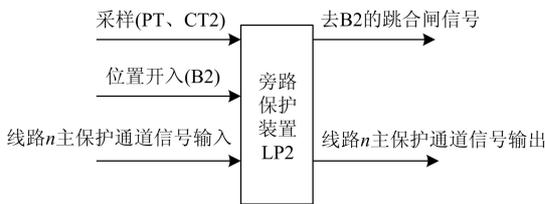
LP1 仅接入本线路相关的电压 (PT)、电流 (CT1) 和开关位置 (B1), 仅输出控制本开关的跳合闸信号。如图 1 (c) 所示, 旁路保护装置 LP2 仅接入旁路开关相关的电压 (PT)、电流 (CT2) 和开关位置 (B2), 仅输出控制旁路开关的跳合闸信号。旁路保护装置 LP2 需具备多个定值区, 每个定值区对应于一条可能被旁代的线路出线, 当需要旁代某条线路时, 需将旁路保护装置 LP2 切换到相应的保护定值区。变电站内同时需配备通道切换装置, 在旁代某条线路时, 需将旁路保护装置 LP2 的主保护通道也切换到相应的线路保护通道。



(a) 系统及保护配置图



(b) 线路保护配置接口图



(c) 旁代保护装置接口图

图 1 现有旁代保护方案

Fig. 1 Traditional bypass protection scheme

目前的旁代保护方案存在的问题:

1) 操作风险: 需要将保护从线路保护切换到旁路保护, 操作复杂, 存在定值区切换错误、通道切换错误、保护误投退等风险。

2) 并列分流: 旁路开关和线路开关并列运行时, 会出现并列分流。若两个开关回路参数不均, 还可能出现电流分配不平衡现象, 甚至分相电流不平衡, 导致出现零序电流<sup>[2-3]</sup>, 这些均可能造成保护的误动

或拒动, 如距离元件测量阻抗偏大, 保护范围缩小; 零序过流保护灵敏度降低或不正确动作; 纵联差动保护出现差流导致误动。

3) 保护性能下降: 鉴于以上两个原因, 为防止保护的不正确动作, 目前旁代操作期间往往将保护全部或部分暂时退出, 造成旁代操作期间无保护或保护功能不完备, 给系统的安全运行造成很大风险。

由于旁路断路器一般仅配置一套旁代保护装置, 对于 220 kV 系统, 为了实现旁路代路时保护的双重化, 在上述旁代方案的基础上, 往往会以整屏切换的方式将被旁代线路的其中一套保护也切换到旁路开关, 具体方式是通过线路切换屏将旁路来的直流回路、保护电压、电流、弱电回路等切换到线路保护装置<sup>[2]</sup>。该方式通过物理回路实现切换, 一方面使站内回路接线复杂, 容易出现切换失败、直流失电等操作问题, 另一方面并没有解决开关并列运行时并列分流对保护的影响, 同时电压切换和电流切换不同时, 也容易造成保护不正确动作, 故切换期间也必须退出保护运行。

## 2 兼具旁代功能的线路保护方案

### 2.1 兼具旁代功能的线路保护新方案

针对上述问题, 本文提出了一种兼具旁代功能的线路保护新方案。该方案摒弃传统的线路保护和旁路保护分别设置的思路, 仅对每条线路配置保护装置, 旁路开关不再配置旁代保护装置, 由线路保护装置完成线路运行及旁代运行时的线路保护功能。具体实现方法是在线路保护装置中接入本线路运行及旁代运行相关的信息, 包括本线路电流、电压、主保护通道、线路开关位置、线路旁路刀闸位置, 以及旁路开关的电流、旁路开关位置。在进行旁代操作时, 保护装置根据线路开关位置、旁路开关位置和线路旁路刀闸的位置实时判断系统拓扑状态, 并进行相应电压电流, 以及跳合闸出口的自动切换, 实现旁代过程的线路保护功能。

以图 2 所示双母线带旁母的典型系统接线为例进行说明。如图 2(a)所示, 本方案仅在每条线路配置一台线路保护装置 (如图中 LP), 旁路断路器 B2 不再单独配置旁代用线路保护装置 (保留断路器充电保护), 由线路保护装置 LP 完成线路运行、旁路操作过程中以及旁代运行时的线路保护功能, 保护定值按照该线路的参数正常整定。

如图 2(b)所示, 将保护用 PT (母线 PT 或线路 PT)、线路开关电流 CT1、旁路开关电流 CT2 均接入线路保护装置 LP。将线路开关 B1、旁路开关 B2, 以及线路旁路刀闸 d13 的位置也都接入线路保护装置 LP。

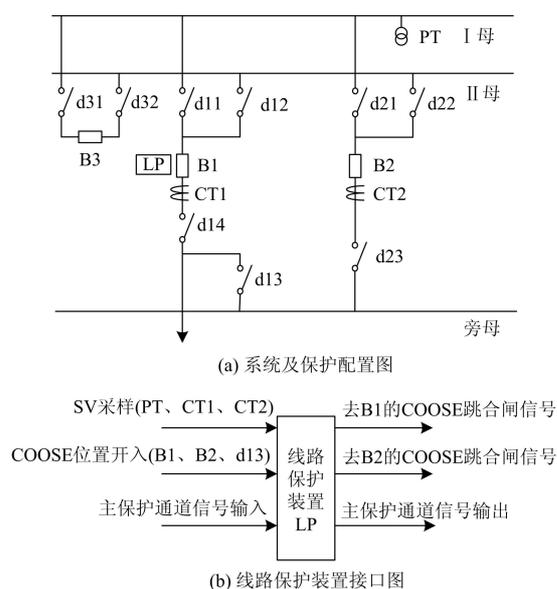


图 2 兼具旁代功能的线路保护方案

Fig. 2 Line protection scheme combining with bypass protection

线路保护装置 LP 输出两路跳合闸信号, 分别接到线路开关 B1 和旁路开关 B2。

线路保护装置 LP 的通信通道与对侧保护正常互通连接。

在正常运行时, 线路保护装置 LP 实时检测线路开关 B1、旁路开关 B2, 以及线路旁路刀闸 d13 的位置状态, 然后根据三者的状态实时判断系统的拓扑状态, 并进行相应电压、电流, 以及跳合闸出口的自动切换。将旁代操作过程中线路开关 B1、线路旁路刀闸 d13 和旁路开关 B2 在各个阶段的位置状态列于表 1, 通过分析可采用如下判断方法:

B1、B2、d13 均为合位, 则判断为旁路开关并列状态, 保护电流切换为和电流, 即  $CT1+CT2$ 。此时若检测到线路发生区内故障, 跳合闸信号同时输出给开关 B1 和 B2。

B1 为分位, 同时 B2、d13 均为合位, 则判断为旁代运行状态, 保护电流切换为旁路电流 CT2。此时若检测到线路发生区内故障, 跳合闸信号仅输出给旁路断路器 B2。

除上述两种状态外的其他状态, 均判断为线路正常运行状态, 保护电流切换为线路电流 CT1。若检测到线路发生区内故障, 跳合闸信号仅输出给线路断路器 B1。

采用上述新方案后, 在旁代操作过程及恢复线路运行过程中避免了两套保护装置之间的来回切换, 由同一套线路保护装置的软件自动实现实时无

缝切换, 故在旁代的一次操作过程中, 无需考虑定值切换和保护通道切换, 不需要进行保护功能的投退操作, 简化了旁代操作中保护装置的操作。同时该方案在并列运行时采用和电流进行保护计算和判断, 解决了并列电流分流对保护的影响问题, 在旁代操作过程中保护可不退出, 实现了旁代全过程有保护, 提高了系统运行的安全性。

表 1 旁代操作过程中线路开关 B1、线路旁路刀闸 d13 和旁路开关 B2 的位置状态 (1 表示合位, 0 表示分位)

Table 1 Status of line break B1, line bypass disconnector d13,

bypass break B2 during bypass process (1:on, 0:off)

旁代操作	B1	d13	B2
I 母运行	1	0	0
旁母充电	1	0	1
合线路旁刀	1	1	0
并列运行	1	1	1
旁代运行	0	1	1

## 2.2 智能变电站数字化技术的应用

相对于常规的线路保护, 上述方案接入保护装置的电气量和开关量比较多, 同时需要输出两路跳合闸信号, 对现有线路保护装置的接口要求比较高, 难以实现。另外, 对于旁路开关回路来说, 其电压、电流等电气量和开入开出量需要和每条线路保护装置相连接, 物理接线回路非常复杂, 可行性较低。

智能变电站的最大特点就是站内对象统一建模, 方便实现站内数据共享和互操作。随着坚强智能电网的日益推广, 本方案在常规站、常规保护面临的问题在智能变电站和数字化线路保护装置中却很容易得到解决。

因此, 本保护方案主要推荐应用于智能变电站, 基于数字化保护平台实现。如图 2 (b) 所示, 保护所需的电压、线路电流、旁路电流均以 SV 标准采样协议 (如 IEC61850-9-2, IEC60044-8) 以光纤方式接入; 保护所需的线路开关位置、旁路开关位置、线路旁路刀闸位置均以 GOOSE 方式接入, 位置接入方式可以是单位置方式或双位置方式; 保护的跳合闸等输出信号也采用 GOOSE 方式, 以点对点或组网方式分别接到线路开关 B1 和旁路开关 B2 的智能操作回路。

线路开关 B1、旁路开关 B2, 以及线路旁路刀闸 d13 的位置状态均带品质, 以反应 GOOSE 链路状态和开关检修状态, 并在 GOOSE 链路异常或开关检修时采取相应的处理措施, 如在开关检修时, 将该位置状态固定认为是分位状态。

所有的 SV 采样均带品质字, 实时判断 SV 采

样的链路状态、检修状态、断链投退状态、同步状态等情况,并采取相应的闭锁措施,防止异常情况下保护不正确动作。

为灵活适应各种运行操作需要,所有 SV 输入,以及 GOOSE 输入和输出等均可设置发送或接收软压板,根据用户的要求进行投退。

数字化技术的引入,克服了传统线路保护装置接口复杂和传统变电站现场回路设计复杂的困难,使得本保护方案的实施简便易行。

在区域电网保护控制系统中,本方案具有显著的优势。区域电网保护控制系统面向区域电网,利用区域信息解决传统就地保护和控制装置无法解决的保护和控制问题,在国内外的研究方兴未艾<sup>[11-13]</sup>。其中站域保护控制子站装置往往采用集中式设计,在一台装置中集成多条线路保护功能,其检修和旁代操作尤为复杂。采用本文提出的方案,可以大大简化子站装置的旁代操作,降低了误操作的风险。

### 3 结语

本文提出了一种兼具旁代功能的线路保护新方案,其具有以下的特点:

1) 旁路开关不再配置旁代保护装置,由一套线路保护装置完成线路运行及旁代运行时的线路保护功能,保护配置简单,节省投资。

2) 保护装置根据线路开关位置、旁路开关位置和线路旁路刀闸的位置实时判断系统拓扑状态,由保护软件自动实现线路运行、并列运行、旁代运行时相关信息的切换,完成旁代各种状态下的线路保护功能,避免了传统的切换定值区、切换主保护通道、投退保护压板等复杂操作,简化了现场二次设备操作,降低了误操作风险。

3) 在并列运行时采用和电流进行保护计算和判断,解决了并列电流分流对保护的影响问题,在旁代操作过程中保护可不退出,实现了旁代全过程有保护,提高了系统运行的安全性。

4) 采用智能变电站数字化技术实现,保护装置接口和站内回路设计均与现有的智能站设计兼容,仅需要进行组态配置及保护软件修改,简单易行。

本文提出的兼具旁代功能的线路保护方案在双母线带旁母主接线系统的区域电网保护控制系统子站中具有潜在和良好的推广使用价值。

### 参考文献

[1] 王云拴. 藏中电网 110 kV 线路开关旁代操作分析[J]. 电气开关, 2011(4): 11-12.  
WANG Yun-shuan. Analysis of 110 kV bypass switching

in Tibet Power Grid[J]. Electric Switchgear, 2011(4): 11-12.

[2] 姜成彬, 韩来文. 220 kV 变电站旁路代送线路操作继电保护切换分析[J]. 吉林电力, 2009, 37(3): 42-45.  
JIANG Cheng-bin, HAN Lai-wen. Analysis on relay protection change-over during by-pass substitution operation in 220 kV transmission line[J]. Jilin Electric Power, 2009, 37(3): 42-45.

[3] 戴绍勇. 220 kV 线路旁代操作中的不平衡电流原因分析[C] // 2008 中国电力系统保护与控制学术研讨会论文集, 2008: 282-284.  
DAI Shao-yong. Analysis of 220 kV line next-generation operating reason for the imbalance in the current analysis[C] // Chinese Electric Power System Protection and Control Conference Set, 2008: 282-284.

[4] 苏礼宾. 旁代变高操作应遵循的原则[J]. 电工技术, 2011(2): 28-29.

[5] 吴罡, 李琳, 李翔. 110 kV 智能变电站设计方案初探[J]. 江苏电机工程, 2011(2): 31-35.  
WU Gang, LI Lin, LI Xiang. Primary exploration on the design of 110 kV smart substation[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2011(2): 31-35.

[6] 候伟宏, 张沛超, 胡炎. 数字化变电站系统可靠性与可用性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14): 34-38.  
HOU Wei-hong, ZHANG Pei-chao, HU Yan. Reliability and availability study of the digital substation system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(14): 34-38.

[7] 王锐, 曹丽璐, 杨东海, 等. 数字化变电站网络化二次系统研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(12): 59-64.  
WANG Rui, CAO Li-lu, YANG Dong-hai, et al. Research and application of network secondary systems in digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(12): 59-64.

[8] 王超, 王慧芳, 张驰, 等. 数字化变电站继电保护系统的可靠性建模研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(3): 8-13.  
WANG Chao, WANG Hui-fang, ZHANG Chi, et al. Study of reliability modeling for relay protection system

- in digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(3): 8-13.
- [9] 黄少雄, 张沛超. 智能变电站 GOOSE 网配置方案研究[J]. 东北电力技术, 2010(10): 47-49.  
HUANG Shao-xiong, ZHANG Pei-chao. Configuration scheme for GOOSE network of smart substation[J]. Northeast Electric Power Technology, 2010(10): 47-49.
- [10] 张沛超, 高翔. 智能变电站[J]. 电气技术, 2010(8): 4-10.  
ZHANG Pei-chao, GAO Xiang. Smart substation[J]. Electrical Technology, 2010(8): 4-10.
- [11] 汪旸, 尹项根, 张哲, 等. 基于遗传信息融合技术的广域继电保护[J]. 电工技术学报, 2010, 25(8): 174-179.  
WANG Yang, YIN Xiang-gen, ZHANG Zhe, et al. Wide area protection based on genetic information fusion technology[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(8): 174-179.
- [12] 李振兴, 尹项根, 张哲, 等. 基于综合阻抗比较原理的广域继电保护算法[J]. 电工技术学报, 2012, 27(8): 179-186.  
LI Zhen-xing, YIN Xiang-gen, ZHANG Zhe, et al. A study of wide-area protection algorithm based on integrated impedance comparison[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(8): 179-186.
- [13] 何志勤, 张哲, 尹项根, 等. 基于故障电压比较的广域后备保护新算法[J]. 电工技术学报, 2012, 27(7): 274-283.  
HE Zhi-qin, ZHANG Zhe, YIN Xiang-gen, et al. A novel wide area backup protection algorithm based on fault voltage comparison[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(7): 274-283.

---

收稿日期: 2013-07-22; 修回日期: 2013-08-20

作者简介:

李园园(1974-), 女, 高级工程师, 从事电力系统继电保护及控制系统研究工作; E-mail: liyy@nari-relays.com

刘育权(1971-), 男, 高级工程师, 从事电力系统调度运行管理工作;

王莉(1969-), 女, 高级工程师, 从事电力系统继电保护运行管理工作。