

# 智能化变电站区域距离保护装置的研究与实现

朱晓彤<sup>1</sup>, 李园园<sup>1</sup>, 王爱华<sup>2</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.辽宁营口供电公司, 辽宁 营口 115000)

**摘 要:**针对中低压区域电网中各类型线路保护后备距离保护时间配合的难题,提出了一种适用于智能化变电站,基于区域信息的区域距离保护新方案。具体介绍了区域距离保护的整体方案、整定配合原则、适用范围、硬件构成、与原来保护的关系等。RTDS 试验表明,所提出的区域距离保护性能优越,可以用较短的延时实现线路的全线保护,大大简化线路距离保护的上下级整定配合。

**关键词:**智能化变电站; 距离保护; 区域信息; 保护装置

## 0 引言

110kV电网往往是采用220kV变电站的110kV出线作为一个区域的主要供电线路,往往呈辐射状或采用多级线路级联方式。110kV电压等级的线路保护普遍采用三段式相间、接地距离保护和四段式零序过流保护,一般不配置全线速动的纵联保护或差动保护<sup>[1-2]</sup>。这样对于多级线路就不可避免地存在阶段式保护的整定配合问题,若采用线路的距离Ⅱ段保护与下一级线路的距离Ⅰ段保护配合,需保证本线距离Ⅱ段的保护范围不能超过下一级线路距离Ⅰ段的保护范围<sup>[3]</sup>,对于110kV普遍存在的线路不长,线路长短不一的情况,这种配合方式往往不能满足继电保护选择性要求,迫使必须采用线路的距离Ⅱ段与下一级线路的距离Ⅱ段配合,这种配合方式容易区分保护范围且有足够的裕度,但是本线的距离Ⅱ段动作时间需要在下一级线路的距离Ⅱ段的动作时间上增加一个级差来保证选择性,这种配合方式对于多级串供的线路来说,一级一级的距离Ⅱ段动作时间累加,最终导致220kV变电站的110kV出线的距离Ⅱ段时间变得很长,而往往220kV电网对110kV系统电网的动作时间是有配合要求的,这个矛盾导致110kV系统的线路保护配合变得非常困难。即使110kV线路全部配置主保护,也不能完全解决此问题。

新一代智能化变电站通信,网络技术的大量应用,给解决上述问题带来了契机,在智能化变电站各种信息能够安全、实时地互联互通<sup>[4-8]</sup>,信息交互的空间也从变电站站域信息交互更多地扩展到区域

电网的区域信息交互,这些都使得研究基于区域信息融合的新型保护成为可能。

## 1 区域距离保护

### 1.1 区域距离保护方案

由于距离保护具有容易界定保护范围的特点,因此在110kV系统得到广泛的应用,为了解决上述距离保护的多级配合问题,本文提出了一种新的距离保护方法,即区域距离保护,其主要方案如下:

(1) 采用保护安装处的电压电流进行距离继电器的计算,其定值范围按照常规的距离Ⅱ段范围整定。

(2) 距离继电器动作后,向外发送区域闭锁信号。

(3) 区域距离保护实时接收与本线路相连接的下一级变电站内的相关闭锁信号,同时整定一个动作时间,一般为100~200ms左右。若保护感受到发生故障,在整定的动作时间内没有收到闭锁信号,则出口跳闸隔离故障,若在整定的动作时间内接收到闭锁信号,则不出口跳闸。

其逻辑图如图1所示。

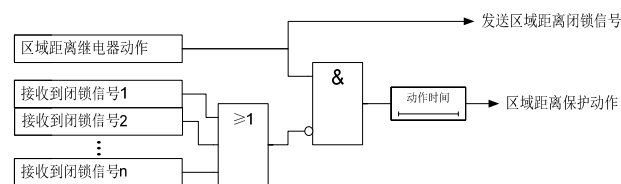


图1 区域距离保护逻辑图

区域距离保护可以接收多个闭锁信号输入,闭锁信号可以根据区域电网具体接线拓扑的不同进行

灵活配置，可以是线路距离保护启动后发出闭锁信号，也可以是主变保护动作后发出闭锁信号。闭锁信号可以将一个变电站内针对某条线路需要闭锁的信号组合后，转换为一个总的闭锁信号进行传输，可减少通信网络资源的占用，概念也比较清晰，站间配置工作简单可靠。

以图 2 一个简单系统，对区域距离保护的工作原理进行说明。

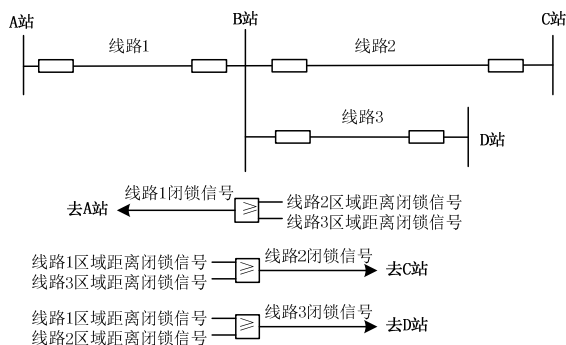


图 2 区域电网示意图

在 A、B、C、D 站均针对每条线路配置区域距离保护。以 B 站为例，配置有线路 1、线路 2、线路 3 区域距离保护。同时 B 站需要输出 3 个闭锁信号，分别为线路 1 闭锁信号，线路 2 闭锁信号和线路 3 闭锁信号，其中线路 1 闭锁信号为线路 2、线路 3 的区域距离继电器动作后发送的区域距离闭锁信号相或后得到，线路 2 闭锁信号为线路 1、线路 3 的区域距离继电器动作后发送的区域距离闭锁信号相或后得到，线路 3 类似。A 站线路 1 的区域距离保护通过通道接收 B 站的线路 1 闭锁信号，其动作不仅需要本身的区域距离继电器动作，同时还需要收不到 B 站的线路 1 闭锁信号，即 B 站的线路 2 和线路 3 的区域距离继电器不动作。对于 C 站的线路 2 来说，需要接收 B 站的线路 2 闭锁信号，D 站的线路 3 区域距离保护类似。

当 B 站因为扩建，需要增加线路 4 时，此时仅需要针对 B 站所有的闭锁信号进行重新配置，即将线路 4 发送的区域距离闭锁信号参与逻辑，对于站间的配置信号不需要重新配置，减少接线方式变化给配置工作带来的修改，方便今后工程的实施。

当某条线路 PT 断线时，距离保护自动退出运行，为防止其它站的线路区域距离保护因收不到闭锁信号而超范围误动，当线路 PT 断线时固定发出闭锁信号，闭锁有信号配合关系的区域距离保护。

同样，当某条线路 SV 采样异常时，或装置自检异常闭锁时，固定发出闭锁信号，闭锁有信号配合关系的区域距离保护。

## 1.2 区域距离保护定值整定原则

### 1.2.1 范围整定原则

区域距离继电器的整定范围不能超过下一级所有线路区域距离继电器的整定范围并留有一定的裕度，对于单端电源系统来说，往往不存在电流助增的问题，其整定范围的确定是比较方便的。

### 1.2.2 动作时间的整定原则

区域距离保护的動作时间需要考虑下级线路发生故障时，下级线路的区域距离继电器发出闭锁信号的最大延时，以及闭锁信号的通道传输时间。

整定时间可以如下考虑：

$$T1 = t1 + t2 + Dt$$

其中：

T1：动作时间；

t1：从发生故障到下级区域距离发出闭锁信号的最大时间；

t2：闭锁信号的最大通道传输时间；

Dt：时间裕度，可根据 t1、t2 时间的误差取一定的裕度；

一般情况下，T1 的时间可以整定为 200ms。

### 1.3 适用的范围

通过本地电气量结合区域信息的方式，能够最大限度的保证选择性，同时又满足了快速性，这样多级线路均能够有 200ms 左右跳闸的速动元件，且整定范围可以和下一级线路保护的 II 段配合，大大简化了线路保护的整定，提高了电网的故障隔离速度。

#### 1.3.1 多级串供线路

电力系统常见的多级串供线路如图 3 所示。

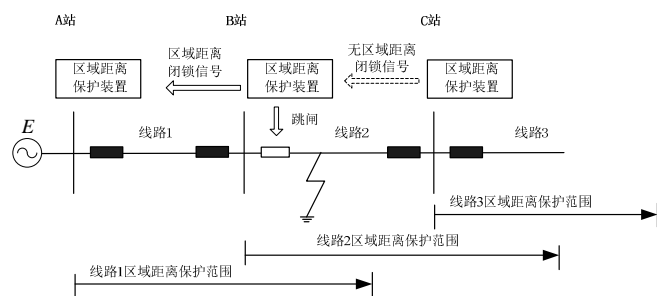


图 3 多级串供线路图

这种接线方式下，仅需要在电源侧装设线路保护，若发生 B 站线路 2 出口故障，B 站线路 2 区

域距离保护启动,同时发送闭锁信号,A站线路1不能快速跳闸,保证选择性,同时由于C站线路3区域距离保护不发送闭锁信号,B站线路2结合自己距离继电器的动作情况,经整定的短延时后跳闸。区域距离保护应用于此类型线路后,可以大大提高末端短路时的动作速度,整定简单,与下一级线路配合容易,在某个区域电网内具备一个不需要时间配合的快速动作段,保证了继电保护的快速性和选择性。

### 1.3.2 T 接线路

对于T接线路,区域距离保护也同样适用,其具体配合如图4所示。

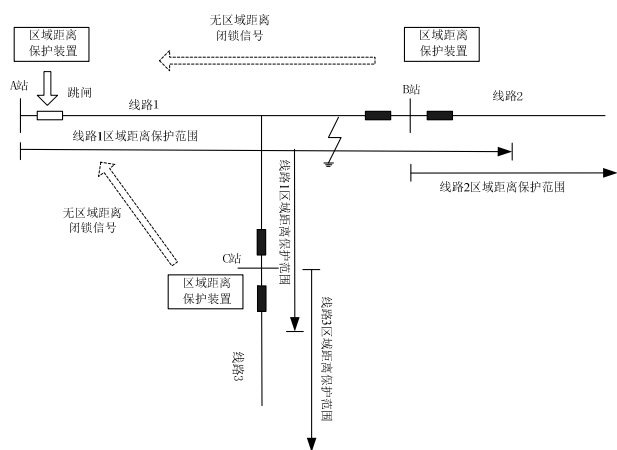


图4 T 接线路图

### 1.3.3 线变串接线方式

线变串接线方式不仅能够实现上述区域距离保护,同时由于中低电压等级电力系统,对于开关失灵保护一般不配置,通过区域距离保护还可以实现开关失灵保护的功能,当下一级保护感受到区内故障并发出闭锁命令后,开关却没有跳开,此时下一级保护可以将闭锁命令返回,开放上一级区域距离保护跳闸,完成对下一级开关失灵后的保护功能,如图5所示。

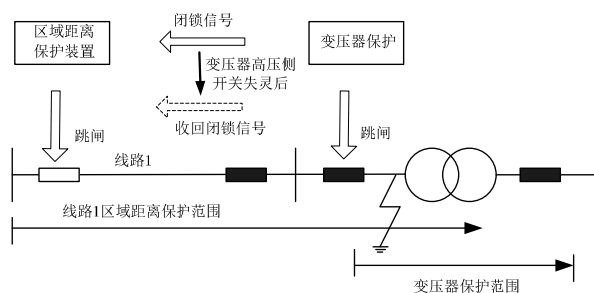


图5 线变串接线系统图

## 1.4 保护装置实现方案

基于上述原理,需要针对每个变电站均配置一套区域距离保护装置,保护装置整体结构由保护CPU插件,数字化接口插件,通信接口插件,电源插件,人机接口插件等组成。

通信接口插件完成将装置需要闭锁的信号发送至通信网络,同时接收其他变电站发送的闭锁信号,通信协议可以采用自定义的通信协议,也可以采用标准的GOOSE通信方案。

保护CPU插件完成一个变电站内所有线路的逻辑判断运算,满足条件时发送闭锁信号,同时从通信接口插件处接收到其他变电站的闭锁信号,根据上述方案完成区域距离保护功能。

数字化接口插件完成变电站内所有的线路电流和电压的采集,针对智能化变电站,可以保护装置直接接入过程层网络,直接得到整站各个线路的电压、电流及开关量,并输出跳闸及相关信号,针对常规变电站,可以使用采集装置将模拟的电流和电压转换为数字量,通过IEC61850-9-2和GOOSE方式传输给保护装置,并接受保护装置发出的GOOSE命令进行控制。

## 1.5 与原有的线路保护的关系

区域距离保护独立于原有的线路保护,区域距离保护仍以线路间隔为保护对象,通过区域间信息的交互,完成常规距离保护不能完成的功能,其不替代原有的距离保护功能,是在其基础上对常规的距离保护进行必要的,有益的补充,全面提高区域电网保护的整体性能。与原有的保护没有任何的电气联系,仅通过开关跳闸后的位置启动原来的重合闸。今后其他各方面条件成熟后,也可以方便的在原来的线路保护中增加区域距离保护的功能。

## 2 仿真试验

### 2.1 仿真模型

为了考核区域距离保护在各种故障情况下的动作行为,搭建了如图6所示的RTDS试验仿真系统。

试验系统共设置四个站、三条线路(线路1为T接线路)和一台主变。其中在A站、B站和C站设置区域距离保护装置。A站区域距离保护装置仅配置一条线路保护功能(线路1);B站区域距离保护装置配置两条线路保护(线路1和线路2),主变配置主变差动保护;C站区域距离保护装置配置两

条线路保护（线路 1 和线路 3）。

RTDS 和区域距离保护间的联系如图 7 所示。

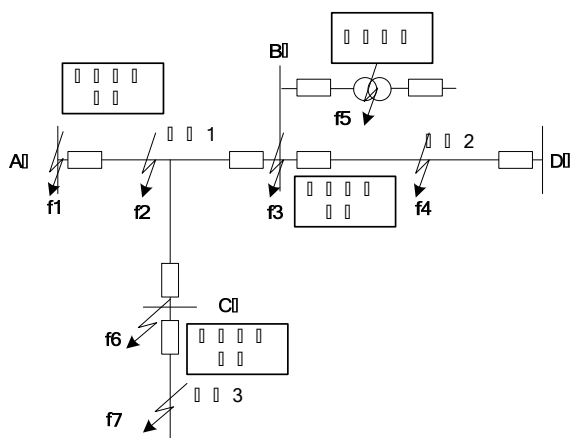


图 6 RTDS 试验系统图

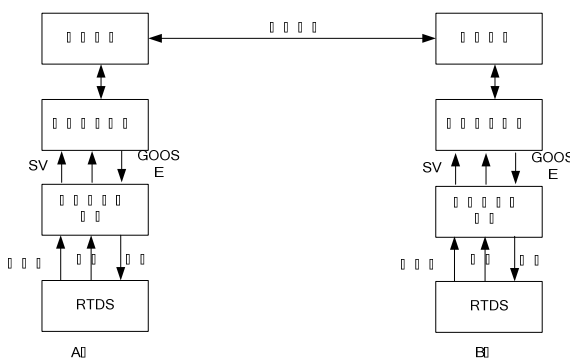


图 7 RTDS 和保护控制子站联系图

RTDS 仿真系统的模拟采样值通过采集和控制单元转为 SV 数字采样值，送给区域距离保护装置。RTDS 仿真系统的模拟开入量经采集和控制单元转为 GOOSE 信号，送给区域距离保护。区域距离保护进行故障判断，经通信装置与其它站区域距离保护交换区域信号；同时根据接收的区域信号，结合就地判据，进行动作判断，并以 GOOSE 方式发送到采集和控制单元，采集和控制单元将 GOOSE 动作信号转为模拟开出量送给 RTDS，完成闭环试验。

A 站和 D 站均可设置为电源侧或负荷侧，系统共设置 f1~f7 七个故障点，其中线路上的故障点 f2、f4 和 f7 的故障距离可调整。

线路区域保护定值按照常规距离 II 段定值整定原则设置，本试验设置为线路全长的 1.5 倍，区域距离保护动作时间定值设置为 100ms。

重点进行了如下试验项目：① 线路 1 上发生各种瞬时性和永久性故障时保护的动作为考核；

② B 站主变发生故障时各保护的动作为考核；③ B 站母线发生故障时各保护的动作为考核；④ 线路 2 和 3 上发生各种瞬时性和永久性故障时保护的动作为考核；⑤ B 站主变发生故障，且开关失灵时线路对侧区域距离保护的动作为考核。

试验结果如下：

a) 在线路 1 上（包括 T 出线）发生各种故障时，B 站的线路 2 保护、主变保护，以及 C 站的线路 3 保护均感受不到区内故障，不会发送区域闭锁信号，A 站的线路 1 区域保护收不到区域闭锁信号，可以快速动作切除区内故障，特别是区内末端故障。见表 1。

表 1 区域距离保护和常规距离 II 段动作时间对比

线路 1 末端故障	常规距离 II 段	区域距离保护
障	（延时定值 500ms）	（延时定值 100ms）
动作时间	500+（0~30）ms	100+（0~30）ms

b) B 站主变发生故障时，B 站的主变保护立即发送区域闭锁信号，闭锁 A 站线路 1 的区域保护，A 站线路 1 区域保护不会超越动作。

c) B 站母线发生故障时，B 站没有任何保护给 A 站发送闭锁信号，A 站的线路 1 区域保护收不到区域闭锁信号，可以快速动作切除故障。

d) 线路 2 上发生各种故障时，B 站的线路 2 保护立即发送区域闭锁信号，闭锁 A 站线路 1 的区域保护，A 站线路 1 区域保护不会超越动作。线路 3 上发生各种故障时，C 站的线路 3 保护立即发送区域闭锁信号，闭锁 A 站线路 1 的区域保护，A 站线路 1 区域保护不会超越动作。

e) B 站主变发生故障时，若高压侧的开关失灵，B 站的主变保护立即停发闭锁信号，A 站线路 1 保护收不到闭锁信号，并结合就地判据跳开本侧开关，快速隔离故障。

试验结果表明，通过区域信号的有效互通，区域距离保护可以用较短的延时实现线路的全线保护，动作速度快，保护范围明确，大大简化了上下级线路间的整定配合。

### 3 结论

本文提出了一种区域距离保护的配置方案和保护逻辑，其具有以下的特点：

(1) 具备一个动作时间统一，范围可方便整定

的距离保护,配合关系简单;

(2) 可以与不同类型的保护进行配合,如可以和距离保护配合,也可以和主变差动保护配合;

(3) 可具备失灵保护功能。

本文提出的区域距离保护方案在中低压系统具有潜在和良好的推广使用价值。

#### 参考文献:

- [1] 南京南瑞继保电气有限公司.RCS-941 技术说明书,南京南瑞继保电气有限公司[Z].
- [2] 周长友,周华迁.110kV 超短线路群环网保护配置[J].湖北工业大学学报,2010,25(1):34-37.
- [3] DL/T 584 -95, 3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
- [4] 庞红梅,李淮海,张志鑫,等.110kV 智能变电站技术研究状况[J].电力系统保护与控制,2010(6):146-150.
- [5] 吴罡,李琳,李翔.110kV 智能变电站设计方案初探[J].江苏电机工程,2011(2):31-35.
- [6] 殷志良.数字化变电站中采样值同步技术研究[J].华东电力,2008,36(7).
- [7] 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):47-49,50.
- [8] 张沛超,高翔.智能变电站[J].电气技术,2010(8):4-10.