

# 高性能的新一代母线保护装置研究和应用

王风光<sup>1</sup>, 高兆丽<sup>2</sup>, 潘东明<sup>2</sup>, 宣喜文<sup>1</sup>

(1.南京南瑞继保电气有限公司,江苏南京 211102;2.山东济南供电公司,山东 济南 250022)

**摘要:**基于统一、先进的控制保护(UAPC)平台实现,软硬件设计模块化,便于升级维护;采用了新型的面向间隔对象的母线保护设计方法,母线保护的差动构成灵活可靠;分布式母线保护装置同步方案稳定可靠且实时性高;母线保护装置的状态监测技术提高了供电可靠性,降低了检修人员的工作量。

**关键词:**母线保护;面向对象;分布式;状态监测

**中图分类号:**TM773

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)03-0037-04

在中国经济高速发展的背景下,电网建设步入飞速发展的时代。母线是电力传输的重要组成部分,母线保护的稳定、安全、可靠直接关系到电力系统的稳定性及供电的可靠性<sup>[1]</sup>。微机母线保护现场应用超过10年时间,积累了丰富的实际应用经验,南瑞继保电器有限公司结合最新的计算机技术和用户日益复杂的应用需求,研发出了全新一代的母线保护装置,它在继承老一代母线保护优点的基础上,有以下改进:(1)保护开发平台化、模块化,基于该公司新一代统一、先进的控制保护(UAPC)平台实现,支持使用可视化工具编程,便于升级维护;(2)模块设计对象化,采用面向间隔对象的母线保护设计方法,母线保护的差动构成灵活可靠;(3)设备安装灵活化,可满足不同变电站分布式或集中式安装的需求;(4)状态信息多样化,满足新一代智能变电站继电保护装置状态监测的需求。文中将基于以上4点介绍新一代母线保护装置关键技术的研究和应用。

## 1 UAPC 平台

传统继电保护装置基于单片机开发,一般无操作系统,因此上送信息单一,程序维护复杂。新一代的母线保护装置基于UAPC平台开发,具有以下特点。

(1)结构简单、连接方便:装置硬件结构复杂度低,从而功耗与温度低;插件与背板采用插针,连接简单可靠。高电磁兼容性,抗干扰能力强;

(2)可扩充性好:采用当今先进的中央处理器(CPU)、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)来实现数据处理,运算处理能力强,平台对上层应用提供统一编程接口,维护方便;

(3)结构清晰,重用性好:模块以功能来划分,模块内数据安全可靠,模块之间数据耦合性低,功能结构划分清晰;

(4)装置不同板卡之间依托高速数据总线进行通

信,接口统一,数据总线高效、安全可靠;

(5)适用范围广:除母线保护装置外,线路保护装置、变压器保护装置及稳控装置等一系列保护装置均基于UAPC硬件平台开发。

保护装置的平台化开发为不同类型保护装置间的集成提供了便利。新一代智能变电站提出层次化保护的概念,站域保护作为层次化保护的一部分得到推广。站域保护装置集全站的备自投、线路、主变和母差等保护功能于一体,不同类型保护装置之间需要共享电流、电压模拟量,并实时交换开关量信息,以集中分析或分布协同方式判定故障,自动调整动作决策。UAPC平台数据接口统一,数据总线高效、可靠,在集成站域保护装置中发挥了极大的优势。

## 2 面向间隔对象的母线保护设计方法

### 2.1 传统母线保护设计方法介绍

母线保护差动回路包括母线大差回路和各段母线小差回路。母线大差是指除母联开关和分段开关外所有支路电流所构成的差动回路。某段母线的小差是指该段母线上所连接的所有支路(包括母联和分段开关)电流所构成的差动回路。母线大差比率差动用于判别母线区内和区外故障,小差比率差动用于故障母线的选择<sup>[2]</sup>。

传统母线保护以母线为对象,在母线主接线确定的基础上,再定义该母线上连接有哪些元件,从而形成母线的大差及各母线的小差<sup>[3]</sup>。以主接线形式相对复杂的双母单分段主接线为例,如图1所示,母线数量及母线主接线方式固定:母联1连接1、2母,母联2连接2、3母,分段连接1、3母,间隔1和间隔2在母线1和母线2之间切换,间隔3和间隔4在母线2和母线3之间切换。间隔1到间隔4根据各自的刀闸位置决定本间隔电流计入哪条母线差动。大差(DI)及各母线小差(DI<sub>x</sub>)的差动构成逻辑如下:

$$DI = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad (1)$$

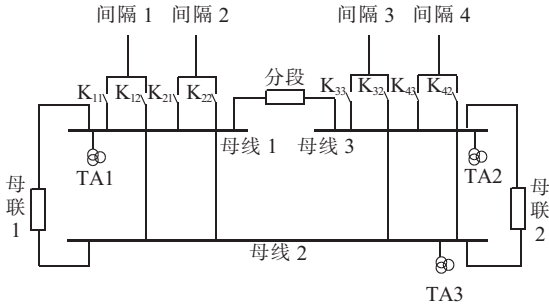


图1 双母单分段主接线示意图

$$DI_1 = K_{11} \times I_1 + K_{21} \times I_2 + I_{BC1} + I_{FD} \quad (2)$$

$$DI_2 = K_{12} \times I_1 + K_{22} \times I_2 + K_{32} \times I_3 + K_{42} \times I_4 + I_{BC1} + I_{BC2} \quad (3)$$

$$DI_3 = K_{33} \times I_3 + K_{43} \times I_4 + I_{BC2} + I_{FD} \quad (4)$$

其中： $K_{xx}$ 为对应支路刀闸位置，当刀闸位置闭合， $K_{xx}$ 为1，否则为0。当主接线变成如图2所示，应用于图1主接线的母线保护程序就无法适用了。

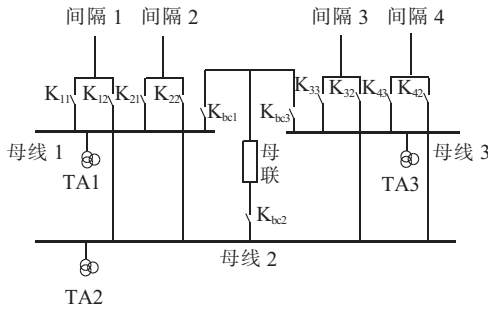


图2 双母单分段特殊主接线

与图1相比，图2虽然只包含一个母联开关，但是本母联开关可根据刀闸位置来决定本母联电流计入哪条母线差动，各母线的差动构成逻辑变化如下：

$$DI = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad (5)$$

$$DI_1 = K_{11} \times I_1 + K_{21} \times I_2 + I_{BC1} + I_{BC} \quad (6)$$

$$DI_2 = K_{12} \times I_1 + K_{22} \times I_2 + K_{32} \times I_3 + K_{42} \times I_4 + K_{BC2} \times I_{BC} \quad (7)$$

$$DI_3 = K_{33} \times I_3 + K_{43} \times I_4 + K_{BC3} \times I_{BC} \quad (8)$$

由于差动构成逻辑发生变化，母线保护程序必然需要做出相应改动以适应该特殊主接线，且修改后的程序也无法满足图1主接线的的需求。

综上所述，以母线为对象的传统母线保护受母线主接线形式的局限性很大，母线主接线形式稍微发生变化，保护程序就需要进行相应的改动，从而无法保证母线保护程序的稳定性。

## 2.2 面向间隔对象的母线保护设计方法介绍

面向间隔对象的母线保护设计方法（国家发明专利 CN200910181793.0）是先确定母线上的各连接元件，再由保护程序自动构造母线主接线。虽然母线主接线形式千变万化，但是母线上的连接元件只有可能是母线电压互感器，母联或分段间隔，线路或主变间隔，

通过配置文本的形式确定好各连接元件的属性，再由母线保护程序对元件属性进行解析，母线主接线即可实现自动构造，再以母线为对象依照传统的方法完成小差的构成逻辑，从而实现了母线保护程序不再受制于母线主接线形式的变化。

在上述理论基础上，设计方法定义了一个通用模型，此通用模型涵盖了电压互感器、母联或分段间隔、线路或主变间隔的所有属性及开入开出，PCS-915 母线保护程序在此通用模型基础上进行设计以保证母线保护程序的通用性。此通用模型如图3所示。

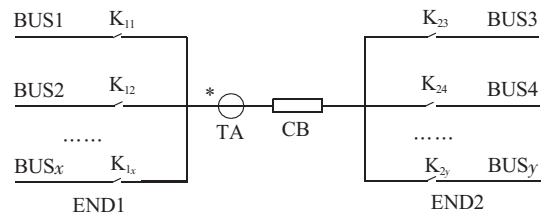


图3 面向间隔对象的通用模型定义

仍然以图1和图2主接线为例，在此通用模型基础上，图1与图2主接线的区别只是母线联络开关的数量不同，支路及各母联刀闸位置定义如表1所示（1,0表示该支路刀闸可在母线间进行切换）。

表1 支路及各母联刀闸位置定义

	BC1	FD	BC2	BC	Fdr11	Fdr2	Fdr3	Fdr4
$K_{11}$	1	1	0	1,0	1,0	1,0	0	0
$K_{12}$	0	0	1	0	1,0	1,0	1,0	1,0
$K_{13}$	0	0	0	1,0	0	0	1,0	1,0
$K_{21}$	0	0	0	0	0	0	0	0
$K_{22}$	1	0	0	1,0	0	0	0	0
$K_{23}$	0	1	1	0	0	0	0	0

大差及各母线小差的差动构成逻辑如下：

$$DI = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad (9)$$

$$DI_x = (K_{1x-Fdr1} + K_{2x-Fdr1}) \times I_1 + (K_{1x-Fdr2} + K_{2x-Fdr2}) \times I_2 + (K_{1x-Fdr3} + K_{2x-Fdr3}) \times I_3 + (K_{1x-Fdr4} + K_{2x-Fdr4}) \times I_4 + (K_{1x-Fdr5} + K_{2x-Fdr5}) \times I_5 + (K_{1x-BC1} + K_{2x-BC1}) I_{BC1} + (K_{1x-FD} + K_{2x-FD}) I_{FD} + (K_{1x-BC2} + K_{2x-BC2}) I_{BC2} + (K_{1x-BC} + K_{2x-BC}) I_{BC} \quad (10)$$

其中： $K_{1x}$ 间隔TA侧x母刀闸位置； $K_{2x}$ 间隔开关侧x母刀闸位置。

图1主接线无母联开关，所以 $I_{BC}$ 固定为0，图2主接线无母联1、母联2和分段开关，所以 $I_{BC1}$ 、 $I_{BC2}$ 、 $I_{FD}$ 固定为0。通过配置文本修改母联的属性而不需要修改保护程序，即实现了对图1主接线及图2主接线的兼容。从而节省了大量的因主接线变化而修改保护程序的时间，保证了程序的稳定和质量。

### 3 分布式母线保护

变电站规模的逐渐扩大使母线上的出线数目日益增多,出线间的距离变长。采用集中式母线保护装置将造成二次电缆数量的增多,提高工程造价,且接入间隔数目的增多对母线保护装置的 CPU 处理能力提出了更高的要求。研究面向间隔、分散式安装的分布式母线保护装置成为迫切需要<sup>[4]</sup>。

分布式母线保护需要保证主站、子站之间的同步性和实时性,应充分利用各间隔单元的数据处理能力,降低对通讯网络的要求,在简化设备硬件结构、提高母线保护可靠性的同时,为增加母线保护冗余度创造条件<sup>[5]</sup>。

分布式母线保护系统采用主从结构,如图 4 所示,图中包含 1 个主站间隔和 4 个子站间隔。主站间隔负责对整个装置的管理如人机界面、通信、录波、打印以及保护逻辑运算功能;子站间隔负责本间隔的采样、跳闸。子站间隔可就地布置,并通过光纤与主站进行点对点通信,实时性高,采用 FPGA 实现硬件通信编码和循环冗余校验(CRC),可靠性高,且不占用保护 CPU 的资源。

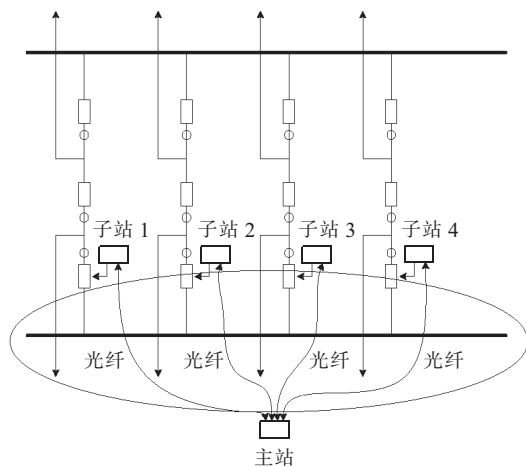


图 4 分布式母线保护系统结构

分布式母线保护装置采用了用于分布式保护系统的时标跟踪的同步采样方法(国家发明专利申请号 201110081966.9),采用此同步技术实现了分散采集分散执行功能,同步算法占用主机和从机计算资源少,无需外接同步源,同步方案稳定可靠且同步精度很高。

此外,分布式母线保护通信链路层完全支持标准协议的电子式互感器标准,只需更换软件便可实现与电子式互感器的对接,满足智能变电站对母线保护装置的需求。

### 4 母线保护装置状态监测

传统母线保护的检修以人工定检为主,这种检修

方法不可避免会产生“过剩维修”,造成设备有效利用时间的损失,如果因检修失误引发母线误动,将导致变电站损失负荷,并影响电网的安全稳定运行,并且 2 次检修之间装置发生故障不能及时发现。研究保护装置的状态监测技术,实时掌握装置的运行状态并根据装置状态合理安排定检,可减轻检修人员的工作负担并提高供电可靠性和售电量<sup>[6]</sup>。

新一代母线保护装置依托于更为强大的微电子、计算机技术和通信网络技术,突破了传统变电站继电保护装置只能发出“正常”或“异常”的状态信息的情况,不仅可以处理和传统变电站继电保护装置相同或类似的基本信息内容,还可以在现有信息传输方式不发生变化的前提下输出一份完整的监视参数状态值报表,该报表包括以下内容:

- (1) 当前时间信息;
- (2) 保护设备所有的自身监视开关量状态;
- (3) 保护设备的电源工作情况,包括 CPU 系统、AD 系统和继电器驱动系统的电源电压值;
- (4) 保护装置内部温度值;
- (5) 保护装置的接收光纤的光强值(智能变电站母线保护提供);
- (6) 过程层网络的统计监视信息(智能变电站母线保护提供);
- (7) 差电流信息。

这份报表可以通过打印的方式进行输出,也可以通过远方系统通过文件服务直接进行读取。

保护装置为以上监视信息设置检修门槛和故障门槛,当达到了检修门槛时,装置发出橙色预警信息,并输出状态参数监视报表,提醒检修人员注意,并提前安排检修计划;当达到了故障门槛时,装置发出红色警告信息,闭锁保护装置<sup>[7]</sup>。

智能站的推广使用打破了传统变电站依靠电缆传输模拟量及开关量的方式,取而代之的为 SV 和 GOOSE 网络,应用于智能变电站的母线保护装置接入光纤数量多,任何一根光纤异常都有可能影响母线保护装置的正常运行。

母线保护装置的状态监测功能可以帮助运行人员及时发现母线保护装置异常工况并迅速消除隐患,大大缩短了母线保护的退出运行时间。

### 5 结束语

新一代母线保护装置继承了老一代母线保护的先进原理与技术,在总结多年运行维护经验的基础上提出并采用了新的原理及技术。相比较老一代母线保护装置,它具有以下优点:(1) 基于先进的 UAPC 硬件平台开发,大大减少了保护程序升级维护工作量,并提



高了同其他类型保护装置的兼容性,满足新一代智能变电站站域保护的需求;(2)采用新型的面向间隔对象的母线保护设计方法,保护装置的适应能力变强,仅需要修改装置配置文件即可适应特殊主接线;(3)分布式母线保护装置使现场保护安装更加灵活;(4)母线保护状态监测技术帮助运行人员实时了解保护装置的运行状态,按需安排保护检修。随着智能变电站的广泛推广和应用,新一代母线保护装置将不断改进完善以更好地服务于电力系统。

#### 参考文献:

- [1] 吕航,王风光,鲍凯鹏. PCS-915 母线保护装置[J]. 电力系统自动化,2012,36(16):118-122.
- [2] 曾铁军,宋艳,侯玉强. 双母接线系统中线路保护、母线保护、线路断路器失灵装置一体化方案的研究[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(13):77-80.
- [3] 王风光,焦彦军,张新国,等. 一种分布式母线保护的新型通信

方案[J]. 电网技术,2005,29(21):72-74,80.

- [4] 朱林,苏盛,段献忠,等. 基于 IEC 61850 过程总线的分布式母线保护研究[J]. 继电器,2007,35(S1):40-44.
- [5] 邹贵彬,王晓刚,高厚磊,等. 新型数字化变电站分布式母线保护[J]. 电力自动化设备,2010,30(11):94-97.
- [6] 金逸,刘伟,查显光,等. 智能变电站状态监测技术及应用[J]. 江苏电机工程,2012,31(2):12-15.
- [7] 管宜斌,严国平,陈久林,等. 继电保护装置运行失效特性分析与状态检修策略[J]. 江苏电机工程,2013,32(2):1-3.

#### 作者简介:

王风光(1981),男,山东聊城人,工程师,从事电力系统继电保护工作;

高兆丽(1976),女,山东梁山人,工程师,从事电力系统运维工作;

潘东明(1967),男,山东济南人,工程师,从事电力系统运维工作;

宣喜文(1982),男,山西朔州人,助理工程师,从事电力系统继电保护工作。

## Generation Busbar Protection Research and Application

WANG Fengguang<sup>1</sup>, GAO Zhaoli<sup>2</sup>, PAN Dongming<sup>2</sup>, XUAN Xiwen<sup>1</sup>

(1.NanJing Nari-relays Electric Co. Ltd., Nanjing, 211102; 2.Jinan Power Supply Company, Jinan, 250022)

**Abstract:** The new generation of busbar protection is realized on the unified and advanced UAPC platform, which is with modular-designed hardware and software and convenient for update and maintenance. A new object-oriented interval busbar protection design method is utilized, which makes the configuration of differential section feasible. The synchronization distributed busbar protection devices is with a high-performance on reliability and time. Busbar protection status monitoring technology improves reliability and reduces maintenance personnel's workload.

**Key words:** busbar protection; object oriented; distributed; status monitoring

(上接第 36 页)

- 布电容电流补偿算法[J]. 电力系统自动化,2005,29(8):36-40.
- [11] 李斌,李永丽,黄强,等. 单相自适应重合闸相位判据的研究[J]. 电力系统自动化,2003,27(22):41-44.
- [12] 朱建红,陈福锋,魏曜,等. 新型同杆双回线自适应重合闸方案研究[J]. 电力自动化设备,2007,27(4):47-51.
- [13] 索南加乐,孙丹丹,付伟,等. 带并联电抗器输电线路单相自

动重合闸永久性故障的识别原理研究[J]. 中国电机工程学报,2006,26(11):75-81.

#### 作者简介:

申泉(1964),男,江苏南京人,高级工程师,从事电力自动化工作;

高云(1978),男,江苏句容人,工程师,从事电力自动化工作。

## Discussion on Protection Optimization for Double Circuit Lines on the Same Tower in Smart Substation

SHEN Quan, GAO Yun

(Guodian Nanjing Automation Co. Ltd., Nanjing 210032, China)

**Abstract:** Line protection of double circuit lines on the same tower are generally designed with only considering each independent single line. This kind of design sacrifices protection's sensitivity for ensuring its reliability. Based on the principle of independent configuration, the paper proposes an approach that is proposed to optimize the performance of protection for both double circuit lines with sharing the information of two lines through the station communication network. The proposed approach provides solutions for double loop cross line fault phase selection, analyzing the influence of zero sequence mutual inductance, fault distance measurement and distance protection.

**Key words:** Smart substation, Double circuit lines, Line protection, Information sharing, Fault phase selection