

# XRB-220 自适应母线保护装置

罗娟<sup>1</sup>, 霍兵兵<sup>1</sup>, 贞保记<sup>2</sup>

(1. 西安科技大学, 陕西 西安 710054; 2. 西安西瑞保护控制设备有限责任公司研究所, 陕西 西安 710075)

**摘要:** 介绍了最新研制的新型 XRB-220 型自适应母线保护装置的硬件组成、保护原理及功能。该装置采用新的硬件平台, 采用两级 32 位 DSP 芯片及高精度 A/D 转换器, 运算速度快, 精度高; 采用一种新的相量滤波器的设计方法在故障不同时刻形成不同的数据窗长度, 保证了装置的自适应性; 母线主保护采用复式比率差动保护, CT 饱和识别采用时差法和谐波法相结合; 辅助功能有母联充电保护、母联死区及失灵保护、断路器失灵保护、母线的运行方式自动识别以及隔离开关切换的正确性校验、CT 和 PT 断线检测。保护装置还具有完善的事件报文处理及录波打印功能。

**关键词:** 母线保护; 自适应; 复式比率; CT 饱和; 差动保护

## XRB-220 adaptive busbar protection set

LUO Juan<sup>1</sup>, HUO Bing-bing<sup>1</sup>, YUN Bao-ji<sup>2</sup>

(1. Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Xi'an Xirui Protection and Control Co., Ltd, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** This paper introduces construction, principle and functions of XRB-220 adaptive busbar protection set. The new construction of hardware that adopts double 32-bit DSP and high-performance A/D converter ameliorates the precision and speed. A new design method of orthogonal phasor filter is used to create different data-window in different time of the fault, it makes the set high adaptive. The main protection is complicated ratio differential protection, the method of identification on CT saturation is sync identification and harmonic detection. The device also has many other protective functions such as dead-zone protection, bus-coupler failure protection and circuit breaker failure protection, and its adaptive discrimination on busbar mode. Besides, this protection set has perfect event recording and printing functions.

**Key words:** busbar protection; adaptive; complex ratio; CT saturation; differential protection

中图分类号: TM774

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)16-0007-04

## 0 引言

母线是电力系统中极其重要的组成元件之一, 是电力系统中汇集电能、分配电能的枢纽点; 它的安全运行与否, 直接关系到电力系统能否连续稳定地工作。当母线上发生故障时所有元件短时或长期停电, 特别是当枢纽变电站的母线发生故障时, 还可能引起系统稳定性的破坏, 造成严重后果<sup>[1]</sup>。因此, 利用母线保护来消除或缩小故障所造成的后果, 是十分必要的。随着高速 32 位 DSP 及高精度 A/D 转换器的广泛成熟应用, 使得母线保护在母线故障的不同时刻以及故障的不同程度采用相应的可靠的差动判据; 另外, 随着采样及运算速度的提高, 母线保护有了更强的抗 CT 饱和的能力。本继电保护研究所在国内现有的母线保护基础上, 采用新的硬

件平台, 研发出了可靠性更强、精度更高、功能更强大的 XRB-220 系列自适应母线保护装置。

## 1 硬件配置

XRB-220 自适应母线保护装置采用新的硬件平台, 其硬件结构配置如图 1。

A/D 转换器采用 14 位 MAX125 芯片, 保证了采样的精度; DSP 采用 AD 公司的 ADSP-21065 芯片。芯片选用前置数传信号处理器和中心数传信号处理器协同工作, 采样频率为每周 200 点, 按 32 位浮点运算, 精度高, 速度快。前级 DSP 进行数据滤波计算处理以及外部开入信号的采集, 形成不同长度窗的滤波数据<sup>[2]</sup>。前级 DSP 将处理后的数据传至后级 DSP, 后级 DSP 主要用于各种保护算法及保护程序的处理, 根据保护计算结果进行跳闸的逻辑处理, 同时进行事故录波及事件报文的处理; 录波数据可通过串口输出也可打印输出。装置还具有以下特

点:

1) 软件编程模块化, 并采用优化程序, 调试维护方便, 具有较高的兼容性, 全汉化液晶显示, 树型菜单, 人机界面友好。

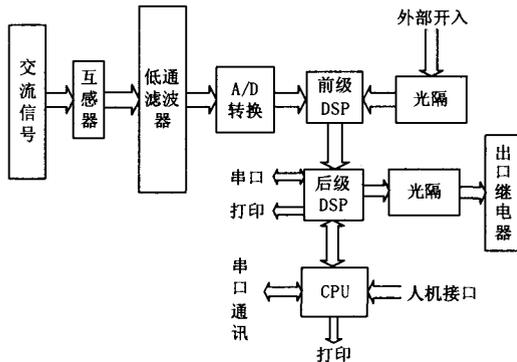


图1 硬件配置图

Fig.1 Structure of hardware

2) 装置选用背插式整体面板结构, 外形美观, 抗干扰性能好。

3) 装置保护功能和辅助功能齐全, 各元件的构成原理、动作判据及具体算法均经过优化筛选, 使其动作特性、技术指标更好地满足电力系统保护的需要。

4) 装置中主要继电器模块的工作原理、动作特性及逻辑构成方式, 可以通过控制字进行选择确定。

## 2 保护原理

XRB-220 型自适应母线保护装置主保护采用分相复式比率差动保护; 辅助保护有母联充电、母联过流、母联失灵及死区保护、断路器失灵保护; 另外还有 CT、PT 断线, 运行方式检测, 隔离开关位置校验等辅助功能; 复合电压作为闭锁元件用于配合保护功能的可靠性。

### 2.1 差动保护起动元件

差动保护的起动元件, 作为进入差动保护模块的入口条件, 用于开放保护计算程序、故障起始点的确定。XRB-220 自适应母线保护装置差动保护起动元件由差流突变量起动元件  $\Delta i_d$  与电压突变量起动元件  $\Delta u$  与门输出构成。

采用  $\Delta i_d$  与  $\Delta u$  与门输出作为差动启动的条件是基于如下的考虑: 当发生单纯的 CT 断线时, 差动保护可能误动; 而此时电压元件可靠不动作, 可以防止保护的误动。

电压量设控制字, 当电压量不可用 (电压回路断线或装置没有引入电压量) 时, 通过控制字退出电压量, 仅用差流启动元件来启动差动保护, 此时,

快速 CT 断线检测元件投入。

### 2.2 差动元件

差动启动原件动作后, 差动元件根据故障的程度及故障发生后的不同时刻投入不同的差动元件。

#### 2.2.1 瞬时值复式比率差动元件<sup>[3]</sup>

采用瞬时值比较的差动保护, 其判据见式 (1), 用于在严重故障时快速切除故障, 具有动作速度快、灵敏度低的特点, 该元件仅在差动启动后的 20 ms 内投入。

$$\sum_{i=1}^n |\Delta i_d| > K_t \left[ \sum_{i=1}^{N/2} |\Delta i_d - \Delta i_r| \right] \quad (1)$$

其中:  $K_t$  为比率制动系数,  $\Delta i_d$  为差流突变量,  $\Delta i_r$  为和电流突变量。

判据使用积分式的算法, 将故障后数据累加到上式的左端, 直到 10 ms 为止, 之后使用半周积分数据; 而方程右端始终使用半周积分数据。

#### 2.2.2 稳态量复式比率差动元件<sup>[4]</sup>

由于在制动量的计算中引入了差电流, 使其在母线区外故障时有极强的制动特性, 在母线区内故障时无制动, 因此能更明确地区分区内故障和区外故障。其判据为:

$$I_d > K_r \times (I_r - I_d) \quad (2)$$

其中:  $I_d$  为分相大差动电流;  $K_r$  为复式比率系数 (制动系数);  $I_r$  为制动电流 (和电流)。计算中采用向量的形式, 分为 10 ms 窗的向量和 20 ms 窗的向量, 10 ms 窗的向量投入时间为 50 ms, CT 饱和判据使用时差法的判别结果; 20 ms 窗的向量全程投入, 使用谐波法的 CT 饱和判据结果。

#### 2.2.3 工频变化量复式比率差动元件

装置采用了故障分量, 减少了保护性能受故障前系统功角关系的影响, 提高了保护切除经过渡电阻接地故障的能力。

$$\Delta i_d > K_r \times (\Delta i_r - \Delta i_d) \quad (3)$$

其中:  $I_d$  为分相大差动电流,  $K_r$  为复式比率系数 (制动系数),  $I_r$  为制动电流 (和电流)。计算中也采用向量的形式, 分为 10 ms 窗的向量和 20 ms 窗的向量。

## 2.3 故障母线选择元件

### 2.3.1 分差动电流选择元件<sup>[5]</sup>

I、II 母线按其时接入的一次元件的电流及母联电流, 分别构成 I 母和 II 母分差动回路。

2.3.1.1 复合比率制动差动元件, 其动作判据如式 (4)、(5) 所示。

$$\left. \begin{array}{l} \text{I 母} \\ i_{d1} > I_{d0} \\ i_{d1} > k_r \times \left| \sum |i_{j1}| - i_{d1} \right| \end{array} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{II 母} \\ i_{d2} > I_{d0} \\ i_{d2} > k_r \times \left| \sum |i_{j2}| - i_{d2} \right| \end{array} \right\} \quad (5)$$

其中:  $i_{d1} = \left| \sum i_{j1} \right|$  为 I 母分差动电流,  $i_{j1}$  为 I 母线上流过各元件的电流;  $i_{d2} = \left| \sum i_{j2} \right|$  为 II 母分差动电流,  $i_{j2}$  为 II 母线上流过各元件的电流;  $I_{d0}$  为分差启动启动门槛定值,  $k_r$  为复式比率制动系数。

2.3.1.2 I、II 母差动电流比较大小选择故障母线, 判据如式 (6), 分别选择。

$$\left\{ \begin{array}{l} i_{d1} - i_{d2} > I_0 \\ i_{d2} - i_{d1} > I_0 \end{array} \right. \quad (6)$$

其中:  $i_{d1}$  为 I 母分差动电流,  $i_{d2}$  为 II 母分差动电流;  $I_0$  为分差电流比较定值。

### 2.3.2 母联电流相位选择元件<sup>[6,7]</sup>

采用母联电流与全差电流相位比较原理, 其优点是不受二条母线间电流回路切换的影响, 但当母联断开则不能采用, 而必须依赖其它选择元件。其动作条件如式 (7) 所示。

$$-70^\circ < \arg \frac{\dot{I}_d}{\Delta \dot{I}_M} < 70^\circ \quad (7)$$

式中:  $I_d$  为全差动电流相量值,  $\Delta \dot{I}_M$  为母联电流故障分量形式, 在二条母线选择元件中其电流极性取相反值。

### 2.4 复合电压闭锁元件

装置设置复合电压的目的是区别故障和正常运行, 正常运行对母线和失灵保护进行闭锁, 以提高安全性, 而发生故障时复合电压动作则开放保护。因此, 对其灵敏度、动作速度和故障期间动作的持续性必须有明确的要求。

本保护的电压闭锁元件包括相电压、负序电压和零序电压 3 个判据, 其中任一个动作时, 电压闭锁元件开放。

### 2.5 其它辅助保护功能

#### 2.5.1 母联断路器失灵及死区保护

当母线故障母联断路器拒动(失灵), 或者在母联断路器与 CT 之间发生故障(死区)即使母联断路器断开, 其故障仍然未被切除, 这时的特征是全差动电流元件不返回、母联回路有电流, 并延时 200 ms, 使全差动电流元件直接跳开母线上的所有元件。对于死区故障还可以倒换母联电流极性, 使故障进入

另一条母线的保护范围, 从而切除二条母线上的所有元件。

#### 2.5.2 母联过流及充电保护

母联过电流保护, 设置有二段式相电流和零序电流保护。该保护的有关回路, 包括启动回路应单独设置, 并可自行投退。

母联充电保护, 当母联断路器用于充电时, 通过手动合闸继电器触点 SHJ, 并保持 200 ms, 加速母联电流保护二段作为充电保护。同时可送出闭锁母线差动保护的命令。

#### 2.5.3 断路器失灵保护

失灵保护由母线上各元件(线路、变压器等)的保护三跳触点启动, 同时串入了该回路电流元件触点, 当某元件启动失灵保护触点动作后, 经电流元件直接驱动该元件三跳回路, 即重跳。该失灵保护与母线保护共用出口跳闸继电器。如某元件经隔离开关触点鉴别运行在 I 母, 当 I 母故障母差动作或 I 母失灵保护动作, 则该元件将被纳入跳闸对象。断路器失灵保护通过复合电压来闭锁。

## 3 状态检测

### 3.1 CT 饱和检测<sup>[7]</sup>

#### 3.1.1 时差法

利用 CT 饱和时差动保护判据满足时刻滞后于故障发生时刻的特点, 区外故障发生 CT 饱和情况下差电流突变量元件  $\Delta i_d$  动作滞后于和电流突变量元件  $\Delta i_r$  的动作至少 3 ms (考虑最严重的 CT 3 ms 饱和), 由此可以得到区外故障引起 CT 饱和的判据。

$$T_{idqd} - T_{irqd} \leq T_{ctbhqr} \quad (8)$$

其中:  $T_{idqd}$  为差流启动时间,  $T_{irqd}$  为和电流启动时间,  $T_{ctbhqr}$  为 CT 饱和时间确认定值。该元件动作速度快, 在 5 ms 内就可以判出 CT 饱和 (实际上是判出 CT 不饱和), 闭锁保护。

#### 3.1.2 谐波法

电流互感器饱和时, 二次电流会发生畸变, 而且饱和愈严重, 二次电流畸变越厉害, 因此, 检测二次电流的畸变程度可检测出电流互感器的饱和情况。本装置主要检测 2、3、5 次谐波。

### 3.2 母线运行方式自动检测

现场母线接线方式复杂多样, 用户可由控制字来选择现场的母线接线方式, 装置根据控制字和接入的隔离开关量状态, 自动识别当前母线的运行状态, 能自动跟踪倒闸操作保证了装置的灵活性及保护动作的正确性。

双母线运行时,每个元件(线路、变压器等)都可能在 I、II 母线间进行切换,所以其相关的二次回路必须与一次回路同步切换。装置不断对刀闸辅助触点进行自检具有一定的容错能力,当发现刀闸辅助触点位置与实际不符则发出告警信号。

### 3.3 电流电压回路断线检测

#### 3.3.1 CT 断线检测

当其中某回路不对称断线或三相断线(回路电流未接入或未切换到位),在全差和分差回路有不同的反映,因此,必须对全差动和二组分差动电流分别进行鉴别。

$$(1) \text{ 全差电流 } I_d > 0.1I_n$$

(2) 分差电流

$$\text{I 母差电流 } I_{dI} > 0.1I_n$$

$$\text{II 母差电流 } I_{dII} > 0.1I_n$$

上述判据动作,通过“或”门及长延时 5 s,输出 CT 断线报警信号,并分别闭锁全差动和分差动保护。当发生母线故障电压元件动作时,则解除 CT 断线报警及闭锁差动保护之功能。

#### 3.3.2 PT 断线检测

正常运行,当每台 PT 二次发生断线或短路,经延时发保护异常告警信号。

其判据条件为:

$$\left. \begin{array}{l} \text{三相断线 } |U_A| + |U_B| + |U_C| < |0.5U_\phi| \\ \text{不对称断线 } 3U_0 > 3V \\ \text{两相短路 } U_2 > 3V \end{array} \right\} (9)$$

式(9)中,任一条件满足,并且无故障启动元件动作,再经 5 s 延时。二台 PT 的判别回路经“或”门,报 PT 断线信号。当发生故障时,即使 PT 已经断线,也应开放保护。

## 4 结语

本文所介绍的装置具有母线保护所需的全部功能,采用新的硬件平台,精度高,具有很强的 CT 饱和和识别能力。对于母线各种故障都能迅速、可靠的切除。装置已通过动模试验,现正在推广应用。

### 参考文献

[1] 罗钰玲,等.电力系统微机继电保护[M].北京:人民邮电出版社,2005.

LUO Ling-yu, et al. Microprocessor-based Protection of

Power System[M].Beijing: Posts & Telecom Press,2005.

[2] 索南加乐,等.任意长度数据窗幅频特性一致的正交相量滤波器设计[J].中国机电工程学报,2003,23(6):45-49.

SUONAN Jia-le, et al. The Design of Orthogon Al Phasor Filter with Identical[J]. Proceedings of the CSEE,2003,23(6):45-49.

[3] 程利军,等.基于采样值算法的数字母线保护的研究[J].继电器,2000,28(6):4-6.

CHENG Li-jun,et al. The Research of the Sampling Arithmetic for Numeric Busbar Protection[J]. Relay, 2000,28(6):4-6.

[4] BP-2B 微机母线保护装置[Z].深圳:深圳南瑞自动化研究所,2004.

BP-2B Microprocessor Busbar Protection Set[Z]. Shenzhen:Shenzhen Narui Automation Reseach Institute, 2004

[5] 胡明辉,等. WMZ-41A 微机母线保护装置技术说明书[Z].南京:国电南京自动化股份有限公司,2002, V:2.0.

HU Ming-hui,et al.WMZ-41A Microprocessor Busbar Protection Set User's Menul[Z]. Nanjing: Guodian Nanjing Automation Co.Ltd, 2002.

[6] 李火元,等.电力系统继电保护及自动装置[M].北京:中国电力出版社,2004.

LI Huo-yuan, et al. Power System Protective Relaying and Automatic Set[M]. Beijing: China Electric Power Press,2004.

[7] 张保会,等.电力系统继电保护[M],北京:中国电力出版社,2004.

ZHANG Bao-hui, et al. Power System Protective Relaying and Automatic Set[M]. Beijing: China Electric Power Press,2004.

收稿日期:2007-03-28; 修回日期:2007-05-10

作者简介:

罗娟(1979-),女,助教,从事电力系统继电保护研究;

霍兵兵(1981-),男,硕士,主要从事电力系统继电保护的研究及装置开发;E-mail:fireice05102@163.com

负保记(1966-),男,研究生导师,高级工程师,从事电力系统继电保护研究及装置开发。