

# REB 103 母线差动保护误动情况分析

高翔<sup>1,2</sup>, 鲍威<sup>3</sup>

(1. 浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027; 2. 华东电力调度交易中心, 上海 200002; 3. 华东电力试验研究院, 上海 200437)

摘要: 通过对 ABB 公司中阻抗母差 REB 103 在出线故障时误动和事故后详细试验情况分析, 提出了 REB 103 母差保护的改进方案, 有助于提高该母差保护在特定工况下的运行稳定性, 可有效地提高电网的安全运行水平。

关键词: 电力系统; 故障; 母差保护; 区外故障

中图分类号: TM714 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)13-0080-05

## 0 引言

作为电力系统重要组成部分的母线其重要性是不言而喻的, 虽然, 母线上发生故障的几率较输电线路而言少得多, 但母线故障若不能快速切出故障对于整个电力系统产生的影响是极其严重的<sup>[1]</sup>。因此, 在高压电网中普遍装设了母差保护。近年来对于一些比较重要的枢纽变或电厂为了解决母差检修或发生故障缺陷时系统稳定水平严重下降问题, 还配置了双套母差保护。

目前应用比较普遍的母差保护, 基本上有高阻抗母差保护, 带比率制动的中阻抗母差保护, 和微机型母差保护。有高阻抗母差保护又称为电压型母差保护, 有极强的抗饱和能力, 但对于 CT 的要求比较高, 二次绕组的漏抗要求比较小, 一般只适用于单母线或一个半断路器接线方式的母线。带比率制动的中阻抗母差保护其主要特点是在实现技术上兼用了

电压差动保护的特点和比率制动的原理, 外部故障有很好的选择性, 内部故障时能灵敏动作, 是目前应用最为广泛的一种母差保护; 目前国内应用比较多的微机型母差主要是低阻抗型, 将各引线的二次回路独立引入保护装置, 容许采用不同变比的 CT, 电流的平衡通过软件实现<sup>[2]</sup>。

REB 103 母差保护是原 ABB 公司 RADSS 的改进型保护, 其动作原理属于中阻抗比率制动型, 在我国电力系统中得到广泛应用, 并经过了大量区内外故障的检验, 具有相当的动作可靠性和稳定性。本文针对一次比较特殊方式下 REB 103 母差保护误动作情况, 通过大量的试验分析了该母差的误动作原因, 提出了改进方案, 这将有助于提高母差保护的运行稳定性。

## 1 事故概况

某 220 kV 电网事故发生前的系统接线图如图 1

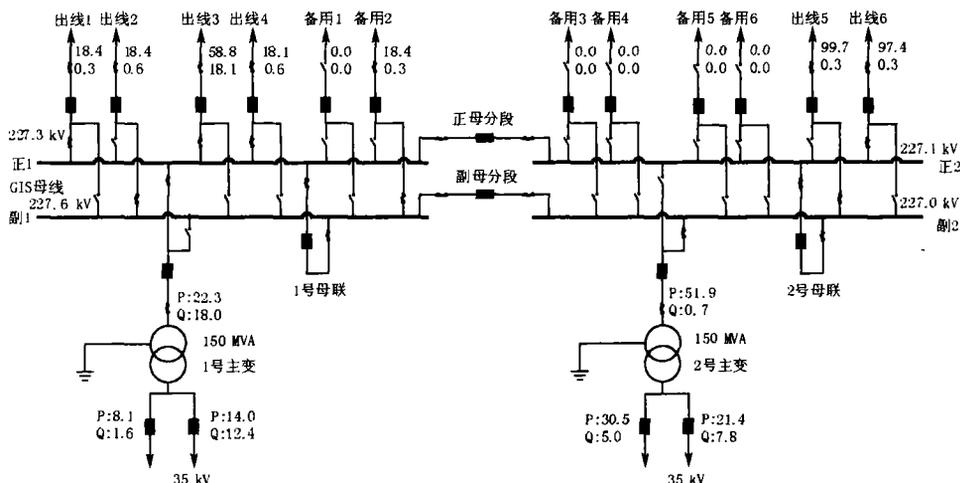


图 1 事故系统接线

Fig 1 Fault-occurred system

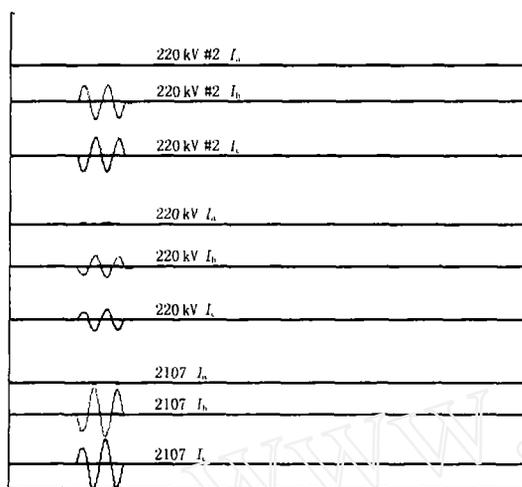


图 2 实际故障的录波图

Fig 2 Graph of fault recorder

所示,出线 6 发生出口 AB 相间短路故障,变电站侧线路保护正确动作,切除了故障线路,但在故障线路

切除的同时,REB103 母线差动保护动作,将母线切除。

这是一次比较典型的区外故障误动,事故后收集了当时故障时录波器所记录的波形文件,见图 2,为后来的事故分析和试验提供了很好的基础。

## 2 REB103 母线基本动作原理

REB103 母差保护是原 ABB 公司 RADSS 的改进型保护,其动作原理如图 3,测量回路的主要元件有 SR 启动元件,DR 差动元件,AR 告警元件;启动元件一般整定为最大的出线负荷电流,SR 定值的大小确定了 REB103 母差保护的灵敏性;DR 为差动元件,仅在区内故障动作,动作极其灵敏;SR 和 DR 元件动作时间一般在 1~3 ms,只有在差动元件 DR 和启动元件 SR 一起动作时,母差保护才会动作出口。AR 是用于反映 CT 断线的告警定值,外部故障时装置的稳定性主要取决于差动回路电流  $I_{b1}$  和输入电流  $I_{k3}$ 。

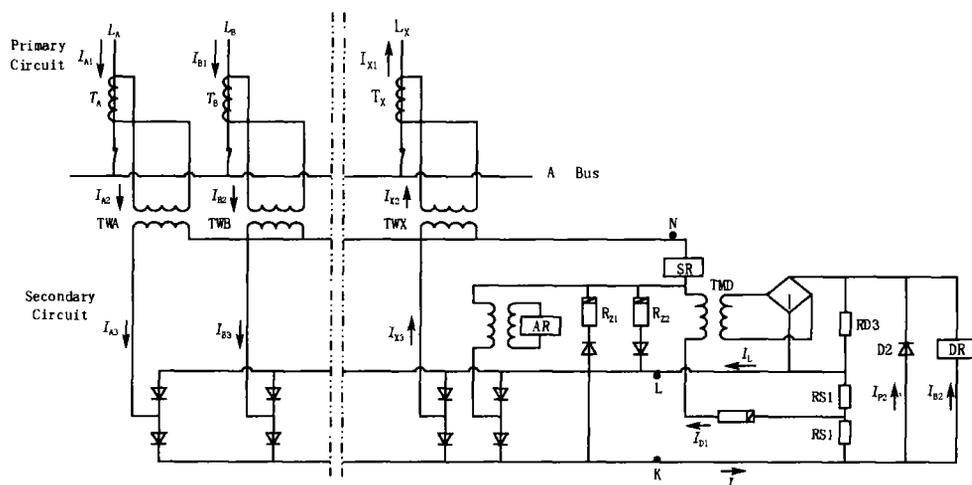


图 3 REB103 母差保护动作原理图

Fig 3 Operation principle of REB103

图 3 中每一互感器的二次电流  $I_{a2}$ 、 $I_{b2}$ 、...、 $I_{x2}$  经中间变流器 TMA、TMB、...、TMX 变换为三次电流  $I_{a3}$ 、 $I_{b3}$ 、...、 $I_{x3}$ , 这些电流引向两个二极管, 这些二极管构成多相全波整流桥接线。整流桥输出端 K 和 L 之间有阻值相等的制动电阻 RS1、RS2, 制动电阻上形成制动电压  $U_S$ ; 差动回路由两个制动电阻中间引出, 经电阻 RD11 和差动电流互感器 TMD 的一次绕组回路回到公共点 N。差动互感器的二次电流  $I_{b2}$  在经全波整流后在动作电阻  $R_{D3}$  形成动作电压  $U_{D3}$ 。

当  $U_{D3} > U_S$ , 差动继电器 DR 动作;

当  $U_{D3} < U_S$ , 差动继电器 DR 不动作;

考虑最严重情况出线  $L_X$  故障 TMX 完全饱和, 在一次系统中除  $I_{k1}$  流出母线外,  $I_{a1}$ 、 $I_{b1}$ ... 都流入母线, 则:

$$I_{k1} = I_{a1} + I_{b1} + \dots$$

在交流回路上以下关系成立:

$$I_{d1} + I_{k3} = I_{a3} + I_{b3}$$

$I_{k3}$  流过 RS1,  $I_{a3}$ 、 $I_{b3}$  经整流后流过 RS2, 由于  $I_{k3}$  的分流作用使得  $U_{D3} < U_S$ , 差动继电器不动作。

内部故障时母差保护的等效工作原理回路是不一样的, 内部故障时所有的出线电流  $I_{a1}$ 、 $I_{b1}$ 、...、 $I_{k1}$  都流入母线, 前半周所有电流经整流桥 K 点流入,

经制动电阻  $RS1$  和差动电阻  $RD11$  流出,再经公共点  $N$  点流回,后半周所有点经  $N$  点流出,经差动电阻  $RD11$  和制动电阻  $RS2$  流出,流入  $L$  点流入整流桥。由于所有电流经一个制动电阻流入差动回路,没有被另一个制动电阻分流,因此,满足  $U_{D3} > U_s$ ,差动继电器动作。

### 3 事故后实验室试验情况分析

事故后为分析母差保护的动作为,在实验室利用  $REB103$  保护备品对  $ABB$  公司  $REB103$  母线差动保护进行了实验室静态模拟试验, $ABB$  公司提供辅助  $CT$ ,试验仪器是  $Doble F2253$  电力系统试验仪,由于试验仪只能同时输出三相电流,因此,试验过程主要是针对被试品的  $B$  相进行。

试验首先通过事故时获得的故障波形回放对被试品进行考验。故障现场实际  $CT$  总变比为  $6000$  1,考虑到试验仪的带负载能力,实际回放时的  $CT$  变比为  $30000$  1(包括辅助  $CT$  的变比)。从试验结果可以发现,每次故障回放保护均会发生误动作,且动作特性与现场的实际情况基本一致。

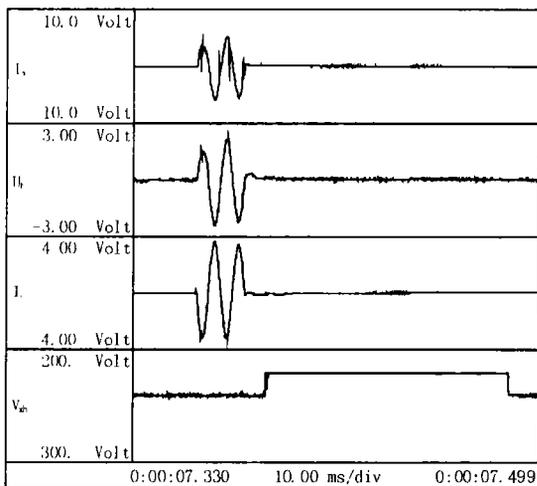


图 4 故障回放试验故障切除后保护发出跳闸脉冲

Fig 4 Tripping signal after fault clearing based on replaying fault

为了进一步分析误动原因,对被试品进行了稳态注入不平衡电流的测试,通过试验仪注入的电流为  $6A$ 、 $6A$ 、 $10A$ ,其中  $2$  路  $6A$  注入电流的同向,且与  $10A$  电流反向。试验表明,在稳态不平衡电流注入期间,保护被可靠制动不出口,但是在外部电流切除时,保护发出跳闸脉冲,且跳闸脉冲的延时及脉宽等特征与现场实际误动情况相符。

以上的两个试验重复性很好,据此可以认为

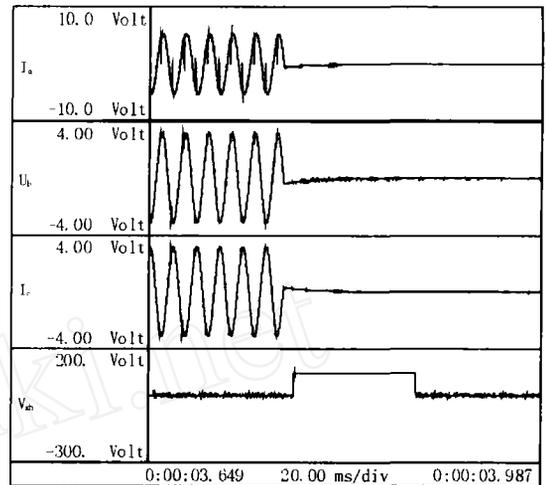


图 5 稳态不平衡模拟电流切除瞬间保护跳闸

Fig 5 Tripping signal after clearing unbalanced current

$REB103$  保护存在内部设计上的缺陷。

改用  $Freja$  试验仪对被试品进行稳态不平衡电流试验,试验条件同上,未发生被试品误动现象,从对试验结果的记录波形上可以看出,由于  $Freja$  试验仪的带负载能力不够,当输出的不平衡电流较大时(如试验中的  $2A$ ),试验仪的内部保护电路会强迫输出电流平衡,因此该试验与实际发生的情况有很大差异,试验结果没有参考价值。

在此基础上,在保护动模实验室对  $ABB$  公司的  $REB103$  保护进行了动态模拟试验,被试品由  $ABB$  公司提供。动模试验同时也再次进行了静态试验,重复了前一次试验的结果。

为了模拟现场实际故障发生时母线差动回路出线不平衡电流的情况,在动模试验时特意采用了两组不同变比的  $CT$ ,希望能够人为制造出不平衡电流,以考验保护的动作为。两组  $CT$  采用的变比分别为  $5:5$  和  $5:1$ 。

实际的动模试验结果未能重复现场的误动作现象,分析原因为试验用的发电机系统容量较小,不能提供足够大的短路电流;试验用  $CT$  特性较差,由于  $REB103$  是中阻抗特性的保护,通过  $CT$  变比不同制造出的差电流被强迫流经  $CT$  回路而平衡,从而也造成了  $CT$  的饱和,实际没有足够的差电流流入保护内部。因此动模试验也未能达到预期目的。

在进行动模试验后,还对一套  $RADSS$  差动保护进行了稳态不平衡电流模拟试验,试验结果未发生保护误动作现象,表明  $RADSS$  母线动作稳定性更好些。

#### 4 母差改进试验情况分析

为了寻找故障时的误动原因,并制定针对性的解决方案,进行了多个方案的试验:

##### 1) 并联电阻方案试验

对被试品的内部更改,通过在 TMD 回路并联电阻分去大部分差动回路电流,使得 DR 继电器的动作电流提高 10 倍,同时在内部故障时流经 SR 继电器的电流不发生变化,以达到区外故障切除时避免 DR 继电器误动作的效果,对被试品进行内部更改后再次进行了静态模拟试验。

实际试验表明,增加分流电阻后,稳态外加 6 A、6 A、10 A 电流并切除时保护可以可靠不误动,但将稳态外加电流增加到 7.5 A、7.5 A、10 A 并切除时,保护依然会发生误动,且将现场的故障记录波形回放调整回放变比至 500:1 (另外还有辅助 CT 变比 16.7:1) 时,保护依然会发生误动。

通过增加分流电阻的方法在一定程度上增加了保护区外故障的稳定性,但并未从根本上解决这一问题,当线路出口发生故障造成母差回路很大不平衡电流时,依然无法避免误动情况发生。而且由于增加了分流回路,实际造成了保护的比例制动特性的变化,这个修改方案不是最佳的解决方案。

##### 2) 外加过流继电器方案试验

之后在 SR 继电器回路串接一个 ABB 公司 RX-B24 型过流继电器,该继电器具有对直流分量不敏感,仅反映交流电流分量的特点,可以躲过 CT 饱和和励磁涌流等工况,因而多用于断路器失灵保护。

据此,再次对修改的方案进行试验。无论是故障回放还是稳态外加不平衡电流,修改后的保护均未再发生误动作,而且还模拟了多次区内故障,保护均正确动作,且动作时间也在 10 ms 之内,相比原来的动作时间只有少许的增加,可以满足现场的运行要求。

相比前一个解决方案,本方案可以较好解决区外故障切除时保护的误动问题,但也存在一些不利因素。其一由于是外加继电器,需要考虑外加设备的位置、接线等,对现场保护设备的改造工作难度较大。其二如 RXMB 继电器说明书所述,该保护对 CT 饱和不敏感,如果母线区内发生故障,造成 CT 饱和,则该继电器是否可以正确动作存在疑问,而实验室静态模拟无法真实再现现场的 CT 饱和现象,尤其是不同的 CT 以及同一个 CT 在不同工况下均会有不同的饱和特性,因此,采用该方案存在一定的风险。

##### 3) 去除电容方案试验

在 ABB 公司原 REB103 保护的设计者的建议下,提出去除 SR 继电器动作脉冲展宽回路中的电容,即取消了 SR 继电器动作之后保持 30 ms 的功能,该功能在区内故障时通过展宽 SR 继电器动作脉冲保证母线保护的可靠动作,但是实际发生区内故障时只要故障未被切除,SR 继电器将始终保持动作,因此该功能并无实际意义,反而在区外故障切除时由于放电等原因造成保护误动。

试验表明采用该方案后保护在故障回放及外加稳态不平衡电流等情况下均可以保证不发生误动,并且在区内故障时均可正确动作。

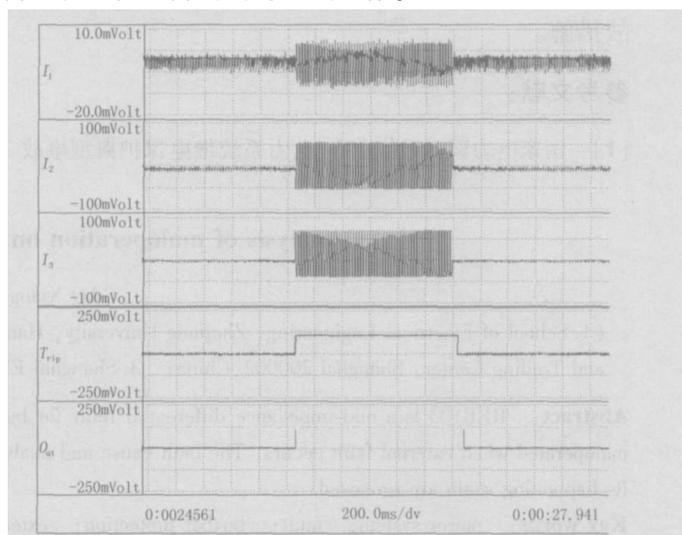


图 6 去除展宽电容后区内故障保护可靠动作

Fig 6 Relay operation on internal fault after taking off capacitor

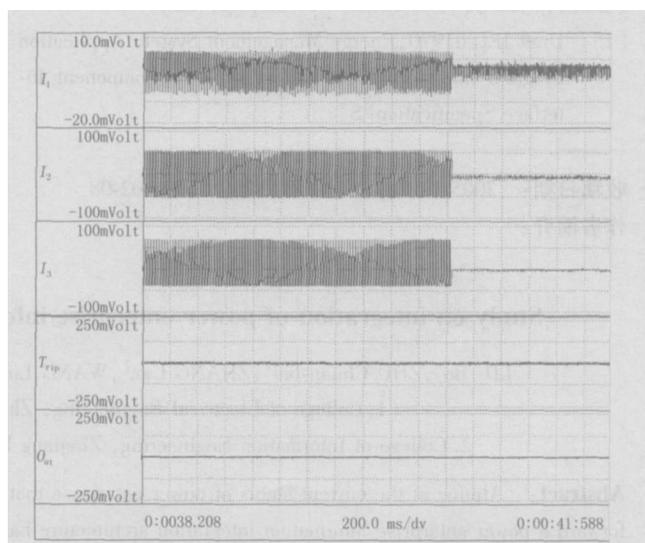


图 7 稳态穿越性故障电流切除时保护可靠不动作

Fig 7 Relay doesn't operate after clearing through fault current

## 5 结论

REB103保护存在内部设计上的缺陷,其表现为被保护的母线设备上只存在单回出线时,当该线路发生故障切除时,如果在故障切除前母差回路存在差电流,则切除瞬间,母差保护的差动出口回路会开放,造成母差保护误动作。

经过数次修改及试验验证结果表明,去除SR继电器动作脉冲展宽回路中的电容的方案简单可靠,未改变REB103保护的初始设计思想,不会对设备带来副作用,而且实现也较简单,应该是一个可行的针对REB103保护在特殊方式下误动的有效反事故措施。

### 参考文献:

[1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护典型事故

分析[M]. 中国电力出版社, 2003.

State Power Dispatch Communication Center of China Typical Fault Analysis of Power System Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.

[2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

ZHU Sheng-shi Theory and Techniques of HV Network Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.

收稿日期: 2006-02-27; 修回日期: 2006-04-13

作者简介:

高翔(1962-),男,硕士,高级工程师,从事继电保护与自动化运行与管理工作; E-mail: gao\_x@ec.sp.com.cn

鲍伟(1969-),男,硕士,高级工程师,从事继电保护工作。

### Analysis of maloperation on the REB103 busbar protection

GAO Xiang<sup>1,2</sup>, BAO Wei<sup>3</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. East China Electric Power Dispatching and Trading Center, Shanghai 200002, China; 3. Shanghai Electric Power Test & Research Institute, Shanghai 200437, China)

**Abstract:** REB103 is a mid-impedance differential relay for busbar protection. But under some certain circumstances, it would be maloperated when external fault occurs. The fault cause and analysis under this work condition are detailed and some schemes to avoid its happening again are proposed.

**Key words:** power system; fault; busbar protection; external fault

(上接第62页 continued from page 62)

[15] Draft IEC 61970, Energy Management System Application Program Interface (EMS-API)-Part 401: Component Interface Specification[S].

收稿日期: 2005-12-30; 修回日期: 2006-02-08

作者简介:

刘波(1980-),男,硕士研究生,主要研究领域为信息技术在电力系统中的应用; E-mail: bobo9168@163.com

朱传柏(1975-),男,博士研究生,主要研究领域为电力自动化技术及应用,信息技术在电力系统中的应用;

王林青(1978-),男,硕士研究生,主要研究领域为信息技术在电力系统中的应用。

### Study on integration of power enterprise information based on CORBA message middleware

LIU Bo<sup>1</sup>, ZHU Chuan-bai<sup>1</sup>, ZHANG Can<sup>1</sup>, WANG Lin-qing<sup>2</sup>, DING Xiao-wei<sup>1</sup>, GUO Chuang-xin<sup>1</sup>, CAO Yi-jia<sup>1</sup>

(1. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

**Abstract:** Aiming at the current status of power enterprise that there is no effective information integration platform, this paper puts forward a power enterprise information integration architecture based on the message middleware towards "plug and play" and up-to-date IEC's CM and GD standards, and studies the implementation of the message middleware based on CORBA technology. The architecture can gain the integration of the isolated application systems of power enterprise and information sharing of all the enterprise.

**Key words:** power enterprise; integrated bus; message middleware; CORBA