

# 基于 110 kV 内桥接线的母线保护思考

曾 明

(攀枝花电业局, 四川 攀枝花 617067)

**摘要:** 针对无专用母线保护装置的 110 kV 内桥接线, 在电网实际运行中出现的各种客观问题进行了深入分析, 并提出设置专用的 110 kV 母线保护的对策。这将有效提高供电的可靠性、系统运行的稳定性, 具有较高的工程实用价值。

**关键词:** 内桥接线; 母线保护; 供电可靠性; 电力系统稳定性

**Abstract:** All kinds of objective problems about 110 kV substation with internal bridge connection without the special bus-bar protection in the actual operation of power grid are analyzed, and a strategy of utilizing a special bus-bar protection for 110 kV substation with internal bridge connection is proposed. The reliability of power supply, flexibility of operating mode and stability of the grid can be enhanced due to this strategy, and a high practical value for engineering can be realized.

**Key words:** internal bridge connection; bus-bar protection; reliability of power supply; power system stability

中图分类号: TM645.1 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)05-0038-03

## 0 引言

近年来,随着电网规模的扩大与改造,对于只有两回输电线路、两台主变压器的 110 kV 变电站一般采用断路器数量最少、投资较少的内桥接线方式。

此种接线方式,主变压器高压侧无断路器,仅通过隔离开关与母线连接。其主变压器的差动保护范围已经包括了 110 kV 母线,故未对高压侧母线配置专用的 110 kV 母线保护装置。但在实际电网运行中,无专用母线保护装置的 110 kV 内桥接线对供电可靠性、电网运行稳定性带来很大影响。

## 1 无专用母线保护装置的 110 kV 内桥接线运行分析

### 1.1 主变压器纵差动保护范围分析

某地区 110 kV 河石坝变电站采用无专用母线保护装置的內桥接线,如图 1 所示。主变压器纵差动保护用电流互感器 TA,除分别安装于主变压器中、低压侧外,还在母线桥及出线上分别进行了安装。图 1 中主变压器 1B 差动保护范围除了主变压器回路本身外,还扩大至母线桥 113 断路器以及坝密线 151 线路断路器。可见,主变压器 1B、2B 差动保护分别兼作了 110 kV 母线 1M、2M 的快速保护。

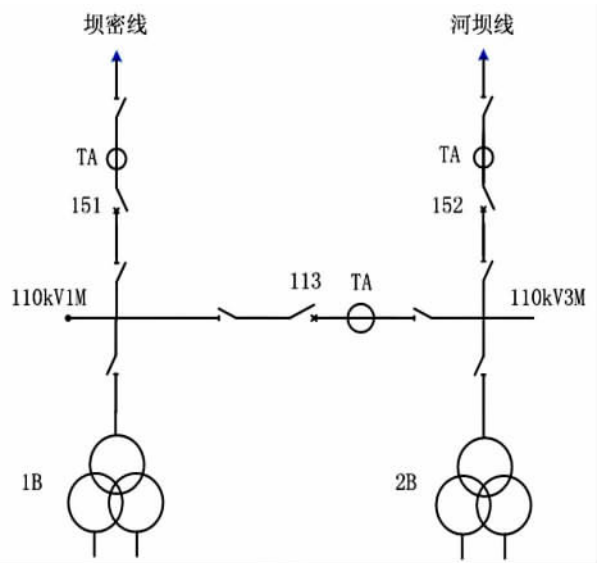


图 1 河石坝变电站 110 kV 内桥接线图  
(无母线保护)

### 1.2 正常运行方式分析

河石坝变电站在本地区 110 kV 电网中的位置如图 2 所示,在系统正常运行方式下,图 2 中所有元件全部带电运行,135 MW 发电机通过 110 kV 双通道(环网)在 220 kV 银江变电站并入四川主网运行。河石坝变电站是河门口电厂 135 MW 机组出力通道的组成部分,成为 110 kV 环网内重要的节点,其两台主变压器担负着片区市政供电、矿务局等高危用户的供电任务。

此系统中,除河石坝 110 kV 母线外,所有元件



图2 四川某地区部分 110 kV 电网结构图

(输电线路、母线、主变压器)均配置了能保证快速性、选择性的专用纵联或者纵差动保护。正常情况下,河石坝变电站母线桥 113 断路器处于运行状态,两台主变压器高压侧并联运行,分别承担 40 MW 负荷;当河石坝 110 kV 1M 故障,主变压器 1B 差动保护快速动作使 1B 中、低压侧,以及 151、113 断路器跳闸,确保了电网稳定运行。

### 1.3 特殊运行方式分析

在以下 3 种特殊运行方式下,将造成内桥接线的 110 kV 母线其中一段失去快速保护,从而会出现降低供电可靠性、系统稳定性的严重问题,呈现出很高的安全风险。

(1) 正常运行方式下,因为某一主变压器差动保护临时退出运行(如:差动保护断线告警、装置死机等)时,该主变压器所连接的一段母线失去快速保护。

(2) 当 1 台主变压器检修期间,为保证 110 kV 网络处于环网运行状态,短时停电配合拉开主变压器高压侧隔离开关后,母线桥需要恢复运行。主变压器差动保护属检修范围,故该主变压器所连接的一段 110 kV 母线无快速保护。

(3) 当主变压器 1B 检修结束后,因大修或者差动回路二次改动,按规程要求需带负荷测试主变压器差动保护电流互感器极性,测试期间差动保护将退出运行。该段时间区间,110 kV 1M 无快速保护。

特殊运行方式下的故障情况分析如下。

当处于上述特殊运行方式时,若该段母线故障,需要通过该站 110 kV 两段母线上所有电源元件的后备保护(输电线路对侧 II 段保护、主变压器高压侧方向闭锁过电流保护)越级动作才能切除故障,这势必导致:

(1) 切除故障的时间较长,严重降低系统的稳

定性;

文献[1]中电力系统受到大干扰后,发电机转轴上出现的不平衡转矩将使发电机产生剧烈的相对运动;当发电机的相对角的振荡超过一定限度时,发电机便会失去同步。可见,由于无法快速切除故障(特别是三相短路),将给河门口电厂 135 MW 机组带来很大冲击,容易诱发机组失稳而导致更严重的系统影响。

(2) 本站及其所带负荷全部失压的后果,供电可靠性极差;

(3) 隔离故障、恢复送电的速度受到制约。地调调度员在处理事故时,无法根据保护动作情况,就能立即判断故障点的位置。特别是雷雨季节,很难仅仅通过 110 kV 线路 II 段的动作情况就能断定是线路本身末端故障还是变电站母线故障。明确故障点的时间越长,隔离故障就慢,从而影响恢复送电的速度。

### 1.4 其他隐患分析

#### 1.4.1 母线桥无专门的充电保护

在实际检修工作中,当 110 kV 一段母线检修结束,而相应主变压器检修工作仍在进行的情况非常普遍。该段母线送电时,由于无专门的充电保护,送电需要线路对侧保护来作该段母线的充电保护。同理,该段母线故障,由于切除故障时间较长,降低系统运行的稳定性。

#### 1.4.2 风险极高、最薄弱的运行方式将导致局部电网崩溃

图 2 中,当环网内任一输电线路停电计划检修或发生永久性故障,河门口电厂 135 MW 机组将通过单通道(环网打开)与主网并列运行。2008 年至 2010 年,该 110 kV 环网线路故障情况统计如表 1。

可见近 4 年来,线路因计划检修导致该 110 kV

表 1 图 2 环网中, 110 kV 输电线路计划检修与故障情况统计

	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
线路计划检修的停电天数	20	18	15	12
线路故障的条次	8	7	5	4

备注: 计划检修的时间包括线路本身停电检修、配合其他线路施工而停电两部分。

电网开环运行的时间平均达到每年 16 天以上, 而线路因永久性故障跳闸共 24 条次, 年平均 6 条次, 存在较高的故障概率。

环网中某一元件计划检修或者故障, 110 kV 环网即刻出现开环运行。根据  $N-1$  事故策略, 为保证其余某一元件故障后, 该机组及其负载所形成的孤立电网(以下称孤网)能够保持频率与电压稳定, 调度员将有关传输断面进行功率控制。如 110 kV 银凤线检修时, 110 kV 银密线、坝密线的有功负荷将按“零”、无功功率尽量调至最小的要求进行控制。如果此时出现上述“特殊运行方式”时, 河石坝失去主变压器差动保护的一段母线发生三相短路, 靠相邻 110 kV 线路 II 段保护切除故障。容量如此小的孤网在三相短路的巨大冲击下, 还要“较长”的时间才能脱离故障, 该局部电网崩溃的概率与风险将非常高。之前所做的负荷控制, 将会因为功角稳定问题付诸东流。这种情况, 会由于内桥接线未设置专用母线保护而形成最严重的灾难。

## 2 对策建议

当 110 kV 变电站主接线采用内桥接线方式时, 110 kV 母线应配置专用的微机母线差动保护, 上述问题即可有效解决。

### 2.1 母差保护实施依据

文献 [2] 中在 110 kV 及以上的双母线和分段单母线上, 为保证有选择性地切除任一组(或段)母线上所发生的故障, 而另一组(或段)无故障的母线仍能继续运行, 应装设专用的母线保护。

文献 [3] 中电力系统元件(发电机、变压器、线路、母线、电动机等)继电保护的基本任务, 也是对继电保护配置的总体要求, 就是当被保护的电力系统元件发生故障时, 应该由该元件继电保护装置迅速准确地给距离故障元件最近的断路器发出跳闸命令, 使故障元件及时从电力系统中断开, 以最大限度

地减少对电力元件本身的损坏, 降低对电力系统安全供电的影响, 并满足电力系统的某些特定要求(如保持电力系统的暂态稳定性等)。

### 2.2 母差保护实施方案

内桥接线方式下, 母差保护的主变压器高压侧电流需用其本体套管的 TA 接入母差保护来实现, 桥断路器以及其他支路电流仍采用其断路器的 TA 电流。主变压器高压侧套管 TA 作为母线一支路电流参与差流计算, 与正常方式无异, 在此不再赘述。

需要特别指出的是, 母差保护也应跳主变压器三侧断路器, 防止主变压器中、低压侧的电源反送至故障点, 达到可靠、自动地隔离故障的目的。可以采用母差保护跳主变压器高压侧断路器的出口接点启动中间继电器去联切中、低压侧断路器的方式来具体实现, 如图 3 所示。

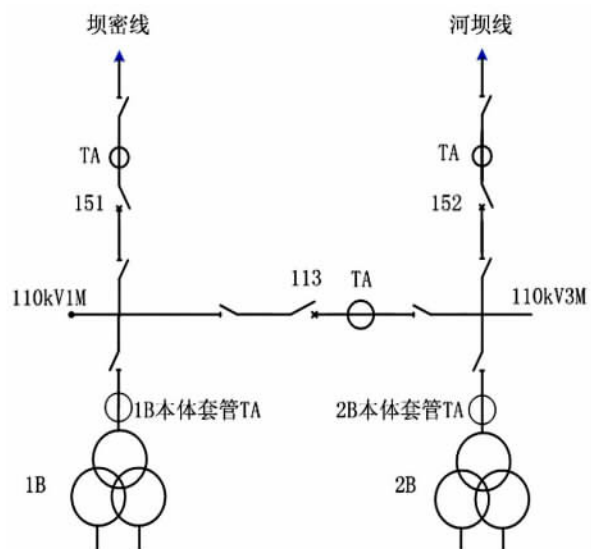


图 3 110 kV 内桥接线图(配有母线保护)

### 2.3 母线差动与主变压器差动保护范围、动作结果对比

110 kV 母差保护范围扩大至主变压器本体高压侧套管 TA 处, 与主变压器差动保护 110 kV 部分的保护范围重叠。正常运行方式下, 两者均投入运行, 虽然其动作结果一样, 但是故障点未必相同。

### 2.4 母差保护动作情况分析

当在上述“特殊运行方式”期间, 河石坝 110 kV 1M 故障, 其 110 kV 母差保护首先以“零秒”快速且有选择性地动作, 使 151、113 以及主变压器 1B 中、低压侧断路器同时跳闸, 而 110 kV 3M、主变压器 2B 依然可以正常运行, 避免了河石坝全站及其所供负

(下转第 88 页)

线路杆塔接地装置必须考虑其感性作用。在杆塔接地存在不同程度腐蚀的情况下,冲击接地阻抗比工频接地阻抗大。此时,不能把杆塔接地体看作单一的集中接地体,而是要考虑冲击电流流过时的波过程,电感对冲击接地电阻的影响显然比土壤火花放电的影响要大。

(2) 频谱法可利用两个频率点的数据,将接地阻抗的阻性和感性分量分别求得,并且通过频域内计算有效的避免电压电流数据采集不同时带来的麻烦。缺点是傅里叶变换会产生频谱泄漏而导致误差。另外,其计算精度需要通过现场试验进一步验证。

### 参考文献

[1] 崔宇,李建明,戴玉松. 基于冲击电流法测量接地电阻

的装置[J]. 电力学报, 2009(4): 299 - 302.

[2] 李建明,朱康. 高压电气设备试验方法[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.

[3] 孙家营. 杆塔冲击接地阻抗测量系统的研制[D]. 成都: 西华大学, 2007.

[4] 张振军. 用冲击电流法测量接地网阻抗系统的设计[D]. 成都: 西华大学, 2008.

[5] DL 475 - 92, 接地装置工频特性参数的测量导则[S].

[6] 孙家营,戴玉松,等. 冲击电流法测量接地电阻研究[C]. 中国电机工程学会第九届青年学术会议论文集, 2006.

[7] Che Yunping, Zha Xiaoming, Zhao Lei. The Measurement of Impulse Grounding Resistance and Inductance of Grounding Network [C]. IEEE. Catalogue No: 98EX137, 1998.

(收稿日期: 2012 - 08 - 20)

(上接第40页)

载全部失压的后果,达到迅速、有选择性将故障隔离的目的,确保了供电可靠性以及系统运行的稳定性。

为进一步提高供电可靠性,可以在确保主变压器2B不过载、不发生与小电源非同期并列等有关条件下,主变压器1B所供的失压负荷可以通过备用电源自动投入装置自动转移给2B供电(备用电源自动投入装置动作后将中、低压侧母线分段断路器自动投入来实现)。

当主变压器1B差动与母线I段差动保护同时动作时,就能说明故障在河石坝110 kV 1M范围内,可以重点检查达到省时的目的。当1B差动动作、而母线I段差动保护未动作,则说明故障在1B本体及其中、低压侧的范围内,调度员在拉开1B高压侧隔离开关后,可将110 kV系统恢复环网运行,从而降低开环运行可能带来的元件过载或者发电机“窝电”问题。

最重要的是,“零秒”切除故障,确保了发电机组的安全运行。文献[1]中快速切除故障在提高系统暂态稳定性方面起着首要的、决定性的作用。

### 3 结 语

无专用母线保护装置的110 kV内桥接线,在正常运行情况,当某段母线故障时,可利用主变压器差动保护快速且有选择性地动作;在上述特殊运行方

式下,当某段母线故障时,因主变压器差动保护不能够动作,则需要通过输电线路对侧II段保护越级动作才能切除故障,这势必导致切除故障的时间较长,严重降低系统的稳定性,甚至可能引起发电机失去同步而导致更严重的系统影响。

内桥接线方式下,配置专用的微机母差保护,有利于提高母线故障时继电保护的快速性与选择性;此外,母线保护装置具备完善的充电保护功能,所以在对检修后的母线段充电时,它能够灵敏、快速地反映各种故障,同样提高了系统运行的稳定性。

需要指出的是,当变电站在系统中处于联络地位时,建议主接线的设计不宜采用桥形接线;若因土地、配电装置结构等条件所限,则应安装母线保护。

### 参考文献

[1] 刘天琪,邱晓燕. 电力系统分析理论[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[2] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理(3版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 1994.

[3] 《中国电力百科全书》编辑委员会. 中国电力百科全书电力系统卷[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

作者简介:

曾明(1978),男,本科,助理工程师,研究方向为电网运行。

(收稿日期: 2012 - 04 - 18)