

三峡右岸电站 500 kV 母线保护配置方案探讨

李铁仲

(北京市电力公司, 北京 100031)

摘要: 三峡右岸电站 500 kV 母线采用 3/2 接线方式, 在主母线上设有分段开关。分段开关的分合状态等于位置接点或操作压板, 这些辅助开关量不能真实反映分段开关的实际状态, 存在着不对应的过程, 特别是开关量出错或者误操作的情况下, 有导致母线保护误动的问题。分析了现有配置方案中存在的误动问题, 利用分段开关两侧都装有电流互感器的有利条件, 在母线保护中配置多个不同选择范围的差动保护, 运用数字逻辑电路的分析方法, 通过差动动作数据的逻辑组合反映出分段开关的运行方式, 能够真实反映分段开关的实际状态, 解决了现有配置方案中误动的问题。

关键词: 母线保护; 三峡电站; 选择性; 分段开关; 500 kV

中图分类号: TM 773

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2010)03-0141-04

0 引言

三峡右岸电站 500 kV 母线采用 3/2 接线方式, 在主母线上设有分段开关, 将三峡右岸电站分成右一电站和右二电站 2 部分。三峡右岸电站 500 kV 母线上一旦发生故障, 若不能快速准确地切除, 或者母线保护发生误动作, 将会对系统的安全稳定运行造成极大的威胁, 甚至可能导致相关的 500 kV 电力系统崩溃, 高电压电气设备损坏和大面积停电^[1-2]。

实时准确地判别分段开关的运行方式影响着母线保护的选择性, 而目前的判别都是用分段开关的位置接点实现, 不能满足实时性要求, 甚至有时准确性也很难保证。采用分段开关的电流互感器(TA)电流来识别分段开关的运行方式可以避免接点判别带来的不足, 但在分段开关断开, 热备用状态下, 死区发生故障时分段 TA 也通过电流; 或者分段开关并列运行, 2 条母线之间的功率交换很小, 分段 TA 流过的电流小到无法识别。2 种情况对于分段开关运行方式和电流之间的关系是矛盾的, 所以不能简单使用分段 TA 有无电流判断分段开关的分合状态, 必须寻求其他识别方法来满足母线保护选择性的要求^[3-5]。

1 三峡右岸电站母线保护现有配置方案及分析

1.1 现有配置方案

三峡右岸母线保护现有配置方案如图 1 所示, 分段 TA 交叉引入母线保护, 母线保护装置中仅配置单段差动(如 I 母差动配置为 $I_d = I_1 + I_2 + I_{m1}$)。当分段开关处于热备用状态时, 如果在 F_3 或 F_4 处发生死区故障, 分段开关的 TA 电流不能计入差动回路。当用分段开关对检修过的母线充电时, 分段开关的

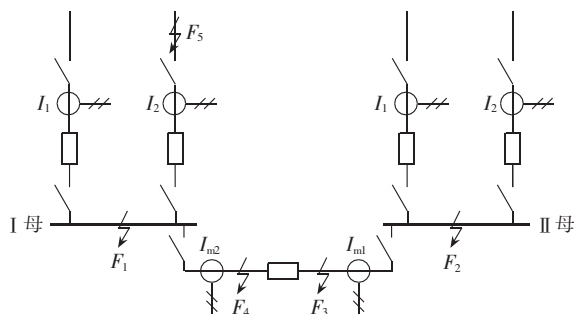


图 1 三峡右岸电站母线保护配置接线图

Fig.1 Bus protection configuration of Three Gorges hydropower station

TA 电流必须实时计入差动回路, 以防止充到故障母线时, 由于分段开关的 TA 电流不能实时计入差动回路而导致健全母线误动。

目前为了解决上述问题, 将分段开关位置接点引入保护装置, 通过分段位置接点来判断分段电流是否计入差动回路, 当开关合上时, 分段电流参与差动电流计算, 反之则不参与计算。并且在分段开关位置接点上并联一块压板(定义为“母联开关预合压板”), 当一条母线对另一条母线充电时投入该压板, 同时分段电流就计入差动回路, 充完电后退出该压板。分段开关运行方式等于分段开关位置接点和母联开关预合压板或门逻辑。

1.2 现有方案问题分析

现有方案存在以下问题, 以 I、II 母线为例分析。

a. 在分列运行方式下, 分段开关位置接点发生误开入; 或者母联开关预合压板误操作投入; 或者考虑母联开关预合压板投入期间, 还没有合分段开关进行充电; F_3 点发生死区故障, I 母会误动。

b. 当合分段开关, I 母向 II 母充电时, F_3 发生死区故障, I 母会误动; 而理想动作逻辑为, 跳开分段开关, 故障即切除, 保全 I 母。

c. 当 I 母向 II 母充电时, 如果母联开关预合压板

没有投入, F_2 存在故障点, 合上分段开关, I 母会误动, 因为开关位置接点滞后于分段开关的主触头, 不能及时把分段电流计入差动回路。

d. 在并列运行方式下, F_3 点发生故障, 将导致 I 母、II 母同时动作, 扩大事故的范围, 理想的动作逻辑应该是: 分段开关跳开后, II 母跳闸, I 母不跳闸。

e. 在并列运行方式下, 分段开关位置接点如果没有信号输入, 导致误判为分段电流不计入差动回路, 如果此时 F_5 发生故障, 将导致 I 母、II 母同时误动作^[6-8]。

2 新方案的研究及实现

2.1 新方案的研究方法

新方案的思路为: 尽量不用开关量判别分段开关的运行方式, 采用电流结合开关量的判断方式。通过在每套母线保护装置中配置多个不同选择范围的差动保护, 根据故障发生在不同故障范围中, 不同选择范围的差动保护各自的动作行为, 运用数字逻辑电路的知识进行逻辑分析, 得出最佳的保护动作逻辑^[9-11]。

以 I 母为例, I 母的母线保护装置配置 4 个不同选择范围的差动保护, 把分段开关两边的 TA 都引入到 I 母保护装置中, 不同选择范围的差动保护配置如式(1)~式(4)所示:

分段 TA 交叉接线差动

$$I_{d1} = I_1 + I_2 + I_{m1} \quad (1)$$

分段 TA 非交叉接线差动

$$I_{d2} = I_1 + I_2 + I_{m2} \quad (2)$$

死区差动

$$I_{d3} = I_{m1} + I_{m2} \quad (3)$$

不计分段电流差动

$$I_{d4} = I_1 + I_2 \quad (4)$$

其中, I_1 、 I_2 表示和 I 母连接间隔 TA 的电流; I_{m1} 、 I_{m2} 分别表示分段开关两侧 TA 的电流。

定义以下变量 A、B、C、D、E、F:

$$\begin{aligned} A &= \begin{cases} 1 & I_{d1} \text{ 动作} \\ 0 & I_{d1} \text{ 未动作} \end{cases} & B &= \begin{cases} 1 & I_{d2} \text{ 动作} \\ 0 & I_{d2} \text{ 未动作} \end{cases} \\ C &= \begin{cases} 1 & I_{d3} \text{ 动作} \\ 0 & I_{d3} \text{ 未动作} \end{cases} & D &= \begin{cases} 1 & I_{d4} \text{ 动作} \\ 0 & I_{d4} \text{ 未动作} \end{cases} \\ E &= \begin{cases} 1 & \text{跳分段开关} \\ 0 & \text{不跳分段开关} \end{cases} & F &= \begin{cases} 1 & \text{I 母跳闸} \\ 0 & \text{I 母不跳闸} \end{cases} \end{aligned}$$

用变量分析 I 母差动动作, 理想的动作逻辑如表 1 所示。

对以上不同选择范围的差动保护的動作数据和最佳動作结果进行统计分析, 得出如表 2 所示的真值表。

用数字逻辑电路的知识卡诺图法化简表 2, 合并最大项, 得到 E、F、 X_1 的最简表达式如下:

$$E = A + B + C \quad (5)$$

$$F = (A + B)(B + \bar{C}) \quad (6)$$

$$X_1 = \bar{A}BCD \quad (7)$$

2.2 新方案的实现

X_1 还需要进一步判断, 由以上分析结果得出完

表 1 动作逻辑表

Tab.1 Action logic table

状态	编号	故障点	A	B	C	D	E	F
正常或区外故障	(1)	正常或 F_5	0	0	0	×	0	0
	(2)	F_1 或 F_1 、 F_2	1	1	0	1	1	1
	(3)	F_2	0	0	0	0	0	0
	(4)	F_3	1	0	1	0	1	0
	(5)	F_4	1	0	1	1	1	1(X_1)
	(6)	F_1 、 F_3	1	1	1	1	1	1
	(7)	F_1 、 F_4	1	1	1	1	1	1
分段开关 分列运行	(8)	F_1 或 F_1 、 F_2	1	1	0	1	1	1
	(9)	F_2	0	0	0	1	0	0
	(10)	F_3	1	0	1	1	1	0(X_1)
	(11)	F_4	1	0	1	1	1	0(X_1)
	(12)	F_3 、I 母无 电源支路	1	0	1	0	1	0
	(13)	F_1 、 F_3	1	1	1	1	1	1
	(14)	F_1 、 F_4	1	1	1	1	1	1
I 母对	(15)	F_3	1	0	1	1	1	0(X_1)
II 母充电	(16)	F_2	0	0	0	1	0	0

注: X_1 表示状态冲突, 需要再处理。

表 2 理想动作输出逻辑函数真值表

Tab.2 Truth table of ideal action output logic function

序号	A	B	C	D	E	F	动作数据描述
1	0	0	0	0	0	0	(1)
2	0	0	0	1	0	0	(1)
3	1	0	0	0	1	1	不会出现
4	1	0	0	1	1	1	不会出现
5	0	1	0	0	1	1	F_1 点有故障
6	0	1	0	1	1	1	F_1 点有故障
7	1	1	0	0	1	1	F_1 点有故障
8	1	1	0	1	1	1	F_1 点有故障
9	0	1	1	0	1	1	F_1 点有故障
10	0	1	1	1	1	1	F_1 点有故障
11	1	1	1	0	1	1	F_1 点有故障
12	1	1	1	1	1	1	F_1 点有故障
13	0	0	1	0	1	0	不会出现
14	0	0	1	1	1	0	不会出现
15	1	0	1	0	1	0	(12)
16	1	0	1	1	1	X_1	(5)(10)(11)(15)

整的保护理想动作逻辑, 图 2 为 E 的直接表示, 图 3 为 F 的直接表示, 图 4 为 X_1 的再处理。

图 4 中, t_1 为开关位置接点滞后于开关一次主触头的时间, 一般不大于 30 ms; t_2 为躲过开关跳闸的灭弧时间, 500 kV 电压等级一般采用速度快的开

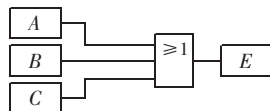


图 2 分段跳闸逻辑图

Fig.2 Logic diagram of segment switch trip

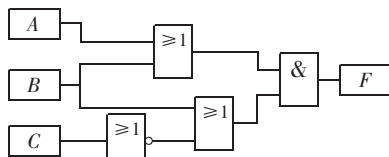


图 3 母线跳闸逻辑图

Fig.3 Logic diagram of bus trip

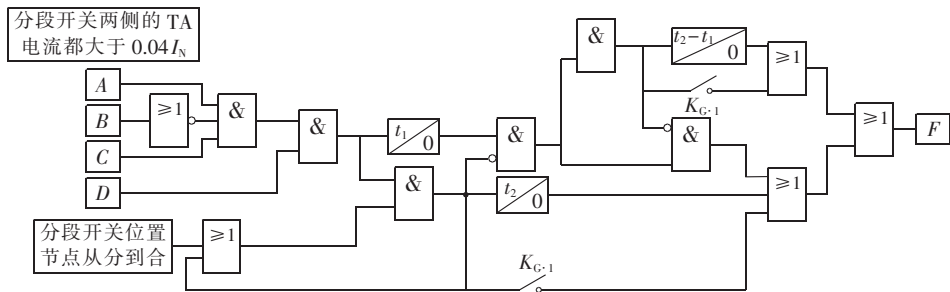


图 4 故障再判断逻辑图
Fig.4 Logic diagram of fault rejudging

关,灭弧时间较短,一般不大于 150 ms。

图 4 中故障为分段开关并列运行状态下 F_3 或 F_4 点故障,或分段开关分列运行状态下 F_4 点故障,或 I 母对 II 母充电分段开关合在 F_3 点故障。分段开关跳开后,变量 A, B, C, D 发生变化。

X_1 故障再判断逻辑取得的效果有:如故障为分段开关并列运行状态下 F_3 或 F_4 点故障,跳开分段开关后,如故障点在 F_3 , I 母不动作;如故障点在 F_4 , I 母立即动作,保证正确选择,动作时间取决于分段开关的跳闸时间,不存在固定延时,实时反映开关的跳闸时间,固定延时一般整定得较长,考虑很多冗余度,所以此逻辑具有正确选择且切除故障速度快的优点;如分段开关分列运行状态下 F_4 点故障, I 母立即动作,故障切除;如 I 母对 II 母充电分段开关合在 F_3 点故障,跳开分段开关,故障切除, I 母不跳闸。

$K_{G.1}$ 为死区故障直接跳闸控制字,如不能容忍发生死区故障,分段开关再失灵的极端条件下,切除故障时间达到 t_2 的情况,可投入此控制字,这样会放弃 2 种故障情况下的选择性,一种是分段开关并列运行状态下 F_3 或 F_4 点故障,直接全跳;另一种是 I 母对 II 母充电分段开关合闸在 F_3 点故障,直接跳 I 母。现有方案在这 2 种故障情况下本来就没有选择性的,投入此控制字,仅丧失这 2 种情况下的选择性,不影响分段开关运行方式的主要判别。

3 新方案的效果

新的方案使保护的逻辑达到了最优,取消了母联开关预合压板,分段运行方式的判断不再依赖于分段开关位置接点,仅在充电于死区故障时用一下合闸变位信号,保证了选择性和快速性的统一,而且逻辑实现简单。

解决了现有方案的所有问题,问题分析对比如表 3 所示。

表 3 问题分析对比表
Tab.3 Comparison of problem analysis between two schemes

1.2 节中提出的问题	新方案	现有方案
a	对应表 2 序号 15; 正确	I 母误动
b	对应表 2 序号 16; 正确	I 母误动
c	对应表 2 序号 2; 正确	I 母误动
d	对应表 2 序号 16; 正确	I 母误动
e	对应表 2 序号 2; 正确	I 母误动

4 结论

本文对三峡右岸的现有母线保护配置方案进行了详细分析,指出了存在的问题,通过配置多个不同选择范围的差动保护,运用数字逻辑电路分析方法分析不同选择范围的差动保护动作数据,找出最优和最简的跳闸策略,从而解决了分段开关运行方式识别存在的不足,保证了各种运行方式下,母线保护的选择性,并且实现方法简单,该方案同样适用于分段(或母联)开关两侧都装有 TA 的其他接线方式的母线保护。

参考文献:

[1] 陆征军,李栋,毛亚胜,等. 微机母线保护的母线运行方式自适应方案[J]. 电力系统自动化,1999,23(10):41-44.
LU Zhengjun, LI Dong, MAO Yasheng, et al. A scheme of digital busbar protection adaptive to operation mode[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(10): 41-44.

[2] 李毅军. 三峡左岸电站 500 kV 母线保护装置的选型[J]. 水力发电, 2001(4): 29-31.
LI Yijun. Selection of 500 kV busbar protector for the left-bank hydropower station of the Three Gorges project[J]. Water Power, 2001(4): 29-31.

[3] 唐治国,毛乃虎,张发金. 基于 2 组母联电流互感器的死区保护[J]. 电力自动化设备,2006,26(7):95-96.
TANG Zhiguo, MAO Naihu, ZHANG Fajin. Dead zone protection with dual busbar-tie current transformers[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(7): 95-96.

[4] 王春生,卓乐友,艾素兰,等. 母线保护[M]. 北京:中国电力出版社,1997.

[5] 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,1995.

[6] 汤大海. 母线分段开关保护的设置及其运行[J]. 电力自动化设备, 2000, 20(3): 63.
TANG Dahai. The disposition of bus segment switch protection and its operation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2000, 20(3): 63.

[7] 张太升,张继武,刘海洋. 母联充电保护应用分析[J]. 继电器, 2007, 35(3): 69-72.
ZHANG Taisheng, ZHANG Jiwu, LIU Haiyang. Applied analysis of charge protection used by busbar connecting breaker[J]. Relay, 2007, 35(3): 69-72.

[8] 余锐,智全中,宋小舟. 母线充电保护研究及其应用[J]. 继电器, 2006, 34(9): 9-12.
YU Rui, ZHI Quanzhong, SONG Xiaozhou. Research and application of busbar charge-protection[J]. Relay, 2006, 34(9): 9-12.

[9] 宋小舟,操丰梅,胡翔. 基于第三差动的双母线运行方式纠错方法[J]. 电力自动化设备,2004,24(4):83-85.

- SONG Xiaozhou, CAO Fengmei, HU Xiang. Error rectification for dual-busbar operation mode based on third differential current [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(4): 83-85.
- [10] 于子重, 张俊山, 赵世斌. 微机母线保护运行方式自适应方案分析[J]. 继电器, 2003, 31(8): 51-53.
- YU Zizhong, ZHANG Junshan, ZHAO Shibin. Analysis on the adaptive scheme of operation mode of microcomputer-based busbar protection[J]. Relay, 2003, 31(8): 51-53.
- [11] 甄洪沃, 尹项根, 杨经. 操作隔离开关对中阻抗及微机母线保护选择性的影响[J]. 电力自动化设备, 2001, 21(5): 12-14.
- ZHEN Hongwo, YIN Xianggen, YANG Jingchao. Effect of isolator operation on medium impedance and digital bus-bar protection selectivity[J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(5): 12-14.
- [12] 吴怀诚, 王巍. 微机型母线保护存在的若干问题及解决方案[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(20): 78-82.
- WU Huaicheng, WANG Wei. Problem of microprocessor-based bus-bar protection and settlement[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(20): 78-82.
- [13] 王同发, 罗俊. 双母双分段接线中母联和分段失灵及死区故障时母差保护动作行为分析[J]. 江苏电机工程, 2009, 28(2): 16-19.
- WANG Tongfa, LUO Jun. Analysis of bus differential protection action on bus coupler and subsection malfunction and dead-zone fault in dual-bus dual-subsection connection[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2009, 28(2): 16-19.

(责任编辑: 李 玲)

作者简介:

李铁仲(1960—), 男, 北京人, 工程师, 主要从事保护设备的研究与管理工作。

Discussion on 500 kV bus protection configuration of Three Gorges right bank hydropower station

LI Tiezhong

(Beijing Electric Power Corp., Beijing 100031, China)

Abstract: The one-and-half breaker scheme is applied to 500 kV bus of Three Gorges right bank hydropower station and its main bus is equipped with the segment switch. The on-off state of the segment switch is taken as the state of its position contact or hard strap, but these auxiliary binary variables cannot truly reflect its actual state, which may lead to bus protection malfunction, especially when there is signal error or misoperation. The problems existed in current configuration scheme are analyzed and the solution is proposed: as the segment switch is equipped with CTs at both sides and several differential protections with different selection ranges are configured in bus protection, the method of digital logic circuit analysis is used to obtain the operational mode of segment switch by analyzing the logic combination of differential operating data, which can truly reflect its actual state.

Key words: bus protection; Three Gorges hydropower station; selectivity; segment switch; 500 kV