

浅析中阻抗母线差动保护整流回路反措

韩卫民¹, 杨乘胜²

(1. 花都供电分公司, 广东 广州 510800; 2. 国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 介绍了中阻抗母线差动保护原理, 定性分析推理了中阻抗母线差动保护的制动特性, 明确了保证中阻抗母线差动保护正常工作的必要条件, 结合现场事故情况, 从而验证了该保护整流回路的反事故措施, 并浅析其必要性。

关键词: 中阻抗母线差动保护; 制动特性; 整流回路; 反措; 必要性

中图分类号: TM77 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2004)23-0069-03

0 引言

中阻抗母线差动保护在上世纪八十年代中期通过国家部级鉴定, 在当时的历史条件下, 其技术指标达到国际水平。该套保护在原理及使用方面有其先进性, 在国内的使用数量也较多。

花都供电公司从 1995 年开始使用中阻抗母线差动保护, 该保护在原理及使用方面比比相式母线差动保护均有较大提高。公司现有的 3 套中阻抗母线差动保护累计经受了数十次区外故障, 二次区内故障考验, 正确动作率为 100%。今年在广东省某变电站的 110 kV 线路发生短路故障, 导致该站中阻抗母线差动保护误动, 从事故调查的报告来看, 主要原因是整流回路中的大功率二极管被反向击穿造成的, 省中调针对这个事故开展了中阻抗母线差动保护中的整流二极管进行测试及更换的反措。在这里, 结合保护原理定性分析这次反措的必要性。

1 中阻抗母线差动保护原理

中阻抗母线差动保护装置采用电流瞬时值测量、比较为基础, 区内故障时差动元件、启动元件抢先于电流互感器饱和前动作, 故障测量时间短, 其核心是带比率制动特性的中阻抗型电流差动继电器。整组动作时间都很短, 保护整组动作时间小于 10 ms, 有利于电力系统的稳定运行。

下面对中阻抗母线差动原理进行简介, 中阻抗母线差动保护原理基于以下准则:

- 1) 在电流互感器不发生饱和现象时, 测量回路测量到的各单元电流之和在正常运行及母线外部发生故障时为零; 在母线内部发生故障时为各短路电流之和。
- 2) 电流互感器因暂态分量中的直流分量或很

大的短路电流造成饱和时, 其二次回路阻抗将下降; 全饱和时二次输出电流为零, 此时, 电流互感器二次回路的总阻抗可以用一个总的直流电阻来代替(主要为主变流器二次绕组电阻及电缆电阻)。

3) 对母线内部故障而言, 空载线路的电流互感器二次回路阻抗可以用相当大的励磁电抗来代替。

4) 无论一次流过多大电流, 线路电流互感器在故障的最初瞬间不会发生饱和, 在 1/4 ~ 1/2 周波内能正确传变一次电流。

为述说方便, 假定母线上只联接 2 个元件, 并且以正半波分析为例。图 1 所示, 差电流 I_c 流过升流器 T_M 一次侧, 其二次电流 I_{c2} 分 I_d 和 I_D 两路, 其中 I_d 流经差动电阻 R_d , 形成差动电压 U_d

$$U_d = I_d \cdot R_d = (n_{TM} \cdot I_c - I_D) \cdot R_d$$

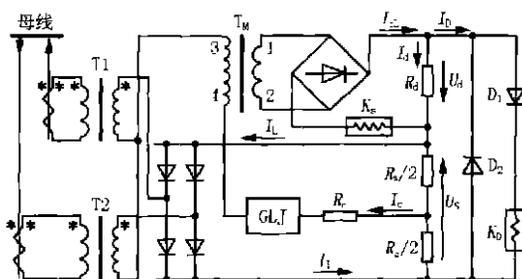


图 1 差回路原理示意图

Fig. 1 Diagram of difference circuit

电流 $(I_T + I_D)$ 流经下半个制动电阻 $R_S/2$, 电流 $(I_T + I_D - I_c)$ 流经上半个制动电阻 $R_S/2$, 共同形成制动电压 U_S :

$$U_S = I_T \cdot R_S - I_c \cdot R_S/2 + I_D \cdot R_S$$

当 $U_d - U_S > U_{D1} + I_D \cdot R_{DR}$ 时, DR 动作。式中, U_{D1} 为 D1 的正向导通电压, I_D 为 DR 的动作电流, R_{DR} 为 DR 的线圈内阻, n_{TM} 为升流器 T_M 的变比。

数学化简后, 可以得出差动继电器 DR 的动作

条件为:

$$I_c = S \cdot I_T + I_K$$

式中: S 为制动系数 ($0 < S < 1$); I_K 为差动元件动作门坎。

$$S = \frac{R_S}{n_{TM} \cdot R_d + R_S/2}$$

$I_k = \frac{R_d + R_S + R_{DR}}{n_{TM} \cdot R_d + R_S/2} \cdot I_D + \frac{U_{D1}}{n_{TM} \cdot R_d + R_S/2}$ 。如忽略二极管 D_1 的正向压降, 并视 DR 动作功率为零, 则 I_K 可忽略不计。此时, DR 的动作方程为: $I_c = S \cdot I_T$, 即当差电流 I_c 达到总电流 I_T 的 S 倍以上时, 差动元件 DR 动作。

根据以上结论, 分析各种母线运行工况下的动作行为:

1) 正常运行或外部故障 (CT 未发生饱和) 时根据准则 1), 此时, 流经装置的总电流: $I_T = I_L = I_1 = I_2$

流经差回路的电流: $I_c = 0 < S \cdot I_T$, 显然 DR, SR 均不动作。

2) 内部故障 (CT 未发生饱和) 时

根据准则 1)、3), 总故障电流全部流经差回路。

$I_c = I_T > SR$ 的动作值, 显然 SR 动作。

此时, $U_d = n_{TM} \cdot I_c \cdot R_d - I_D \cdot R_d$

$$U_S = I_T \cdot R_S/2 + I_D \cdot R_S$$

DR 动作条件为 $U_d - U_S > U_{D1} + I_D \cdot R_{DR}$ 化简可得:

$$I_c = \frac{R_S/2}{n_{TM} \cdot R_d} \cdot I_T + \frac{R_d + R_S + R_{DR}}{n_{TM} \cdot R_d} \cdot I_D + \frac{U_{D1}}{n_{TM} \cdot R_d}$$

$$\text{设 } S = \frac{R_S/2}{n_{TM} \cdot R_d}$$

$$I_K = \frac{R_d + R_S + R_{DR}}{n_{TM} \cdot R_d} \cdot I_D + \frac{U_{D1}}{n_{TM} \cdot R_d}$$

因此, 内部故障时, 差动元件动作方程可表示为:

$$I_c = S \cdot I_T + I_K$$

显然, $S < 1$

表明当内部故障时, 母差制动系数由 S 自动下降到 S , 有利于提高内部故障时母差保护的灵敏度。

图 2 中, 直线 A 为稳定边界线, $I_c = S \cdot I_T$, 直线 B 为动作临界线: $I_c = S \cdot I_T + I_K$; M 区为外部故障可靠制动区, N 区为无意义区, 阴影部分为动作区。

整套母差保护的核心公式就是 $U_d - U_S > I_K$, 当忽略 I_K 的时候, 动作条件相当于 $U_d - U_S > 0$ 。以上繁复的推导, 也可以将 DR 的动作电流 I_D 与引导二

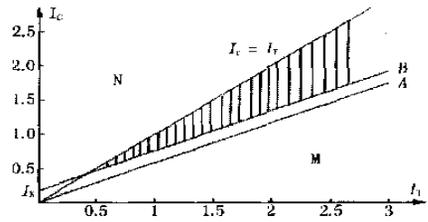


图 2 差动继电器的制动特性图

Fig. 2 Restricted characteristics of differential relay

极管 D_1 的动作电压均忽略为零, 由此推导出的动作特性也一样。当 $U_d > U_S$ 时, D_1 导通, D_2 截止, DR 励磁; 当 $U_d < U_S$ 时, D_1 截止, D_2 导通, DR 不动作。

2 误动原因分析

下面就运行中间隔的整流二极管发生反向击穿, 中阻抗母线差动保护的动作情况进行分析:

发生区外穿越性短路故障时, 当整流回路中相对应的一对二极管 (D_{21}, D_{22}) 反向击穿后, 该回路等同电阻为零的导线, 制动电阻两端电势相等, 此时制动电压 $U_S = 0$ V。短路电流大部分被该对二极管损坏的回路所短路, 小部分流过差动回路, 形成差流 I_c , 两者之间的大小关系除了与装置本身各回路的阻抗特性有关, 主要还与故障时各运行线路的等值阻抗大小有关, 具体的数学公式由于缺乏有关参数无法进行定量分析。此时, 相当于母差保护失去制动特性, 一旦差动电流大于动作门槛, 母差保护就可以动作。

对于整流回路中的一只二极管 (D_{11}) 击穿后, 制动电压为流经上半个制动电阻所产生的压降, 制动电压 U_S 的方向与差动电压 U_d 的方向相同, 制动电压反而对差动元件产生动作助增的作用, 比上一种情况更加容易使保护误动。

整流回路二极管发生反向击穿的危害。

- 1) 使正常的二极管承受的反向电压增大一倍。
- 2) 使正常的二极管承受的正向导通电流增大一倍。
- 3) 使整套保护失去制动特性, 区外故障时, 差动保护可能误动。差动保护动作特性曲线变为一条平行直线, 差流与外部故障电流的大小及当时运行方式有关。

厂家基于对整流回路中二极管选型考虑了较高的裕度, 认为整流回路中的二极管击穿的可能性较低, 在调试大纲中对母线差动保护的制动特性不求用户测试, 可以说, 整流回路中二极管的正常与

否,是保证母线差动保护制动特性的前提条件。

在此次中阻抗母线差动保护误动后开展的反措的过程中,花都供电公司其中一套保护的差流整流回路中的二极管发生接近软击穿现象,用 500 V 摇表测量,仅 5 M Ω 。根据故障时短路电流在整流回路中的分配情况,在短路电流较大的枢纽变电站,某只二极管将承受所有的故障电流的总和,在短路电流较大时,会导致二极管损坏,并造成其他二极管工作条件恶劣,二极管元器件损坏的情况增加,使事故扩大。

所以此次中阻抗母线差动保护整流回路中二极管开展的反措是很有必要的,而且在执行反措的过程中,还对差电流整流回路、引导二极管等相关回路进行了检查,因为这些二极管的作用同样很重要。但由于中阻抗母线差动保护整流回路的二极管存在老化损坏的可能,而且在运行中无法进行实时监测,为了防止类似事故的发生,建议在今后安排更换为微机型母差保护。

Simply analyzing the countermeasure of mid-impedance bus differential protection s rectifying circuit

HAN Wei-min¹, YANG Cheng-sheng²

(1. Huadu Power Supply Branch, Guangzhou 510800, China; 2. Guodian Nanjing Automation Co., Ltd, Nanjing 210003, China)

Abstract: The theory of mid-impedance bus differential protection is introduced and its restricted characteristics are qualitatively analysed and inferred. The necessary condition of the bus protection s normal working is pointed out. According to the local accident instance, the necessity of countermeasure to the protected rectifying circuit is rectified and analysed.

Key words: mid-impedance bus differential protection; restricted characteristics; rectifying circuit; countermeasure; necessity

(上接第 61 页 continued from page 61)

- [3] Voith-Siemens Relay Protective Guide 027[Z]. 2003.
- [4] 史世文(SHI Shi-wen). 大电机继电保护(Protection for Large Generator)[M]. 北京:水电出版社(Beijing: Water and Electricity Publishing Company), 1987.
- [5] 史世文(SHI Shi-wen). 大型发电机失步保护及低阻抗保护探讨(Discussion of Out-of-step Protection and Low Impedance Protection for Large Generator)[J]. 电力自动化设备(Electric Power Automation Equipment), 1981, 1(2): 23-25.
- [6] 王维俭,候炳蕴(WANG Wei-jian, HOU Bing-yun). 大型机

3 结论

由于晶体管保护元件的不可靠性造成了保护的误动,除了继续改进硬件回路、增强继电保护人员的水平外,使用先进可靠的保护,才能避免事故的再次发生。

参考文献:

- [1] 贺家李(HE Jia-li). 继电保护原理(The Theory of Relay Protection)[M]. 天津:天津大学出版社(Tianjin: Tianjin University Press), 1988.

收稿日期: 2004-03-19; 修回日期: 2004-08-12

作者简介:

韩卫民(1972 -),男,工程师,从事继电保护运行管理、整定计算工作; E-mail: hdhwm@21cn.com

杨乘胜(1977 -),男,助理工程师,从事变电站综合自动化设计工作。

组继电保护原理与实践(Theory and Practice of Protection for Large Unit)[A]. 中国电机工程学会(Chinese Society for Electrical Engineering). 1990.

收稿日期: 2004-03-31; 修回日期: 2004-04-20

作者简介:

吴启仁(1972 -),男,硕士研究生,目前从事电力系统及其自动化继电保护研究; E-mail: wu-qiren@ctgpc.com.cn

尹项根(1956 -),男,博士导师,教授,主要从事电力系统继电保护、变电站综合自动化等研究。

Out-of-step protection for hydro-generators of power plant at Three Gorges left bank

WU Qi-ren, YIN Xiang-gen

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Out-of-step protection equipped with VGS hydro-generators of Three Gorges power plant, which came to commission in 2003, is introduced. Thereinto, principle, logic and parameters setting of out-of-step protection are detailed. The impedance settings and maximum frequency power swing in parameters setting are discussed.

Key words: generating units; out-of-step protection; logic of out of step protection; parameters setting