

一起主变后备保护拒动事故分析及改进措施

刘志仁, 殷志, 鲍有理

(国网无锡供电公司, 江苏 无锡 214061)

摘要: 针对一起变压器后备保护越级跳闸事件, 依据现场动作信息、故障录波数据、现场保护整定值, 分析了事故发生的原因, 即线路保护损坏以及母线电压过高造成主变低后备保护复压闭锁拒动最终导致主变高后备保护越级跳闸。为预防此类事故, 提出了修改现有主变后备保护逻辑, 新增基于时间的低电压元件的改进措施, 并给出了基于时间的低电压元件的建议动作方程。

关键词: 主变保护; 保护拒动; 复压闭锁; 基于时间的低电压元件

中图分类号: TM772

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2016)05-0080-03

为了提高主变后备过流保护灵敏度, 防止变压器过载时引起保护装置误动, 通常变电站主变各侧均配置经复合电压闭锁的过电流保护^[1-3], 由复合电压元件、过电流元件以及时间元件构成, 作为被保护设备及相邻设备相间短路故障的后备保护。复合电压元件包含低电压元件以及负序电压元件。对于电网不对称故障, 可以由低电压元件或者负序电压元件开放; 对于电网三相短路对称故障, 只能由低电压元件开放。文中结合一起事故分析, 说明在电网经高阻三相接地对称故障下, 由于变电站母线电压较高, 可能不满足低电压元件动作条件导致主变后备保护闭锁, 无法切除故障, 最终造成故障范围扩大, 并提出了相应的改进方案。

1 事故过程

某 110 kV 变电站 2 台主变各自带 10 kV 两段母线分列运行, 10 kV 分段 120 开关为分位, 运行方式如图 1 所示。

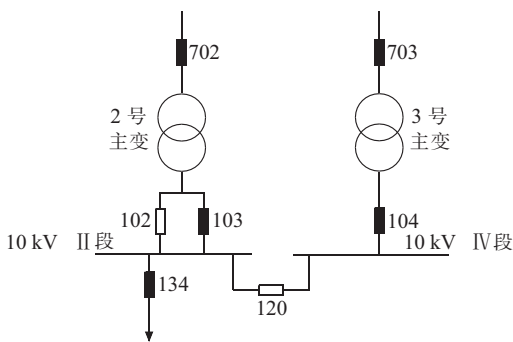


图 1 变电站事故前运行方式

2016 年某日, 该 110 kV 变电站 10 kV 系统发生故障, 系统发出单相接地信号, 选线装置选线结果为 134 线路接地, 随后 2 号主变低后备乙开关 (103 开关) 保护启动, 2 号主变高后备保护启动, 约 1.8 s 后, 2 号主变高后备保护动作, 跳开 2 号主变两侧开关。

运维人员至现场后检查保护装置, 发现所有线路保护、2 号主变低后备保护动作灯均未点亮, 2 号主变高后备保护动作灯亮。检查结果表明, 134 线开关柜外观、电流互感器诊断性试验、开关柜诊断性试验、开关分合试验、低电压动作特性试验、机械特性试验、电流互感器二次回路试验均未发生异常; 134 线保护装置采样板损坏, 经更换采样板后保护装置 134 线各项功能及带开关整组试验均恢复正常。

2 号主变高、低后备定值如表 1 所示。依据定值设置, 若 2 号主变低压侧发生故障, 则故障后 0.9 s 低后备保护过流 I 段动作, 跳开低压侧分段 120 开关; 若故障未切除, 则故障后 1.2 s 低后备过流保护 II 段动作, 跳开 2 号主变次总 102、103 开关; 若故障仍未切除, 则故障后 1.8 s 2 号主变高后备过流保护 I 段动作, 跳开主变各侧开关。其中 2 号主变低后备保护为经复压元件闭锁的过流保护, 由于 2 号主变高压侧没有电压互感器, 高后备保护为纯过流保护, 不经复压元件闭锁。

表 1 2 号主变高低后备保护定值

定值名称	整定值 (一次/二次值)	备注
低后备过流 I 段定值 /A	4124/4.96	0.9 s 跳分段 120
低后备过流 II 段定值 /A	4124/4.96	1.2 s 跳次总 102、103
低后备低电压定值 /V	60	
低后备负序电压定值 /V	6	
高后备过流 I 段定值 /A	472.3/3.94	1.8 s 跳主变各侧开关

根据检查情况确认, 由于 134 线发生故障, 线路保护装置损坏导致 2 号主变越级跳闸。依据定值设置在线路保护拒动下应该由 2 号主变低后备保护动作跳开 2 号主变低压侧 103 开关, 但现场 2 号主变低后备保护未动作, 而直接由 2 号主变高后备保护动作跳开 2 号主变两侧开关, 需要进一步调查分析。

现场决定通过分段 120 开关对 10 kV II 段母线恢复供电, 将 2 号主变申请检修后对相关二次设备及回路进行检查分析。

2 事故原因分析

2.1 主变低后备保护动作分析

此次故障点位于 10 kV 线路 134, 故障后 2 号主变低后备 103 保护正常启动, 由于 134 线路保护采样板损坏导致线路保护拒动, 2 号主变低后备 103 保护应动作跳开 2 号主变低压侧 103 开关, 但事实上 2 号主变低后备 103 保护始终处于启动状态, 并未动作。

现场调阅 2 号主变低后备 103 保护故障录波, 如图 2 所示。从录波图中可以看出, 故障在 3 个周波后发展为三相故障, 负序电压消失, 主变低后备保护复压闭锁中的负序电压判据不满足。另外由于故障电流较小, 仅为主变额定值的 2.2 倍左右, 导致正序电压下降有限, 正序电压最小值在 76 V 左右, 不满足主变低后备保护复压闭锁中的低电压判据(定值为 60 V), 因此主变低后备 103 保护的复压闭锁元件未能开放保护, 导致 2 号主变低后备 103 保护启动后未能动作跳闸。

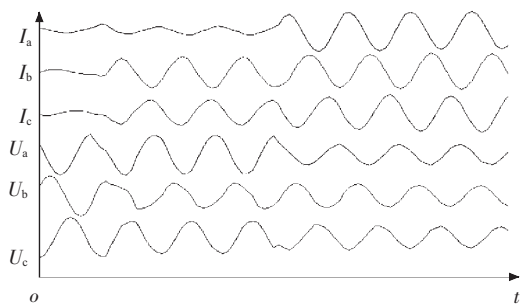


图 2 2 号主变低后备 103 保护故障录波图

2.2 主变高后备保护动作分析

2 号主变低后备 103 保护拒动后, 最终由 2 号主变高后备保护动作跳开主变各侧开关切除故障。该站主变高压侧无电压互感器, 因此现场将 2 号主变低压侧电压接入主变高后备保护, 同时停用 2 号主变高后备复压闭锁功能, 将过流保护定值适当调高。2 号主变高后备保护录波图如图 3 所示, 从录波图可以看出, 故障电流为 5.25 A, 1.84 s 后 2 号主变高后备保护动作。

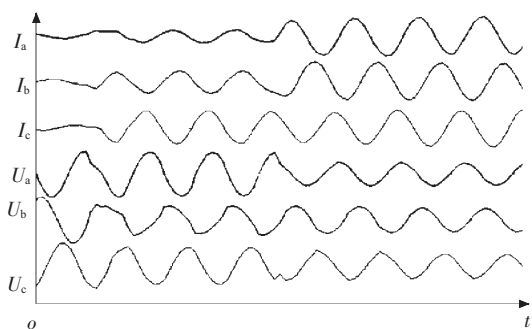


图 3 2 号主变高后备保护故障录波图

若 2 号主变高压侧配置电压互感器, 其电压接入 2 号主变高后备保护, 同时保护启用复压闭锁功能。该次故障下 2 号主变低压侧二次电压最低值为 76 V, 由于主变较大阻抗的存在, 2 号主变高压侧二次电压必

定高于 76 V, 按照主变后备保护低电压定值 60~70 V 整定^[4], 2 号主变高后备、低后备保护均会拒动, 最终导致故障无法切除, 严重影响电网及设备安全。

3 改进措施

为解决当主变中、低压侧母线及相邻设备发生经高阻三相对称短路故障, 母线电压残压较高, 造成主变各侧后备保护拒动的问题, 文中不更改主变保护装置硬件, 通过修改装置程序逻辑达到防止主变后备保护拒动的目的。主变后备保护在保留原有保护逻辑功能的基础上新增一段基于时间的复压闭锁过电流保护, 该电流保护经基于时间的低电压判据闭锁, 即当被保护设备发生故障, 保护采集电流显著增大造成过流元件动作后, 需要满足基于时间的低电压判据方可动作切除故障。其中对于基于时间的低电压元件, 其动作方程应满足以下要求。

(1) 设置一个电压定值 U_{FXzd} 及一个时间定值 t_{FX1} , 其中 t_{FX1} 为基于时间的复压过流保护起始动作时间, 其整定值应躲开各类涌流造成的电压暂降, 可与后备保护最末段复压闭锁过流保护动作时间相一致; U_{FXzd} 为 t_{FX1} 时刻的最大动作电压, 低于此电压即可开放复压闭锁。

(2) 设置一个时间定值 t_{FX2} , 为基于时间的复压过流保护最长动作时间, 可以按照一次设备最大故障耐受时间取值, 此时刻的最大动作电压 U_{FX} 为:

$$U_{FX} = K_{FX} U_{min} \quad (1)$$

式中: K_{FX} 为可靠系数, 可以根据现场实际取 0.9~0.95, U_{min} 为系统最低运行电压。

(3) 基于时间的低电压继电器的最大动作电压随着时间变化逐渐升高, 呈现基于时间变化的特性。基于时间的低电压继电器的动作特性如图 4 图所示。

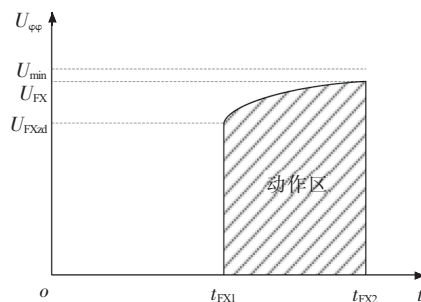


图 4 基于时间的低电压元件动作特性图

新增基于时间的低电压元件后主变复合电压闭锁过电流保护逻辑如图 5 所示。从图中可以看出, 在保留复压过流保护原有逻辑的基础上新增一段基于时间的复压过流保护, 方向正确指的是保护装置判别故障方向为整定正方向, 满足基于时间的低电压判据指的是满足基于时间的低电压元件的动作方程要求。

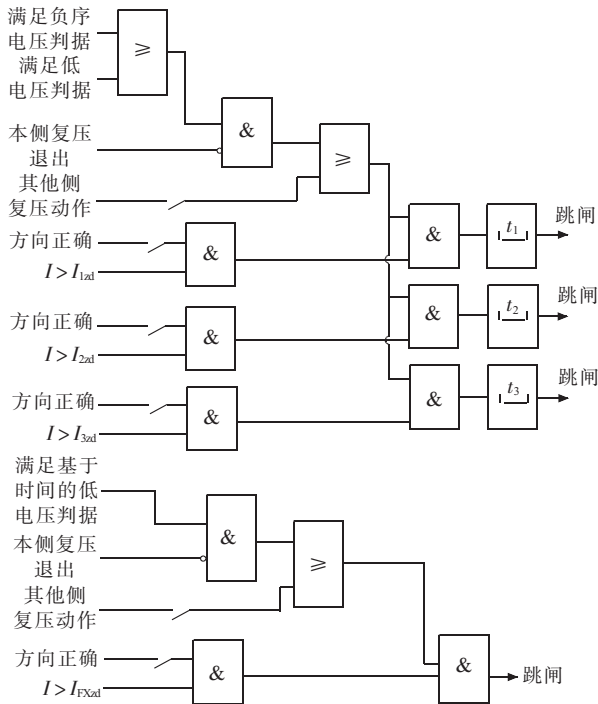


图5 修改后的主变复压闭锁过流保护逻辑

对于基于时间的低电压元件,其动作电压取所在母线相间电压,随故障时间 t 呈基于时间变化的特性,动作特性需与如图4所示相一致。

建议选取自然指数形式方程作为低电压元件的动作方程,在 t_{FX1} 时刻动作电压应为 U_{FXzd} ,在 t_{FX2} 时刻动作电压为 U_{FX} ,由此可以推导出动作方程如下:

$$U_{\varphi\varphi} = \frac{U_{FXzd} - K_{FX} U_{\min}}{e^{\frac{t}{t_{FX1}}} - e^{\frac{t}{t_{FX2}}}} + U_{FXzd} - \frac{U_{FXzd} - K_{FX} U_{\min}}{e^{\frac{t}{t_{FX1}}} - e^{\frac{t}{t_{FX2}}}} e^{\frac{t}{t_{FX1}}} \quad (2)$$

式中: $U_{\varphi\varphi}$ 为相间电压,公式内变量含义如上文所述。该动作方程的动作特性与上文及图4所述相一致,呈现基于时间变化的特性。

对于文中所述案例,2号主变低后备保护,可以按照式(2)选取电压动作方程,其中 U_{\min} 取90V, K_{FX} 取0.95, U_{FXzd} 按2号主变低后备保护低电压整定值取60V, t_{FX1} 按2号主变低后备保护跳低压侧开关时限取1.2

s, t_{FX2} 按主变最长抗短路电流时间取2s,则有:

$$U_{\varphi\varphi} = \frac{60 - 0.95 \times 90}{e^{\frac{1.2}{2}} - e^{\frac{t}{2}}} e^{\frac{t}{2}} + 60 - \frac{60 - 95 \times 90}{e^{\frac{1.2}{2}} - e^{\frac{t}{2}}} e^{\frac{1.2}{2}} \quad (3)$$

该故障发生后2号主变低后备103保护二次电压为76V,若采用式(3)基于时间的低电压元件,则1.4s后2号主变低后备103保护可以满足基于时间的低电压判据,开放保护跳开2号主变103开关,解决了故障后母线残压过高造成后备保护拒动的问题。

4 结束语

在电网发生三相经高阻接地故障下,由于变电站母线电压三相对称且残压较高,可能因复压元件闭锁造成主变后备保护拒动,最终造成事故持续时间增长,事故范围扩大,文中所述主变高后备保护越级跳闸正是由于以上原因造成。为解决上述问题,提出一种解决方案,在不更改主变保护装置硬件的前提下,仅通过修改装置程序逻辑,新增一段基于时间的复压过流保护,既可以躲开各类涌流造成的电压暂降,又可以提高低电压元件的动作电压,满足三相故障下主变后备保护复压闭锁低电压元件灵敏度的要求。

参考文献:

- [1] 江苏省电力公司.电力系统继电保护原理与实用技术[M].北京:中国电力出版社,2006:442-449.
- [2] 国家电力调度通信中心.国家电网公司继电保护培训教材[M].北京:中国电力出版社,2009:522-528.
- [3] 刘沪平,陈恒祥,田辉,等.复压闭锁引起的变压器后备保护死区分析[J].江苏电机工程,2010,29(6):47-50.
- [4] 邹圣权,张振,魏宝林.变压器复压闭锁过流保护整定探讨[J].湖北电力,2012,36(5):30-31.

作者简介:

刘志仁(1984),男,江苏无锡人,工程师,从事变电站二次技术工作;

殷志(1986),女,江苏常州人,工程师,从事变电站运维工作;

鲍有理(1966),男,安徽安庆人,研究员级高级工程师,从事电力系统继电保护技术管理工作。

A Mal-function Failure Analysis and Improvement of the Backup Protection of a Transformer

LIU Zhiren, YIN Zhi, BAO Youli

(State Grid Yancheng Power Supply Company, Wuxi 214061, China)

Abstract: Taking use of the equipment act information, fault record data and setting values of protection equipment, the reason for the override trip of the transformer's backup protection is found. The paper has described the accident process. Because of damaged line protection and extortionate bus voltage, the compound voltage locking unit of the backup protection of the main transformer low voltage side refused to act, and the override trip of the backup protection of the main transformer high voltage side took place. In order to prevent accidents like this, improvements of the existing main transformer backup protection were proposed, that is revising action logic and adding time-based low voltage unit whose action equations had been given in the paper.

Key words: main transformer protection; mal-function of protection; compound voltage locking; time-based low voltage unit