

系统合环中工频变化量方向保护误动分析

吴 千, 王星浩, 夏传帮, 王 瑞

(温州电业局, 浙江 温州 325000)

摘要: 针对某 220 kV 线路在恢复送电过程中变电所侧 RCS-901A 纵联保护误动, 根据线路两侧现场实测的故障录波波形和数据, 判断出误动是由于发电厂侧收发信机的光电耦合器被击穿, 导致收发信机一直处于听信状态。详细分析了 RCS-901A 型微机保护工频变化量方向纵联保护动作及保护装置在手合过程中工频变化量方向继电器工作原理, 指出使用 RCS-901A 型微机保护的线路, 在线路送电过程中一定要保证收发信机和高频通道的正常工作, 才能避免类似误动事故的再次发生。

关键词: 工频变化量; 方向继电器; 收发信机; 误动

Analysis about a misoperation of directional protection for power-frequency variable in connection of power system

WU Qian, WANG Xing-jie, XIA Chuan-bang, WANG Rui

(Wenzhou Electric Power Bureau, Wenzhou 325000, China)

Abstract: RCS-901A longitudinal protection on the side of substation misoperated during the 220 kV line resumed transmission. According to waveform and data of fault recorder on two sides of the line, misoperation of relay protection is caused by the transceiver on the side of power plant being at the state of signaling-stop at all times, because of breakdown in its optocoupler. This paper analyses the directional protection of RCS-901A microcomputer for power-frequency variable and the theory about the operation of directional relay for power-frequency variable while the protector is manually engaged, and points out the occurrence of misoperation can be avoided only by ensuring normal operation of both transceiver and high-frequency channel while electric power is being transmitted in the power lines protected with RCS-901A microcomputer.

Key words: power-frequency variable; directional relay; transceiver; misoperation

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)18-0113-04

0 引言

2000年5月25日,某220 kV线路在恢复送电过程中,变电所侧先合闸,发电厂侧后合环,此时变电所 RCS-901A 纵联保护误动,三相跳闸。变电所侧微机保护动作报告显示 RCS-901A 微机保护纵联变化量方向动作,而发电厂侧微机保护动作报告中只显示保护起动。

1 保护误动分析

RCS-901A 微机保护纵联变化量方向动作逻辑框图如图 1 所示。

由图 1, 可以得出, 纵联变化量方向动作应同时满足以下几个条件:

- a. 保护起动元件动作, 即进入故障程序;
- b. 纵联变化量正方向元件动作, 而反方向元件

不动作;

c. 收不到对侧闭锁信号。

上述条件满足经 8 ms 延时, 纵联保护出口。

根据以下分析, 可以得出变电所侧 RCS-901A 微机保护工频变化量方向误动是符合逻辑的。

1.1 合环电流足以使 RCS-901A 微机保护起动

RCS-901A 微机保护起动元件的主体以反应相间工频变化量的过流继电器实现, 同时又配以反应全电流的零序过流继电器互相补充。反应工频变化量的起动元件采用浮动门坎, 正常运行及系统振荡时变化量的不平衡输出均自动构成自适应式的门坎, 浮动门坎始终略高于不平衡输出, 在正常运行时由于不平衡分量很小, 而装置有很高的灵敏度。当系统振荡时, 自动降低灵敏度, 不需要设置专门的振荡闭锁回路。因此, 装置有很高的安全性, 起动元件有很高的灵敏度而又不会频繁起动, 测量元

件则不会误测量。

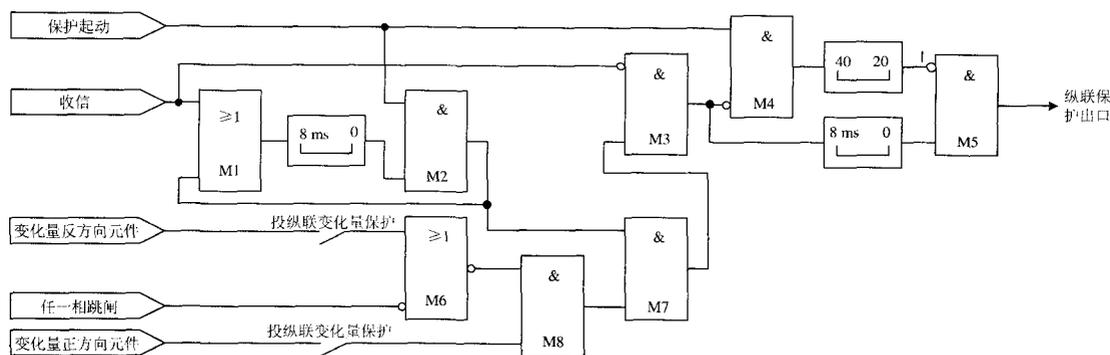


图 1 纵联变化量方向动作逻辑框图

Fig.1 Logic diagram of direction relay for longitudinal variable

a. 电流变化量起动

$$\Delta I_{\Phi\text{MAX}} > 1.25\Delta I_T + \Delta I_{ZD}$$

$\Delta I_{\Phi\text{MAX}}$ 是相间电流的半波积分的最大值， ΔI_{ZD} 为可整定的固定门坎； ΔI_T 为浮动门坎，随着变化量的变化而自动调整，取 1.25 倍可保证门坎始终略高于不平衡输出。该元件动作并展宽 7 s，去开放出口继电器正电源。

b. 零序过流元件起动

当外接和自产零序电流均大于整定值时，零序起动元件动作并展宽 7 s，去开放出口继电器正电源。

同时，保护起动元件与总起动元件相比，增加了一个电流变化量低定值起动元件，用以起动闭锁式方向保护的发信，其判据为：

$$\Delta I_{\Phi\text{MAX}} > 1.125\Delta I_T + 0.5\Delta I_{ZD}$$

电流变化量低定值起动元件动作仍进入正常运行程序，当电流变化量高定值起动元件或零序过流元件动作进入故障测量程序。

从事故后故障录波采集的数据进行分析，在合环时三相电流有一突变，幅值二次值达 3.47A，核对相应的定值，确定足以使保护达到了起动值，两侧保护进入故障程序，并起动发信。

1.2 线路合环时，两侧保护工频变化量方向继电器均感受正方向

1.2.1 工频变化量方向继电器原理

RCS-901A 微机保护使用工频变化量方向继电器作为方向元件，经通道交换信号构成全线路快速跳闸的方向保护，即装置的纵联保护。工频变化量方向继电器测量电压、电流故障分量的相位，当测量相角反相位时动作。

其正方向元件 ΔF_+ 的测量相角为：

$$\phi_+ = \text{Arg} \left[\frac{(\Delta U_{12} - \Delta I_{12} \times Z_{\text{com}})}{(\Delta I_{12} \times Z_d)} \right]$$

其反方向元件 ΔF_- 的测量相角为：

$$\phi_- = \text{Arg} \left[\frac{(-\Delta U_{12})}{(\Delta I_{12} \times Z_d)} \right]$$

其中：下标 12 表示该电气量包括正负序综合分量，无零序分量； Z_d 为模拟阻抗； Z_{com} 为补偿阻抗，当最大运行方式时系统线路阻抗比 $Z_s/Z_L > 0.5$ 时， $Z_{\text{com}} = 0$ ，否则 Z_{com} 取为“工频变化量阻抗”的一半。

当正方向故障时， ϕ_+ 接近于 180° ，正方向元件 ΔF_+ 可靠动作， ϕ_- 接近于 0° ，反方向元件 ΔF_- 不可能动作；而反方向故障时， ϕ_+ 接近于 0° ，正方向元件 ΔF_+ 不可能动作，而 ϕ_- 接近于 180° ，反方向元件 ΔF_- 可靠动作。

1.2.2 线路合环时两侧保护工频变化量方向继电器行为分析

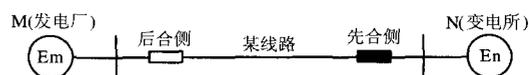
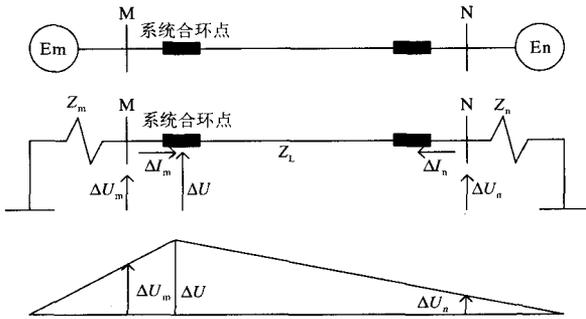


图 2 合环前一次系统图

Fig.2 Schematic diagram of primary system before connection

在系统合环的过程中，电压变化量的最大值 ΔU 出现在系统合环点。对于两侧均采用母线 PT

的线路, 显然两侧保护感受到的电压变化量 ΔU_m 和 ΔU_n 在电压分布图中分别处于 ΔU 的两侧, 如图 3 所示。



注: Z_m 、 Z_n 为电源 E_m 和 E_n 的系统正序阻抗, Z_L 为线路阻抗。

图 3 合环后系统状态分量图

Fig.3 State components diagram of system after connection

对于先合侧 N, 显然有:

$$\Delta U_n = -\Delta I_n \times Z_n$$

$$\phi_+ = \text{Arg} \left[\frac{(\Delta U_{12} - \Delta I_{12} \times Z_{com})}{(\Delta I_{12} \times Z_d)} \right] =$$

$$\text{Arg} \left[\frac{(\Delta U_n - \Delta I_n \times Z_{com})}{(\Delta I_n \times Z_d)} \right] =$$

$$\text{Arg} \left[\frac{(-\Delta I_n (Z_n + Z_{com}))}{(\Delta I_n \times Z_d)} \right] = 180^\circ$$

$$\phi_- = \text{Arg} \left[\frac{(-\Delta U_{12})}{(\Delta I_{12} \times Z_d)} \right] =$$

$$\text{Arg} \left[\frac{(-\Delta U_n)}{(\Delta I_n \times Z_d)} \right] =$$

$$\text{Arg} \left[\frac{(\Delta I_n \times Z_n)}{(\Delta I_n \times Z_d)} \right] = 0^\circ$$

那么对于后合侧, 同理也有:

$$\Delta U_m = -\Delta I_m \times Z_m$$

$$\phi_+ = 180^\circ$$

$$\phi_- = 0^\circ$$

由上分析可知, 两侧保护工频变化量方向继电器均感受正方向。

1.3 发电厂收发信机存在问题

LFX-912 型收发信机采用单频载频直接键控信号调制方式。与常规的闭锁式保护收发信机一样, 正常时, 通道中不传送任何信号; 电力系统出现故

障时, 由保护装置送来起动信号或停止发信信号。在与 RCS-901A 保护装置配合时, 保护装置不单独送来“停止发信”信号, 该信号是通过“起动发信”接点返回来实现的, 其与 RCS-901A 的配合如图 4 所示。

如图 4 所示, RCS-901A 保护装置与 LFX-912 型收发信机配合构成闭锁式纵联保护, 位置停信、其他保护停信、通道交换逻辑都由保护装置实现, 这些信号都应接入保护装置而不接至收发信机, 即发信或停信只能由保护装置发信继电器 FXJ 控制, 其接点 FXJ-1 动作即发信, 不动作即停信。

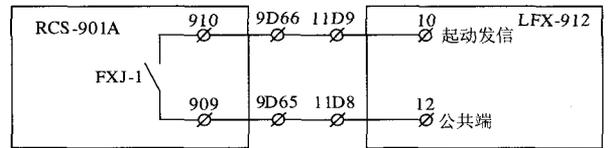


图 4 LFX-912 和 RCS-901A 配合关系图

Fig.4 Relation schema between LFX-912 and RCS-901A

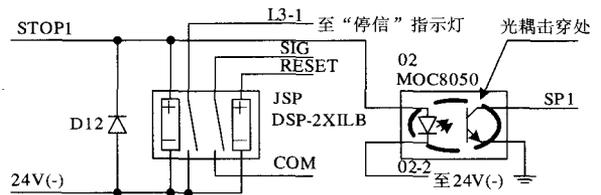


图 5 停信功能原理图

Fig.5 Principle diagram of signaling-stop function

经调查, 此时误动事故的原因为图 5 所示的光电耦合器 MOC8050(02)被击穿, 致使无论从 STOP1 有没有进来电信号, 即发信继电器 FXJ 无论动作与否, 闭锁发信的光信号 SP1 始终处于输出状态, 导致收发信机一直处于停信状态。

1.4 保护动作逻辑分析

1.4.1 发电厂侧保护在手合过程中保护动作分析

如前文 1.2 分析, 线路两侧保护均采用母线 PT, 当后合侧进行系统合环操作时, 线路两侧工频变化量方向元件均判正方向, 显然两侧纵联保护均会起信后停信, 造成线路两侧的纵联保护误动。因此, RCS-901A 型微机保护在手合线路时, 手合侧纵联保护退出运行, 在手合于故障线路时, 靠手合加速保护(如距离 III 段加速, 零序过流加速等)动作跳闸, 切除故障。

在正常情况下, 当跳闸位置继电器 TWJ 动作且判断线路无电流时, 则置手合加速标志, 如果 TWJ 返回或线路有电流且装置起动元件不动作, 经 400

ms 延时清除该标志位。一旦装置启动元件动作且手合加速标志存在,则开放手合加速保护 200 ms,并退出纵联保护,启动收发信机发信。200 ms 后手合加速保护退出,纵联保护投入。通过上述措施,可以保证工频变化量方向纵联保护在手合过程中,两侧保护工频变化量方向继电器均感受正方向的情况下,不发生误动。

从发电厂侧微机保护故障录波报告可以看出,微机保护启动发信继电器,保护启动后,一直处于启动发信状态,而收信继电器仅短时动作。从变电所侧微机保护故障录波报告中可以看出,微机保护启动后启动发信继电器动作,在工频变化量方向元件感受为正方向时,立即停信。通过分析两侧微机保护故障录波报告可以得出结论:发电厂侧 RCS-901A 配合的 LFX-912 型收发信机在合环以前发生异常,在整个合环过程中,因为停信功能的光耦被击穿,导致一直处于停信状态。

1.4.2 变电所侧保护动作分析

由于发电厂侧 LFX-912 型收发信机一直处于停信状态,使得变电所侧 RCS-901A 型微机保护满足了纵联变化量方向动作的三个条件,因此在该线路合环过程中,发生误动跳闸。

2 结论

通过以上分析可以看出,对于使用 RCS-901A 型微机保护的线路,在线路送电过程中,一定要保证收发信机和高频通道的正常工作,才能避免类似事故再次发生。

(上接第 112 页 continued from page 112)

的 220 kV 母线单相短路电流,但是更换 500 kV 自耦变为非自耦变的作用比较大,而更换 220 kV 站内的自耦变为非自耦变作用比较小。对于现有的变电站,这种方法耗资比较大,对于新建变电站,500 kV 主变采用非自耦变以控制 220 kV 母线单相短路电流的方法,在技术和经济上都还需要认真考虑。因此,仅就降低 220 kV 母线单相短路电流而言,采用 500 kV 自耦变加装小电抗的措施是很有效的。改变电网运行方式则既可降低 220 kV 母线单相短路电流又能降低三相短路电流。

参考文献

[1] 刘万顺. 电力系统故障分析[M]. 北京: 中国电力出

参考文献

- [1] 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. The Theory and Technique of High Voltage Network Protection(Third Edition)[M]. Beijing: China Electric Power Press,2005.
- [2] 南京南瑞继保电气有限公司. RCS-901A(B.D)型超高压线路成套保护装置技术说明书[Z].2002.
NARI-Relays Electric Corporation Limited. Technical Manual for RCS-901A(B.D) Protection Equipment of Extra-high Voltage Transmission Line[Z].2002.
- [3] 于桂华. 微机保护装置中工频变化量方向元件的应用[J]. 电站系统工程,2004,20(4): 63.
YU Gui-hua. Application of Directional Element for Power-frequency variable at PC Protection[J]. Power System Engineering,2004,20(4): 63.
- [4] 南京南瑞继保电气有限公司. LFX-912、LFX-913 继电器保护专用收发信机[Z].2007.
NARI-Relays Electric Corporation Limited. LFX-912 LFX-913 Transceiver Specially Used for Relay Protection[Z].2007.

收稿日期: 2007-10-18

作者简介:

吴千(1980-),男,工学硕士,工程师,从事继电保护和变电站自动化工作; E-mail: tinyqianqian@126.com

王星洁(1981-),男,工学学士,助理工程师,从事继电保护和变电站自动化工作;

夏传帮(1980-),男,工学学士,助理工程师,从事继电保护和变电站自动化工作。

出版社, 1986.

LIU Wan-shun. Power System Fault Analysis[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1986.

收稿日期: 2007-11-13; 修回日期: 2008-01-16

作者简介:

江林(1974-),女,硕士,工程师,从事电力系统分析计算工作; E-mail: jiang_lin@jsepc.com.cn

王自强(1979-),男,助理工程师,长期从事电力系统现场运行及继电保护工作;

张庆庆(1983-),女,整定计算专责,长期从事电力系统继电保护工作。