

电网备自投稳控装置在电网中的研发应用

刘继安¹, 王书杰², 江舰³

(1. 濮阳市电业局, 河南 濮阳 457000; 2. 登峰市电业局, 河南 登峰 452470; 3. 许继电气股份公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 针对由于电网网架薄弱、变电站进线电源满足不了电网 N+1 要求而引发的电网事故, 结合电网的实际情况, 从电网接线方式上分析了存在的安全隐患, 在网架暂不能完善的前提下, 提出了从二次来弥补的解决方案, 在两所变电站都安装电网备自投稳控装置, 两套电网备自投稳控装置通过光纤通信, 通过对电网备自投稳控装置的研发分析了电网备自投和光纤通道的配置原理、需要的模拟量、运行方式的判别、启动、动作逻辑过程、电网过负荷联切、通信接口的要求。

关键词: 电网备自投稳控装置; 接线方式; 配置; 原理; 动作逻辑

Research and application of stand-by power auto-switch-on control device

LIU Ji-an¹, WANG Shu-jie², JIANG Jian³

(1. Puyang Electric Power Bureau, Puyang 457000, China; 2. Dengfeng Electric Power Bureau, Dengfeng 452470, China; 3. XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: The power grid interconnection is still weak, the power source of the substation can not meet N+1 criteria, which has led to sever fault in the history. Based on the security risks analysis of current power grid topology, a solution is proposed to equip automatic transfer switching and security control devices in two substations with optical fiber communication between them before power grid could be enhanced. Furthermore, the principle and configuration, analog signal needed, operating status detection, pickup, automatic transfer switching logic and procedure, overload inter-trip logic, communication ports requirements of the device and its fiber optical communication channel are researched during the development of the device.

Key words: ATS(automatic transfer switching); stability control; SLD(single line diagram); configuration; principle; operating logic

中图分类号: TM762 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)19-0041-04

0 引言

在电网网架不太坚强的情况下, 电网备自投稳控装置的应用对电网安全稳定运行中起着重要的作用。

目前, 有的变电站电源进线情况有以下几种:

1) 双电源进线: 变电站有双电源。

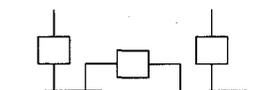


图1 双电源进线

Fig.1 Double power enter line

2) 单线单变: 220 kV 变电站只有一条进线电源, 可通过 110 kV 电网形成电磁环网。

3) 单线联络线: 部分 110 kV 变电站正常运行时只有一条电源进线, 但和另外一所 110 kV 变电站

之间有联络线。

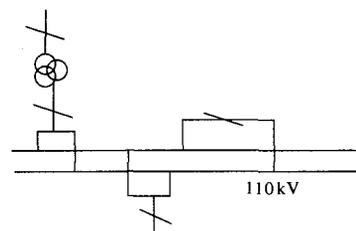


图2 单线单变

Fig.2 Single line with transformer

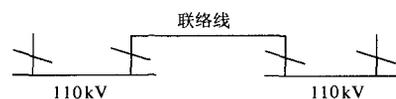


图3 单线联络线

Fig.3 Single contact figure

在方式 1 变电站加装备自投可以实现进线互投和母联自投方式，这是变电站典型的备自投方式；方式 2 和方式 3 实现备自投的难度比较大，在电网发生事故时有可能造成全站失压，损失大量负荷和切除不具备备自投功能的变电站。给电网安全和国民经济造成重大损失。我们根据变电站运行方式，和厂商共同开发电网稳控系统，通过光纤通道实现变电站之间备自投，目前已投入运行，在国内尚属首例，目前运行良好。

在此提出来，供同行们交流，不当之处，希望同行们给予批评指正。

1 实际系统接线方式

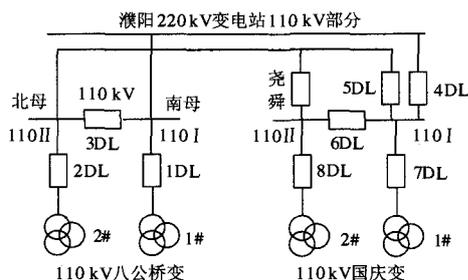


图 4 系统接线图

Fig.4 System diagram

110 kV 八公桥和国庆变分别从濮阳 220 kV 变电站出 1 条 110 kV 进线电源，国庆变 110 kV I 母有 1 条出线去尧舜变，八公桥和国庆变之间有 1 条联络线，正常运行方式由国庆变向八公桥充电，实现电网备投功能后将改成由八公桥向国庆变充电运行。

当 110 kV 濮庆线故障跳闸时，将造成国庆和尧舜变两座 110 kV 变电站全站失压。

2 电网备自投和光纤通道的配置



图 5 电网备自投和光纤通道的配置

Fig.5 Configuration of fiber channel and stand-by power auto-switch-on device

在八公桥变和国庆变各配一套 UFV-200J 电网备自投稳控装置（装置带有专用光纤通信接口）。

3 八公桥侧电网备自投

3.1 装置需要采集的信号

110 kV 两段母线的三相电压

1MU_a、1MU_b、1MU_c（南母）

2MU_a、2MU_b、2MU_c（北母）

#1 主变 110 kV 侧的电流 1I_a， 1I_c

#2 主变 110 kV 侧的电流 2I_a， 2I_c

桥开关 3DL 的电流 3I_a， 3I_c

#1 主变 110 kV 侧开关 1DL 的开关位置信号 1HWJ

#2 主变 110 kV 侧开关 2DL 的开关位置信号 2HWJ

桥开关 3DL 的位置信号 3HWJ

#1 主变 35 kV 侧开关 1ZDL 位置信号 4HWJ，

10kV 侧开关 1DDL 位置信号 5HWJ

#2 主变 35 kV 侧开关 2ZDL 位置信号 6HWJ，

10 kV 侧开关 2DDL 位置信号 7HWJ

外部闭锁信号：#1 和 #2 主变的主变后备保护信号，人为停用闭锁信号。

内部闭锁：零序电压和零序电流大于定值闭锁，装置内部异常闭锁等。

3.2 装置动作逻辑过程

3.2.1 两台主变的运行方式判别

1) #1 主变运行，#2 主变停运判别

1DL 开关在合位 1HWJ=1，#1 主变 110 kV 侧的电流至少有两相电流大于定值 $I \geq I_{s1}$ 。

2DL 开关在分位 2HWJ=0；#2 主变 110 kV 侧的电流至少有两相电流小于定值 $I < I_{s2}$ 。

110 kV 南母三相电压至少有两相大于定值 $U \geq U_s$ 。

满足上述条件的的时间 $t \geq t_s$ ，备自投装置充电。

2) #2 主变运行，#1 主变停运判别

2DL 开关在合位 2HWJ=1，#2 主变 110 kV 侧的电流至少有两相电流大于定值 $I \geq I_{s2}$ 。

1DL 开关在分位 1HWJ=0；#1 主变 110 kV 侧的电流至少有两相电流小于定值 $I < I_{s1}$ 。

桥开关 3DL 在合位 3HWJ=1；

110 kV 两段母线的三相电压至少同时有两相大于定值 $U \geq U_s$ 。

满足上述条件的的时间 $t \geq t_s$ ，备自投装置充电。

3) #1，#2 主变同时运行判别

1DL 开关在合位 1HWJ=1，#1 主变 110 kV 侧的电流至少有两相电流大于定值 $I \geq I_{s1}$ 。

2DL 开关在合位 2HWJ=1；#2 主变 110 kV 侧的电流至少有两相电流大于定值 $I \geq I_{s2}$ 。

桥开关 3DL 在合位 3HWJ=1；

110 kV 两段母线的三相电压至少同时有两相大于定值 $U \geq U_s$ 。

满足上述条件的的时间 $t \geq t_s$ ，备自投装置充电。

3.2.2 动作过程

1) #1 主变运行, #2 主变备用

110 kV 母线电压(南母)至少有两相电压小于定值 $U < U_{s1}$ 。

#1 主变 110 kV 侧的电流至少有两相电流小于定值 $I < I_{s1}$ 。

同时满足上述两个条件的时 $t \geq t_{s1}$,

备自投装置启动: 跳开 1DL; 跳开 3DL;

经延时后(等待两个开关跳开时间) $t \geq t_{s2}$ 。

检查 1DL 和 3DL 开关位置是否在分位。如不在分位, 发出备投失败信号, 备自投放电。

如 1DL 和 3DL 开关位置是在分位, 向国庆 110 kV 变电站发远方备投信号。

国庆变备自投装置收到八公桥发来的信号后, 如国庆变 110 kV I 母线电压正常(至少有两相电压 $U \geq U_s$), 合 5DL 开关。

检查 5DL 是否在合位, 如不在合位, 发出备投失败信号, 备自投放电。

5DL 在合位, 合 2DL (投 #2 主变)。

经 $t \geq t_{s3}$ (等待 2DL 开关合上) 后, 检查八公桥 110 kV 北母电压是否恢复正常, 如恢复正常, 备投成功, 否则失败, 备投放电。

跳开八 #1 变 35 kV 和 10 kV 侧开关, 确认后检查八 #2 变 35 kV 和 10 kV 侧开关, 如开关位置已经在合位, 则不采取措施, 如在分位, 则合上。如八 #1 变 35 kV 和 10 kV 侧开关位置未能分开或者八 #2 变 35 kV 和 10 kV 侧开关未能合上, 则发送失败信号。

2) #2 主变运行, #1 主变备用

110 kV 两段母线电压至少同时有两相电压小于定值 $U < U_{s1}$ 。

#2 主变 110 kV 侧的电流至少有两相电流小于定值 $I < I_{s2}$ 。

同时满足上述两个条件的时 $t \geq t_{s2}$,

备自投装置启动: 跳开 1DL; 跳开 3DL;

经延时后(等待两个开关跳开时间) $t \geq t_{s2}$

检查 1DL 和 3DL 开关位置是否在分位。如不在分位, 发出备投失败信号, 备自投放电。

如 1DL 和 3DL 开关位置是在分位, 向国庆 110 kV 变电站发远方备投信号。

国庆变备自投装置收到八公桥发来的信号后, 如国庆变 110 kV I 母线电压正常(至少有两相电压 $U \geq U_s$), 合 5DL 开关。

经 $t \geq t_{s3}$ 等待 5DL 开关合上后, 检查八公桥 110 kV 北母电压是否恢复正常, 如恢复正常, 备投成功, 否则失败, 备投放电。

3) #1 主变运行, #2 主变运行

110 kV 两段母线电压至少同时有两相电压小于定值 $U < U_{s1}$ 。

#1 主变和 #2 主变 110 kV 侧的电流同时至少有两相电流小于定值 $I < I_{s2}$ 。

同时满足上述两个条件的时 $t \geq t_{s2}$,

备自投装置启动: 跳开 1DL; 跳开 3DL;

经延时后(等待两个开关跳开时间) $t \geq t_{s2}$ 。

检查 1DL 和 3DL 开关位置是否在分位。如不在分位, 发出备投失败信号, 备自投放电。

如 1DL 和 3DL 开关位置是在分位, 向国庆 110 kV 变电站发远方备投信号。

国庆变备自投装置收到八公桥发来的信号后, 如国庆变 110 kV I 母线电压正常(至少有两相电压 $U \geq U_s$), 合 5DL 开关。

经 $t \geq t_{s3}$ 等待 5DL 开关合上后, 检查八公桥 110 kV 北母电压是否恢复正常, 如恢复正常, 备投成功, 否则失败, 备投放电。

4) 电网备自投过负荷联切

备投成功后, 检查濮庆线是否过载, 如过载国庆变备自投将分三轮切除负荷。切国庆 6 路负荷方案如下:

濮庆线功率方向流入国庆变, 即 $P < 0$;

$I_1 > I_{s10}$ $t \geq t_{s10}$ 装置发过载告警信号。

$I_1 > I_{s11}$ $t \geq t_{s11}$ 切除第一轮负荷。

$t \geq t_{s12}$ 切除第二轮负荷。

$t \geq t_{s13}$ 切除第三轮负荷。

5) 主变备自投常规功能

装置还能考虑两台主变的互为备投功能, 这个功能是常规的功能, 不再详细说明。

4 国庆 110 kV 变电站备自投装置

4.1 装置需要采集的信号

110 kV 两段母线的三相电压:

$1MU_a$ 、 $1MU_b$ 、 $1MU_c$ (I 母);

$2MU_a$ 、 $2MU_b$ 、 $2MU_c$ (II 母)。

国庆到濮阳 110 kV 电源线的三相电流 $1I_a$ $1I_b$ $1I_c$;

#1 主变的 110 kV 侧电流 $1I_a$, $1I_c$;

#2 主变的 110 kV 侧电流 $2I_a$, $2I_c$;

国庆到八公桥线路的线路 PT 的单相电压 $3U_a$ 。

国庆到濮阳 110 kV 电源线 4DL 的开关位置信号 4HWJ。

国庆到八公桥线路的 5DL 的开关位置信号 5HWJ。

分段开关 6DL 的电流 $6I_a$, $6I_c$ 。

4DL、5DL、6DL、7DL、8DL 的开关位置信号 4HWJ、5HWJ、6HWJ、7HWJ、8HWJ。

#1 主变 35 kV 侧开关 1ZDL 位置信号 9HWJ, 10 kV 侧开关 1DDL 位置信号 10HWJ。

#2 主变 35 kV 侧开关 2ZDL 位置信号 11HWJ, 10 kV 侧开关 2DDL 位置信号 12HWJ。

外部闭锁信号: #1 和 #2 主变的主变后备保护信号, 人为停用闭锁信号。

内部闭锁: 零序电压和零序电流大于定值闭锁, 装置内部异常闭锁等。

4.2 装置动作逻辑过程

4.2.1 装置充电条件

4DL 开关在合位 4HWJ=1,

5DL 开关在分位 5HWJ=0,

110 kV I 段母线的三相电压至少有两相大于定值 $U \geq U_{s1}$ 。

国庆到八公桥线处于充电状态, 线路 PT 有压 $3U_a \geq U_{s2}$ 。

满足上述条件的时 $t \geq t_s$, 备自投装置充电。

4.2.2 动作过程 (有三种情况)

1) 国庆到濮阳 110 kV 电源线跳闸, 引起备投动作

(1) 110 kV I 段和 II 段母线的三相电压母线电压同时至少有两相电压小于定值 $U < U_{s1}$ 。

(2) 国庆到濮阳 110 kV 电源线的三相电流至少有两相电流小于定值 $I < I_{s1}$ 。

(3) 同时满足上述两个条件的时 $t \geq t_{s1}$, 备自投装置启动, 跳开 4DL, 可联切小电源 (预留 3 路); 经延后 (等待 4DL 开关跳开时间) $t \geq t_{s2}$ 。

检查 4DL 开关位置是否在分位。如不在分位, 发出备投失败信号, 备自投放电。

4DL 开关位置是在分位, 同时, $3U_a \geq U_{s2}$, 合 5DL (投入备用线)

经 $t \geq t_{s3}$ (等待 5DL 开关合上) 后, 检查国庆 110 kV I 段电压是否恢复正常, 如恢复正常, 备投成功, 否则失败, 备投放电。

(4) 电网备自投过负荷联切

备投成功后, 检查濮八线是否过载, 如过载八公桥变备自投将分三轮切除负荷。切八公桥 6 路负荷方案如下: (电流取自 1DL 和 3DL 的合成)

濮八线功率方向流进八公桥变, 即 $P < 0$;

$I_1 > I_{s10}$ $t \geq t_{s10}$ 装置发过载告警信号;

$I_1 > I_{s11}$ $t \geq t_{s11}$ 切除第一轮负荷;

$t \geq t_{s12}$ 切除第二轮负荷;

$t \geq t_{s13}$ 切除第三轮负荷。

2) 收到八公桥备投装置发来的合 5DL 开关命令

收到八公桥备投装置发来的合 5DL 开关命令, 经连续 3 次以上确认正确命令后, 合 5DL 开关。确认 5DL 开关在合位, 远方备投成功, 否则, 备自投失败, 备自投放电。

3) 主变备自投常规功能

装置还能考虑两台主变的互为备投功能, 这个功能是常规的功能, 不再详细说明。

5 通信接口

每套装置提供 1 个 RS485 通信接口, 1 个以太网口, 通信规约使用和现场同样标准的规约。

6 结束语

电网备自投稳控系统已投产使用, 目前在国内尚属首例, 运行情况良好。

总之, 在运行中, 我们要努力去发现和解决问题, 确保护我们的电网能够安全稳定运行。

参考文献

- [1] ABB Network Control & Protection. RADSS Bus Protection[Z].
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用 (第二版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
WANG Wei-jian. Electric Equipment Relay Protection Theory and Application, Second Edition [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [3] 高中德. 超高压电网继电保护专题分析 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1990.
GAO Zhong-de. Special Analysis of Relaying in Super High Voltage Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1990.

收稿日期: 2007-07-16;

修回日期: 2007-08-10

作者简介:

刘继安 (1973-), 男, 工程师, 长期从事继电保护通信自动化工作; E-mail: pylja@tom.com

王书杰 (1968-), 男, 助工, 长期从事电力工程工作;

江舰 (1978-), 男, 主要从事继电保护的设计及科研管理工作。