

消除 330 kV 变压器过载的自动负荷转移控制技术

李少谦, 张孟君, 倪小惠, 胡永利, 王红梅

(咸阳供电局调度所, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 在电网中当负荷超过变压器 n-1 容量要求时, 对于大型变压器如果较长时间超额定容量运行, 很可能造成变压器这一主设备的损坏, 影响电网的安全运行和可靠供电。通过采用变压器负荷自动转移控制技术, 利用相关 110kV 联络线路和备自投装置, 在变压器负荷突增大大超过额定容量这一状况下, 短时间内自动进行负荷转移, 将变压器负荷控制在安全运行状态以内, 确保变压器这一重要一次设备的安全稳定运行。

关键词: 变压器; 超额定容量; 负荷自动转移; 安全运行

Automatic loading transfer control technology to eliminate 330 kV transformer overload

LI Shao-qian, ZHANG Meng-jun, NI Xiao-hui, HU Yong-li, WANG Hong-mei
(Xianyang Power Supply Bureau Dispatching Station, Xianyang 712000, China)

Abstract: When the capacity of main transformer can not satisfy the condition of n-1 in power system, the large-scale transformer works on over rated capacity condition for a long time, it is possible to cause the damage of transformer which affects the safety operation of power system and the reliable power supply. This paper adopts transformer load stability control technology and uses the contact circuit of correlating 110kV and equipment of standby to guarantee that the main transformer transfers load automatically in a short time under the condition of sudden increase of load and control the main transformer load in the safety operation condition, then ensuring the safe stability operation of main transformer.

Key words: main transformer; over rated capacity; load transfer automatically; safety operation

中图分类号: TM41 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)11-0106-03

0 引言

咸阳电网 330 kV 庄头变电站安装了 2 台 240 MVA 自耦变压器, 并且在 110 kV 母线并列运行, 2 台变压器在高峰负荷期间所带负荷在 330~409 MW 之间^[1], 当一台变压器跳闸后, 另一台变压器所带负荷远远超过 1.2 倍变压器额定容量(注: 当变压器所带负荷 $\cos \phi=0.90$ 时, 1.2 倍变压器额定容量对应的有功负荷为 259 MW)。本文通过对庄头变电站 110 kV 出线负荷和负荷自动转移方案的分析研究, 提出了变压器过载自动负荷转移控制技术的基本原理构思和具体实施方案, 以确保另一台变压器所带的负荷能在 10 s 内将有功负荷控制在 259 MW 以内, 确保变压器安全运行。

1 问题的提出

庄头变电站 330 kV 系统为 3/2 接线方式, 110 kV 系统为双母线带旁母接线方式, 运行了 2 台 345 kV/121 kV/10.5 kV 自耦变压器, 单台容量 240

MVA/240MVA/72MVA, 110 kV 出线分别为庄杨线、庄凌线、庄兴 1 线、庄兴 2 线、庄都 1 线、庄都 2 线、庄西线、庄化线、庄罗线、庄茂线共 10 条出线。这 10 条线路在高峰负荷期所带有功负荷在 330~409 MW 之间^[1]。按照变压器运行规定, 当变压器所带负荷为 1.2 倍额定容量时, 变压器可以在此状态下运行 30 min, 如果变压器的负荷功率因数按 0.90 考虑, 此时的有功负荷对于额定容量为 240 MVA 的变压器等于 259 MW。从上面的负荷统计来看, 庄头变电站在负荷高峰期间, 若一台变压器跳闸则另一台运行变压器所带的负荷将远大于 259 MW。此时如果不能很快地将运行的单台变压器的负荷控制在 259 MW 以内, 将会对运行的变压器安全构成直接威胁, 而依靠变电站运行人员通过向设备调管部门汇报来进行手动控制负荷, 很可能由于时间过长造成严重过载的变压器被烧坏。因此为了确保变压器的运行安全, 有必要通过研究 110 kV 出线所带变电站负荷的大小和负荷性质, 通过 110 kV 联络线路和 110 kV 变电站的备自投装置, 在尽可能不损失负荷

的情况下自动进行负荷转移, 迅速将变压器负荷控制在安全运行允许的范围内。

2 变压器所带负荷的分析

(1) 当庄头变电站 2 台变压器共带约 330 MW 负荷时, 各 110 kV 出线所带负荷情况如表 1。

表 1 庄头变电站带 330 MW 负荷时 110 kV 出线负荷分配^[1]

Tab.1 Allotment of 110 kV load at Zhuangtou transformer substation with 330 MW load^[1]

110 kV 出线名称	所带负荷 /MW	所供 110 kV 变电站
庄兴 1 线和庄兴 2 线	60	兴平变电站
庄化线	50	兴化变电站 (用户)
庄都 1 线	66	秦都变电站
庄都 2 线	45	兴城变电站、彩虹变电站 (用户)
庄茂线	33	茂陵变电站
庄罗线	16	罗古村牵引变电站 (用户)
庄西线	10	西吴变电站
庄杨线和庄凌线	50	杨凌变电站、新桥变电站、武功变电站、贞元变电站

(2) 当庄头变电站 2 台变压器共带约 409 MW 负荷时, 各 110 kV 出线所带负荷情况如表 2。

表 2 庄头变电站带 409 MW 负荷时 110 kV 出线负荷分配^[1]

Tab.2 Allotment of 110 kV load at Zhuangtou transformer substation with 409 MW load^[1]

110 kV 出线名称	所带负荷 /MW	所供 110 kV 变电站
庄兴 1 线	82	兴平变电站#1 变压器及 110kV 平礼出线 (礼泉变电站)
庄兴 2 线	56	兴平变#2 变压器及 110kV 兴宋出线 (宋村变电站)
庄化线	50	兴化变电站 (用户)
庄都 1 线	66	秦都变电站
庄都 2 线	46	兴城变电站、彩虹变电站 (用户)
庄茂线	33	茂陵变电站
庄罗线	16	罗古村牵引变电站 (用户)
庄西线	10	西吴变电站
庄杨线和庄凌线	50	杨凌变电站、新桥变电站、武功变电站、贞元变电站

3 负荷自动转移可行性分析

3.1 庄头变电站 2 台变压器共带 330 MW 负荷时, 负荷转移分析^[1]

当庄头变电站 2 台主变共带约 330 MW 负荷时, 此时另一座 330 kV 沔河变电站的 110 kV 沔都线和沔茂线分别作 110 kV 秦都变电站和茂陵变电站的备用电源, 此时沔河变电站 2 台变压器最大带 318~358 MW 有功负荷。若庄头变电站的 1 台变压器跳闸, 可以切掉 110kV 庄都 1 线 (66 MW) 并通过秦都变电站 110kV 都庄 1 开关和都沔开关之间的 CSB21A 备自投装置, 将负荷甩给 110 kV 沔都线; 切掉 110 kV 庄茂线 (33 MW) 并通过茂陵变电站 110 kV 茂庄开关和茂沔开关之间的 RCS-965B 备自投装置, 将负荷甩给 110 kV 沔茂线 (这时沔河变电站 2 台变压器最大有功负荷为 419 MW~459 MW, 基本不影响沔河变电站 2 台变压器的安全运行); 切掉 110 kV 庄西线 (10 MW) 并通过西吴变电站 110 kV 西庄开关和西户开关之间的 CSB21A 备自投装置, 将负荷甩给 110 kV 户西线。这样庄头变电站共切负荷 109 MW, 单台运行的变压器带 221 MW, 不影响变压器的安全运行。

3.2 庄头变电站 2 台变压器共带 409 MW 负荷时, 负荷转移分析^[1]

当庄头变电站 2 台变压器共带约 409 MW 负荷时, 若 1 台变压器跳闸, 从 3.1 的负荷转移分析中可以看出, 此时能转移的最大负荷为 109 MW, 剩余负荷约为 300 MW, 考虑到庄头变电站 110kV 出线负荷重要性和相关受端变电站备投方式, 这时只能切除庄兴 1 线 (82 MW) 或庄兴 2 线 (56 MW)。若切掉庄都 1 线、庄茂线、庄西线、庄兴 1 线, 该方案转移负荷 109 MW, 切除负荷 82 MW, 剩余负荷 218 MW; 若切掉庄都 1 线、庄茂线、庄西线、庄兴 2 线, 该方案转移负荷不变, 切除负荷 56 MW, 剩余负荷 244 MW。两种方案均能满足变压器 1.2 倍额定容量安全运行条件。

4 变压器过载自动负荷转移控制所采用的技术原理和相关实施方案

4.1 变压器过载自动负荷转移控制的技术原理

从以上的分析可以看出, 当 330 kV 变压器的 110 kV 侧供出的负荷超过 1.2 倍额定容量时, 为了防止变压器过载运行时间过长而损坏变压器, 需要切除部分线路负荷, 并通过受端 110 kV 变电站的备自投装置进行负荷转移, 如果主变过载很严重时, 对没条件转移的负荷也要通过过载负荷自动转移控制装置予以切除, 图 1 为变压器负荷自动转移控制装置的原理逻辑图 (说明: I_h 为变压器高压侧电流,

I_m 为变压器中压侧电流)。

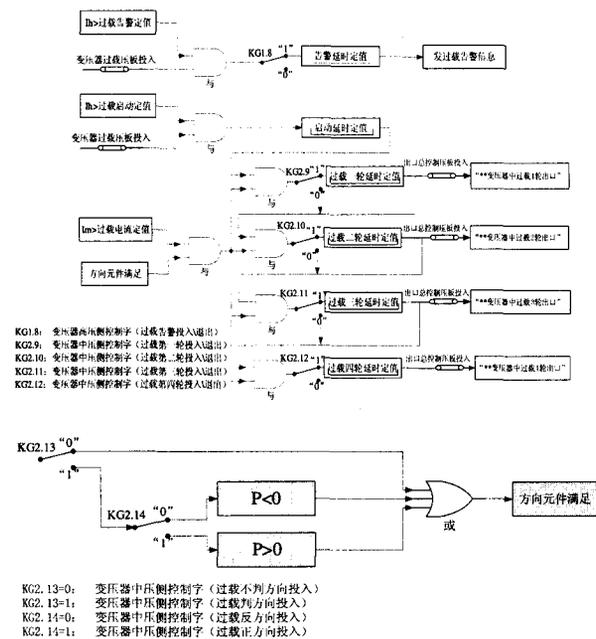


图 1 变压器过载自动负荷转移控制装置的原理逻辑图^[2]
 Fig.1 Principle logical diagram of transformer over load automatic transfer control equipment

(1) 过载告警部分

每台变压器 I_h 取用变压器 330 kV 套管 0.5 级 CT 的 i_a, i_b, i_c 三相电流, I_m 取用变压器 110 kV 套管 0.5 级 CT 的 i_a, i_b, i_c 三相电流。在变压器过载压板投入时, 当变压器 330 kV 侧电流 (i_a, i_b, i_c 三相电流“或”逻辑输出, 以下均相同) 达到 $I_h >$ 过载告警定值, 若过载告警投入, 则经过告警延时发出过载告警信号。

(2) 过载启动部分

当 $I_h >$ 过载启动定值, 在变压器过载压板投入时经启动延时开放过载第一至第四轮的“与”门其中一个条件(采用“与”逻辑可以有效防止单一测量回路误通电流而引起装置误动), 同时开放过载出口跳闸电源。

(3) 过载判断部分

当变压器 110 kV 套管 0.5 级 CT 的 i_a, i_b, i_c 三相电流 (i_a, i_b, i_c 三相电流“或”逻辑输出, 以下均相同) $I_m >$ 过载电流定值, 且装置测量到的变压器 110 kV 侧负荷有功方向满足整定的方向, 在过载启动部分开放过载第一至第四轮的“与”门时, 经过一至四轮的延时出口跳闸。

(4) 出口跳闸选择

每台变压器过载每一轮所跳的出口均可通过跳闸控制字予以选择, 每路跳闸出口一路作用于开关三跳, 一路作用于闭锁开关重合闸。

(5) 定值部分^[3]:

对于 345kV/121kV/10.5kV, 单台容量 240 MVA/240MVA/72 MVA 自耦变压器

$$\text{过载告警电流定值} = \frac{240}{\sqrt{3 \times 345}} = 402 \text{ (A)};$$

$$\text{过载启动电流定值} = 0.8 \times \frac{240}{\sqrt{3 \times 345}} = 321 \text{ (A)};$$

$$\text{过载电流定值} = 1.2 \times \frac{240}{\sqrt{3 \times 121}} = 1374 \text{ (A)}$$

我局电网变压器高后备 II 段时限为 4.3 s, 所以当每轮过载延时级差 $\Delta t = 1$ s 时, 则过载一轮延时 $t_1 = 5.3$ s, 过载二轮延时 $t_2 = 6.3$ s, 过载三轮延时 $t_3 = 7.3$ s, 过载四轮延时 $t_4 = 8.3$ s I_h 过载启动延时 = 5 s, I_h 过载告警延时 = 10 s。

4.2 实施方案

通过对庄头变电站负荷转移可行性分析, 确定了该变电站接入过载负荷自动转移控制装置的相关线路, 并通过下面的实施方案以保证变压器过载负荷自动转移控制装置的安全运行。

变压器负荷自动转移控制装置的跳闸方案和相关要求:

(1) 当庄头变电站总负荷大于单台变压器额定负荷 1.2 倍时, 应将变压器过载负荷自动转移控制装置投入运行, 反之退出运行。

(2) 庄头变变压器过载负荷自动转移控制装置第一轮跳 110 kV 庄都 1 开关, 第二轮跳 110 kV 庄茂开关, 第三轮跳 110 kV 庄西开关, 第四轮跳 110 kV 庄兴 1 开关 (或 110 kV 庄兴 2 开关)。

5 结束语

本文通过对咸阳电网中 330 kV 庄头变电站负荷自动转移方案的分析研究, 利用变压器过载负荷自动转移控制技术和电网现有一、二次设备, 在变压器所带负荷超过 $n-1$ 变压器容量状态下, 发生 1 台变压器跳闸后, 能很快将变压器负荷控制在安全运行状态下, 对确保 330 kV 变压器这一主设备的安全运行提供了借鉴。

参考文献

[1] 张孟君, 范智隆, 等. 咸阳地区电网 2008 年度运行方式及事故预案[Z].
 [2] 北京四方继保自动化股份有限公司. CSS-100BE 数字式安全稳定控制装置使用说明书[Z].

(下转第 115 页 continued on page 115)

3) 某些保护功能的实现需要借助于控制元件 (Control Element) 与可编程元件 (FlexElement), 但是这些元件只有一组定值区。因此, 虽然保护元件 (Grouped Element) 有六组定值区, 但是在实际运行中却不能进行定值区的切换, 否则将使控制元件与可编程元件无法工作而丧失某些保护功能。

4) G60 提供了对用户开放的录波、事件记录及可编程 LED 功能, 但是在实际应用中, 现场工程人员往往只是关注保护模块定值, 而忽略对上述功能的整定, 这对以后事故及异常情况的分析非常不利。因此, 应根据现场实际运行需要, 合理规范的设定录波、事件记录及可编程 LED 功能。

5) G60 发电机差动保护的电流极性与大多数其他差动保护的极性不同, 其采用一侧流进发电机一侧流出发电机为差动电流规定正方向的方式, 即差动电流为两侧电流相量差。因此, 在安装调试工程中应保证接入装置电流极性的正确性。

4 结论

G60 发电机保护采用模块化的软硬件设计, 保护功能相对完善, 配置灵活, 录波、时间记录及通讯功能强大, 扩展升级方便, 在现代大型发电机组中获得了广泛的应用。但是, 由于其保护设计理念和配置原则与国内存在一定差异, 所以在现场实际应用中也出现了一些问题。现场人员应该深入认识其功能与原理并认真总结出现的问题, 提高 G60 发电机保护的运行水平, 确保主设备的安全稳定运行。

参考文献

[1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京:

中国电力出版社, 1996.

WANG Wei-jian. Theory and Application of Power Main Equipment Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996.

[2] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.

HE Jia-li, SONG Cong-ju. Theory of Power System Protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1994.

[3] G60 Generation Management Relay UR Series Instruction Manual[Z]. GE Multilin. 2005.

[4] 周平. GE 公司 UR 系列主设备保护运行情况分析[J]. 浙江电力, 2007, (4): 32-35.

ZHOU Ping. Analysis of GE UR Series Electric Main Equipment Protection[J]. Zhejiang Electric Power, 2007, (4): 32-35.

[5] 于芳. 对发电机失磁保护的研究[J]. 武汉大学学报(工学版), 2006, 39 (3): 108-110.

YU Fang. Research on Loss of Excitation Protection for Generators[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2006, 39 (3): 108-110.

[6] 徐健, 徐金, 王翔. 发电机失磁保护与失步保护的冲突与协调[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (17): 61-64.

XU Jian, XU Jin, WANG Xiang. Coordination Between Generator Loss of Excitation Protection and Out-of-step Protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (17): 61-64.

收稿日期: 2008-07-10; 修回日期: 2008-07-22

作者简介:

杨涛(1978-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统继电保护及自动化研究与试验工作。E-mail: power_forward@sina.com

刘栋(1980-), 男, 本科, 从事电力系统继电保护及自动化管理及研究工作。

(上接第 108 页 continued from page 108)

[3] 崔家佩, 孟庆炎, 陈永芳, 等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[Z].

收稿日期: 2008-07-13; 修回日期: 2008-09-13

作者简介:

李少谦(1963-), 男, 工程师, 大专, 从事继电保护技术监督和运行管理; E-mail: xyysq5402@126.com

张孟君(1957-), 男, 工程师, 大专, 从事电网运行管理;

倪小惠(1959-), 男, 工程师, 大专, 从事电网运行管理。

(上接第 111 页 continued from page 111)

参考文献

[1] 电力工程电气设计手册. 第一册 电气一次部分[M]. 北京: 中国电力出版社, 1989.

收稿日期: 2008-07-16; 修回日期: 2008-08-22

作者简介:

赵国芳(1974-), 男, 工程师, 长期从事继电保护运行管理及整定计算工作; E-mail: zgf740128@163.com

沈琦(1978-), 女, 从事继电保护运行管理工作;

罗曼(1982-), 女, 从事继电保护整定计算工作。