

# 新疆电网主变压器过载的应对措施

孙立成<sup>1</sup>, 刘德福<sup>2</sup>, 樊国伟<sup>1</sup>, 常喜强<sup>1</sup>, 杨永利<sup>1</sup>, 王琳<sup>1</sup>

(1. 新疆电力调度中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆电力科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830008)

**摘要:** 2009 年迎峰度夏期间, 新疆电网负荷快速增长, 电网部分 220 kV 变压器电站主变压器下网负荷较大, 超过单台主变压器的 150% 以上, 不满足电网安全稳定运行要求。为保证电网安全稳定运行和设备的安全, 对主变压器过负荷问题及解决措施进行了深入研究分析, 提出了解决措施方案及应注意的问题, 希望通过探讨, 能够对其他的此类系统有所借鉴。

**关键词:** 主变压器; “N-1”原则; 过负荷; 稳定

**Abstract:** During the summer of 2009, the load of Xinjiang Power Grid is increasing rapidly, the loads of some 220 kV main transformers are as big as its 150% capacity, the situation does not satisfy the safe and stable operation of power grid. For safe and stable of power grid, especially for the safety of equipment, it is necessary to analyze the methods deeply to solve the overload problem of main transformer. The countermeasures are put forward as well as some problems which should be concerned which may be helpful for the power system whose main transformers are overloaded.

**Key words:** main transformer; “N-1” principle; overload; stable

**中图分类号:** TM712 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)01-0047-05

## 0 引言

随着新疆电网负荷的快速增长, 部分 220 kV 变电站双主变压器变电站的负荷已超过单台主变压器容量的 150%。如发生一台主变压器跳闸或一条母线跳闸, 若不采取相关措施则运行主变压器将过载 150% 以上。特别是在迎峰度夏大负荷期间或在地区电网中受端系统的主力机组停运期间, 如果达到主变压器的过流保护动作定值, 满足主变压器跳闸条件的话, 运行主变压器也将跳闸, 将造成 220 kV 变电站所接带的地区电网 110 kV 无源变电站失压, 严重威胁电网安全稳定运行和设备安全<sup>[1, 2]</sup>。

主变压器过负荷问题在任何电网快速发展时期, 均会出现, 为保证电网安全稳定运行, 同时为了最大限度地满足电网的供电需要, 对双主变压器变电站出现单台主变压器故障跳闸后工作主变压器过载问题进行深入研究分析, 找出优化的解决措施。

在电网网架建设过渡期, 常见的方法有转移负荷、调整受端系统运行方式、加装过载联切负荷控制装置、通过主变压器的继电保护中的有关保护功能等。避免运行主变压器严重过负荷, 超过主变压器过负荷运行条件, 保障电网设备安全, 保证主要用户供

电<sup>[3]</sup>。下面就新疆电网网架结构、电网运行状况, 对电网采取的过负荷措施进行了分析, 对运行中主变压器过负荷问题研究了相应的措施及注意要点。

## 1 主变压器运行存在的问题

### 1.1 主变压器过负荷情况

截止到 2009 年 8 月, 新疆电网 220 kV 降压变电站 40 座, 变压器 69 台, 总变电容量为 8 996 MV·A。进入 2009 年迎峰度夏大负荷时期, 新疆电网部分主变压器存在过载, 严重威胁电网安全稳定运行、设备安全和重要用户供电。

#### 1.1.1 正常运行方式的过载问题

在正常方式下, 累计 9 座变电站主变压器在正常方式下满载或过载, 分别为吉木萨尔变电站、头屯河变电站、皇宫变电站、交河变电站、龟兹变电站、达风变电站、米泉变电站、金鹿变电站、钢东变电站。

其中龟兹变电站在地区电源——克孜尔电厂出力较小情况时发生。达风变电站在风力电厂大发的时候发生。米泉变电站在众和电厂机组停运的时候发生。钢东变电站主变压器在八钢冲击负荷时发生。

#### 1.1.2 “N-1”运行方式的过载问题

220 kV 吉木萨尔变电站、皇宫变电站、龟兹变电



图 1 主变压器过载解决方案一示意图

站、达风升压站在“N-1”方式下运行主变压器严重过载达 200%~230%; 220 kV 头屯河变电站、钢东变电站、米泉变电站、宁远变电站、瑶池变电站、托克逊变电站在“N-1”方式下运行主变压器过载 150%~190%。

(备注: 220 kV 奇台变电站投运后, 吉木萨尔变电站主变压器过载问题得到有效缓解。220 kV 博乐变电站投运后, 皇宫变电站主变压器过载问题将得到有效缓解。220 kV 龙岗变电站建成投运后, 米泉变电站主变压器过载问题将得到有效缓解。钢东变电站主变压器在 4 号主变压器投运后主变压器过载问题将得到有效缓解。)

## 2 主变压器过负荷消除实施方案

为保证电网安全稳定运行、设备安全和重要用户供电, 在新设备未投产的电网过渡期, 经过对新疆电网过负荷主变压器所在网架结构深入分析研究的基础上, 采取以下 4 种技术措施来缓解主变压器过负荷。

方案一: 调整运行方式, 转移负荷, 见图 1。

由图 1 可见: 通过调整与两个 220 kV 变电站联络的 110 kV 变电站的运行方式, 将其由满载 220 kV 变电站供电调整为由另一个不过载 220 kV 变电站的供电运行方式, 将负荷转移, 从而避免主变压器过载, 损害设备, 具体如下。

220 kV 老满城变电站在过负荷达到一定程度时, 将 110 kV 仓房沟变电站、110 kV 公园变电站的负荷转移至红雁池电厂接带。

220 kV 头屯河变电站在过负荷达到一定程度

时, 将 110 kV 铁西变电站、110 kV 西郊变电站的负荷转移至 220 kV 昌吉变电站接带。

220 kV 米泉变电站在过负荷达到一定程度时, 将 110 kV 城西变电站、110 kV 腾飞变电站、铝厂变电站负荷转移至 220 kV 三宫变电站接带。

220 kV 莎车变电站在过负荷达到一定程度时, 将 110 kV 牌楼变电站、刀郎变电站负荷转移至 220 kV 金鹿变电站接带。

上述措施简单易行, 不需要增加新的装置, 能够充分利用电网现有的设备, 经济性好且供电可靠性高。但需具备转移的条件(网架具备接线转供相对灵活的条件), 各自投装置需进行相应的调整配合。110 kV 变电站的供电可靠性有所降低, 如仓房沟变电站、公园变电站、铁西变电站、西郊变电站各自投方式均有母联各自投转为线路各自投, 如果各自投和重合闸装置不动作, 则造成全站失压, 而调整前的运行方式出现上述问题时只造成变电站一半负荷失压。

方案二: 调整运行方式, 采取 220 kV 主变压器中低压侧分列运行, 同时相应的 110 kV 变电站调整对端运行方式和接线(特别是双回线运行的变电站)。

由于新疆电网 220 kV 变电站的 110 kV 母线为双母线的居多, 通过调整母线接线相对灵活的 220 kV 变电站的母线接线形式, 将 220 kV 变电站的中低压侧(110 kV 侧、35 kV 侧)分列运行, 同时将 220 kV 主变压器所接带的通过 110 kV 双回线并列运行的变电站高、中、低压侧全部分列运行, 使 220 kV 主变压器中低压侧所接带的负荷均为辐射型负荷, 在主变压器跳闸后, 跳闸主变压器多接带的负荷全部失去, 而不会转移到运行主变压器所接带, 这样将不会造成运

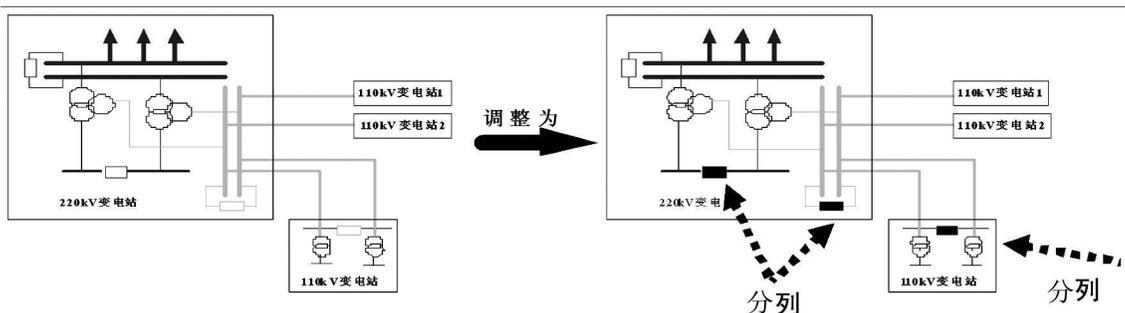


图 2 主变压器过载解决方案二示意图

行主变压器严重过载, 损害设备。并且变更相应的安全自动装置 (退出相应的备自投), 见图 2。

具体如下。

220 kV 米泉变电站主变压器在过负荷达到一定程度时, 在采取将 110 kV 城西变电站、腾飞变电站、铝厂变电站负荷倒至 220 kV 三宫变电站带后仍过载, 将 35 kV 母线、110 kV 母线分列运行, 同时将众和电厂分列运行, 即 110 kV 米众一、二线分别运行在 110 kV I、II 母线上, 众和电厂 4 台机组均匀分别在不同母线上运行, 调整其余负荷均匀分布在两个母线上。

220 kV 皇宫变电站在过负荷达到一定程度时, 在采用将部分负荷通过 110 kV 精百线转移至 110 kV 奎百线接带后仍过载, 将 35 kV 母线、110 kV 母线分列运行, 同时将 110 kV 皇精线和皇三线接于一条母线上运行, 110 kV 皇达线在另外一条母线运行, 解开博州电网 110 kV 环网 (即断开 110 kV 博达线)。

220 kV 莎车变电站在过负荷达到一定程度时, 在采用将部分负荷转移至金鹿接带后, 将中压侧分列运行, 一莎线、莎泽线在 110 kV I 母运行, 莎西线、莎北线在 110 kV II 母运行。

采取此种措施简单易行, 不需要增加新的设备, 能够充分利用电网现有的设备, 经济性好, 同时降低相关设备故障对系统的影响, 有一定操作性。但此种措施运行方式调整较大, 110 kV、35 kV 系统 (220 kV 变电站的 110 kV 母线、35 kV 母线, 110 kV 双回线供电变电站) 供电可靠性降低, 同时采用辐射型网络供电, 在局部地区末端变电站电压偏低, 对于负荷分布不均衡的变电站, 易增加损耗, 运行方式长期适应性较弱。

如众和电厂供电可靠性降低, 在联络线跳闸后,

机组与系统解列, 博州电网 110 kV 环网被打开, 末端地区电压低。

莎车地区的卡群一级水电站、塔西南石油电厂、亚斯墩电站、泽普电站、110 kV 泽普变电站、叶城变电站在主变压器故障后将与系统分网运行,

方案三: 调整 220 kV 主变压器中继电保护的过负荷保护方式和定值, 同时调整 220 kV 变电站中、低压侧运行方式及相应的 110 kV 变电站的运行方式。

通过利用变压器相间故障后备保护中的主变压器过流保护中的一种方案, 采取整定控制, 调整 220 kV 主变压器中继电保护的过负荷保护方式和定值, 主变压器不论何种原因, 过载时, 不经过复合电压闭锁, 跳 110 kV 母联开关。调整 220 kV 变电站中、低压侧运行方式, 将低压侧分列运行, 同时调整双回线并列运行的变电站相应的运行方式, 使所接变电站负荷成为辐射型负荷。

采取主变压器过流保护联切 110 kV 母联开关后, 相当于联切负荷, 避免相关负荷转移到运行主变压器所接带, 这样将不会造成运行主变压器严重过载而损害设备, 见图 3。

具体如下。

220 kV 头屯河变电站在过负荷达到一定程度时, 调整站内接线方式, 即 110 kV 头西一、二线、头钢一线、头郊线在 110 kV I 母运行, 其他 110 kV 出线在 110 kV II 母运行, 采用策略为主变压器跳闸若达到保护动作定值后联切 110 kV 母联 1150 断路器, 35 kV 母线分列运行。

220 kV 瑶池变电站在过负荷达到一定程度时, 调整站内接线方式, 即 110 kV 池泰一线、池高一线、池甘线、甘吉线在 110 kV I 母运行, 池泰二线、池高二线、阜池线在 110 kV II 母运行, 采用策略为主变压器

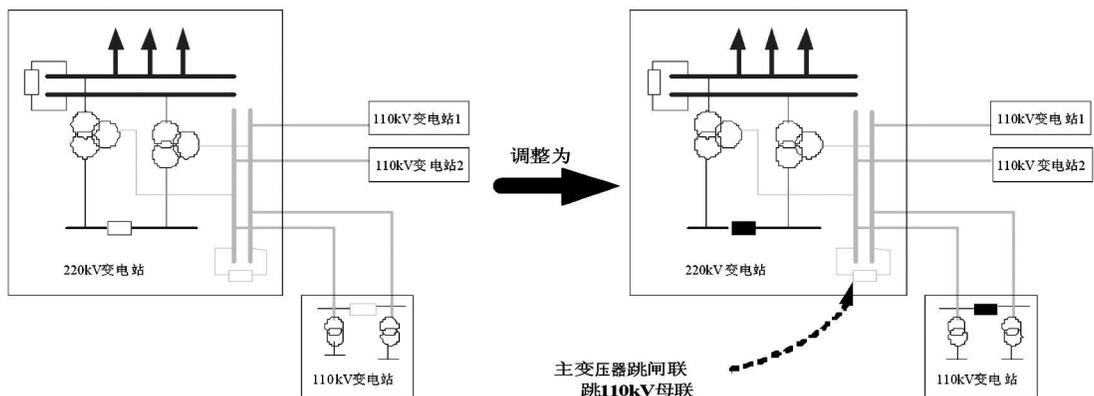


图 3 主变压器过载解决方案三示意图

跳闸若达到保护动作定值后联切 110 kV 母联 1150 断路器, 35 kV 母线分列运行。

220 kV 吉木萨尔变电站达到一定程度时, 调整站内接线方式, 即 110 kV 吉奇一线、吉北线、吉南线在 110 kV I 母运行, 110 kV 吉奇二线在 110 kV II 母运行, 采用策略为主变压器跳闸若达到保护动作定值后联切 110 kV 母联 1150 断路器。35 kV 母线分列运行, 35 kV 吉有线、吉新线接 35 kV II 母运行。

此种措施简单易行, 不需要增加新的设备, 能够充分利用电网现有的设备, 经济性好。但在继电保护定值计算上应与变压器原有保护功能相配合, 如配合不当存在误动的可能, 影响电网的正常运行。该方案供电可靠性降低, 长期适应性差, 末端用户电压偏低。

如瑶池变电站分列运行后, 110 kV 无母联备自投, 跳闸后失压变电站较多。

吉木萨尔变电站分列运行后, 110 kV 无母联备自投, 跳闸后失压变电站较多; 如 2 号主变压器跳闸, 北庭变电站、南郊变电站失压, 110 kV 吉奇二线严重过载, 末端电压严重偏低, 并有可能造成线路跳闸, 奇、坎、木变电站失压。分列运行后, 变电站无功补偿装置将不能得到合理利用。

方案四: 在 220 kV 变电站装设安全稳定控制装置——主变压器过载联切的装置。

通过在 220 kV 变电站装设主变压器过载联切负荷装置, 实现主变压器过载自动切负荷功能。避免变电站主变压器跳闸造成运行主变压器过载, 避免重要用户停电的安全风险, 按照负荷性质和重要性确定切负荷顺序。过载联切装置自动检测变电站运行变压器的运行状态、接带负荷大小和运行容量, 对主变压器额定容量自动进行计算和比较分析, 确定切负荷量, 按照负荷的重要性, 依次进行负荷切除 (自动发

出切负荷的线路开关跳闸脉冲), 保证重要用户的供电和运行主变压器的安全性, 见图 4。

具体如下。

220 kV 龟兹变电站、宁远变电站在过负荷达到一定程度时, 通过检测龟兹变电站、宁远变电站运行主变压器过载情况, 自动进行计算和比较分析, 确定切负荷量, 按照事先规定的切负荷次序, 依次进行负荷切除, 直到主变压器达到运行要求。

此种措施提高了重要用户的供电可靠性, 长期适应性较高, 并且能进行精确切负荷, 根据负荷性质灵活调控, 但投资增大, 过多依赖安全自动装置, 需要增加新的二次装置, 同时需构成系统, 通信通道要求较高, 涉及设备较多, 工作量大, 需对原有的变电站进行部分改造。

上述 4 种不同的技术方案, 均各有利弊, 不能从根本上解决主变压器“N-1”过载问题, 根本措施需要不断加强电网建设, 从电网本身网架结构上进行加强, 一次系统上根本解决此类问题, 同时从安全性和经济性综合优化考虑, 避免过多考虑安全性造成设备闲置, 过多考虑经济性造成安全问题突出, 运行压力和隐患增大的双重矛盾。

### 3 结论及相关建议

电网建设过渡期, 在不同时段、时期均会出现主变压器“N-1”过载问题, 在实际中, 根据各变电站的不同运行情况, 选择适合的切实可行的方案来消除 220 kV 主变压器过负荷, 同时电网规划部门应不断优化电网网架, 为电网互供创造条件, 以最大程度地适应负荷变化, 减少负荷变化对电网的安全稳定运行、设备安全的影响, 构建电网的智能化。

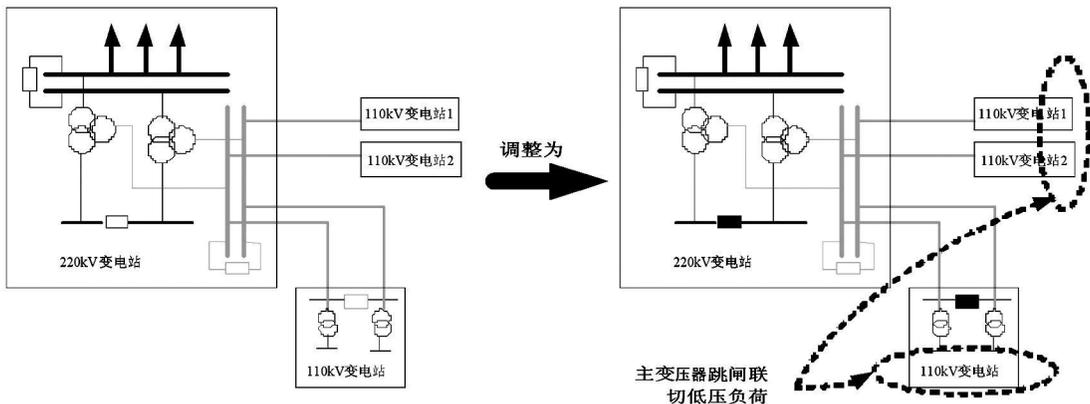


图 4 主变压器过载解决方案四示意图

为了保证新疆电网的安全稳定运行,提出了几点建议。

1)随着新疆负荷逐年增加,新疆电网 220 kV、110 kV 部分变电站的主变压器接近满载,尤其在夏季高峰负荷时期,主变压器运行的油温普遍较高,需要变电站值班人员在运行中加强监视,研究主变压器过负荷能力,制定相应的技术措施。

2)在部分电网中负荷波动将越来越大,变压器容载比的综合分析、变压器的经济运行、设备的安全可靠供电,需要进一步深化研究,不断重视主变压器“N-1”过载问题。

3)规划部门进一步优化网架,从电网建设消除

主变压器过载问题,但是应仔细研究新投运第 3 台主变压器还是新建设变电站,立足电网发展,优化研究,避免消除主变压器过载又出现新的问题。

### 参考文献

[1] 骆亮. 装设变压器过负荷自动减负荷装置的建议 [J]. 上海电力, 2006, 12(1): 97-99.

[2] 孙谊嫔, 常喜强, 吴高磊, 等. 新疆电网 2009 年度运行方式 [Z]. 乌鲁木齐: 新疆电力公司, 2008: 42-51.

[3] 李建彬. 调度运行中的几个安全预控点 [J]. 农村电工, 2005, 12(12): 20-21.

(收稿日期: 2009-11-04)

(上接第 40 页)

阻和电容的影响,等效电路接近理想电流传感器,具有极为平坦的幅频特性和相频特性曲线,对完整反映局部放电波形,减小波形振荡,提高脉冲分辨率有极大的改善。

## 4 结 论

在分析普通 Rogowski 电流传感器电路模型的基础上,提出了改进型电流传感器电路模型,通过仿真和实测表明,改进型电流传感器电路模型具有更好的幅频、相频特性。同时针对改进型电流传感器电路的不足,提出了实用的改进措施。

### 参考文献

[1] 李常禧. 电力设备诊断技术概论 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1994.

[2] 电力部电力科学研究院. 1984~1986 年 110 kV 及以上等级变压器事故统计分析 [R]. 1987.

[3] 电力部电力科学研究院. 1990 年全国 110 kV 及以上电压等级变压器类设备事故统计分析 [R]. 1991.

[4] 王玉川. 微电流传感器及 MOA 阻性电流在线智能化监测的研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 1995.

[5] 成永红. 电力设备测量——传感与测控技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003: 155-160.

[6] 王微乐, 李福祺, 谈克雄. 测量介质损耗角的高阶正弦拟合算法 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2001, 41(9): 5-8.

[7] 王琦, 秦娟英, 周伟. 用 RS-485 构成总线型多点数据采集系统 [J]. 计算机自动测量与控制, 2000, 8(6): 45

-47.

[8] 饶运涛, 邹继军, 郑勇芸. 现场总线 CAN 原理与应用技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001: 21-31.

[9] 姚文冰, 马治亮, 黄盛洁, 等. 变电站一次设备绝缘在线监测系统研究 [J]. 高电压技术, 1996, 22(3): 27-29.

[10] 夏国盛, 文远芳. 高电压绝缘的  $\lg\delta$  数字测量方法 [J]. 高压电器, 2002, 36(2): 38-40.

[11] 王玉川. 微电流传感器及 MOA 阻性电流在线智能化监测的研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 1995.

[12] 贺景亮. 无源介损传感器的稳定性分析 [J]. 高电压技术, 1995, 21(4): 39-41.

[13] Zhengkai Zhang and M. R. Raghuvveer On-line Insulation Condition Monitoring Technique for High Voltage Apparatus [C]. 10<sup>th</sup> ISH'97.

[14] 王昕. 变电站高压电容型设备绝缘在线监测系统的研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2003.

[15] Songlin Qin The Integrating Method for Tand Measurement ISH '97.

[16] Dulin Sun Caixin Liao nuijin Transducers for Electrical Apparatus Insulation Online Monitoring [C]. Proceedings of ISE M 2001, 2001.

[17] 高文胜, 桂俊峰, 谈克雄, 等. 局部放电信号在电力变压器绕组传播过程中的畸变 [J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(4): 31-36.

[18] Greg Stone Importance of bandwidth in PD Measurement in Operating Motors and Generators [J]. IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, 2000, 7(1): 6-11.

[19] K. Horii K. Yamada Development of High Frequency Tuning Type Discharge Detector [C]. 8<sup>th</sup> ISH, Yokohama Japan, 89-92, August 1993.

(收稿日期: 2009-11-02)