

# 提高程跳逆功率保护动作可靠性的研究与应用

李明鑫

河北大唐国际张家口热电有限责任公司 河北张家口 075000

**摘要:** 现如今,我国出台了一系列有关节能环保的政策,为了配合电力需求增长趋势,超高压、特高压电网和大型发电机组是与时俱进的产物。同时,在能源架构上新能源占比越来越丰富,为调节电能的供需平衡,必须经常打开和关闭加热装置。根据避免发电事故的25项关键要求规定,当机组关闭时,必须将发电机的有功和无功功率降至为零,验证并确保有功功率为零。逆转或关闭电能表,然后把发电机从系统上断开,汽轮机或锅炉由主燃料手动触发,汽轮机一起触发,触发发动机逆功率保护中断,禁止带负载启动。可以看出,为了有效避免汽轮机超速,在机组正常停机时,需要采用程跳逆功率保护动作的方式实现,这就要求程跳逆功率保护必须可靠、灵敏动作。基于此,本篇文章对提高程跳逆功率保护动作可靠性的研究与应用进行研究,以供参考。

**关键词:** 程跳逆功率; 可靠性; 研究与应用

## Research and Application of improving operation reliability of reverse power protection of range jump

Mingxin Li

Hebei Datang International Zhangjiakou Thermal Power Co., Ltd. Hebei Zhangjiakou 075000

**Abstract:** Nowadays, my country has issued a series of policies related to energy conservation and environmental protection. In order to meet the growing trend of power demand, ultra-high voltage, ultra-high voltage power grids, and large generator sets are the products of advancing with the times. At the same time, the proportion of new energy in the energy structure is becoming more and more abundant. In order to adjust the balance of supply and demand of electric energy, the heating device must be turned on and off frequently. According to the 25 key requirements to avoid power generation accidents, when the unit is shut down, the active and reactive power of the generator must be reduced to zero, and the active power must be verified and ensured to be zero. Reverse or turn off the electric energy meter, then disconnect the generator from the system, the steam turbine or boiler is manually triggered by the main fuel, and the steam turbine is triggered together, triggering the interruption of the engine reverse power protection and prohibiting starting with the load. It can be seen that, in order to effectively avoid the over-speed of the steam turbine, when the unit is normally shut down, it is necessary to adopt the way of the reverse trip power protection action, which requires that the reverse trip power protection must be reliable and sensitive. Based on this, this article studies the research and application of improving the reliability of the range-jump reverse power protection action for reference.

**Keywords:** Reverse power of range jump; reliability; research and application

### 引言:

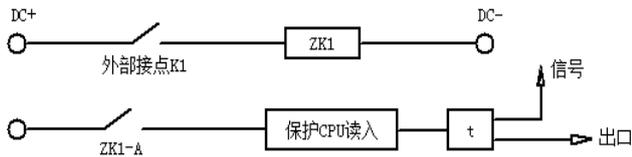
程序触发的输出方式一般设置成正常停机或异常保护,如大型的发电机其定子绕组对称过载保护和转子表面负过载保护。编程触发模式首先断开汽轮主油门。主汽门全部断开后,发电机在特定时间内逐渐从发电模式切换到运行模式。发电机的有功功率降为负,当达到反

向功率继电器的执行功率值时,关闭发电机或变压器的断路器,消磁并更换辅助电源,关闭装置。因此,对于大型的发电机来说,程序控制跳闸逆变器保护的可靠性更为关键。

### 1 热工保护直跳停机方式的弊端

#### 1.1 机组正常运行时停机方式

当发电机在进行有功接近零、无功与零即将重合时，汽机打闸、热工主要是凭借着自动主汽门末端的开关闭信号来实现联跳发电机出口开关，简而言之，就是“机跳电大连锁”处于零秒时就能够全部停机，这种方式主要是通过非电量直跳的形式来实现的。这样所完成的停机过程，若在停机过程中，汽轮机的自动主汽门无法被关严，再或是自动主汽门关闭时未完全关死，而热工逻辑又判定为主汽门已经关闭，并向发电机发出联跳信号，这样就会造成机组突然甩掉所带负荷，功率瞬时失衡，严重情况会造成汽轮机飞车的后果。热工保护直跳动作逻辑如下图所示：



### 1.2 汽轮机超速保护及存在的问题

汽轮机泄漏和超速是汽轮机最为致命的。严重超速可能导致轴断裂、转动部件飞脱的恶性事故发生，直接威胁着生命、财产的损失，为此，汽轮机配有超速保护装置，含有超速保护包括：①OPC超速电磁阀保护。当涡轮转速大于103%且信号稳定时，高压调门和中压调门将会接收到系统发出的警报，而被强行关闭；如果转速不超过103%，且涡轮转速稳定在3000rpm，系统会重新启动高压控制阀和中压控制阀。②AST自动分支切断紧急释放电磁阀。如果汽轮机的转速变高，在增加到110%时，且汽轮机工作参数跟安全工作出现不一致情况下，最后一个自动停机电磁阀发出接触控制信号，有效控制最后一个电磁阀，使汽轮机断开自动主阀和控制阀，用来保障机组的安全运行。③机械超速紧急保护。汽轮机工作时，当转速逼近110%或112%时，则会出现飞环（或飞锤）效应，这样就使得汽轮机不得不停机。④手动紧急调节器。当汽轮机运行时，转速超过110%的情况下，工作人员才发现的话，那么就需要找到相应的解决方案来处理，这时可以通过手动危急遮断器来实现汽轮机停机。若汽轮机有以下不足：卡涩将会致使自动主汽门、控制阀汽门无法紧密闭合的情况；吸入式止回阀密封不良或闭锁动作不稳定；如果由于汽轮机旁路的系统停机或减负荷导致连杆无法正常工作，就要保障超速保护处于良好的工作状态。汽缸内就会融入蒸汽，那么汽轮机飞车现象就很难控制。虽然，汽轮机配置了较为完善的超速保护，但是如何有效的防止汽轮机超速更为关键，所以需要控制关口前移，避免出现超速的可能，这就要求在正常停机或后备保护动作时，以一种更为安全

可靠的程跳逆功率保护动作方式实现。

## 2 程跳逆功率保护动作逻辑及原理

为避免发电机在特定有功功率下突然关闭主开关，且主汽门计量阀未完全断开，这种情况下汽轮的发电机很可能因超速造成跳闸。因此，对于正常停机或非短路非紧急的故障，通过程跳逆功率保护实现关闭机器。程跳逆功率保护触发跳闸是指当主汽门断开且剩余蒸汽运行时，发电机不可避免地会产生逆功率，因为主汽门断开接触点和逆功率器件的动作激活，既其运行状态受主汽门触点与逆功率器件的影响，二者缺一不可，为了提高程跳逆功率保护动作的可靠性，还增设了例如主断路器位置接点、PT断线等辅助判据。

### 2.1 保护动作逻辑

以315MW型机组发电机的变压器系统保护器举例，它的保护运行逻辑如下图1，具体动作连接流程如下：

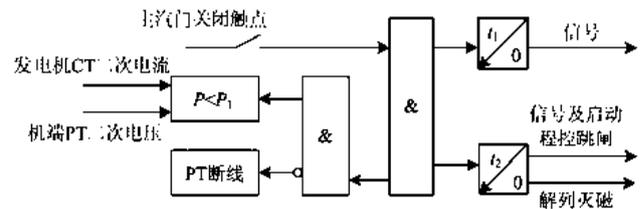


图1 动作保护逻辑图

### 2.2 程跳逆功率保护定值设定原则

最低运行功率根据  $P_{op} = K_{rel} (P_1 + P_2)$  式设定，其中  $K_{rel}$  是取0.5至0.8的可靠性参数； $P_1$  是汽轮机返回运行时的最低损失功率，通常为额定功率的1%到4%； $P_2$  是反向功率执行时发电机的最低损失功率，通常假定为  $(1 - \eta) P_{gn}$ ， $P_{gn}$  是发电机的额定功率； $\eta$  是发电机的运行效率，通常在98.6%到98.7%之间（对应于300MW和600MW的机组）。以上计算的取定值皆基于主汽门阀门关闭良好且无其他操作失误的前提情况下。如果主汽门阀门没有密合关闭，应按照主汽门阀门关闭时的保护设备的实际测量反向功率值（通常针对主汽门阀门的密封性做优化处理）并检查上述设定值，以避免保护失效。由于程跳逆功率保护广泛应用于程序跳闸，从汽轮机负荷和保护的角度来看，只要汽轮机控制系统能够避免因立即并网而导致的发电机错误运行，就必须缩短动作延迟，延迟通常为1.0 ~ 1.5秒。

### 3 提高程跳逆功率保护动作可靠性的措施

(1) 低负荷下功率因数角的偏差将影响逆功率计算的误差，想要使功率因数角的测量更加准确，那么就需要加强软硬件设计的更新，例如，相位差法用于控制同步误差的产生。通过动态捕获样本的初始相位角并计算旋转因子，可以更加有效地降低采样频率和取舍误差。

同时, 机组停机的过程中, 要着重考虑到对无功的调节, 以降低误差对逆功率测量值的影响。

(2) 在运行过程中, 由于安装不当、与异物碰撞或接触点老化等问题, 主汽门断开的辅助接点无法重复连接, 造成程跳逆保护触发故障。因此, 提高主汽门关闭接点回路的可靠性也是程跳逆功率保护可靠动作的重要措施。为此, 汽轮机跳闸, 一路主汽门全关信号通过硬接线送至一套发变组保护屏, 主阀的另一个全开信号经过硬接线发送到 DEH 柜, 然后利用硬接线发送到另一路发电机的变压器保护板上。也就是说, 对于双重化配置的发变组保护, 一套发变组保护屏接入由就地左侧高压主汽门已关、右侧高压主汽门已关、左中压主汽门已关、右中压主汽门已关接点串联后构成的主汽门全关信号, 另一套发变组保护屏接入由 DEH 逻辑判断开出的主汽门全关信号, 这样, 两路主汽门全关信号在回路上构成相互独立, 有效增加回路可靠性, 从而提高程跳逆功率保护动作的成功率。

#### 4 优化程跳逆功率保护动作可靠性的建议

##### (1) 优化程跳逆功率保护定值

在使用程跳逆功率保护作为安全停机方式时, 要特别关注程跳逆功率保护定值的设定, 充分论证逆功率值得可靠性和灵敏性, 确保主汽门关闭后, 发电机电机运行, 此时逆功率值能安全稳定滑入保护定值设定区, 根据多年火电机组运行经验, 一般此逆功率设定值整定在 0.5% ~ 2% 额定功率之间, 根据测量的保护装置的反向功率值, 检查主汽门是否关闭, 从汽轮机保护的角度考虑触发程跳逆功率保护的動作时间。只要涡轮机控制装置能够避免在电源连接期间通过瞬时功率反转触发电机, 就可以缩短动作延迟, 延迟通常为 1.0 ~ 1.5 秒。

##### (2) 定期检查主汽门全关接点及二次回路

本文以上提到, 主汽门关闭信号是程跳逆功率保护动作的必要条件, 那么, 定期开展主汽门全关接点及至电气保护屏间的二次电缆接线检查至关重要, 故, 应结合机组检修, 对主汽门关闭辅助接点的老化、腐蚀锈蚀情况、接点的张力及灵活性情况进行检查; 对二次电缆接线进行紧固及绝缘测试; 同时, 继保与热工专业之间应对此重要回路开展传动试验, 以确保在接点及回路上能可靠动作。

##### (3) 开展联锁试验, 验证动作可靠性

鉴于程跳逆功率保护在机组安全停机过程中的重要

性, 机组启动前应扎实开展大联锁试验, 多次对实际的操作工况进行仿真模拟, 以检查系统是否符合逻辑性。首先, 确认机组具备联锁试验条件, 申请合入主开关及灭磁开关, 启动高压油泵和防火油泵, 锁紧装置, 打开高中压主气门。其次, 输入功率保护屏是程跳逆功率保护作用的压板和输入主开关和励磁开关的输出压板, 用继电保护测试仪把发电机电压和模拟发电机电流连接到发电机变压器保护面板的端子上, 改变电流电压角度, 使装置采集逆功率值达到程跳逆功率设定值。再次, 在确认所做措施完备后, 由运行人员执行打闸操作, 待主汽门关闭, 其关闭信号开入至电气量保护屏后, 触发程跳逆功率保护操作, 程跳逆功率保护输出主开关和励磁开关, 从而实现完整逻辑验证。

##### (4) 规范操作流程及异常处理

为了保障在设备电源连接异常的情况下逆变器保护能够正常运行, 应特别注意无功功率的设置, 以降低因采样误差而对检测电路造成影响。当装置断开时, 当有功功率和无功功率降至趋向零时, 汽轮机手动触发, 触发程跳逆功率实施动作后, 发电机断开。如果设备运行期间出现异常, 应在触发汽轮机和发电机主开关(如适用)之前, 将辅助电源与启动和备用变压器并联切换。如果发电机反向工作, 则无功功率得到保证, 然后逆功率保护在无功率范围内工作。若保护措施无误, 发生事故时必须视为正常停机; 在紧急情况下, 发展迅速, 当主汽轮机触发, 汽轮机的转速迅速降低, 主开关不运行时, 需要手动触发电机, 关闭励磁机, 再做下一步处理。

#### 4 结束语

程跳逆功率保护作为一种广泛应用的机组停机方式, 其动作的可靠、灵敏直接关系到机组的安全稳定运行, 本文从保护逻辑的构成、保护算法、保护定值整定、二次回路及日常试验等多角度、多层面, 提出了提高程跳逆功率保护动作可靠性的多项措施, 综合多年的应用情况, 在常规同类型火电机组中有很好的效果。

#### 参考文献:

- [1] 王海彬. 索拉式机组发电机的逆功率保护和发动机的熄火保护研究[J]. 中国石油化工质量与标准, 2018, 32(06): 248.
- [2] 刘伟良, 刘宇, 陈宏, 张亮峰. 因发电机失磁事件谈失磁与逆功率保护的重要性[J]. 电力系统的保护与控制, 2018, 37(23): 164-169.