

火力发电厂升压站断路器失灵保护启动逻辑优化

张治欣 刘力 王龙

华能靖远热电有限公司 甘肃 白银 730919

【摘要】：火力发电厂升压站担负着电能汇集、升压送出以及与电网连接的任务，断路器失灵保护启动回路对故障切除速度和电力系统稳定起到决定性作用。而升压站断路器失灵保护在启动条件、闭锁配合上存在问题，在保护启动判据、跳闸回路配合、故障判断以及逻辑闭锁措施上进行探讨。优化电流判据、位置辅助接点、保护出口信号及时间级差等方案提高失灵保护动作性能，避免因装置误动而导致事故扩大，有利于电厂升压站继电保护改进。

【关键词】：火力发电厂；升压站；断路器失灵保护；启动逻辑；继电保护

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.036

引言

火力发电厂升压站是电厂发电机连接电网重要纽带，其内部断路器工作情况直接影响电力传输以及整个电网安全稳定运行。在发生事故情况下当断路器拒动时，失灵保护立即启动，利用附近设备处理措施限制事故影响范围。而启动回路设计不合理会导致该系统误动，扩大对供电影响区域，打乱电网正常运行秩序。因此对升压站断路器失灵保护启动回路进行分析优化，明确启动条件闭锁方式以及各元件之间配合关系，提高继电保护可靠性和准确性。

1 升压站断路器失灵保护运行逻辑分析

1.1 断路器失灵保护启动条件配置

断路器失灵保护启动条件设置以保护动作出口、断路器分闸失灵、故障电流存在为基本判断标准。火力发电厂升压站连接发变组、母线、输电线路以及厂用电等系统，当断路器发生拒动情况时，故障电流仍然会通过各种一次设备，在主变、母线和线路设备上产生较大短路电流作用时间较长。启动条件不能仅靠一个跳闸命令实现，所有主保护、后备保护以及母线、变压器保护出口信号均要参与逻辑判断，根据不同间隔选取相应启动方式。

线路断路器采集线路保护跳闸出口以及断路器合位信息，主变高压侧断路器汇总差动、瓦斯、过流等保护动作信号，母联和分段断路器收集母线保护动作后要求进行分段隔离信号。设置适当的时间间隔防止断路器正常分闸过程中辅助触点动作延迟造成误判。电流元件定值根据最大负荷、最小短路电流以及保护灵敏度要求综合考虑确定，保证在发生故障情况下可靠动作，避免由于负荷变化、励磁涌流或者暂态过程引起误判。

1.2 保护出口信号与跳闸回路配合

保护出口信号以及跳闸回路配合方式，确定失灵保护在断路器拒动后跳闸范围。升压站断路器接收来自远方跳闸命令，

跳闸线圈、操作电源、出口继电器、压板位置、控制回路以及本体机构构成一个完整链条，只要其中任何一个部分出现问题就可能对电网发生故障不能被迅速隔离。失灵保护逻辑修改必须明确各种不同类型的保护出口信号来源、性质以及级别，防止多个保护同时动作导致逻辑混乱。

主保护出口可用作失灵保护启动判据，各种出口不应都接入失灵启动回路中，检修压板投入与否、远方跳闸闭锁、重合闸闭锁等情况也应纳入系统一起校验。跳闸回路可分为本设备跳闸出口、相邻设备跳闸出口以及母线解列出口几个部分，以减少失灵保护动作范围。对于双母线或者一个半断路器接线方式，失灵保护出口可根据设备所在位置、所处母线状态以及刀闸位置自行决定跳哪个设备。当某个设备拒动时可以用失灵出口将该设备所在母线及其相邻设备切除，而当该设备已经分闸后就可以撤出对应的出口逻辑，防止由于保护动作导致的误动。

1.3 电流判据与位置判据协同关系

电流判据与位置判据相互结合，影响断路器失灵保护动作可靠性。电流判据识别故障电流存在与否，而位置判据反映断路器是否真正合闸或分闸不到位情形，两者共同作用提高失灵判断准确性。仅根据断路器辅助接点判断其动作位置，在断路器机构卡涩、接点接触不良或者切换顺序错误情况下会导致所显示位置与实际分闸位置不同步；仅仅依靠电流判据，则会出现电流互感器饱和、暂态分量衰减以及负荷变化等导致误判情况发生。

改进后的启动机制为以保护出口信号起始，电流连续监测，位置配合判断的方式。当发生故障后，保护动作发出跳闸命令，失灵启动元件开始计时，计时结束后若开关仍处于合位并且任一相电流或者零序电流未降到设定值以下，则认为是失灵。对于三相联动的断路器采用三相电流合并判断的方法，在

分相动作情况下则对每相分别进行电流以及位置判断,防止出现一个断路器拒动而影响整个逻辑。位置判断还加入了防跳回路、储能状态以及操作箱信号等信息的考虑,使得失灵保护不仅可以判断出分闸的情况,而且可以忽略由于保护信号存在时间较短、接点抖动或者是断路器灭弧延迟等原因造成的误判。

2 断路器失灵保护启动逻辑缺陷及优化路径

2.1 启动信号误发与拒发风险

启动信号误发一般由保护出口接点粘连、压板投入与否错误、二次回路绝缘不良、遥控干扰以及设备逻辑关系设置不当引起。由于火电厂升压站间隔众多,配置的各种不同类型的保护装置也很多,如发变组、线路、母线等各类型保护装置和断路器操作箱之间有众多硬接点和软报文进行通讯,在一个信号未经过全面检查的情况下被接入到失灵启动回路中,则会导致断路器在无拒动作的情况下失灵保护开始计时。而在检修、保护校验、倒闸操作或者母线运行方式改变时更容易出现这种情况,比如出口压板误投、试验电流缺少闭锁、检修信息不能及时上传等均会造成非故障情况下启动失灵。

拒发问题是由于保护动作之后启动回路不能正常构成而造成的,包括启动接点接触不良、开入量采样出错、控制电源消失、通道中断、定值区错误等。故障断路器拒分且失灵保护未动作,短路电流长时间作用于变压器、母线和线路造成临近保护滞后动作,扩大了事故的影响范围。

2.2 闭锁条件不完善引发越级跳闸

闭锁条件存在问题降低失灵保护自身选择性,故障切除范围超出现场实际需要。升压站工作方式根据机组发电量、线路输送功率大小、母线投切情况而变化,失灵保护不能及时获取刀闸位置、母联状态、检修压板投入与否以及远近端切换等信息,出口动作范围与一次接线实际情况不符。在进行母线倒换过程中,间隔刀闸位置变化没有被考虑进去,在断路器失灵保护中可能错误地将无故障母线上设备切除,当母联设备处于某种工况下时,由于缺少闭锁条件而导致两段母线全部停电。

在设备检修期间,试验保护出口、模拟跳闸命令以及运行回路无可靠隔离措施时,失灵保护容易误判检修测试信号为实际故障情况。闭锁条件应增加断路器气压低、弹簧储能不到位、控制回路断线、直流电源电压异常等情况,这些都会影响到跳闸命令执行结果,从而改变失灵判断标准。闭锁条件不能随意放宽或收紧,如果闭锁条件过于宽松会导致真正发生故障时保护拒动,而闭锁条件过于严格又会造成越级跳闸的情况出现。根据接线方式、运行方式及设备状态分层设定闭锁条件,使保护出口仅对需要停止工作的相关断路器起作用。

2.3 多判据融合下的逻辑优化措施

多判据融合优化以传统的断路器失灵保护出口启动为出发点,增加电气量采集数据、开关量状态信息、时间量以及设

备运行状态量进行综合判断,形成多种相互验证、逐层筛选的启动方式。保护出口动作信号是整个逻辑起点,而故障电流变化情况可直接反映故障是否仍然存在,断路器实际分合位置可以准确反映设备的动作情况,跳闸回路监视信号可准确反映命令下发是否正确以及是否被执行。在逻辑上分为启动必要条件和辅助条件,保护动作出口信号以及故障电流持续存在是启动的基本要求,断路器实际处于合位、跳闸线圈回路处于正常工作状态、机构分闸未完成、相邻间隔联跳满足等都是辅助条件。

对于三相短路、单相接地、相间短路等各种不同类型的故障,分别设置相应的相电流、零序电流、负序电流和差流判断条件以避免使用相同的定值造成灵敏度过高或者过于,降低系统可靠性的问题。在时间上采用短延时确认、长延时作为后备两种方式结合的方式,既可以满足断路器正常的分闸时间和电弧熄灭所需的时间,也可以在设备拒动的情况下迅速切除故障区域。当满足通信条件时,站控层发送的告警信息、智能终端开入量、合并单元采样值以及保护装置自身检查结果都可以用于进行逻辑闭锁操作。新的逻辑增加了启动自保持、复归检查以及报警的功能,在故障消除之后使相关的信号恢复正常,防止由于有残留开入量、采样值错误或者软压板位置异常等而影响设备正常工作。

3 优化逻辑在升压站保护配置中的应用验证

3.1 典型故障场景下的动作过程

以火力发电厂升压站主变高压侧断路器拒动为例进行说明,在主变高压侧或者出线侧发生短路故障时,由主保护装置根据差动电流、过流值及零序电流发出跳闸命令,断路器的操作机构接受此命令使跳闸线圈动作。当断路器正确动作后会使得故障电流迅速消失,相关的保护元件也随之返回,失灵保护也不再继续动作。若断路器存在机械卡涩、跳闸线圈断线、直流电源问题或者操作回路中的接点接触不良,虽然已经下达了跳闸命令,但是由于一次侧的触点不能可靠分离而导致故障电流仍然流过主变压器以及母线上所有设备。

失灵保护启动逻辑进入延时判断环节,在此过程中实时监控保护出口保持状态、断路器位置恢复情况、电流下降幅度等。延时到后仍有故障电流存在,断路器位置信息不正常,说明失灵保护认为该设备发生拒动而发出广泛跳闸命令。对于双母线接线方式下,母线刀闸断开同一母线上电源侧断路器和联络断路器;发变组单元接线方式下,切断发电机出口、主变侧断路器以及一直对故障点进行供电相邻间隔。在保护动作期间关注跳闸边界,避免误切除非故障母线、非相关线路以及处于检修状态间隔,尽可能减小切除故障范围。

3.2 优化前后保护动作效果对比

传统的断路器失灵保护是基于保护出口信号以及固定延时进行的动作基础,在信号方面较为单一,不能满足断路器实

际分闸情况、二次回路问题或者一次接线变化的需求。在升压站运行方式改变时，母线刀闸位置、母联运行情况以及间隔检修情况未被考虑进逻辑中，造成保护出口范围过大。另外一些传统的逻辑存在启动时间较长、复归条件不清晰、告警信息不足等缺陷，使得值班人员不能快速准确地判断出失灵保护启动的原因^[3-5]。改进之后的启动逻辑把保护动作信号、有无电流、断路器位置、操作回路监视量以及闭锁条件都进行比较严格的检查，从而使得保护动作由单一条件变为多种条件决定。

当出现故障后，保护装置在判断出口命令是否发出的同时，同时判断故障电流是否已经消失，断路器的位置是否正确变化，跳闸回路是否有问题。外部干扰、检修试验信号以及短时开入抖动等均可通过优化逻辑的时间确认、软硬件压板校验以及状态闭锁进行排除，避免误发信。而真正的拒动故障发生时，则可由优化逻辑在一定时间之后迅速发出联跳令，减少故障所引起的危害程度，减轻对主变、母线以及断路器受到短路电力以及热量的影响。

3.3 智能化保护配置完善方向

智能化保护配置基于升压站一次设备状态监测、二次信号上传以及保护逻辑自适应完成。在智能变电站中，断路器状态、刀闸状态、电流采样值、保护跳闸命令、装置自检信息、通信通道状况、操作机构工作状态均通过过程层网络汇集到一起，以便失灵保护动作判断提供更多依据。在保护配置过程中加强

各智能终端、合并单元、保护装置之间信息一致性检查，防止因采样异常、报文丢失、顺序出错而影响保护动作判断。

升压站各类型接线方式可针对不同运行情况进行关联设置，母线各种工作状态都具有相应出口范围；断路器各个监视量加入辅助判断手段中，分合闸线圈电流波形变化趋势、机构储能程度、六氟化硫气体压力值、设备操作次数以及分闸时间长短都可以预测拒动可能性；保护装置基于在线自检及告警提醒工作人员查找回路问题，从而避免设备故障仅在发生之后才发现；智能化系统考虑定值管理以及版本保存，逻辑变更、软压板投退、通信参数变更以及检修试验过程都能追溯；过程层各类型数据、设备状态信息、保护动作信息等相互结合，失灵保护启动判断方式脱离传统固定规则而变为动态检查，以适应各种复杂工况下动作要求。

4 结语

对火力发电厂升压站断路器失灵保护启动逻辑进行改进的工作，应围绕其启动条件、出口配合、闭锁以及多个判据来进行。做好保护出口信号、电流判据、位置反馈信号以及运行方式判断，可以减少误动、拒动和越级跳闸的发生，提高故障切除的准确性和快速性。在经典的故障情况下，改进之后的逻辑更适合升压站复杂的接线方式以及变化的运行工况，有利于保证继电保护的安全运行，保证设备正常供电，也为电网安全运行提供有力的支持。

参考文献：

- [1] 杨泽松.新形势下智能升压站一次设备调试与检修分析[J].电气时代,2025,(12):84-87.
- [2] 荆涛,李全杰,杜宪南,等.基于经济效益评价的火电机组节能降耗技术综述[J].过程工程学报,2026,26(04):344-360.
- [3] 于洋.智能控制技术在火力发电厂的应用与发展前景[J].电站辅机,2025,46(02):33-37.
- [4] 米志同.电厂继电保护装置检修与管理分析[J].科技创新与应用,2023,13(01):139-142.
- [5] 王海平.新能源发电技术在电力系统中的应用[J].光源与照明,2022,(12):225-227.