

220 kV 变电站失灵保护配置及双重化改造案例分析

刘昱东,邵剑强,冷崇富

(国网江西省电力有限公司九江供电分公司,江西 九江 332000)

摘要:母线保护是电网中必不可少的关键运行设备,其保护的可靠程度决定了整个变电站的供电稳定性。文中介绍了启动失灵的基本概念和220 kV变电站中传统的失灵保护配置,包括220 kV线路和主变高压侧的二次回路配置原则,阐述了母线保护失灵回路的动作判据和出口逻辑,对日常工作中双母线单失灵保护回路双重化改造案例进行了分析。

关键词:母线保护;启动失灵;失灵保护;双母线单失灵;双重化改造

中图分类号:TM 86 文献标志码:B 文章编号:1006-348X(2025)05-0076-05

0 引言

220 kV 电网是国内片区的主干电网,线路输送功率往往呈现饱满的特点,且供电范围较广。因此,220 kV 电网一旦发生故障,对地区供电安全有重大影响,其可靠运行的稳定性也会同步传导到上一级(一般为500 kV 电网)和下一级(一般为110 kV 电网)。通常来说,在220 kV 侧作为供电电源时,为了确保灵活的运行方式并向下级可靠供电,双母线模式下可采用的接线方式有双母线、双母线分段或双母线带旁母等。双母线运行优点较多,其中最大优势便是调度灵活,能在母线故障时通过倒闸操作将负荷切换至未发生故障的母线。断路器失灵保护在倒闸过程中则为关键,当保护发出跳闸命令而断路器拒动时,结合该保护动作的实际情况和流经拒动断路器的电流与电流判据的比较,判定断路器是否已失灵,从而快速对站内其他开关做出响应,并最大限度缩小停电范围,保障电网稳定,避免因发电机、变压器大型电力设备故障,影响系统安全。

最新电力系统继电保护规程要求每段双母线配置双母差双失灵的母线保护功能,且电流判据放在失灵保护中,两套失灵保护与两套支路保护一一对应,且分别动作于一组跳闸回路。按照最新设计标准,母

线保护装置采用差动与失灵功能一体化设计,凭借其高运行稳定性、灵活配置能力、完整二次回路架构及简化维护流程等技术优势,为双重化配置提供了可靠实施条件,完全符合国家电网公司准入设备的技术标准^[1]。

失灵保护如集成在母线保护装置中,对电网安全运转,尤其是在缩小事故范围方面有着不可比拟作用。一般来说,母线保护投入运行,要对其进行保护定检相关试验通常是比较困难的,由此可知母线保护的逻辑的正确性非常关键。

1 传统的失灵保护配置

传统的“四统一”失灵保护装置设计中,判别某线路断路器出现时,其标准思路往往是判断核心元件(外部电流元件或者接点)是否有电流,并利用电压切换箱的电压切换接点YQJ选择所挂母线^[2]。所谓电力的“四统一”^[3],是指包括统一技术标准、统一原理接线、统一符号、统一端子排布置,其目的是确保设备设计、安装、调试及运行的一致性,避免因标准差异导致的安全隐患。早期的微机失灵保护装置受制于集成电路的发展,一般沿用的都是这种配置方式。在传统的微机型失灵保护装置内部一般不会设计有流判别功能,而另外

收稿日期:2025-07-11

作者简介:刘昱东(1999),男,本科,助理工程师,主要从事继电保护及电力系统自动化维护方面的工作。

独立设置失灵启动辅助设备以实现有流判据,该功能往往配置在断路器辅助保护中。该方式在回路上更加浅显易懂,但是也增加了成本和装置之间互联关系的复杂性,可靠性因为设备数量的增加反而大幅度降低。

1.1 220 kV支路双母差单失灵保护配置

失灵保护是一种常见的分布式保护,在主流设备为微机型的保护时代下,母线失灵保护功能由断路器辅助保护与母差保护配合完成,其中的母线失灵保护非常重要。

如图1所示,220 kV线路保护配置及主变保护的配置中,常常设置有断路器辅助保护装置,例如北京四方的CSC-122B保护装置。其主要功能包括失灵启动、三相不一致保护、两段过流保护、两段零序保护^[4]。SLA(B、C)为电流判别元件接点,位于断路器辅助保护中,其功能主要是用于分相电流判别,判断各相是否有流,再串联220 kV线路保护装置的TJ扩展接点,同时并联操作箱的三跳接点TJR、TJQ,用于三跳启动失灵。220 kV的支路保护通常进行双套配置。

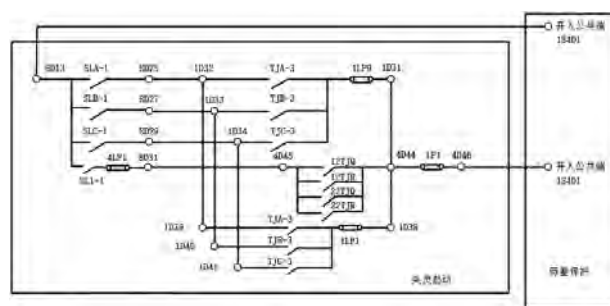


图1 传统式失灵启动回路配置

1.2 主变分支回路解复压闭锁回路

如图2所示,对于主变支路,其失灵保护除常规配置三相跳闸启动失灵回路外,还需配置独立的解除复压闭锁回路。该回路存在的必要性在于,若主变低压侧发生接地短路,当主变高压侧开关失灵时,高压侧母线电压可能下降不显著(甚至高于失灵保护电压闭锁定值),电压闭锁元件并不能灵敏的感知电压降低,从而闭锁失灵保护;此时,故障电流在短时间内将持续流经主变,存在严重烧毁风险。因此,失灵保护往往会采用一个解锁条件,即设置解除复压闭锁回路。解复压闭锁判据可以有效解决因灵敏度不足而导致的电压无法闭锁情况。

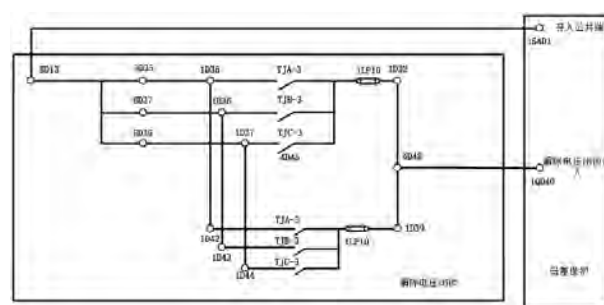


图2 主变回路解复压闭锁回路图

随着现代集成电路的发展,一般将失灵保护和母差保护集成在一个装置中,容易实现各间隔的电流判别。通过多年的发展已逐步形成了一致观点,母线保护应当能够实现失灵保护功能并进行有流判别。而断路器辅助保护应该逐渐进行改造,并退出设备使用。

2 失灵回路简易动作逻辑

2.1 失灵保护的概念

当电网发生输电线路、变压器或母线短路等短路故障时,如果保护装置已发出跳闸指令却遭到断路器拒动,即发生了断路器失灵故障,产生该问题的原因可能是断路器跳闸线圈故障或操动机构失灵。因此,为应对此类故障,断路器失灵保护通过监测故障设备保护的动作用息,结合拒动断路器持续的故障电流,判别失灵状态,并迅速经过固定较短时延,跳开站内其他与之相关的断路器,从而将停电范围限制至最小。

查阅《电力系统技术导则》(GB/T 38969—2020)^[5]可知,220 kV线路近远端故障切除时间不大于0.12 s;330 kV线路近远端故障切除时间不大于0.1 s;500 kV及以上电压等级近端故障切除时间不大于0.09 s、远端故障不大于0.1 s。其大致原理如图3所示。



图3 失灵保护简易逻辑

其中,短延时再发一次跳闸命令跳失灵开关;中延时跳母联分段开关;长延时跳该母线上的所有支路开关。

部分母线保护装置仅配置中延时和长延时。

2.2 失灵保护动作逻辑

以220 kV变电站常用的一套母线保护装置——

深瑞 BP-2C(S)微机母线保护装置为例,进行失灵保护相关动作逻辑的概括说明。

2.2.1 电流判据

母线保护装置内部的失灵电流判别功能按支路类型差异化配置：

1) 线路支路:采用分相过流判据,按支路独立设置失灵相电流定值;

2) 变压器支路:采用相电流过流、零序电流越限、负序电流越限三个条件的经过“或”逻辑组成综合判据,其中失灵零序电流及负序电流定值一般用于主变各侧,而失灵相电流定值则依然根据不同的主变支路配置定值,判据如下:

判据 1: 支路至少一相电流不小于相电流整定值 (线路支路及主变支路)^[6];

$$I_n \geq I_{n_set} \quad (1)$$

判据 2: 支路零序电流不小于零序电流整定值 (主变支路)^[6];

$$3I_0 \geq I_{0,\text{set}} \quad (2)$$

判据3:支路负序电流不小于负序电流整定值(主变支路)^[6];

$$I_2 \geq I_{2_set} \quad (3)$$

式中: I_p 表示相电流; I_0 表示零序电流; I_2 表示负序电流; “set” 表示整定值。

2.2.2 复压闭锁判据

当断路器失灵保护动作出口时,通常需要取其对应的母线电压构成复压闭锁判据。

判据 1: 母线相电压不大于失灵低电压整定值^[6]:

$$U_{\text{p}} \leq U_{\text{p.set}} \quad (4)$$

判据2:零序电压不小于失灵零序电压整定值^[6]:

$$3U_0 \geq U_{0_set} \quad (5)$$

判据3:负序电压不小于失灵负序电压定值^[6]:

$$U_{\gamma} \geq U_{\gamma \text{ set}} \quad (6)$$

式中: U_p 表示相电流; U_0 表示零序电流; U_2 表示负序电流; “set” 表示整定值。

针对变压器或发变组支路出现故障时,高压侧电压下降出现的失灵保护电压灵敏度不足的问题,增设专用“主变失灵解闭锁”开入回路,当该支路满足解闭锁条件(如主变保护动作且低压侧复合电压动作)时,通过该开入可强制解除失灵保护的低电压闭锁逻辑,确保高压侧断路器失灵时保护可以可靠动作。

2.2.3 断路器失灵保护出口逻辑



图4 断路器失灵保护逻辑图

具体逻辑图如图4所示。当电流判别元件满足动作条件(电流判据详见2.2.1节)时,无论是否为主变支路,除复合电压闭锁判据外,还需根据各支路隔离开关的实际位置判定。若故障可能发生在断路器失灵的母线区域范围内,需要切除对应故障母线。对于主变支路,其失灵保护经长延时出口后,还将进一步启动跳闸逻辑,切除主变三侧断路器。

3 双重化失灵保护改造研究

所谓“九统一”^[7],指的是新型保护装置功能配置统一;回路设计统一;端子排布置统一;接口标准统一;屏柜压板统一;保护定值保告格式统一;面板显示灯统一;装置菜单统一;信息规范统一,可以实现保护装置之间的互联互通和信息共享。而其中对于失灵保护的要求为:失灵保护功能应该集中化,需集成于母线保护装置内,由其对应间隔的保护装置提供启动接点。主变间隔除了需提供启动失灵的跳闸接点外,还须配置独立于启动回路的解电压闭锁保护接点(需取自不同继电器)接入母线保护装置。当失灵电流判据满足时,母线保护装置经设定延时出口启动失灵保护。

双重化配置要求。母线保护需设置两套原理独立、结构完整的母线差动保护装置,每套装置布置于专用保护屏柜且跳闸出口回路分别作用于断路器的两组跳闸线圈^[6];失灵保护作为母线及连接元件(线路、变压器等)的近后备保护,在双重化配置下应接入多路启动失灵接点(如线路保护、主变保护动作接点)及多分支解除电压闭锁回路。

安全规程要求。对于220 kV双母差单失灵保护

接点需并行直连对应的母差保护装置,通过装置内部过电流判别接点与保护接点的串联组合,构建分别属于两套母差保护,具备独立性的失灵启动回路。

此类改造必须严格遵循安措要求,落实所有安全措施,严防出现“三误”(误操作、误接线、误整定)事故。

3.3 改造后的启动失灵回路

“九统一”规程下,母差保护新架构的失灵启动逻辑即新型母线保护已集成内置有流判据功能,并不再依赖外部串接电流判别回路。基于双重化配置原则,每个间隔的双套保护装置需分别直连两套母差保护,而每套母差保护装置又配置一套失灵回路,从而实现保护-母差间的映射关系。这种回路直连模式通过物理隔离与功能自治,确保双重化失效场景下的系统可靠性,既保证了独立性,又符合双重化要求。

如图6、图7所示,改造后失灵回路中,两套线路保护(WXH-803A和CSC-103B)以A、B、C三相的形式提供启动失灵接点,对原由操作箱提供的三相启动失灵接点(TJR)进行保留。改造后,线路保护仅提供分相动作接点,所有失灵判别逻辑(包括电流判据)均由两套母线保护装置完成,相关接点则以开入量的形式进入对应母差保护(改造回路详见图7)。

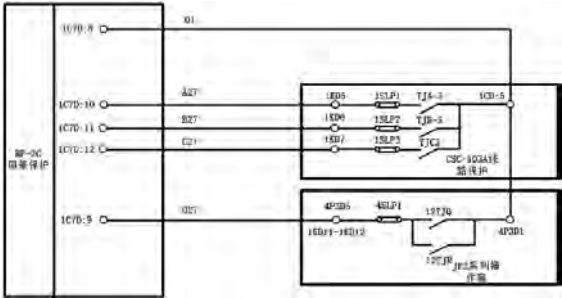


图6 双重化配置下起失灵回路1

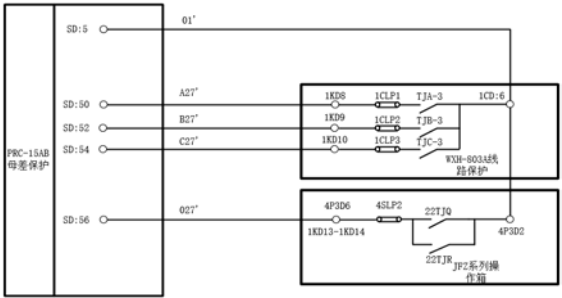


图7 双重化配置下起失灵回路2

改造过程关键步骤:

- 1) 按设计图纸接入新母差电缆;
- 2) 保护定检,分相验证新失灵回路、压板的正确性;
- 3) 重要的工程时序。鉴于本次工程需分多次轮停更换各220 kV间隔电流互感器,且所有线路间隔均需改造接入母差保护装置,因此,必须在所有间隔改造及试验完成后,方可退役原母差保护,再投入新母差保护;
- 4) 严格遵守过渡到第二套母差回路安全隔离操作步骤。需分步解开原有母差保护装置至各支路间隔第二组跳闸线圈的正电几跳线,进行绝缘包扎,先拆除各线路间隔处的正电、跳线,再拆除母差保护处的正电、跳线。

4 结语

文中对失灵保护的原理进行了简单的分析,讨论了失灵保护中双重化改造问题,并结合具体的220 kV线路改造案例,论述了相关间隔失灵保护与其他保护的交互逻辑。

参考文献:

[1] 刘亮,黄晓舟,肖蕾,等.220 kV 母线失灵保护双重化改造工程实践[J].国网技术学院学报,2019,22(01):30-32,35.

[2] 李帅.断路器失灵保护分析[J].电工技术,2021(15):58-60.

[3] 国家电网公司.变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范:Q/GDW 175—2008[S].北京:中国电力出版社,2008.

[4] 刘胤彬.浅谈高压电网断路器失灵保护[J].科技资讯,2008(28):124.

[5] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.电力系统技术导则:GB/T 38969—2020[S].中国标准出版社,2020.

[6] 马成龙.智能变电站二次系统验收流程与测试方法研究[D].长春:长春工业大学,2018.

[7] 国家电网公司.变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范:Q/GDW 1175—2014[S].北京:中国电力出版社,2014.

[8] 张健,王舒,张佳薇,等.220 kV 母差保护改造方案及难点分析[J].东北电力技术,2015,36(07):51-53.