

一起由站变故障引起的继电保护动作分析

戴启璠 顾一波 万景红 郭赞赞 蒋蓉蓉

江苏省灌溉总渠管理处, 江苏 淮安 223200

摘要: 电流互感器是变配电中重要的设备, 如果电流互感器的参数不满足实际需求, 既可能造成指示表计和计量表计不准, 也可能造成继电保护装置失灵, 酿成事故, 后果非常严重。针对南水北调东线第2梯级淮安四站站变故障引起的一系列继电保护动作进行分析, 站变电流互感器容量偏小是造成淮安四站站变进线开关拒动的主要原因。依据国家有关规程, 提出了改进措施。

关键词: 继电保护; 电流互感器; 准确限值系数

0 前言

电流互感器是将电网一次设备的高电压、大电流变换成能够供二次设备使用的低电压、小电流的电气设备。电流互感器二次侧的电流供给低压指示仪表和电能表, 可以测量一次设备的电流和电能; 供给继电保护装置, 可以对一次设备各种故障进行监测, 必要时可以发出告警信号或切除故障设备, 防止故障扩大。电流互感器具体有3大功能:①安全隔离:将高压侧与低压仪表隔离, 防止设备烧毁和人身触电。②标准化测量:配合小量程的电流表、电能表使用, 实现大电流的精确计量。③故障检测:为继电保护装置提供信号, 当发生故障时触发信号, 切断故障。电流互感器的选型是否正确, 直接影响到电力系统计量与测量的准确性和继电保护装置动作的可靠性, 直接关系到电网是否能够安全运行。南水北调东线第2梯级淮安四站站变由于电流互感器容量偏小, 当站变发生匝间短路故障时, 电流互感器处于过饱和状态, 导致站变开关拒动, 造成越级跳闸, 扩大了事故的影响范围, 教训非常深刻。

1 工程概况

淮安抽水站是国家南水北调东线第2梯级, 也是江苏省江 水北调第2梯级, 由淮安一站、淮安二站、淮安三站和淮安四 站4座大型电力抽水站及配套工程组成, 110kV淮安站变电所 是其专用变电所, 负责向淮安一站、淮安二站、淮安三站和淮 安四站供电。淮安站变电所由2台110kV三卷变压器、110kV GIS、 6kV和35kV等配电设备组成, 2台变压器的6kV出线侧有联络 断路器。2台110kV主变及其配电设备分别构成1号间隔和2 号间隔。1号间隔负责向淮安一站、淮安三站供电, 2号间隔 负责由612开关向淮安二站供电、由615开关向淮安四站供电。 1号间隔和2号间隔也可以通过6kV侧母联互为备用。2号间 隔接线简图如图1所示。

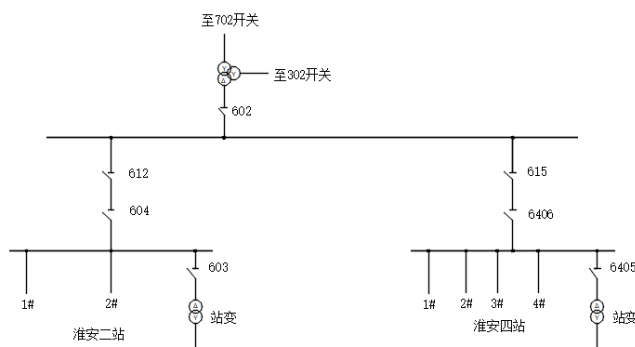


图1 淮安抽水站变电所2号间隔接线简图

2 继电保护动作过程

2023年4月28日, 淮安四站4台主机未运行, 运行人员 合6405开关投站用变压器, 该变压器容量630kVA, 变比 6kV/0.4kV。站变投运后约4秒左右, 站变发出一声响声, 淮安 四站进线开关6406跳闸, 6406开关速断电流整定值42.8A, 电 流互感器变比1500/5, 微机保护显示故障电流46.176A。正在 运行的淮安二站进线开关604也跳闸, 604开关速断电流整定 值14A, 电流互感器变比1500/5, 微机保护显示故障电流14.96A。 淮安二站正在运行的2台5000kW同步电动机也因失电跳闸, 但是, 站变6405开关未跳闸。负责向淮安二站、四站供电的 612、615开关也未跳闸。停电后检查, 淮安四站站变因匝间短 路已经损坏, 不能继续运行。

3 6405开关拒动及相关继电保护动作原因分析

6405开关保护整定值: 过流4.75A, 时间1S, 速断值16.65A, 时间0.5S(互感器变比75/5)。正常情况下, 站变故障, 站变 进开关6405开关应当首先动作跳闸, 经检查, 6405开关正常, 开关拒动的原因应该是其他原因。该互感器是江苏靖江互感器 生产的LZZBJ9-6型电流互感器, 变比75/5, 0.5级, 10P10级, 额定容量15VA, 额定短时热电流(I_{th})11kA, 额定动稳定电

流 (I_{dyn}) 27.5kA。根据 6406 开关继电保护装置显示的数据,故障点的电流值是 $46.176 \times 300 = 13852.3A$ 。与站变互感器一次额定电流比值 $13852.3/75 = 184.7$, 远远大于站变互感器的准确限值系数, 0.5S 延时动作时间足以使互感器铁芯电磁极度饱和, 传变特性发生变化, 互感器二次侧反映的故障电流已远非正弦波, 是非常狭窄的尖顶波, 二次电流严重畸变, 二次电流与一次电流不再成正比关系, 复合误差严重增大, 不能准确反映一次侧短路电流大小, 6405 开关继电保护装置在原采样周期内计算的故障电流严重偏小, 小于速断整定值, 造成速断保护拒动, 并且故障电流已经大于站变互感器的热稳定电流。而故障点的电流值与 6406 开关互感器一次额定电流比值 $13852.3/1500 = 9.23$, 小于该互感器的准确限值系数, 所以 6406 开关准确动作。至于淮安二站进线开关 604 跳闸, 是因为淮安二站 2 台 5000kW 同步电动机正在运行, 其反馈电流造成 604 开关跳闸。根据 604 开关继电保护装置显示的数据, 反馈电流值是 $14.96 \times 300 = 4488A$, 为淮安二站主电机额定电流 4.2 倍, 在正常范围内。淮安站变电所向淮安二站、淮安四站供电的 612、615 开关未跳闸的原因: 612 开关速断值是 15.6A (互感器变比 1000/5), 0.25S 延时动作, 615 开关速断值是 13.3A (互感器变比 1500/5), 0.25S 延时动作。根据 6406 和 604 开关继电保护装置显示的故障点的电流值已经超过这 2 台开关的动作值, 但是因为有 0.25S 的延时, 所以开关没有跳闸。

由上述分析可知, 站变电流互感器选型不当, 热稳定电流不满足要求是造成站变开关拒动的根本原因。由于站变开关拒动, 造成上一级开关越级跳闸。

4 改进措施

鉴于淮安四站原来的站变电流互感器热稳定电流不满足要求, 有必要重新选择电流互感器。根据 6406 开关继电保护装置显示的数据, 故障点的电流值是 13852.3A, 大于站变互感器热稳定电流, 说明现有的互感器热稳定电流不满足要求。目前大部分厂家生产的额定电流 100A 的电流互感器热稳定电流为 22.5kA, 如选用额定电流 100A 的电流互感器, 其热稳定电流可以满足要求。但是, 如果选用额定电流 100A 的电流互感器, 故障电流与该互感器额定电流之比为 138.5, 远大于目前我国电流互感器厂家的准确限值系数 40~50 范围。如果淮安四站站变电流互感器的准确限值系数按 10P40 选择, 为满足故障点的电流值是 13852.3A 的要求, 应该选择变比 400/5 的电流互感器。但是, 变比过大有可能使过电流保护的定值小于继电保护装置的最小整定范围。根据 DL/T866-2015《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》8.2.5 条规定: “当 3kV~35kV 系统电流

互感器最大限值电流小于最大系统短路电流时, 互感器准确限值电流宜按大于保护最大动作电流 2 倍选择。”根据 DL/T584-2017《3kV~110kV 电网继电保护整定规程》7.2.11.6 条规定: “电流速断保护定值允许按躲过变压器其他侧母线三相短路电流整定。”淮安四站站变短路阻抗为 4%, 保守计算站变低压侧三相短路 (忽略其他阻抗) 电流:

$$I_{Id} = 100S_N / 1.732U_{IN}U_d\% = 100 \times 630 / (1.732 \times 6.3 \times 4) = 1443.4A$$

(1)

式(1)中 S_N —站变容量; U_{IN} —站变高压侧电压; $U_d\%$ —短路阻抗

电流速断保护整定值 $I_{sd} = KI_{Id}$

K—可靠系数, 取 1.3。则 $I_{sd} = 1876.4A$

淮安四站站变电流互感器准确限值电流应为 $1876.4 \times 2 = 3752.8A$, 选择额定电流 200A, 准确限值系数 10P20 电流互感器可以满足要求。过流保护二次电流为 1.78A, 时间 1S (维持原定值不变)。淮安四站站变原保护装置是南京南瑞继保电气有限公司 PCS-9621 站用变保护装置, 整定值范围为 (0.05~30) I_n , 也满足要求, 可以继续使用。

5 经验总结

继电保护装置的作用是一次设备故障时能够快速、准确地切除; 异常时能够及时告警; 正常运行时不误动。要做到这些, 电流互感器对故障电流传变必须准确。但是, 由于故障时电流急剧增大, 并含有各种谐波和非周期分量, 如果电流互感器选型不当, 就有可能迅速饱和, 电流互感器二次侧的电流与一次侧的电流不能成正比, 继电保护装置就不能正确动作。因此, 必须重视继电保护装置所使用的电流互感器的选型。

与普通电流互感器相比, 站用电流互感器的选择更加复杂, 其难点在于泵站工程中的站用变压器的容量都不大, 一般不超过 1000kVA。如果按站变一次侧的额定电流乘以 1.2~1.5 的系数选择电流互感器一次电流, 其数值也比较小, 在短路情况下往往难以满足电流互感器铁芯不饱和的要求。为满足短路状态时电流互感器铁芯不饱和条件, 必须选择较大的额定一次电流, 有可能使得测量仪表及电能表精度降低和继电保护装置整定困难的问题。这是典型的大系统小电流回路电流互感器的选择, 也是泵站电气设计中的一个难题。

在选择电流互感器的额定一次电流时, 往往有一个误区, 就是仅根据 DL/T866-2015《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》3.2.2 条规定 “电流互感器额定一次电流应根据其所属一次设备额定电流或最大工作电流选择”。一些设计者把电流互感器所属一次设备额定电流乘以系数 (1.2~1.5) 作为电流互

传感器的额定一次电流。实际上该规程的另一条款还规定“电流互感器额定连续热电流、额定短时热电流和额定动稳定电流应能满足所在一次回路最大负荷电流和短路电流的要求,并应考虑系统的发展情况。”因此,电流互感器的额定一次电流,不仅应根据其所属一次设备的额定电流选择,以保证测量和计量仪表的精度,还应能够满足在额定连续热电流(I_{cth})、额定短时热电流(I_{th})及动稳定电流(I_{dyn})条件下电流互感器铁芯不饱和条件,以保证继电保护装置的准确性。

泵站继电保护用互感器一般采用 P 类用互感器,在发生短路故障时,该类互感器能将准确地将一次故障电流转换成二次电流,可以满足短路时继电保护正确动作的要求。如果在一次回路发生短路故障时,互感器迅速饱和,将使互感器误差急剧增大,二次电流不能正确反映故障电流,将引起保护的拒动作或越级动作。淮安四站站变故障引起继电保护一系列的动作就是典型的例子。

为保证站变电流互感器在站变短路时能够准确反映故障电流,电流互感器的额定准确限值电流应不小于该回路最大短路电流。站用变回路所装设的保护类型主要为电流速断保护、过电流保护,电流互感器二次电流值应当满足继电保护装置整定的要求,否则装置无法整定。站用变回路容量小,负荷电流也较小,电流互感器额定一次电流按负荷电流乘以系数选择,可

以保证了测量及计量的精度。在站变发生短路时,短路电流可达负荷电流的数百甚至数千倍。为了保证继电保护装置的准确性,必须大大提高电流互感器准确限值系数,才能防止电流互感器铁芯饱和。泵站用的电流互感器准确限值系数标准值为5、10、15、20,有可能不满足,如提高准确限值系数,就需要特殊定制。反过来,如果选择准确限值系数是标准值的电流互感器,就需要将电流互感器额定一次电流提高很多,直至满足站变短路时电流互感器额不饱和的条件,这又会导致测量及计量误差大,保护装置整定困难。

解决上述困难的办法是选用一种变比可调整的电流互感器。调整电流互感器的变比有2种方式:一是一次绕组串联或并联;二是绕组二次设置抽头。因此,站变电流互感器宜设置多个独立绕组,分别接测量及计量、保护,各绕组变比可不同,以适应测量和保护不同的需求。

6 结语

在选择站用电流互感器时,既要使互感器一次电流尽量接近于回路负荷电流,又要校核互感器是否满足短路热稳定条件。在测量精度和保护准确性难以兼顾的情况下,可以考虑选择变比可调整的电流互感器。

参考文献:

- [1] 江苏水源公司. 6kV 站变微机保护装置试验报告 [R] 2022.6
- [2] 江苏水源公司. 6kV 进线微机保护装置试验报告 [R] 2022.6
- [3] 江苏省灌溉总渠管理处. 微机保护装置试验报告 [R] 2022.12
- [4] 南京南瑞继电气有限公司. PCS-9621D 站用变保护装置技术和使用说明书 [R] 2017.8
- [5] DLT 866-2015 《电流互感器和电压互感器选择及计算规程》[S] 2015.04
- [6] DL/T584-2017 《3kV~110kV 电网继电保护整定规程》[S] 2017.09

作者简介: 戴启璠 (1964—), 男, 汉, 江苏淮安, 工学硕士, 江苏省灌溉总渠管理处, 研究员级高级工程师, 研究方向为泵站管理。