

中性点不接地系统故障分析

刘连凯

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司, 河北 唐山 063200)

[摘要] 针对首钢京唐公司#2 110kV 变电站 LF 炉 35kV 系统故障, 分析中性点不接地系统的短路故障情况, 提出该类型故障的简单判据。

关键词 中性点不接地系统 单相接地故障 电压互感器 零序电压

0 引言

中性点不直接接地系统包括中性点不接地系统和中性点经消弧线圈接地系统。当这类系统发生单相接地故障时, 由于不能构成低阻抗短路回路, 接地短路电流很小, 因此这类系统也叫小电流接地系统。从长期的运行经验来看, 单相接地故障在配电网中出现频率最高, 且一般会自行消除, 因此采用中性点不直接接地方式可以提高供电的可靠性。

1 背景

首钢京唐公司#2 110kV 变电站 LF 炉供电系统属于中性点不接地系统。系统中出现电压不平衡情况时, 往往会因未能及时处理而影响安全可靠供电。系统电压不平衡的原因主要有 TV 熔断器熔断和发生单相短路接地故障。

1.1 TV 熔断器熔断

由于 TV 中有一定的感应电压, 因此故障相电压降低(但不为零), 非故障相电压正常(向量角为 120°), 同时高压熔断器熔断使得一次侧电压不平衡, 造成开口三角形有电压, 即有零序电压出现。

(1) 单相高压熔断器熔断。例如 C 相高压熔断器熔断时, 零序电压 $3U_0$ 等于相电压, 如图 1 所示。

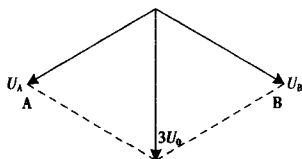


图1 C相熔断时的电压向量图

(2) 两相高压熔断器熔断。例如 A、C 相熔断, 零序电压 $3U_0$ 等于相电压, 如图 2 所示。

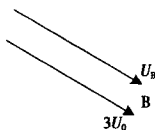


图2 A、C相熔断时的电压向量图

1.2 单相接地故障

小电流接地系统中, 经过渡电阻(包括弧光电阻、杆塔电阻、接地装置电阻等)接地称为不完全接地故障。在实际的小电流接地系统故障中, 单相接地故障约占 70%, 而单纯的金属性完全接地故障是很少的, 更多的是不完全接地故障。

当 A 相发生接地故障时, 电压向量如图 3、图 4 所示。其中, A 相对地电压 U_{Ad} 在 $0 \sim U_A$ 间变化, 但不为零; B 相对地电压 U_{Bd} 在 $U_B \sim U_{BA}$ 间变化, 其始端沿图 4 半圆 NdA 运动; C 相对地电压 U_{Cd} 在 $U_C \sim U_{CA}$ 间变化, 其始端同样沿图 4 半圆 NdA 运动。在一定范围内, U_{Bd} 是降低的, U_{Cd} 总是升高的, 甚至会超过线电压, 而 U_{Ad} 不是最低的, 因此不能用对地电压最低作为判断接地相的判据。超出一定范围, U_{Bd} 会升高, 但不会超过线电压。

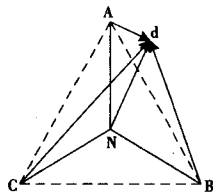


图3 A相接地中性点电压向量图

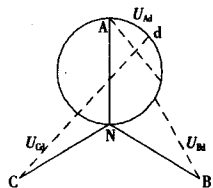


图4 A相接地中性点位移轨迹图

综上所述, 当 A 相发生接地故障时, U_{Cd} 总是大于 U_{Ad} , 也大于 U_{Bd} 。由此可知, 当系统发生单相接地故障时, 以正相序(A→B→C→A)为基准, 相对地电压最高的下一相为接地故障相。发生单相接地故障时, 故障电流很小, 90% 以上的单相接地电弧都能自行熄灭, 且三相线电压依然对称, 不影响对负荷进行连续供电, 规程规定可继续运行 1~2h。但是, 系统带单相接地故障运行时, 故障相对地电压降为零, 非故障相电压可升为线电压, 由此

收稿日期: 2013-01-02

作者简介: 刘连凯(1984-), 从事电气设备管理工作。

引起的过电压会危害电网的绝缘水平,可能导致事故扩大,影响系统安全可靠供电,因此需要尽快排除。

2 事故分析

2012年2月15日,首钢京唐公司#2 110kV变电站主控室后台报“#4主变零序过压报警”。现场检查发现,35kV TV柜电压表显示A相电压为零,B、C相电压均为35kV,312柜、301柜带电显示器A相为无压指示,B、C相为有压指示,变电站后台及#4主变低后备保护装置显示“#4主变零序过压报警”。后申请停电检查,在停电操作准备过程中,炼钢LF炉主电室某开关跳闸,故障消失,系统恢复正常。

3 数据分析

该变电站LF炉35kV系统故障录波显示,2012年2月15日1时37分08秒452.170毫秒,35kV系统A相电压瞬态降至8.8kV(一次有效值,后同),同时B、C相分别抬高至30.2kV、36kV。经历703.2ms暂态过程后,A相电压继续降低并维持在1kV左右,此时B、C相电压稳定在35kV左右,并伴有35kV左右的零序电压。

以上故障暂稳态过程持续约114min,至当日3时31分07秒863.049毫秒,B相电压瞬态降至0.7kV左右,与A相电压相近,而C相电压则略降至33kV;同时,炼钢LF线路312间隔A、B相电流由约120A突增至约7kA(相位差为180°),C相电流略有增加。故障电流持续约70ms后消失,同时35kV系统电压恢复正常,三相电压均在22kV左右。

该变电站35kV系统为中性点不接地系统,其线路出现单相接地故障时,故障线路相电压接近零(越接近故障点电位越低),非故障相电压因中性点电位偏移而抬高至1.732倍。因系统中无零序通路,接地故障电流仅为系统电容电流,在有负荷的情况下可忽略不计。由于三相电压不平衡,开口三角绕组感应产生零序电压 $3U_0$ 。

根据炼钢LF炉故障录波,并结合35kV中性点不接地系统特点分析可知,本次故障具有中性点不接地系统单相接地的典型特征,且A、B相电流大小相等、相位相反,属相间短路故障波形特征。

综上,2012年2月15日1时37分08秒452.170毫秒,LF炉35kV系统A相某处绝缘水平严重降低,经过703.2ms暂态过程后,该处绝缘几乎完全破坏;此单相接地故障状态持续约114min,至当日3时31分07秒863.049毫秒,故障发展为A、B相间短路,炼钢LF炉主电室速断保护动作跳闸,切除该故障点,系统恢复正常。

4 调查核实

现场全面检查设备、线路后,发现LF炉SVC室一电缆头存在明显的放电击穿,现场特征与故障诊断基本吻合。

5 结论

5.1 35kV系统单相接地故障

系统单相接地若为金属性接地,其中一相与大地同电位(电压为零),其它两相电压数值上升为线电压,则电压为零的相为故障相;若为非金属性接地,其中一相电压降低但不为零,其它两相升高但不相等,且有一相略高于线电压,则电压降低相为接地相。

不接地系统因其特殊性,在发生单相接地故障时,由于系统中未形成通路,不会产生大的短路电流,短时间内不会对电气设备造成危害。但此时大地和短路相是等电位,若检查过程中发现35kV系统电压出现严重不平衡(单相电压接近零,另两相电压接近35kV),且有零序过电压报警信息出现时,则应迅速组织停电检查事宜。检查过程中严禁触及设备外壳,若需进入开关室则须小步慢行,以避免跨步电压对人身造成危害。

5.2 35kV系统TV一次保险熔断故障

当TV单相高压熔断器熔断时,故障相电压降低(但不为零),非故障相电压正常,且有零序电压。当TV单相低压熔断器熔断时,一次侧电压正常,三相电压仍处于平衡,且无零序电压,其它现象与单相高压熔断器熔断时相同。

发生此类故障时,故障相电压表指示有所降低,但不会接近零,其余两相电压正常。这是因为非故障相的合成磁动势会通过闭合磁路在故障相绕组内感应出一定的电压。同时,断相会造成三相电压不平衡,故开口三角形处也会产生一定的不平衡电压,即零序电压。

(上接第25页)

价和结论。对于试验过程中发现的问题,或者需要进一步改进和注意的地方,可以在报告中给出建议。

7 结束语

大型发电机—变压器组电气二次回路的调试具有全局性、系统性,调试工作既要从整体的角度去考虑,又不能放过任何一个细节,同时调试也是有客观规律可循的,按照一定的方法去调试,就可实现机组“零缺陷”启动。

参考文献

- [1]钱嘉. 西门子断路器二次回路施工调试中应注意的问题[J]. 浙江电力, 2010(3): 22~24
- [2]兀鹏越, 孙钢虎, 兀鹏越, 等. 发电厂大型变压器的组件调试及投运[J]. 变压器, 2012(8): 22~24
- [3]DL/T 995—2006 继电保护和电网安全自动装置检验规程[S]
- [4]占金涛. TA特性与其二次回路通流试验的关系[J]. 电力建设, 2006, 27(1): 25~27