

配网三相电压不平衡分析与处理

储卓皓

(苏州供电公司,江苏 苏州 215021)

摘 要:配网中三相电压不平衡现象是电网异常和故障的反映,其产生原因、机理和事故现象多种多样。文中对配网中三相电压不平衡现象的成因进行了分析,归纳和总结了各种三相电压不平衡故障的处理方法。为调度员迅速、准确处理三相电压不平衡故障提供了参考和帮助。

关键词:配网;三相电压不平衡;消弧线圈;供电可靠性

中图分类号:TM86

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)06-0042-0003

供电可靠性是指城市供电系统对用户持续供电的能力^[1]。随着经济的飞速发展和人民生活水平不断提高,人们对供电可靠性的要求越来越高。在满足电力需求的同时,进一步提高城市供电可靠性既是电力用户的需要,也是供电企业自身发展的目标。统计表明,用户停电故障中 80% 以上由配网系统的故障引起,对用户供电可靠性有很大影响^[2]。配网中三相电压不平衡现象是电网异常和故障的反映。调度员若能根据三相电压不平衡现象准确判断故障,迅速发布调度指令,隔离故障,恢复运方,可以大大提高对用户的供电可靠性。反之,则可能导致配变烧毁、避雷器爆炸、线路短路,甚至大面积停电。

1 中性点经消弧线圈接地系统

目前苏州配网有 10 kV、20 kV 2 个电压等级,主要以中性点经消弧线圈接地方式运行。配网在中性点经消弧线圈接地方式运行时,系统发生单相接地故障,消弧线圈所产生的感性电流将补偿系统中的容性接地电流,降低了单相接地故障电流,从而抑制了接地点电弧的产生。

当系统发生接地时,由于接地点残流很小,影响选线设备的灵敏度甚至无法选线;采用试拉线路的方法确定故障线路时,若故障为 2 条或 2 条以上线路同相接地时,调度员很难确定故障线路,容易误判为母线故障;另外,消弧线圈若补偿不当会与系统对地电容发生串联谐振,产生虚幻接地或谐振过电压,造成调度员误判。

2 三相电压不平衡现象与处理

2.1 线路单相接地

线路正常运行时导线对地电容大致相等,线路对地为相电压,2 条线路间的电压差为线电压,在对地电容中流过三相平衡的充电电流,没有零序电流流过,相量图如图 1 所示。小电流接地系统单条线路

发生接地时,接地相与大地同相位,中性点电位发生偏移,其他两相对地电压升高,相量图如图 2 所示(A 相金属接地)。

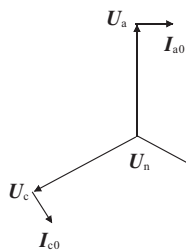


图 1 正常状态相量图

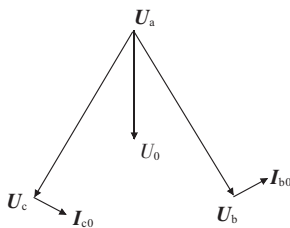


图 2 单相接地相量图

此时三相电压表现为故障相对地电压降低,金属性接地时降低为 0;非故障相对地电压升高,金属性接地时升高为线电压。电压互感器(TV)开口三角有电压输出,发出接地信号。

对于这种情况,线路接地不仅仅是指架空线路、电缆,也包括线路流变、隔离开关、断路器等变电站内设备,处理时首先应对站内设备进行巡视。检查站内设备正常后将接地母线出线断路器逐一拉合,当拉开某条线路时接地消失则可判定故障点在该线路上。先试拉架空线路多、负荷较轻且无重要用户的线路,后拉负荷较重且有重要用户的线路。

2.2 2 条或 2 条以上线路接地

(1) 同一母线的供电线路有时会发生 2 条或以上线路同时接地。若 2 条线路异名相同时接地,电流速切保护动作,将其中一条线路切除。另一条线路接地,TV 开口三角有电压输出,发出接地信号。处理方法同单条线路单相接地。

(2) 若 2 条线路同相接地,由于构不成过流保护回路,电流速切保护不会动作。此时绝缘监视显示对地电压指示不平衡,出现接地信号。现象和原理同单条线路单相接地。但是,按照单条线路单相接地处理流程,将所有线路试拉以后接地一直存在。这种情况虽然比较少见,但是现场处理时很容易造成调度

员的误判,处理起来也十分复杂。处理这种三相电压不平衡的一般流程:首先将接地母线上的断路器逐一拉开直到接地现象消失;然后将拉开的线路逐一试送,当试送某一条线路发生接地时立即将该线路拉开直至将全部接地线路找到。这种方法虽然能找到接地线路但是会造成大范围停电,而且对某些线路会造成二次停电,影响供电可靠性。当接地母线所供负荷为中心负荷或所供区域内有重要、敏感用户时该方法的弊端很大。

(3) 以 2 条线路同相接地为例,线路接地时并不是理论上的完全金属接地,总是存在一定的接地阻抗。当 2 条线路同相接地时零序阻抗图如图 3 所示。由于接地点位置、绝缘情况等因素不同,线路 L_1 、 L_2 的零序阻抗 X_{01} 和 X_{02} 也不会相同。因此拉开线路 L_1 时故障相和非故障相的电压与拉开线路 L_2 时会有一定的差异。利用遥测、遥信工具或运行值班人员现场监视仪表,及时捕捉拉合断路器时电压的差异,往往能判断出接地线路。

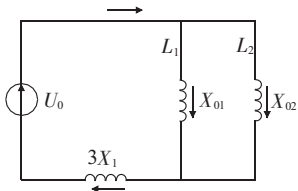


图 3 两线同相接地零序阻抗

2.3 线路断线

线路在雷雨、大风、高寒和降雪天气或受到外力破坏时,往往会发生线路断线引发三相电压不平衡,TV 开口三角有电压输出,发出接地信号。但与线路单相接地的区别是,此时三相电压表现为一相升高(断线相)另两相(正常相)降低。电压升高的幅度与断线点和母线的距离有关。断线处离母线越近电压越高,离母线越远电压越低,断线发生在线路末端时,电压变化很小甚至没有变化。另外发生线路断线时常会接到配变缺相的报告。

线路断线发生后,由于导线悬挂在空中,在风力作用下会和电线杆、大地或周围的树木接触,造成间歇性接地,甚至发展成为线路单相接地。此时,靠近接地处 8 m 以内即有可能因为跨步电压造成触电,因此线路断线对人员生命安全危险很大,应立即将故障线路切除。

2.4 TV 自身故障

TV 保险丝熔断也会造成三相电压不平衡现象。TV 高压熔丝熔断时三相电压表现为非故障相电压不升高,故障相电压降低但不为 0,开口三角有电压输出,发出接地信号。TV 低压熔丝熔断时三相电压表现为非故障相电压不升高,故障相电压为 0,

不发出接地信号^[3]。其原因在于 TV 高压熔丝熔断时,在低压侧存在感应电压,熔断相电压不为 0。高压侧三相电压不平衡会在开口三角处产生零序电压,启动接地装置发出接地信号,相量图如图 4 所示(A 相熔断)。低压熔丝熔断时,由于没有感应电压的存在,故障相电压为 0。一次三相电压仍平衡,故开口三角没有电压,不会发出接地信号。

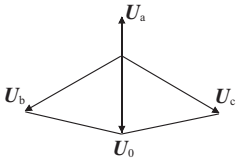


图 4 A 相熔断相量图

对 TV 熔丝熔断造成的三相电压不平衡,应首先将母联备自投装置停用,退出与该 TV 有关的保护。将 TV 改为冷备用后更换熔断的熔丝,再将 TV 投入运行,三相电压不平衡即会消失。但是如果对 TV 自身故障造成的三相电压平衡现象理解不准确,误判为线路接地或线路断线,则往往会因为试拉线路造成不必要的对外停电,影响供电可靠性。同时由于处理时间上的延误,TV 长时间在不平衡电压下运行容易引发 TV 损坏。

2.5 消弧线圈补偿不当

通常消弧线圈运行在过补偿状态,补偿后单相接地故障的电流应小于 10 A。并应优先采用自动跟踪补偿消弧线圈,对于非连续调节的自动跟踪补偿消弧线圈,其脱谐度应小于 5%,对于连续调节的自动跟踪补偿消弧线圈,其脱谐度应小于 2%^[4]。

在实际运行过程中,由于发生故障或消弧线圈容量不够等原因,有时会引起谐振。此时三相电压表现为一相升高两相降低或一相降低、两相升高,且三相电压往往不断变化,有时候还会出现很高的谐振过电压。对这种情况一般将某条线路拉合一次破坏谐振条件后三相电压即恢复正常,应做好记录,以便技术人员重新整定消弧线圈脱谐度。苏州 110 kV 娄门变曾出现 10 kV I 段母线三相电压不平衡 ($U_a=7.3$ kV, $U_b=5.0$ kV, $U_c=5.5$ kV),现场设备检查无误,将 I 段母线上 115 板泾线拉合一次后三相电压恢复正常。

3 案例分析

苏州地区葑门变 10 kV 出线曾发生一起复杂的三相电压不平衡事故。监控中心汇报葑门变 10 kV II 母线接地 ($U_a=0.9$ kV, $U_b=10.7$ kV, $U_c=11.3$ kV), 121 富华线拉开后母线电压 ($U_a=9.7$ kV, $U_b=0.7$ kV, $U_c=10$ kV), B 相接地。合上 121 富华线开关 ($U_a=0.9$ kV, $U_b=10.7$ kV, $U_c=11.3$ kV), A 相接地。根据继电保护配置和日常运行经验,初步判断可能为以下 3

种情况的一种或几种而导致三相电压不平衡:(1) 121 富华线存在单相接地故障;(2)母线接地信号出错;(3)121 富华线开关存在异常。同时排除存在母线异相接地的可能(如异相接地,电流 I 段保护将动作)。为作进一步判断,通知配电到星港街南环网室,将 183 富华线环出开关由运行改为冷备用,将 121 富华线架空线切除。架空线切除后,葑门变接地消失, $U_a=6.0\text{ kV}$, $U_b=6.0\text{ kV}$, $U_c=6.0\text{ kV}$,确定 121 富华线存在接地故障并将其隔离,同时排除母线接地信号出错的可能。即找到 121 富华线拉开后三相电压不平衡的原因。令葑门变 121 富华线开头拉合一次,拉开后 $U_a=9.7\text{ kV}$, $U_b=0.7\text{ kV}$, $U_c=10\text{ kV}$,合上后 $U_a=6.0\text{ kV}$, $U_b=6.0\text{ kV}$, $U_c=6.0\text{ kV}$,初步推测为开关在分闸后存在问题,拉开后 B 相可能未完全拉开。为了确定判断,通知配电将百安居开闭所 184 富华线进线开关由运行改为冷备用,所有用户切除,检查 184 富华线进线开关线路侧,发现 B 相带电(带电显示器显示),同时葑门变 10 kV II 段母线电压恢复正常 $U_a=6.0\text{ kV}$, $U_b=6.0\text{ kV}$, $U_c=6.0\text{ kV}$,判定为 121 富华线开关 B 相未拉开,之前 B 相接地信号应确定为由用户变低压侧返送至葑门变 10 kV II 段母线引起。经过检查,确定 121 富华线 B 相开关故障,配电巡线发现 121 富华线线路 A 相接地故障,验证了之前判断的正确。事故处理期间,121 富华线速切保护动作重合未成功,经检查为 121 富华线一段电缆由于承受三相不平衡电压,导致绝缘击

穿发展为相间短路,属于接地故障的衍生。

4 结束语

由以上分析可以看出,引起配网三相电压不平衡的原因很多,彼此之间又有很多相似之处。调度员对此首先要综合各种信号、汇报,准确区别各种原因产生的三相电压不平衡现象上的差异,做到分析、判断准确。其次,要了解各种三相电压不平衡现象机理和产生过程,针对不同的事故情况采用合理的解决办法。最后,处理三相电压不平衡情况时一定要沉着、冷静、思路清晰,对处理步骤做到心中有数。这样才能正确、及时的处理好事故,使电压在最短的时间内恢复正常,保证电网的安全稳定运行,提高供电可靠性。

参考文献:

- [1] 国家电网公司.城市电力网规划设计导则[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [2] 雷娜,周渝慧,王蓉蓉.贝叶斯网络的复杂配电网可靠性评估[J].电力系统及其自动化学报,2009,21(1):108-112.
- [3] 华东电业管理局.变电运行技术问答[M].北京:中国电力出版社,1999.
- [4] 王立.城市配电网中性点接地方式的选择[J].华北电力技术,2002,(12):17-20.

作者简介:

储卓皓(1985-),男,江苏苏州人,助理工程师,从事电力系统配网调度工作。

The Solution of Unbalanced Three-phase Voltage in Power Distribution

CHU Zhuo-hao

(Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215021, China)

Abstract: In power distribution unbalanced three-phase voltage is a reflection of abnormality and failure of power system. There are various of causes, mechanism and phenomena. The reasons of various phenomenon of unbalanced three-phase voltage are analyzed and the solutions are summarized in this paper. Technicians should be able to efficiently and accurately solve the unbalanced three-phase voltage based on this paper.

Key word: power distribution system; three-phase voltage unbalance; Petersen coil; supply reliability

(上接第 41 页)

Research on Power System Graphic Platform Based on CIM

YU Feng, XUE Ming

(Fengxian Power Supply Company, Fengxian 221700, China)

Abstract: CIM (Common Information Model) is an object-oriented public model established by UML (Unified Modeling Language) in order to realize the power system information sharing. According to the characteristic of the CIM and the object-oriented technology, a power system graphic platform based on CIM is developed in the Visual C++ 6.0 environment. The graphic system can use the universal information, one advantage of CIM, and the associated characteristic between the classes in the topological package and line package in CIM, through adding geometric properties to the corresponding class in topological package, the connective relation can be set up automatically after the finished main electrical power system writing drawing.

Key words: common information model(CIM); object-oriented; connective relation