

一起 10 kV 母线电压异常事故的简要分析

伏祥运

(连云港供电公司,江苏连云港 222004)

摘要:在小电流接地系统中,当对地参数不对称时容易造成系统中性点对地电压的偏移,严重时还会引起“虚幻接地”,其现象和单相接地现象非常相似;另外,当系统对地电容发生变化时,对地电容的充电电荷需要重新分配,达到一个新的稳态,在此电磁暂态过程中,对地电流将通过压变、消弧线圈形成通路,该电流中的直流分量将引起压变的饱和,造成电压的异常现象。基于这两个方面的原理对一起 10 kV 线路中绝缘线夹接触不良造成的电压异常现象进行了简要介绍,分析了产生该现象的原因,这对调度过程中类似现象的处理有一定借鉴意义。

关键词:过电压;参数不对称;电压不平衡;电磁暂态

中图分类号:TM711

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)01-0017-02

1 过程简述

2009年3月24日,某地区一 35 kV 变电所出现一次电压异常事故,如图 1 所示。图 1 给出了与该事故相关的电网接线情况,图中 A 站为 35 kV 变电所,B 站为 110 kV 变电所,A 站 10 kV X 线和 B 站 10 kV Y 线通过环网单元形成手拉手供电。A 站 10 kV 母线除了 X 线外还有 4 条 10 kV 出线,据统计共有电缆线路约 8 km,架空线路 3 km;B 站除 Y 出线外还有 7 条出线,据统计共计电缆线路 25 km,架空线路 15 km。

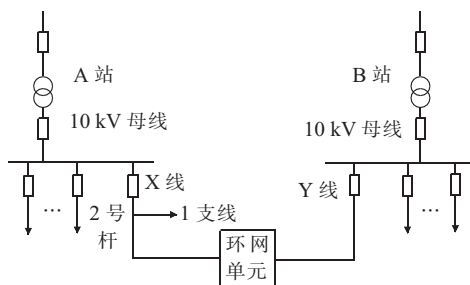


图 1 相关系统接线图

2009年3月24日 A 站 10 kV X 线进行 2~21 号杆施工,工作结束后 10 kV X 线送电发现,A 站 10 kV 电压异常,C 相偏低,约为 5.2 kV,A,B 相偏高,分别为 6.4 kV,6.5 kV,间断性的出现电压的剧烈波动,线电压为 10.3 kV。拉开 A 站 X 线出线开关后,电压恢复正常。对所内和出线检查无明显异常。后对 A 站 X 线再次送电时,A 站 10 kV 电压又出现异常并多次出现短暂电压剧烈波动。再次拉开 A 站 X 线开关后,A 站 10 kV 母线电压又恢复正常。后将 X 线通过环网单元倒至 B 站供电,B 站 10 kV 母线电压无明显异常。进行带电巡线时发现 X 线 2 号杆穿刺线夹有松动,接触不良。处理后,X 线倒至 A 站送电正常。

收稿日期:2009-10-17;修回日期:2009-11-14

通过了解得知,X 线 2 号杆通过一个穿刺线夹引出一个分支箱,该分支箱下接了多条电缆分支线路,根据配电管理信息系统(MIS)的信息,这部分分支线路电缆长度约在 2 km。

2 简要分析

2.1 电压不平衡原因分析

简化系统电路如图 2 所示。 O 点为地; O' 为负荷的虚拟中性点; Y_A, Y_B, Y_C 分别为系统三相对地的导纳,主要是由线路和母线的对地电容、压变的对地阻抗、接地变和消弧线圈形成的对地阻抗等组成; \dot{U}_{NO} 为电源虚拟中性点和地之间的电势差。由于电源的虚拟中性点和地之间没有电流通路,即这两点之间仅有电势差但没有电流,因此在图中用虚线表示。在分析过程中假设系统电压是理想的,即有

$$\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0 \quad (1)$$

当三相负载不平衡时将引起 O 点和 O' 存在电势差^[1,2],根据图 2 计算可得

$$\dot{U}_{NO} = \frac{\dot{U}_A Y_A + \dot{U}_B Y_B + \dot{U}_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad (2)$$

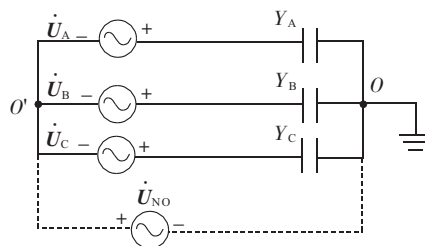


图 2 简化系统电路图

根据式(1)可以将式(2)写成如下形式^[3]:

$$\dot{U}_{NO} = \frac{\dot{U}_A (Y_A - Y_C) + \dot{U}_B (Y_B - Y_C)}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad (3)$$

当 X 线 2 号杆穿刺线夹接触不良时,断开相和连接相比,对地电容减小,若 A 相、B 相接触不好,

Y_A 和 Y_B 比 Y_C 要小,将造成了中线点的偏移, \dot{U}_{NO} 中将含有与 A 相和 B 相电压同方向的电压成分,如图 3 所示。中性点对地产生了偏移,这时 A 相、B

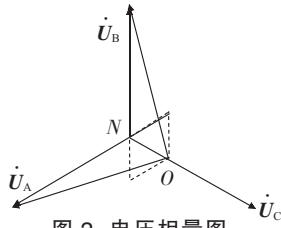


图 3 电压相量图

相对地电压增大,C 相对地电压减小。这一点与实际系统电压显示的 C 相偏低,A 相、B 相偏高相符。

从式(3)中可以知道, $Y_A - Y_B$ 和 $Y_B - Y_C$ 就是断开点之后的电缆线路对地电容,这部分电缆越长,电压偏移越严重。 $Y_A + Y_B + Y_C$ 表示三相相对地导纳之和,主要是线路对地电容。相同长度的架空线路和电缆线路相比,对地电容要小得多,甚至可以忽略。因此 10 kV 母线上的出线电缆越长, $Y_A + Y_B + Y_C$ 就越大,则中性点的偏移就越小。对于文中所讨论的情况, $Y_A - Y_C$ 和 $Y_B - Y_C$ 就是 2 号杆 T 接的分支箱所带电缆对地电容的大小,为一常数。由于 A 站 10 kV 母线出线电缆较短, $Y_A + Y_B + Y_C$ 较小,B 站 10 kV 母线出线电缆则要长得多, $Y_A + Y_B + Y_C$ 相对较大,这就可以解释 X 线在 A 站运行时,电压偏移较为严重,而导致 B 站运行时电压偏移很小的原因。

在不考虑压变以及消弧线圈的影响时,仅考虑电缆的对地电容,根据配电 MIS 的数据,利用式(3)对 A 站的电压偏移进行估计可得

$$\dot{U}_{NO} = \frac{2\dot{U}_A + 2\dot{U}_B}{26} = \frac{\dot{U}_A + \dot{U}_B}{13} \quad (4)$$

根据式(4)和图 3 可以计算出 A、B、C 三相电压分别为:6.2 kV,6.2 kV,5.5 kV。需要说明的是,由于在中性点电压偏移后达到一定限值后消弧线圈将动作,将使得电压偏移增大。因此估算结果和实际显示存在一定的差异。

2.2 电压剧烈变化原因分析

由于架空线路在室外受风力等影响,当出现导线摆动时,可能造成 1 支线各相的接通或断开。相当于对一个对地电容充电电荷的重新分配,由于系统阻抗和线路阻抗的存在,将产生一个电磁暂态过程,该暂态过程将进一步造成中性点偏移电压的暂态过程。另外,该电磁暂态中含有一定的直流分量,该直流分量在系统侧没有通路,只有通过电压互感器(TV)和消弧线圈形成通路,该直流分量容易造成压变的瞬间饱和。因此,初步判断间歇性的电压剧变是由于对地电容电荷重新分配时的电磁暂态及其中的直流分量造成 TV 饱和。这种暂态变化速度快,时间短,符合当时电压的短时剧烈变化的现象。

另外,当 1 支线某相导线突然接通时,相当于投入一个对地电容,该过程由 2 个过程对该电容充

电。首先是其他线路的相同相电容给刚投入的对地电容充电;接着,在系统电压作用下,通过压变和消弧线圈形成通路,对地电容充电。由于线路参数要比消弧线圈电感小得多,因此前一个过程较后一个过程快得多。由于这 2 个过程速度相差很大,可以认为它们是分段进行的。在第一阶段时,线路电容之间的电荷重新平均分配,将造成对地电容的电压降低。由于电荷总量为 Q 不变,则有

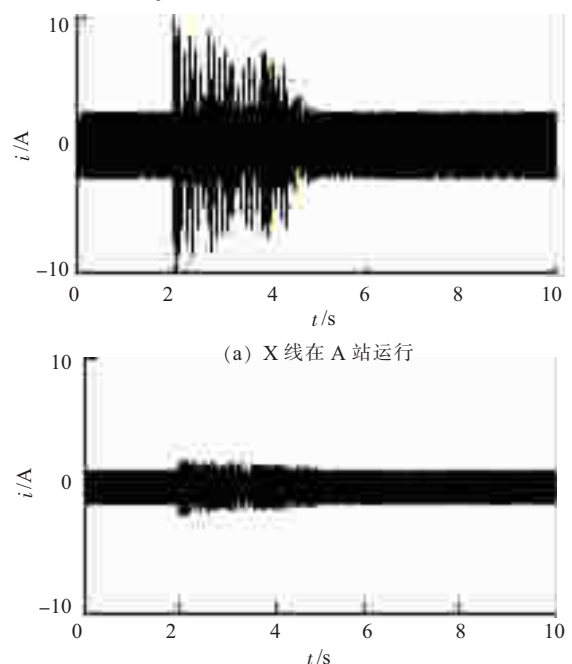
$$U = \frac{Q}{C} \quad U' = \frac{Q}{C+C'} \quad (5)$$

$$\Delta U = U - U' = \frac{C'Q}{C(C+C')}$$

式中: C' 为投入线路对地电容; C 为系统对地电容总和; $U, U', \Delta U$ 为电荷平均分配前后电压及其变化量。从式(5)中可以看出,投入线路电容越大, ΔU 越大;系统总电容 C 越大, ΔU 越小。在文中讨论的情况下, C' 为一个常数,就是 1 支路电缆线路的对地电容。B 站较 A 站的电缆长得多,对地电容较大。因此,X 线出现接触不良时,在 A 站运行时较在 B 站运行时第 1 阶段产生的 ΔU 要大得多。

第 1 个阶段电荷平衡产生的 ΔU 越大,第 2 阶段的暂态过程就越明显,对电压的影响就越大。因此,X 线在 A 站运行时暂态过程的直流量较大,对 TV 影响也大,电压产生了明显变化。在 B 站运行时则没有明显的电压变化。

利用仿真软件,对 X 线在 A 站和 B 站运行时的参数建立仿真模型,进行仿真研究。如图 4 所示,分别给出了当 1 支线 A 相突然投入时,流经消弧线圈的电流波形图。



(a) X 线在 A 站运行

(b) X 线在 B 站运行

图 4 仿真结果图

同杆双回输电线路感应电压电流计算分析

严伟佳, 华玉良, 倪卫良, 沈 嵘
(苏州供电公司, 江苏 苏州 215000)

摘要:给出了同杆架设输电线路感应电压、电流的计算公式,并列出了回路间电感电容的计算公式。同时,分析了影响感应电压电流大小的因素。以一条 500 kV 同杆双回线路为例,对其感应电压电流进行了电磁暂态仿真计算和现场实测,理论计算与实测结果较为一致。

关键词:双回输电线路;感应电压;感应电流;静电感应;电磁感应

中图分类号:TM726

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)01-0019-03

随着我国经济的飞速发展,线路通道所需的土地成本不断增加,为有效减少线路通道及建设费用,同杆并架双回线路甚至是多回线路的应用已经越来越普遍。如苏州地区大部分 220 kV 及以上电压等级线路都为同杆架设线路。同杆架设多回线路将成为我国输电线路发展的一种趋势^[1],但由此带来的感应电压电流问题也显得日益突出^[2]。因此,本文计算分析运行回路在停电检修线路上产生的感应电压电

收稿日期:2009-10-19;修回日期:2009-11-25

流,为在实际运行中采取相应的检修作业方式及安全防护措施提供依据^[3]。

1 感应电压电流概述

感应电压根据产生原理的不同分静电感应电压和电磁感应电压^[4]。静电感应是当导体处于外电场中时,该导体会因电容耦合效应而带上一定的电荷,可知由于停运导线与运行导线之间存在的电容耦合效应,依靠运行导线电压产生的电场,停运导线上即可感应出一定的对地电位。电磁感应电压是当导线

从图 4 中可以看出,X 线在 A 站运行时,消弧线圈的电流较大。通过快速傅里叶变换(FFT)分析得出,在 1 支线投入时,在 A 站和 B 站运行时其直流分量分别为 0.7 A 和 0.1 A。这个直流电流将通过消弧线圈和压变进行分流。在 A 站运行时直流电流大,对压变影响大,在 B 站运行时影响较小,这和实际情况也相符。

3 结束语

本文针对一起 10 kV 母线电压异常事故进行了介绍,解释了事故过程中的各种现象,分析了事故的原因。对稳态的电压不对称问题进行了公式推导和分析,对其中的暂态过程进行了仿真研究。通过推导

分析和仿真研究所得到的结果都分别与事故过程中产生的现象相符,证明了分析的正确性和合理性。文中的分析对电力系统运行过程中相同和相关问题的处理具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 解广润.电力系统过电压[M].北京:水利电力出版社,1983.
- [2] 平绍勋.电力系统内部过电压保护及实例分析[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [3] 李润先.中压电网系统接地实用技术[M].北京:中国电力出版社,2001.

作者简介:

伏祥运(1977-),男,江苏赣榆人,博士,从事电力系统调度运行、电力系统分析、无功功率补偿和谐波抑制等方面工作。

Brief Analysis of an Abnormal Voltage Accident on 10 kV Bus

FU Xiang-yun

(Lianyungang Power Supply Company, Lianyungang 222004, China)

Abstract:In the low-current grounding power system, asymmetry parameters could cause offset of the neutral point voltage, and even produce virtual earth phenomenon, which is similar to a single-phase grounding fault. Moreover, when the system capacitance to earth is changed, the charging change redistributes to achieve another new steady state. In this electromagnetic transient process, the current path to earth forms through PT and arc suppression coils. The direct current component leads to the PT saturation and voltage abnormality. Based on principles of these two aspects, this paper introduces an abnormal voltage accident caused by poor contact of insulating clamp on 10 kV bus. Reasons of the phenomenon are analyzed as well, which will have a certain referential significance to similar cases in the power dispatch.

Key words:over voltage; asymmetry parameters; unbalanced voltage; electromagnetic transient; Magnetic saturation