

35 kV 及以下电压互感器熔丝熔断原因分析及对策

赵海林

(扬中市供电公司,江苏扬中 212200)

摘要:电磁式电压互感器在 35 kV 及以下电网中的应用广泛,其故障的产生与消除成为亟待解决的问题。分析了 35 kV 电磁式电压互感器熔丝熔断的原因,并提出了具体的解决方法。

关键词:电压互感器;熔断;消谐器

中图分类号:TM451

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2011)05-0064-02

电压互感器是变电站电压测量、计量及继电保护的重要设备,其在运行过程中经常会发生高压侧熔丝熔断故障,对计量、继电保护等带来不良后果,因此对电磁式电压互感器熔丝熔断故障的研究具有非常重要的意义,合理有效处理该故障可以减小事故的危害,保证电网、设备的安全运行,减小损失。文中主要分析了发生此类故障的原因,提出了相应的措施,为现场解决问题提供参考。

1 电磁式电压互感器熔丝熔断原因分析

造成电压互感器熔丝熔断的主要原因有:铁磁谐振过电压、低频饱和电流、电压互感器一、二次绝缘降低或消谐器绝缘下降、电压互感器 X 端绝缘水平与消谐器不匹配以及雷雨天气等。

1.1 铁磁谐振过电压的影响

非线性负荷使得电压波形严重畸变,这是造成铁磁谐振的主要因素。在中性点不接地系统中,正常运行时,由于三相对称,电压互感器的励磁阻抗大于系统对地电容,两者并联后为一等值电容,系统对地阻抗呈现容性,中性点的位移基本接近 0。当线路瞬时接地时,健全相电压突然上升,产生涌流;给电压互感器送电时,其一相或两相绕组内出现巨大的涌流。系统的某些干扰可使电压互感器铁芯出现不同程度的饱和,中性点就有较大的位移,位移电压可以是工频,也可以是谐波频率(分频、高频),饱和后的电压互感器励磁电感变小,系统网络对地阻抗趋于感性,此时若系统的对地电感与对地电容相匹配,就形成三相或单相共振回路,可激发各种铁磁谐振过电压。工频和高频铁磁谐振过电压的幅值一般较高,可达额定值的 3 倍以上,起始暂态过程中的电压幅值可能更高,危及电气设备的绝缘结构。工频谐振过电压可导致三相对地电压同时升高,或引起“虚接地”现象^[1]。高频铁磁谐振可导致相电压低频摆动,励磁感抗成倍下降,过电压并不

高,一般在 2 倍额定值以下,但感抗下降会使励磁回路严重饱和,励磁电流急剧加大,电流大大超过额定值,使电压互感器一次侧熔丝过热烧毁。

1.2 低频饱和电流的影响

发生单相接地故障时,由于电压互感器的励磁阻抗很大,其中流过的电流很小,一旦接地故障消失,电流通路则被切断,而非接地相必须由线电压瞬间恢复到正常相电压水平。但是,由于接地故障已断开,非接地相在接地期间已经充电至线电压下的电荷,只有通过高压绕组经其原来接地的中性点进入大地。这一瞬变过程中,高压绕组中将会流过一个幅值很高的低频饱和电流,使铁芯严重饱和。当对地电容较大、间歇性弧光接地或接地消失时,健全相对地电容中贮存的电荷将重新分配,它将通过中性点接地的互感器一次绕组形成放电回路,构成低频振荡电压分量,促使铁芯处于饱和状态,形成低频饱和电流。其在单相接地消失后 1/4~1/2 工频周期内出现,电流幅值可远大于分频谐振电流(分频谐振电流约为额定励磁电流的百倍以上),频率约 2~5 Hz^[2]。因为产生分次谐波谐振时,尽管过电压不太高,但因谐振频率低,引起铁芯严重饱和,励磁电流迅速增大,烧毁电压互感器。由于具有幅值高、作用时间短的特点,在单相接地消失后的半个周期即可熔断熔丝。实际上,由于接地电弧熄灭的时刻不同,即初始相位角不同,故障的切除不一定都在非接地相电压达到最大值这一严重情况下发生。因此,不一定每次单相接地故障消失时,都会产生高压绕组中产生大的涌流。而且低频饱和电流的大小还与电压互感器伏安特性有很大关系,铁芯越容易饱和,该饱和电流就越大,高压熔丝就越易熔断。

1.3 电压互感器一、二次绝缘降低或消谐器绝缘下降

中性点装有消谐器的电压互感器正常运行时,辅助绕组短路后的高压绕组中最大电流一般不超过 10 mA,辅助绕组中最大电流为 1 mA。单相接地时,辅助绕组开口两端短路,则三相高压绕组中电流都

增大到 170~180 mA(接有消谐器)及 400~415 mA(未接消谐器),辅助绕组中电流增大到 30 mA(接消谐器)及 75~80 mA(未接消谐器),通过消谐器的电流也高达 520 mA,此时电压互感器负载达到每台 1 000 V·A 及 2 400 V·A,而通常 10 kV 电压互感器最大热极限负荷仅为 300~400 V·A^[3]。由于互感器的保护熔丝为 0.5 A,虽然高压绕组中电流达到 0.2~0.4 A,仍低于高压保护熔丝的熔断电流 0.5 A,而辅助绕组回路中又没有熔丝保护。因此高低压绕组只有任其加热,当接地持续一段时间后,高、低压绕组的绝缘层逐渐烧损,以至短路,电流增大。有的将主绝缘烧穿,造成相间短路,致使高压熔丝三相熔断(扬中市供电公司有 2 座 35 kV 变电所的压变就因此原因而烧毁)。消谐器绝缘下降相当于压变的中性点直接接地,起不到消谐的作用。

1.4 电压互感器 X 端绝缘水平与消谐器不匹配

互感器的 X 端绝缘通常有全绝缘和半绝缘 2 种,全绝缘(JDZJ 型)的电压互感器 X 端耐受电压与首端相同,半绝缘(JCZX 型)的电压互感器 X 端工频耐受电压为 3 kV。对 X 端为半绝缘的中性点消谐器的选择,必须能在电网正常运行和受到大的干扰后,均使 X 端电压限制在其绝缘允许范围内,否则 X 端子就有可能对地放电,造成一次绕组电流增大,熔丝熔断。

1.5 雷雨天气的影响

10~35 kV 架空线路,在雷云电荷的作用下,三相导线都感应相同数量的束缚电荷。当雷云放电时,三相导线上的束缚电荷向线路两侧运动,对变电站形成侵入波。该侵入波的电压并不高,因为高压熔丝熔断时避雷器并未动作。熔丝熔断是发热的结果,电流发热的功为 $P=I^2Rt$, 电流的幅值 I 是最为重要的因素,还与熔丝电阻 R 及电流的持续时间 t 有关。只有电流的幅值高且持续时间又长的侵入波,才会使高压熔丝熔断,而大部分侵入波都不同时具备此 2 种条件。故大多数雷暴天气,雷击引起高压熔丝熔断仍是个小概率事件。

2 防止熔丝熔断对策

采用高容量的消谐器,使用低磁密、高饱和、全工况类的电压互感器以及增大熔断器的容量可以防止该类故障的发生。但安装消谐器后,电压互感器开口三角电压升高较多,有的高达 10~15 V。这是因为消谐器安装在中性点与地之间,消谐器上的电压是由互感器的励磁电流产生的,而消谐器上的电压是作用于三相电压互感器的零序回路^[4]。针对这个问题,作如下分析。

(1) 三相电压互感器本身的伏安特性不一致,导致三相励磁电流中的基波向量和不为 0,此时消谐器上则有一定的基波电压,且该电压无法消除,若三相电压互感器本身的伏安特性相差过大时,就会造成开口三角电压升高很多,但是这种情况比较少。

(2) 串接消谐器后,由于电压互感器本身的励磁特性,导致消谐器上产生一定的三相谐波电压,当励磁特性正常时,产生的开口三角电压一般可以接受,励磁特性较差时,开口三角电压过高,甚至有可能达到不能接受的程度。

(3) 由于在零序电压回路串联消谐器,使铁磁谐振过电压的大部分电压降落在消谐器上,从而避免了铁芯饱和,限制了铁磁谐振过电压的发生。正常运行时此消谐器电阻值大于 450 kΩ(取 0.3 mA 峰值零序电流试验),单相接地时电阻值大于 180 kΩ(取 3 mA 峰值零序电流试验),为的是抑制低频饱和电流^[4]。

解决铁磁谐振的措施有:选用励磁特性较好的电压互感器或使用电容式电压互感器;增大对地电容,破坏谐振条件;在中性点或开口三角绕组处加装消谐器。

2008 年,35 kV 长旺变电站系统出现单相接地故障,持续时间为 20 min。—DTSD341 电能表烧毁,电压互感器中性点与地之间电压为 1 200 V,电压表指示一相近似为 0,其他两相超出电压表量程,初步断定电压互感器高压侧熔丝有一相熔断或匝间短路。经试验,电压互感器正常,高压侧 C 相熔丝熔断,更换熔丝和电能表后,恢复正常。造成此次事故的原因是一条 10 kV 线路的 C 相一瓷瓶击穿,出现间歇性弧光接地。这是一个由于间歇性弧光接地所引起的铁磁谐振过电压,而导致电压互感器熔丝熔断的典型案例。后来在检修中,在一次侧更换成 LXQII 型高容量的消谐器,并在保护屏上进行微机二次消谐。至今,虽然线路偶有单相接地发生,但再也没有发生过熔丝熔断的故障。

3 结束语

综上所述,熔丝熔断的主要原因是由谐振引起的。在技术上可以通过改变系统参数消除谐振,如:增大电容,减少容抗或改良电磁式电压互感器的伏安特性,使容抗和感抗之比小于 0.01,使系统处于一个较合理的参数范围之内。实际运行中采取在电压互感器的一、二次侧同时加装阻尼安装高容量消谐器等措施,使谐振有效地消除。

参考文献:

(下转第 68 页)

电。因为测量结果是靠人的耳朵听放电声音来作出判断,间隙太小,放电声音过低,加上现场电晕等噪声的影响,很容易作出错误判断。

如不考虑停电的原因,零值检测可以采用停电落地测量绝缘电阻的方法。该方法的优点是测量可靠,缺点是需要停电,工作量大,若停母线则停电影响的范围更大,涉及输变电设备的可靠性,实际生产中一般不宜采用。

综合考虑系统停电原因和操作简便,通过测量绝缘子的分布电压值来判断,可以作为检测的首选,但判断方法须作改变。

3.2 改变判断方法

对于变电站的超长串,可将测量的分布电压值明显地同时低于相邻两侧绝缘子上的分布电压测量值(即分布电压曲线在该片绝缘子上出现突然降低而呈现V字形)^[2]作为判断劣化绝缘子的判据。即先根据测量数据绘出分布电压曲线,如分布电压曲线是光滑连续的,可判为无零值的合格绝缘子串,如分布电压曲线在某片绝缘子处出现突然降低而呈现“V”字形时,则该绝缘子已劣化的可能性较大。

4 结束语

(1) 对于超过标准串长的绝缘子建议采用测量分布电压值,描绘分布电压曲线图的方法来判断。

(2) 建议标准中附录 220kV 电压等级 15~18 片绝缘子分布电压标准值,便于现场测量时核对。

(3) 建议 DL/T 626—2005 特别注明判断标准:对于超过 14 片的绝缘子串,若电压分布值明显地同时低于相邻两侧绝缘子上的分布电压测量值(即分布电压曲线在该片绝缘子上出现突然降低而呈现 V 字形),判为劣化绝缘子,若电压分布曲线连续光滑,则为无零值绝缘子。

参考文献:

- [1] DL/T 626—2005,劣化盘形悬式绝缘子检测规程[S].
- [2] DL/T 487—2000,330 kV 及 500 kV 交流架空送电线路绝缘子串的分布电压[S].

作者简介:

王卫国(1970-),男,江苏泰州人,工程师,从事输变电工程运行、检修、基建管理工作。

Analysis of Misjudgment of Zero Value Insulator and Countermeasures

WANG Wei-guo

(Zhenjiang Power Supply Company, Zhenjiang 212001, China)

Abstract: When measuring zero to those long insulator clusters in substations, some of their voltages are misjudged as the distributed voltage is too low. In this paper, the main reasons were analyzed, and some relevant countermeasures were presented. The measurement of distributed voltage was recommended, and whether the voltage is zero or not can be judged from the corresponding graphics.

Key words: substation; insulator; zero value

(上接第 65 页)

- [1] 张纬钺.过电压防护及绝缘配合[M].北京:清华大学出版社,2002.
- [2] 陈珩.电力系统稳态分析[M].第2版.北京:中国电力出版社,2000.
- [3] DLT620—1997,交流电气装置的过电压保护和绝缘配合[S].

- [4] 岳健民.6~35 kV 压变中性点用消谐器的性能分析[C].全国过电压学术讨论会论文集,1997.

作者简介:

赵海林(1964-),男,江苏高淳人,工程师,从事供电生产技术管理工作。

Causes and Countermeasures of 35 kV and Below Voltage Transformer Wire Welding Fusing

ZHAO Hai-lin

(Yangzhong Electric Power Supply Company, Yangzhong 212200, China)

Abstract: By the great use of electromagnetic voltage transformer in 35 kV and below grid, its security issue is getting more and more important. And the causes and countermeasures of its faults have become serious problems. The paper analyzed the various causes and specific methods of 35 kV and below voltage transformer wire welding fusing. Specific solutions are also proposed.

Key words: voltage transformer; fusing; resonance eliminator