

一起倒闸操作中母线电压异常现象分析

李石

(汉中供电局, 陕西 汉中 723000)

摘要: 铁磁谐振是电力系统中运行人员在倒闸操作中经常可能遇到的一种现象。针对某变电站近期发生的一起倒闸操作中出现的谐振过电压现象进行研究, 通过对试验所得的数据和设备参数的计算, 列出了等值电路, 分析了过电压产生的机理, 找出了谐振发生的真正原因是断路器的参数和电压互感器的参数匹配不当, 从一次设备选型、刀闸操作顺序、电压互感器二次防范措施等方面提出了相应的解决对策。

关键词: 铁磁谐振; 倒闸操作; 机理; 对策

Analysis of abnormal phenomenon in operation generator voltage

LI Shi

(Hanzhong Power Supply Bureau, Hanzhong 723000, China)

Abstract: The ferromagnetic resonance is a kind of phenomenon that frequently occurs in the floodgate operation. This paper researches above phenomenon occurred recently in a power transformer station, which has calculated data and equipment parameter obtained from experiment, listed the equivalent circuit, analyzes the mechanism which the over voltage will produce, discovers the true reason which the resonance occurred is the improper match of circuit breaker parameter and the voltage transformer parameter, and proposes the corresponding solution in following aspects such as equipment shaping, operation sequence, two-times preventive method and so on.

Key words: ferromagnetic resonance; switching; mechanism; solution

中图分类号: TM864 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)12-0071-02

1 倒闸操作中母线电压异常现象

某变电站 110 kV I 母停电检修, 运行人员在倒完 I 母所有进出线断路器, 最后切母联 1100 母联断路器 (SW6-110 I 型) 时出现异常现象: 母线电压表指示线电压超过 150 kV, 在 PT 二次侧开口三角绕组处测量电压有 150 V 以上; 合上 1100 母联断路器后, 上述异常现象消失; 再次断开 1100 母联断路器后, 又出现上述异常现象, 在强行拉开 11001 刀闸 (母联开关 I 母刀闸) 后, 上述异常现象又消失。根据故障录波器提供的波形图显示, 两次异常现象发生时, 都是有两相电压高于额定电压, 一相电压低于额定电压, 且三相电压波形均为工频。

2 异常原因分析

事后, 对 1100 断路器及 I 母避雷器和电压互感器进行了必要的试验, 证实这些设备并未受到损坏, 可以继续运行。从所做试验取得的数据及参考一些资料来分析, 可以肯定这是一次比较典型的断路器断口均压电容和母线电磁式电压互感器引起的谐振过电压, 再导致母线 PT 饱和和产生工频位移过电压的现象。

忽略相间电容及电源阻抗等一些次要因素, 1100 母联断路器断开后的单相等值电路见图 1 (此时断路器两侧的刀闸并未拉开)。

其中, e_g 为 110 kV 2 号母线相电压; C_{k1} 、 C_{k2} 为断路器两个断口的并联电容; C_{k3} 为断路器绝缘拉杆对地电容; C_0 为 1 号母线对地电容; L 为 1 号母线 PT 电感。

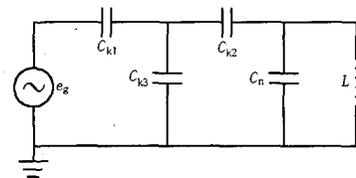


图 1 单相等值电路图

Fig.1 Single value equivalent circuit

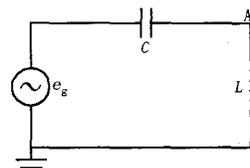


图 2 戴维南等值电路图

Fig.2 Thevenin equivalent circuit

由戴维南等值电路图来看,图2中如C和L参数匹配时,回路会发生L-C串联谐振,即A点会出现工频过电压。

根据测量的结果:断路器断口并联电容为1790 pF,断路器绝缘拉杆对地电容为281~390 pF,母线对地电容因当时条件所限只测量了1100开关至11001刀闸间这段母线,对地电容为400 pF左右(这段母线长度约占母线总长的1/5~1/10),PT的电感是非线性的,在工频和不超过额定电压的条件下,其感抗是 $10^6 \Omega$ 数量级的。从等值电路图中容抗和感抗是同一数量级($10^6 \Omega$)来看,它们是很容易发生串联谐振的。

从一些资料来看,这种由断路器断口带均压电容与母线电磁式互感器引起的铁磁谐振过电压的现象相对比较普遍,它通常发生在一些母线短、出线少的中间式终端变电站,进行倒闸操作切最后一台断路器时(此时网络暂时为不接地方式),该断路器断口并联的均压电容与母线电容及母线的电磁式电压互感器发生铁磁谐振,而在母线上产生较高的稳态工频过电压。

某变电站110 kV母线互感器的型号为JCC2-110,据资料显示,这种型号PT的铁心的磁通密度取得太高,当电压上升到1.1~1.2倍相电压时,就开始饱和,很容易引起谐振。从事后对母线PT所做的伏安特性试验来看,PT在1.1~1.2倍额定电压时的确开始出现饱和现象。如果此时过电压倍数过高,PT励磁电流会激增,达到额定电流的数十倍甚至上百倍,PT往往承受不了大电流而过热冒油甚至爆炸。

在出现断路器断口均压电容引起的铁磁谐振过电压时,如果PT三相的伏安特性曲线很一致,则三相的电压及线电压是很接近的,但由于PT三相饱和程度不一致,外界激发条件不同,网络可能出现工频位移过电压或谐波谐振过电压。

电压互感器饱和引起的工频位移过电压的标志是虚幻接地现象,即两相(饱和相)对地电压升高,一相(非饱和相)降低的现象,这与网络单相接地时出现的现象相仿,但实际上并不接地,所以称为“虚幻接地现象”。由于扰动使互感器铁心饱和是随机的,据资料显示,到目前为止,尚未测录到一相电压升高,两相电压降低的示波图。

电压互感器饱和还可能引起谐波谐振(又分分频谐振和高频谐振)过电压,这种过电压的特点是三相对地电压同时升高。

由某变电站的故障录波器录到的波形来看,其倒闸操作中出现的异常情况就是由于两相PT饱和而引起工频位移过电压,表现出“虚幻接地”现象。

需要指出的是:电压互感器饱和引起的中性点位移或谐振显然都会使网络出现零序电压,只是零序电压的频率不同而已。电压互感器的开口三角绕组就是专为反映零序电压而设置的,所以,开口三角绕组能全面反映电压互感器饱和引起的过电压的零序电压的大小和频率。

3 防范措施

实测记录表明,工频位移过电压和高频谐振电压的幅值很少超过 $3U_{kg}$,故除非有弱绝缘设备,一般是不危险的。而分频谐振过电压由于频率为工频的一半,电压互感器的励磁阻抗会下降一半,因铁心元件是非线性,使励磁电流大大增加,甚至可达到额定励磁电流的百倍以上,PT将工作在严重饱和状态,过电压被限制了,一般不超过 $2U_{kg}$,但是分频谐振使大电流持续时间很长,会使PT严重过热而冒油,甚至爆炸。从危害来说,分频谐振过电压是最大的。

对于类似某变电站倒闸操作中出现的铁磁谐振情况,可考虑采用下列措施进行防范:

- 1) 对1100断路器应核算其容量以确定此断路器目前是否需要安装均压电容。均压电容传递电压是导致过电压产生的根本原因;
- 2) 选用励磁特性较好的电磁式PT或者更换为电容式PT;
- 3) 合理的操作顺序,如先退出母线PT,后停母线;
- 4) 在PT二次开口三角绕组中串接阻值适当的电阻或消谐装置;
- 5) 在PT一次绕组中性点串电阻;
- 6) 在PT一次绕组中性点串单相PT(副PT)。

目前,在PT二次侧开口三角绕组或一次绕组中性点串电阻或设备来防止PT谐振的方法比较普遍。应当注意的是,这几种方法均有其适用范围和优缺点。具体采用什么方法,应根据系统参数和运行经验确定。首先应当对系统的对地电容和PT励磁特性进行测量或计算,判断其是否落在谐振范围。如果系统较小,且在谐振范围,可在PT开口三角侧装设消谐装置;如果线路较长,不在谐振范围,主要是烧PT或保险丝,则应在PT一次绕组中性点串电阻或PT;如果系统投切空母线时产生高频PT铁磁谐振过电压的几率较高,可考虑在PT开口三角侧加一500W的灯泡,操作前投入,操作后退出。

收稿日期:2006-11-25; 修回日期:2007-01-05
作者简介:

李石(1971-),男,硕士研究生,工程师,从事变电运行及继电保护管理工作。E-mail:hkgdjl@163.com