

变电所中性点位移电压偏高分析

杨金奇¹, 郭世明²

(1. 江苏南通供电公司, 江苏 南通 226006;
2. 西南交通大学 电气工程学院, 四川 成都 610031)

摘要: 针对变电所消弧线圈接地系统在正常运行情况下中性点位移电压长时间偏高现象, 进行了分析。定量地估算了系统实际不对称电压值, 提出通过降低不对称电压 U_0 , 增大消弧线圈的脱谐率 v 和增大电网的阻尼率 d 等方法可降低消弧线圈接地系统中性点位移电压, 从而保证消弧线圈的正常工作。

关键词: 消弧线圈; 中性点位移电压; 接地系统

中图分类号: TM 63; TM 76 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2005)01-0093-02

1 消弧线圈工作原理

消弧线圈是 1 台带有间隙的分段铁芯的可调电感线圈。利用消弧线圈补偿容性电流, 就是用消弧线圈流入接地弧道的电感性电流抵消经健全相流入该处的容性电流^[1~3]。消弧线圈的作用有两个, 一是大大减小故障点接地电流; 二是减缓电弧熄灭瞬时故障点恢复电压的上升速度。消弧线圈应接于系统中性点上。变电站主变压器 10 kV 侧采用的是三角形接线, 10 kV 系统是没有中性点的, 解决的办法是将消弧线圈接在星形接线的 10 kV 站用接地变压器中性点上。这样, 系统零序网络等效于由对地电容和消弧线圈构成的 LC 串联电路。为避免 LC 串联电路发生谐振, 产生过电压, 消弧线圈还串联或并联有阻尼电阻, 保证中性点的位移电压 U_n 小于 15% 相电压。当系统发生单相接地时, 中性点流过很大电流, 此时必须将阻尼电阻短接或断开。

2 消弧线圈缺陷分析

2.1 消弧线圈缺陷现象

2003 年 8 月 6 日, 某变电所变压器的 10 kV 侧消弧线圈(型号为 XDZ1-300/10.5)接地系统, 在正常运行情况下, 中性点位移电压长时间居高不下, 达到 2.1 kV, 高于 15% 相电压(15% 相电压仅为 0.866 kV)。根据 DL/T 620-1997《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》规定: 消弧线圈接地系统, 在正常运行情况下, 中性点的长时间电压位移不应超过系统标称相电压的 15%。

2.2 数据记录

a. 消弧线圈投运后的现场运行数据见表 1, 其中档位 8 中未填数据的原因是在现场的显示屏上没有查到这些数据。

表 1 消弧线圈投运后的现场运行数据

Fig.1 The field operating data of arc suppression coil

档位	I_s/A	$v_1/\%$	I_c/A	U_n/kV
1	0.080	0.88	9.990	1.140
2	2.005	20.10	9.974	0.519
3	4.496	43.97	10.220	0.240
4	7.829	77.60	10.090	0.115
5	12.320	124.00	9.925	0.097
6	16.640	163.00	10.290	0.071
7	23.220	234.00	9.904	0.052
8				0.039
9	40.440	411.00	9.840	0.030

注: I_s, v_1, I_c, U_n 分别为残流、脱谐率、电容电流和中性点位移电压。

- b. 现场开口三角电压为 2.63 V (消弧线圈未投运)。
- c. 消弧线圈的参数如表 2 所示。

表 2 消弧线圈参数

Fig.2 The parameters of arc suppression coil

档位	I/A	X_L/Ω	档位	I/A	X_L/Ω
1	10.46	580	6	27.20	223
2	12.29	493	7	33.46	181
3	15.16	400	8	41.33	147
4	18.19	333	9	51.38	118
5	22.81	266			

- d. 阻尼电阻值为 44 Ω 。
- 2.3 数据分析和降低中性点位移电压的方法
- 中性点位移电压 U_n 的计算公式为
- $$U_n = \{U_0/[R+j(X_L-X_C)]\}(jX_L+R) = U_0/\sqrt{d^2+v^2} \quad (1)$$
- 式中 U_0 为不对称电压; d 为电网的阻尼率; v 为消弧线圈的脱谐率。

当系统不对称电压为 $2.63 \times 100/\sqrt{3} = 151(V)$, 系统电容电流为 10 A, 则容抗为 606 Ω 。根据数据记录将 1 档的数据代入式(1)得:

$$1\ 140 = [U_0/(44+j(580-606))](44+j580)$$
$$U_0 \approx 100\ V$$

假设系统的不对称电压为 151 V 和 100 V, 分别计算 U_n , 依据上面的计算公式, 可以计算每档的电压 U_n , 如表 3 所示。

表 3 不对称电压为 151 V 和 100 V 时各档参数
Fig.3 Data of different steps for asymmetrical voltage being 151 V and 100 V

档位	$v_1/\%$	U_{sh}/kV	U_{n1}/kV	U_{n2}/kV
1	0.88	1.14	1.718	1.138
2	20.10	0.52	0.616	0.408
3	44.00	0.24	0.288	0.191
4	77.60	0.15	0.183	0.121
5	124.00	0.10	0.119	0.079
6	163.00	0.07	0.089	0.059
7	234.00	0.05	0.066	0.044
8		0.04		
9	411.00	0.03	0.039	0.026

注: U_{n1} , U_{n2} 分别为不对称电压是 151 V 和 100 V 时的 U_n 计算值; U_{sh} 为中点电压。

对比表 3 中的中点电压及 U_{n1} 和 U_{n2} 的数据可以知道, 系统实际不对称电压在 100~151 V 之间, 大约为 125 V。

根据式(1)可知, 中性点位移电压 U_n 与电网的不对称电压 U_0 、消弧线圈的脱谐率 v 及电网的阻尼率 d 有关。降低中性点位移电压有降低不对称电压 U_0 、增大消弧线圈的脱谐率 v 和增大电网的阻尼率 d 三种方法。

a. 降低不对称电压 U_0 。降低系统的不对称电压是降低中性点位移电压的根本解决办法。现场操作表明: 将与消弧线圈相连的接地变的抽头调到 2 档, 可以降低系统的不对称电压 50~60 V, 从而把系统的不对称电压由 125 V 降到 70 V 左右。

b. 增大消弧线圈的脱谐率 v 。在满足中性点位移电压 $U_n \leq 15\%$ 额定相电压的条件下, 最好是残流中只有未被补偿的有功分量和高次谐波分量^[1]。分析表 1 可知, 当脱谐率为 20% 时, 最大位移电压约为 520 V, 小于 866 V, 而且此时残流为 2.005 A, 小于 5 A, 符合有关规定。因而脱谐率约为 20% 能够符合各方面要求。

c. 增大电网的阻尼率 d 。在消弧线圈的一次回路中串入大功率的阻尼电阻可以增大阻尼率。但是, 加装串联电阻对接地电弧的瞬间熄灭也会带来一些不利的影响, 基于消弧线圈的消弧原理, 在满足限压要求的条件下, 不仅阻值应适当减小, 并且当发

生单相接地故障时也必须尽可能短的时间内将其退出运行^[1]。基于以上考虑, 将阻值为 44 Ω 的阻尼电阻换成 80 Ω 的阻尼电阻较为合适。

假设消弧线圈接地系统运行在 1 档、2 档, 根据表 1 知在 1 档时中性点电压很高, 与阻尼电阻并联的接触器接点闭合, 将阻尼电阻短接; 而在 2 档时中性点电压较低, 接点断开, 阻尼电阻串入消弧线圈的一次回路中。

因而要注意适当增大保护定值^[3], 如与大功率的阻尼电阻并联的接触器保护定值原来分别为 25%, 25%, 5 A, 晶闸管定值原来为 4.2 A, 可以将这些保护定值分别提高为 30%, 30%, 7 A, 7 A。

3 结论

采用消弧线圈, 可以将电容电流补偿到残流很小, 消除瞬时性接地故障而不影响供电。降低中性点位移电压的方法有: 降低不对称电压、增大消弧线圈的脱谐率及电网的阻尼率。而降低不对称电压是降低中性点位移电压的根本解决方法。

参考文献:

[1] 要焕年, 曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
YAO Huan-nian, CAO Mei-yue. Resonant grounding of electric power systems [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
[2] 马心良, 毋付安, 李景禄. ZXB 自动跟踪补偿消弧装置在配电网中的运行[J]. 电网技术, 1998, 22(12): 78-79.
MA Xin-liang, WU Fu-an, LI Jing-lu. The operation of the ZXB arc-suppression devices with automatic following and compensation in the distribution systems[J]. **Power System Technology**, 1998, 22(12): 78-79.
[3] 李景禄, 林玉怀, 陈忠仁, 等. ZXB 系列自动跟踪补偿消弧装置[J]. 中国电力, 1998, 31(8): 42-44.
LI Jing-lu, LIN Yu-huai, CHEN Zhong-ren, et al. The ZXB arc-suppression device with automatic following and compensation[J]. **Electric Power**, 1998, 31(8): 42-44.

(责任编辑: 戴绪云)

作者简介:

杨金奇(1970-), 男, 内蒙古满洲里人, 工程师, 硕士, 主要从事变电一次设计工作(E-mail: yangjinqin@163.com);
郭世明(1954-), 男, 陕西西安人, 教授, 主要从事电力电子技术和电力系统无功功率补偿等方面的教学与研究工作。

Analysis of higher substation neutral voltage shift

YANG Jin-qi¹, GUO Shi-ming²

(1. Nantong Power Supply Company, Nantong 226006, China;
2. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: The abnormal phenomenon of long time higher neutral voltage shift in a substation is analyzed, which is grounded through arc suppression coil. The actual asymmetrical voltage is quantitatively estimated. Three methods to lower the neutral voltage shift are presented, lowering the asymmetrical voltage U_0 , increasing resonant deduction rate v and increasing the damping ratio d , which ensure the normal operation of arc suppression coil.

Key words: arc suppression coil; neutral voltage shift; earthing system