

双闸变消弧线圈大容量改造的必要性及改造方案分析

郭有强

(江苏省电力公司检修分公司南京分部, 建邺区双和园小区 210000)

摘 要: 本文针对省检南京分部 220kV 双闸变电站长期误发 10kV 单相接地现象的分析, 发现了变电站消弧线圈容量不足, 造成长期欠补偿运行的现象。对此进行了科学的分析, 计算消弧线圈容量的缺少具体数值以及选择最优的改造方案—增加并联电抗器, 为上级技术部门提供改造决策依据; 为今后老旧变电站的消弧线圈容量过渡性改造提供最佳经济安全的选择。

关键词: 消弧线圈; 大容量; 改造; 方案

0 引言

随着我国国民经济的持续发展, 电网规模越来越大, 特别是电缆在配电网中的大量使用, 使得系统电容电流大幅度增长。对于中性点不接地系统, 当发生单相接地时, 由于电容电流较大, 弧光不能自熄, 造成跳闸事故率上升, 严重威胁着电网的安全运行。电力行业标准 DL/620—1997《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》中明确规定: 3~10kV 架空线路构成的系统和所有 35kV、66kV 系统, 当单相接地故障电流大于 10A 时, 中性点应装设消弧线圈; 3~10kV 电缆线路构成的系统, 当单相接地故障电流大于 30A 时, 中性点应装设消弧线圈。

220kV 双闸变电站是南京河西奥体地区的一个重要电源点, 其 10kV 出线直供周边的用户。奥体周边的经济发展一直很快, 2014 年南京的青奥会, 更是让周边的基础建设及用电需求突飞猛进。10kV 24 面出线柜已全部上满, 其中有 5 条出线是双拼出线, 实际出线 29 回, 近期又新增了 6 回出线柜。所有的 10kV 线路均是全电缆出线, 电容电流非常大。

本文针对 220kV 双闸变电站长期误发 10kV 单相接地现象的分析, 发现了变电站消弧线圈容量不足, 造成长期欠补偿运行的现象。对此进行了科学的分析, 提出了改造方案—增加并联电抗器。

1 故障的发生 信息请登录: 输配电设备网

2011 年 4 月 17 日上午 9 时左右, 220kV 双闸变电所(以下简称双闸变)10kV II 段母线接地动作, 母线三相电压分别为 $U_A=10.21\text{ kV}$, $U_B=0.38\text{ kV}$,

$U_C=10.51\text{ kV}$, 选线装置显示新城#2 线 251 线路单相接地、恢复频发。试拉新城#2 线 251 后接地消失, 对新城#2 线 251 线进行绝缘测试、无异常, 巡视也未发现异常, 中午 12 时试送正常。在处理故障时发现 10kV XHK-II 型消弧线圈自动调谐及接地选线成套装置的人机界面显示: “2 号消弧线圈容量过小, 当前挡位 12 档, 已到最大档, 上调无效!” (见图 1), 一会儿又显示正常, 挡位在 12 档, 电容电流 86.04 A。

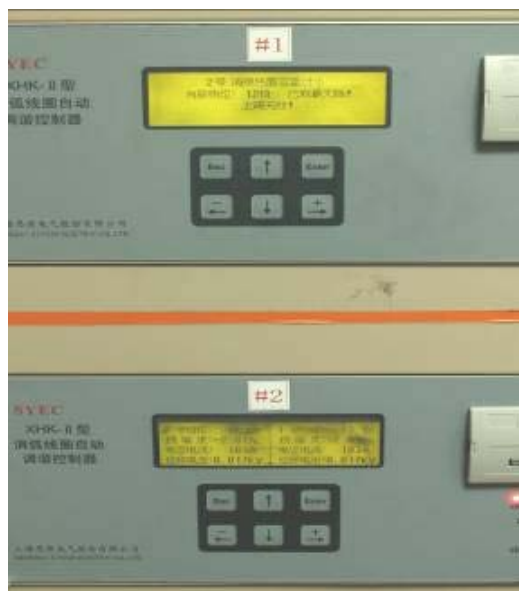


图 1 消弧线圈控制装置图

2011 年 220kV 双闸变发生多起 10kV 母线单相接地、恢复频发现象, 表现为母线三相电压不平衡(两相偏高, 一相偏低), 后台监控系统判断为母线接地故障, 但经拉合 10kV 线路后接地消失, 电压恢复平衡。线路单相接地、恢复频发现象发生时间

不固定，原因不清楚。为排查原因需运行人员按故障处理流程巡视检查，费时费力，必须找出发生的根本原因。

2 消弧线圈自动调谐装置工作原理

由于 220kV 双闸变电站是南京河西奥体地区的一个重要电源点，其 10kV 出线直供周边的用户。奥体周边的经济发展一直很快，2014 年南京的青奥会，更是让周边的基础建设及用电需求突飞猛进。

10kV 24 面出线柜已全部上满，其中有 5 条出线是双拼出线，实际出线 29 回，近期又新增了 6 回出线柜。所有的 10kV 线路均是全电缆出线，系统对地电容电流非常大（出线数据见表 1），10kV 系统采用经接地变中性点消弧线圈接地方式。220kV 双闸变 10kV 系统采用的是上海思源公司生产的 XHK-II 型消弧线圈自动调谐及接地选线成套装置。

表 1 2012 年江苏省电力公司生产 PMIS 系统输电设备台账双闸变电站 10kV 出线统计表

变电站	线路名称	电缆起止	规格型号	长度	投运日期
双闸 140	北园 1#线	双闸变 140 柜--10kV 北园#1 线#2 环网柜 101 柜	YJV22-3*400	0.967	沟管 2012 年 1 月
双闸 141	金洲线	双闸变 141 柜——10kV 金洲线 4#环网柜 101 柜	YJV-3*400	0.424	沟管 2007 年 9 月
双闸 142	双和园 1# 线	双闸变 142 柜——10kV 双和园 1# 线 1# 环网柜 101 柜	YJV-3*400	0.376	沟管 2006 年 4 月
双闸 142	双和园 1# 线	双闸变 142 柜--10kV 双和园 1#线 2#环网柜 101 柜	YJV22-3*400	0.678	沟管 2010 年 12 月
双闸 143	中胜 1#线	双闸变 143 柜——10kV 中胜 1#线 1#环网柜 101 柜	YJV-3*400	0.518	沟管 2006 年 12 月
双闸 143	中胜 1#线	双闸变 143 柜--10kV 中胜路 1#线 2#环网柜 101 柜	YJLV-3*500 (20kV)	2	沟管 2009 年 6 月
双闸 144	雨润线	双闸变 144 柜——10kV 雨润线 01#塔	YJV-3*400	0.892	沟管 2007 年 8 月
双闸 145	油棉路线	双闸变 145 柜——10kV 油棉路线 01#塔	YJV-3*400	0.454	沟管 2007 年 7 月
双闸 146	中和线	双闸变 146 柜——中和线 02#塔	YJV-3*400	0.244	沟管 2007 年 7 月
双闸 147	富春江 1#线	双闸变 147 柜——10kV 富春江 1#线 1#环网柜 101 柜	YJV-3*400	1.28	沟管 2008 年 7 月
双闸 148	莲花 1#线	双闸变 148 柜--10kV 莲花 1#线 1#环网柜 101 柜	YJV-3*400	1.391	沟管 2010 年 1 月
双闸 149	明基 1#线	双闸变 149 柜——10kV 明基 1#线 1#环网柜 101 柜	YJV-3*400	1.29	沟管 2007 年 9 月
双闸 150	宋都 1#线	双闸变 150 柜--10kV 宋都 1#线 1#环网柜 101 柜	YJV-3*400	1.913	沟管 2009 年 7 月
双闸 151	新城 1#线	双闸变 151 柜——10kV 新城 1#线 1#环网柜 101 柜	YJLV-3*500	2.27	沟管 2007 年 8 月
双闸 240	北园 2#线	双闸变 240 柜——10kV 北园 2#线 1#环网柜 201 柜	YJV-3*400	2.561	沟管 2006 年 9 月
双闸 240	北园 2#线	双闸变 240 柜--10kV 北园#2 线#2 环网柜 201 柜	YJV22-3*400	0.967	沟管 2012 年 1 月
双闸 241	马东线	双闸变 241 柜——10kV 马东线 16#环网柜 101 柜	YJV-3*400	0.52	沟管 2007 年 9 月
双闸 242	双和园 2# 线	双闸变 242 柜——10kV 双和园 2# 线 1# 环网柜 201 柜	YJV-3*400	0.372	沟管 2006 年 4 月
双闸 242	双和园 2# 线	双闸变 242 柜--10kV 双和园 2#线 2#环网柜 201 柜	YJV22-3*400	0.682	沟管 2010 年 12 月
双闸 243	中胜 2#线	双闸变 243 柜——10kV 中胜 2#线 1#环网柜 201 柜	YJV-3*400	0.515	沟管 2006 年 12 月
双闸 243	中胜 2#线	双闸变 243 柜--10kV 中胜路 2#线 2#环网柜 201 柜	YJLV-3*500 (20kV)	1.995	沟管 2009 年 6 月
双闸 244	明华线	双闸变 244 柜——明华线 07#塔	YJV-3*400	0.892	沟管 2008 年 5 月
双闸 245	莲花 2#线	双闸变 245 柜--10kV 莲花 2#线 1#环网柜 201 柜	YJV-3*400	1.391	沟管 2010 年 1 月
双闸 246	宋都 2#线	双闸变 246 柜--10kV 宋都 2#线 1#环网柜 201 柜	YJV-3*400	1.9	沟管 2009 年 7 月
双闸 247	富春江 2#线	双闸变 247 柜——10kV 富春江 2#线 1#环网柜 201 柜	YJV-3*400	1.27	沟管 2008 年 7 月
双闸 248	嘉业线	双闸变 248 柜——10kV 嘉业线 1# 环网柜 201 柜	YJV-3*400	3.57	沟管 2008 年 1 月
双闸 249	明基 2#线	双闸变 249 柜——10kV 明基 2#线 1#环网柜 201 柜	YJV-3*400	1.268	沟管 2007 年 9 月
双闸 250	天虹线	双闸变 250 柜——10kV 天虹线 01#塔	YJV-3*400	1.332	沟管 2007 年 7 月
双闸 251	新城 2#线	双闸变 251 柜——10kV 新城 2#线 1#环网柜 201 柜	YJLV-3*500	2.28	沟管 2007 年 8 月

220kV 双闸变消弧线圈成套装置采用的是预先调节式补偿方式，即：系统正常运行时，消弧线圈预先调节，备在补偿位置；单相接地故障时，消弧线圈零延时进行补偿。在回路中增加阻尼电阻可防止系统振荡时谐振过电压产生。而当系统发生单相接地时，中性点流过很大的电流，这时阻尼电阻的保护单元动作，阻尼电阻被短接，流过消弧线圈的电感性电流与流入接地点的电容性电流相位相反，电感性电流对电容性电流进行补偿，从而消除弧光接地过电压。

阻尼电阻的保护投退由一套可控硅设备控制，当阻尼电阻两端电压大于可控硅触发电压时，可控

硅触发，迅速将阻尼电阻短接，系统电压恢复正常达到可控硅返回值时，阻尼电阻投入。

3 故障原因分析

3.1 由阻尼电阻投退原理可知

正常情况下可控硅应不会触发动作，但如果 10kV 母线三相负荷不平衡较严重，正常运行状态下中性点位移电压就比较大，一旦系统发生变化就会造成阻尼电阻非正常短接，这时由于消弧线圈已处于补偿状态（即 $X_C=X_L$ ），系统谐振条件具备，中性点位移电压将急剧升高。同样，如果可控硅返回电压设置不当，会造成可控硅触发后无法返回，

阻尼电阻无法再次投入，引发系统谐振。

220kV 双闸变消弧线圈系统主要配置如表 2 所示。由表 2 可知 110kV 双闸变消弧线圈容量配置不足，已接近补偿极限，系统不对称电压正常情况下均在 260V 左右，可控硅触发电压为 270 V，系统运行方式改变或三相负荷出现较大变化时均会造成系统不对称电压增大，引起可控硅触发并短接阻尼电阻。系统出现单相接地故障后由于可控硅返回电压偏小，阻尼电阻将无法再次投入，以上两点可以解释线路单相接地、恢复频发现象产生的原因。

表 2. 双闸变 2 号消弧线圈自动调谐系统主要配置情况

消弧线圈 容量/kvar	调节方式	阻尼电阻 /Ω	可控硅触发电压 和返回电压/V	系统实测 电容电流/A
630	预先调节	20	270/120	86.04

3.2 容量不足的计算

欠补：指运行中线圈电感电流 I_L 小于系统电容电流 I_C 的运行方式。当 $0 < I_C - I_L \leq I_d$ ，(I_d 为消弧线圈相邻档位间的级差电流)，即当残流为容性且残流值 \leq 级差电流时，消弧线圈不进行调档。若对地电容发生变化不满足上述条件时，则消弧线圈将向上或向下调节分头，直至重新满足上述条件为止。

单相接地电容电流的计算

3.2.1 空载电缆电容电流的计算

方法有以下两种：

(1) 根据单相对地电容，计算电容电流：

$$I_c = \sqrt{3 \times U_p \times \omega \times C \times 10^3} \quad (1)$$

式中： U_p — 电网线电压，kV；

C — 单相对地电容，F。

一般电缆单位电容为 200-400 pF/m 左右(可查电缆厂家样本)。

(2) 根据经验公式，计算电容电流：

$$I_c = 0.1 \times U_p \times L \quad (2)$$

式中： U_p — 电网线电压，kV；

L — 电缆长度，km。

采用方法 2：双闸变 10kV II 段母线上的所有出线 I_c 总 $= 0.1 \times 10 \times 90.825 = 90.825(A)$ (根据表一 10kV I 段母线上的所有出线电缆长度叠加,再加上未投运的 3 条出线得出)

3.2.2 消弧线圈容量

应主要根据系统单相接地故障时电容电流的大小来确定，并应留一定裕度，以适应系统今后的

发展和满足设备裕度的要求等。消弧线圈的容量可按式(6)确定：

$$Q = 1.35 I_c \frac{U_n}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

式中 Q ——消弧线圈的容量，kVA；

U_n ——系统标称电压，kV；

I_c ——对地电容电流，A。

根据上式：双闸站消弧线圈容量 $Q = 1.35 \times 90.825 \times 10 / \sqrt{3} = 707.93(kVA)$

4 处理方案建议

通过上述分析得知，虚假接地现象的成因有两个：一是变电所出线较多，系统电容电流较大，而消弧线圈容量偏小，消弧线圈补偿裕度不足；二是系统正常运行时中性点位移电压较大，阻尼电阻保护可控硅触发返回电压偏小，造成正常运行时阻尼电阻短接或无法返回(此项不是本文阐述的重点)。

消弧线圈补偿裕度不足，可通过消弧线圈增容改造处理，但投资较大。中性点位移电压较大，其根本原因是三相负荷不平衡造成的，变电所投运后负荷情况复杂，处理难度更大。

如原来是自动跟踪的消弧线圈系统，容量不足时可增加一台固定式并联电抗器方法，就能恢复原来消弧线圈的自动调谐功能。增加的容量： $710-630=80(kVA)$ 。

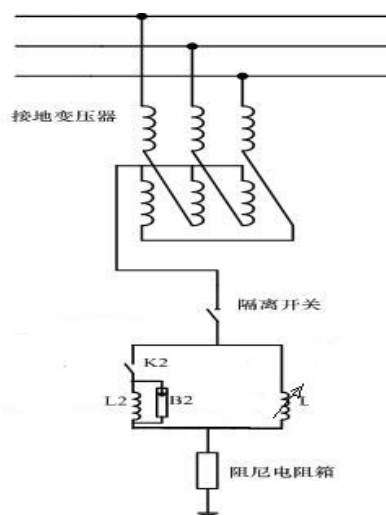


图 2 消弧线圈增容图

如图 2，消弧线圈增容图中 L 为原有的消弧线圈，容量是 630(kVA)，新增加的 $L2$ 为固定式电抗器，容量为 80(kVA)。这样消弧线圈的自动调装置可以在 15A~90A 分成 14 档调节。

5 结论

本文通过对双闸变电站长期误发 10kV 单相接地现象的分析,发现了变电站消弧线圈容量不足,长期处在欠补偿的运行方式下,通过科学的计算,提出了增加并联电抗器的经济安全的方法。

希望本文能给众多有类似变电站消弧线圈容量不足烦恼的检修单位,提供解决思路。

参考文献:

[1] 管必萍.不接地系统虚假接地现象浅析[J].上海电力,

2002(5):34-36.

[2] 邓岳华,胡晓萌,区伟潮.消弧线圈的几个常见问题[J].农村电气化,2006(5):53-54.

[3] 张彩友.探讨变电所消弧线圈补偿容量问题[J].浙江电力,2004(4):29-31.

作者简介:

郭有强(1972—),男,江苏南京人,工程师,技师,从事变电运行工作,E-mai: qiuguo1109@163.com。