

苏州地区 110kV 变电站消弧线圈改造

李泉源

(苏州电力设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215011)

摘 要: 依据苏州地区部分 110kV 变电站 10kV 单相接地电容电流的实测值及消弧线圈改造情况, 本文阐述了在 110 / 10kV 变电站的运行中出现了消弧线圈补偿严重不足的情况, 分析了电缆长度的增加是导致单相接地电容电流增大的根本原因, 提出了需将 10kV 接地变、消弧线圈装置容量换大的措施。

关键词: 变电站; 消弧线圈; 单相接地电容电流

0 引言

随着苏州城市建设的飞速发展、供电负荷的迅猛增长, 老城区及新开发区开闭所和配电所数量迅速增多, 支接电缆越来越长。现有的 110/10kV 变电站, 其 10kV 出线绝大多数为电缆出线, 10kV 配电电缆总长度越来越长, 单相接地电容电流急剧增加, 不但超过规程规定的要求, 而且比现有消弧线圈最大补偿电流高出很多。因此, 近几年来, 110 / 10kV 变电站的运行中出现了消弧线圈补偿严重不足的情况, 需将 10kV 接地变、消弧线圈装置容量换大。

1 110kV 变电站消弧线圈改造情况

近几年来, 苏州地区部分 110kV 变电站消弧线圈改造情况如表 1 所示。

表 1 苏州地区部分 110kV 变电站消弧线圈改造一览表

变电站主变	电容电流 实测值/A	改造前		改造后		改造日期
		消弧线圈 容量/kVAR	补偿电 流/A	消弧线圈容 量/kVAR	补偿电 流/A	
南门变#1 变	74.54	450	20~75	900	30~150	2007.7.
星红变#1 变	116.38	450	20~75	900	30~150	2007.8.
联星变#1 变	103.20	450	20~75	900	30~150	2007.10
娄门变#1 变	95.68	600	25~100	900	30~150	2008.8.
何山变#1 变	78.24	600	25~100	900	30~150	2008.10.
唯亭变#1 变	69.12	600	25~100	1000	40~165	2010.11.
白荡变#1 变	115.40	600	25~100	1000	40~165	2010.12.
平门变#1 变	48.69	600	25~100	1000	40~165	2011.1.
娄门变#2 变	79.71	600	25~100	1000	40~165	2011.3.
唯亭变#2 变	97.97	450	20~75	1000	40~165	2011.4.

表 1 中数据为苏州供电公司变电检修中心定期检测的最新数据, 从表中可看出, 每台主变的单相接地电容电流很显著地增加了。

2010 年版《江苏电网输变电工程标准化设计》110kV 变电站方案, 无论是户外布置还是户内布置, 主变容量无论是 80MVA 还是 100MVA, 消弧线圈

都配置了 630kVA/105A, 在负荷密集地区需作适当调整。

2 单相接地电容电流增大的原因分析

苏州 110kV 景山变电站某出线的电缆接线图如图 1 所示。

从景山变到小区开闭所电缆为 3*400 /2.53km, 小区内部的联络线为 7 条计 3*400/2.00km, 整条出线共计 3*400/4.53km, 还有 8 个备用间隔留待今后扩展。

从目前的规模看, 苏州地区在负荷密集地区每台 110kV/10kV 主变所供 10kV 电缆长度在 30~50km 不等, 这是导致单相接地电容电流增大的根本原因。

3 10kV 中性点不接地系统的特点

选择电网中性点接地方式是一个要考虑许多因素的问题, 它与电压等级、单相接地短路电流数值、过电压水平、保护配置等有关。并直接影响电网的绝缘水平、系统供电的可靠性和连续性、主变压器和发电机的安全运行以及对通信线路的干扰。10kV 中性点不接地系统具有如下特点:

(1) 当发生单相金属性接地故障, 非故障相对地

电压升高为电网的线电压 ($\sqrt{3} U_{相}$), 而流过故障点的短路电流仅为全部线路接地电容电流之和。

(2) 电弧接地过电压。

电弧接地过电压可分瞬间和稳定两种。

瞬间弧光接地电压, 包括间歇电弧接地过电压在内; 稳定电弧接地过电压与间歇电弧接地过电压不同, 系接地电弧在短间隙中稳定燃烧生成, 作用时间可达数十分钟或更长, 相对比较危险。

(3)单相接地时切断空载线路过电压

当发生单相金属性接地故障，此时切断空载线路会产生过电压。

(4)一般情况下，当发生单相金属性接地故障

时，故障电流不大，运行中允许继续带故障运行 2 小时，以便组织抢修而不影响供电的连续性。

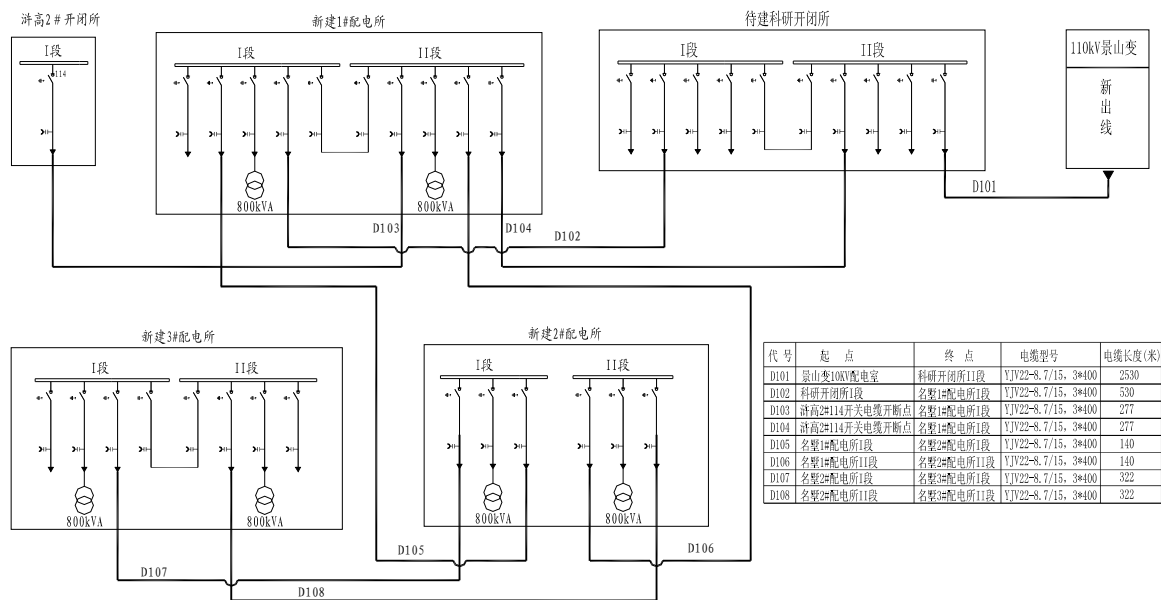


图1 名墅花园 10kV 电缆接线图

4 10kV 单相接地电容电流的计算

4.1 空载电缆电容电流的计算

4.1.1 根据单相对地电容，计算电容电流

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

式中： U_x —电网线电压，kV；

C —单相对地电容，F。

根据电缆生产厂家提供的数据，对 8.7/15kV-3×400 的 10kV 电缆，单位电容为 0.42μF/km 左右，

每公里 10kV 电缆

$$I_c = \sqrt{3} \times 10.5 \times 314 \times 0.42 \times 10^{-6} \times 10^3 = 2.4 (\text{A/km})。$$

4.1.2 根据经验公式，计算电容电流^[1]

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

式中： U_x —电网线电压，kV；

L —电缆长度，km；

根据这个经验公式计算误差比较大，一般选用

(1) 公式。

4.2 架空线电容电流的计算

4.2.1 根据单相对地电容，计算电容电流

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

式中： U_x —电网线电压，kV；

C —单相对地电容，F。

一般架空线单位电容为 7~9pF/m^[1]

4.2.2 根据经验公式，计算电容电流^[1]

$$I_c = (2.7 \sim 3.3) \times U_x \times L \times 10^{-3} \quad (4)$$

式中： U_x —电网线电压，kV；

L —架空线长度，km；

2.7—系数，适用于无架空地线的线路；

3.3—系数，适用于有架空地线的线路。

电缆线路的接地电容电流是同等长度架空线路的 35 倍左右，所以在城区变电站中，配电系统的单相接地电容电流值是相当可观的。又由于接地电流和接地相正常时的相电压相差 90°，在接地电流过零时加在弧隙两端的电压为最大值，造成故障点的电弧不易熄灭，常常形成熄灭和重燃交替的间隙性电弧。间隙性弧光接地能导致危险的过电压，而稳定性弧光接地会发展成相间短路，危及电网的安全运行。

5 消弧线圈自动补偿装置的技术特性

5.1 装置的组成

苏州供电公司采用的接地变为 DKSC 系列的，消弧线圈为 XHDC 系列的，自动补偿装置为 JXH

系列的。整套装置由接地变压器、可调电抗器、阻尼电阻、中性点氧化锌避雷器、中性点电压互感器、中性点电流互感器、自动控制系统等组成, 接线图如图 2。

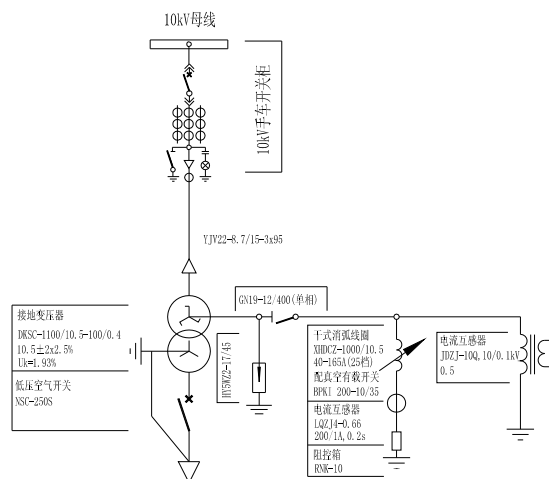


图 2 10kV 接地变、消弧线圈接线图

5.2 装置的技术特性

接地变、消弧线圈和自动补偿成套装置的主要功能是实时测量系统的中性点电压、中性点电流, 计算出系统的电容, 以此调整消弧线圈的电感量, 使残流最小, 电弧自熄, 消除弧光接地过电压。

实现了消弧电抗器的自动跟踪调节, 既保留了消弧线圈补偿电容电流和电阻阻止过电压的优点, 又克服了消弧线圈容易谐振、需要人工调节、电阻接地方式对瞬时单相接地故障跳闸的缺点。技术特性如下:

接地变采用了曲折变形接线, 具有另序电抗小, 损耗低等特点, 而且可以兼作变电站的站用变, 提供 380V 交流电源。有载消弧线圈是一带铁芯的电感线圈, 通过电动机来调整分接头的位置改变消弧线圈的电感量。一般阻尼电阻不宜选择过大, 当系统发生单相接地, 中性点流过很大的电流, 这时必须将阻尼电阻采用电压、电流双重保护短接。当发生单相接地故障时, 接地点残流可控制在整定范围内。

6 消弧线圈容量和额定电流的确定

- (1) 根据计算公式计算电容电流 I_c
- (2) 消弧线圈容量的确定^[1]

$$Q = K \times I_c \times U_x / \sqrt{3} \quad (5)$$

式中: K —系数, 过补偿取 1.35;

Q —消弧线圈容量, kVA。

(3) 消弧线圈容量及额定电流的选择

根据最大电容电流 I_c 确定相应的消弧线圈容量及额定电流, 使最大补偿电感电流满足要求。

例如某 110kV 变电站, 3 台主变, 10kV 单母线六分段环形接线, 共 $16 \times 3 = 48$ 回电缆出线, 3 套装置补偿, 一回电缆平均长度按 3.0km 计, 每台主变电容电流, 根据式 (1) 式有:

$$\begin{aligned} I_c &= \sqrt{3} \times U_x \times \omega \times C \times 10^3 \times NL \\ &= \sqrt{3} \times 10.5 \times 314 \times 0.42 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 16 \times 3.0 \\ &= 115(A) \end{aligned}$$

根据式 (5):

$$\begin{aligned} Q &= K \times I_c \times U_x / \sqrt{3} \\ &= 1.35 \times 115 \times 10.5 / \sqrt{3} \\ &= 940(kVA) \end{aligned}$$

因此整套装置, 可调电抗器选用了型号为 XHDC-1000/10/40-165A, 系统电压 10kV, 额定电压 6.3kV; 接地变压器选用了型号为 DKSC-1100/10.5-100/0.4kV, 接地变容量为 1100kVA, 低压侧站变容量 100kVA, 系统电压 10.5kV。

7 结束语

随着苏州城市建设和电力负荷的增加, 依据苏州地区部分 110kV 变电站 10kV 单相接地电容电流的实测值及消弧线圈改造情况, 本文阐述了在 110 / 10kV 变电站的运行中出现了消弧线圈补偿严重不足的情况, 分析了电缆长度的增加是导致单相接地电容电流增大的根本原因, 提出了需将 10kV 接地变、消弧线圈装置容量换大的措施, 建议在负荷密集地区 110kV 变电站消弧线圈配置改为 1000kVA/165A。

参考文献:

- [1] 水利电力部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册(上册)[M]. 北京: 水利电力出版社.

作者简介:

李泉源 (1965-), 男, 硕士, 高级工程师, 现就职于苏州电力设计研究院有限公司, 从事变电站电气一次设计工作。