

两种不同厂家消弧线圈并联运行方式研究

杨 辉

(响水县供电公司, 响水县开放大道 105 号 224600)

摘 要:随着配电网规模的不断扩大, 种类繁杂的消弧线圈的并联运行问题凸现。探讨了两种不同类型的消弧线圈的几种并联方式及存在的问题, 在此基础上从设计、运行角度重点对主从并联运行方式下的控制方式作分析, 提出两种不同厂家消弧线圈并联运行自动控制的综合控制解决方案。

关键词:消弧线圈; 并联运行; 智光; 思源

0 引言

目前, 国内电网中性点接地方式包括中性点不接地、中性点经消弧线圈接地、中性点经电阻接地等。中性点不接地方式当系统电容电流过大时, 接地电弧无法自动熄灭, 将导致故障扩大; 经电阻接地方式跳闸停电次数较多。经消弧线圈接地方式能够自动消弧, 避免弧光过电压的产生, 抑制铁磁谐振的发生, 并且允许系统带故障运行2小时, 保障了供电可靠性。因此我国在1997年DL/T620-1997标准规定当系统电容电流超过10A时, 中性点需经消弧线圈接地[1]。

近年来, 经消弧线圈接地方式得到了长足的进步, 目前自动调谐式消弧线圈已经获得了广泛的应用, 自动调谐式消弧线圈能够在单相接地发生时精确地补偿系统电容电流, 有效地熄灭接地点处的电弧, 不致引起弧光接地过电压, 从而保证了电网设备的安全和供电的可靠性, 所以基本上取代了老式消弧线圈。但由于生产厂家众多, 种类繁杂, 调谐原理大都不同, 相互之间不能并联运行。本文作者在工作中就遇到了这样的难题, 从而对两种不同厂家消弧线圈之间的并联运行方式进行了研究。

1 经消弧线圈接地方式的电气分析

图1即为经消弧线圈接地方式电网的等值电路图, 其中 $X_C = C_A // C_B // C_C$ 为系统对地的等值分布电容。

当系统发生单相接地故障(如A相)时, A相电压为0, B、C相电压均上升为线电压。可以等效成如下的并联谐振等效电路图2。

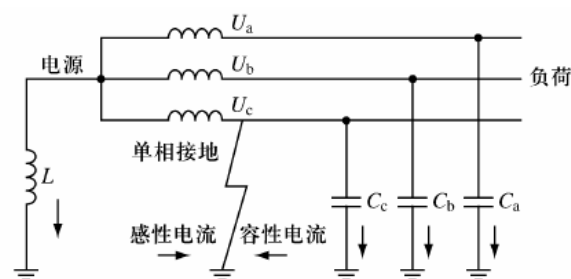


图1 经消弧线圈接地方式电网等值电路图

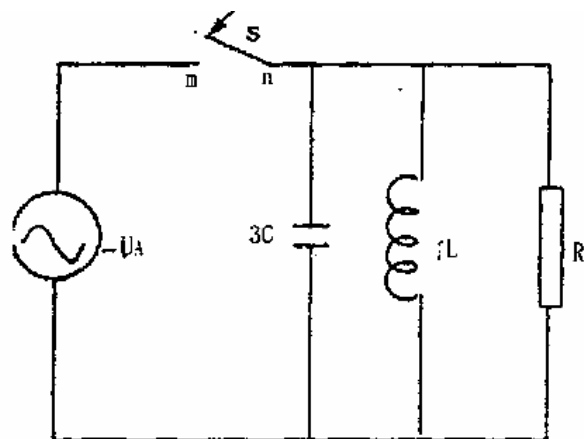


图2 分析补偿电网单相接地时的并联谐振电路图

并且流经故障点电流与电感以及分布电容参数有关, 有如下三种情况:

$$(1) \omega L = \frac{1}{3\omega C} \text{ 时, } I_L = I_C, \text{ 称为全补偿;}$$

并且定义脱谐度 $\nu = \frac{I_C - I_L}{I_C}$, 此时为0;

$$(2) \omega L < \frac{1}{3\omega C} \text{ 时, } I_L > I_C, \text{ 称为过补偿, } \nu < 0;$$

(3) $\omega L > \frac{1}{3\omega C}$ 时, $I_L < I_C$, 称为欠补偿,
 $U > 0$ 。

在系统正常运行时, 由于系统不对称度, 使得
中性点电压偏移 $U_n = -K_t U_A$,

$$(K_t = \frac{C_A + \alpha^2 C_B + \alpha C_C}{C_A + C_B + C_C} \text{ 为不对称度})。运行中规定中性点电压不大于15\%的相电压, 这一般需要在回路中串联阻尼电阻, 使得不完全谐振来控制。$$

定中性点电压不大于15%的相电压, 这一般需要在回路中串联阻尼电阻, 使得不完全谐振来控制。

2 消弧线圈的自动调谐

所谓自动调谐就是根据电网电容电流的变化而自动改变消弧线圈的电感, 使单相接地电容电流得到电感电流的有效补偿。其种类大致有:

(1) 按调节时间分为2类: 发生接地故障前预先已将消弧线圈档位调整到合适位置, 称为预调式; 出现接地故障后立即调整消弧线圈至适当位置, 为随调式。

(2) 按电感值的改变方法大致可分为有分接头的调匝式、有可动铁芯的调气隙式、磁阀式调节的消弧线圈、高短路阻抗变压器式消弧系统(相控式)以及调容式消弧补偿装置等。

(3) 按测量方式不同大致有: 根据不同档位消弧线圈电感值对应的位移电压或通过的电流求解方程组, 计算电容电流、脱谐度; 通过调节消弧线圈铁芯气隙, 使其谐振, 从而测量电容电流; 通过消弧线圈内部安装的小PT向系统注入某种特定频率信号, 使其谐振, 计算出脱谐度, 称为注入信号法。

笔者所在供电公司下辖的变电所内所用的8套消弧线圈成套装置中, 上海思源公司生产的6套, 均为预调式、调匝式, 测量原理是根据不同档位消弧线圈电感值对应的位移电压或通过的电流求解方程组, 计算电容电流、脱谐度; 另外两套均为广州智光电气公司产品, 随调式、高短路阻抗变压器式, 测量原理主要是检测接地变中性点电压有变化时计算出对地容抗, 从而计算电容电流。

3 接地选线技术

中性点经消弧线圈接地系统的单相接地选线是长期困扰电力系统一个难题, 在发生单相接地故障后能快速正确地选出故障线路对电力系统安全行起

着重要的作用。

广州智光电气公司KD-XH型配电网智能化快速消弧系统装置与KD-XH消弧系统相配合, 根据消弧线圈投入补偿前后各线路的电量特征, 采用零序电压、零序电流突变量和功率方向的综合判据, 能够快速准确地选出接地线路; 在消弧线圈退出和无消弧线圈的情况下, 采用零序电流相对值和功率方向判据, 也可独立运行并快速准确地选出接地线路。采用相对电流比较的办法, 无须进行电流整定, 使用灵活、方便, 具有较强的纠错、识别和排除干扰的能力。其独特的选线原理, 先进的软硬件设计, 可适用于系统中的各种运行方式, 其选线的准确率不受过渡电阻大小的影响。

上海思源电气公司XHK-II型消弧线圈成套装置采用并联中电阻选线方案, 并且该方案获得了国家专利。并联电阻投切在1s内完成, 满足技术要求; 并联电阻投入时, 中性点电压降低, 且无冲击过程对系统没有危害; 在现场试验装置选线准确100%。此方案的选线原理, 与零序CT的极性、线路长短、CT变比及其一致性差异等无关, 弥补了普通选线装置的缺陷。并联中电阻的短时投入, 能降低中性点电压, 此方案综合了预先调节式消弧线圈和电阻接地的优点。

4 两种不同厂家消弧线圈并联运行

笔者所在公司所辖一座110kV变电所, 东园变电所, 在去年的技改工程中, 将10kV出线配网重新改造, 现采用的是单母线分段的运行方式, I段母线采用上海思源公司的XDZ1-350/10型消弧线圈成套装置, II段母线采用广州智光电气公司的KD-XH01-450/10.5型消弧线圈成套装置。笔者在此次改造过程中, 就遇到了两种不同厂家消弧线圈并联运行这样的难题, 引发了笔者对此问题的思考。

4.1 必须解决的几点矛盾

当母联开关合上以后, I段母线与II段母线有了直接的电气连接, 于是两套消弧线圈装置补偿的就是整个10kV系统, 所以这其中, 就有了原先分列运行时所没有的几点矛盾

(1) 电容电流的计算

并联运行时, 系统的电容合并为一个, 系统消弧线圈和控制器有两台, 相对分列, 其中一台调档则改变系统状态, 另一台也能感觉到, 以为系统发生变化, 从而计算调节从等效和计算原理上讲, 联

机前后等效图不同, 算法自然不同, 这是并联运行需要解决的问题。

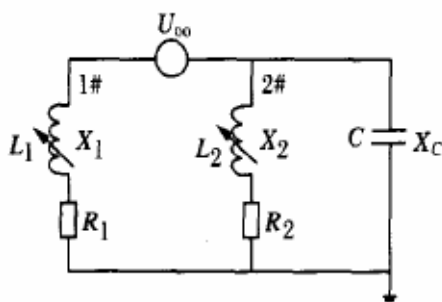


图3 并联运行

由图3分析可知, 若1#消弧线圈为随调式 ($R_1=0$), 2#消弧线圈为预调式。考虑到随调式消弧线圈远离谐振点, 理论上可认为系统正常运行时 $X_1 = 0$, 不影响预调式消弧线圈的稳态参数测量, 测量结果为并联系统的总对地容抗 X_C 。而预调式消弧线圈的调节响应时间远大于随调式消弧线圈, 故可将预调式处理为固定电抗器。在 $X_2 < X_C$ 时, 随调式消弧线圈测量的是预调式消弧线圈补偿后的电容, 大小为2#消弧线圈阻抗与系统对地容抗 X_C 并联后的阻抗值, 发生单相接地故障时, 接地点的实际残流与目标残流偏差较小, 因此该方式并联运行受自动测控系统的影响较小, 但要注意 X_2 与 X_C 的比例, 避免出现 $X_2 > X_C$ 导致测控系统无法测量的情况。于是, 有些学者建议为控制测量误差, 应尽量保证 $X_2 < 0.5X_C$, 即预调式不应过度补偿。

(2) 接地选线的矛盾

思源的设备采用的并联中电阻投切选线的方式, 随着中电阻的投切, 中性点电压降低, 而同一电气连接的智光装置也必然感觉到中性点电压突变, 这样势必也会进行选线, 但是该突变量并非接地点引起的突变, 所以如此循环很可能导致选线的逻辑混乱, 选线不准确。

既然预调式的选线理论可能影响到随调式的选线, 而随调式的选线本身又具有很高的准确率, 即使是母联开关后, 随调式依然可以采用相对电流比较的办法, 无须进行电流整定, 使用灵活、方便, 仍然具有较强的纠错、识别和排除干扰的能力。那么笔者就建议, 干脆闭锁住预调式的选线功能, 即将并联的中电阻切断, 这样就可以独立进行随调式的接地选线。

(3) 补偿容量的分配问题

两台消弧线圈各自补偿容量的分配问题, 也是并联运行的矛盾之一。解决该问题的最好办法是固定预调式的档位, 即固定其补偿容量, 剩余容量由随调式补偿。笔者建议, 可将档位调至中间档。

4.2 并联方案

解决了以上三个主要的矛盾, 可以得出了两台消弧线圈并联运行的基本方案, 即主从并联方式。主从并联方式是指网络中的消弧线圈, 选取调节范围较大的1台作为主机, 其他作为从机。主机负责电容电流检测, 各从机将自己的电气量传送给主机, 包括当前的补偿位置(感抗值)、补偿电流、调节范围、容量等, 主机在收到从机传来的信息后, 启动调谐, 进行电容电流检测, 检测完毕后按照各从机的容量和调节范围进行补偿电流的均衡分配。电容电流测量结果是其他消弧线圈补偿后剩余部分。但缺点也很明显, 由于各消弧线圈之间的依赖性较强, 适应电网的能力较弱。同时需要各厂家消弧线圈统一通信接口、通信协议以及调谐程序, 这在目前尚有一定难度。另外需注意的是, 主机在调谐时, 从机亦需要闭锁, 否则主机检测的电容电流就不正确。

因此, 笔者确定了东园变电所的消弧线圈并联运行方案(母联开关分位时, 两套装置均投入“自动调节”状态, 该方案仅在调度下令改变运行方式, 合上母联开关时执行; 在调度下令断开母联开关时必须将运行方式倒回原先)。

(1) 确定智光电气的随调式消弧线圈成套装置作为主调, 思源电气的预调式作为从机;

(2) 将从机的调节方式由“自动调节”改为“手动调节”;

(3) 将从机调匝式的档位调至9档(实质上就是将主机固定成一恒值电抗器);

(4) 将阻尼电阻短接(电网对地电容增大, 预调式固定档位至9档, 不会引起谐振过电压);

(5) 短接并联中电阻(取消预调式接地选线功能)。

4.3 仍需重视的几个问题

(1) 为防止“虚接地”引起主机的“误补偿”, 而发现串联谐振, 母线过电压, 所以主变在向母线送电前, 应先切除随调式自动调谐装置的断路器, 在母线带电后, 检查母线PT的零序电压低于装置的动作电压后, 再合上随调式自动调谐装置的断路器。

(2) 当电源侧发生单相接地断线时, 装置也会

发接地信号,这时值班员要尽早处理故障,不要等到2小时再去处理。

(3)目前的自动调谐装置在两条线路同时发生单相接地故障时,会发生接地选线逻辑混乱。所以,值班员在发现接地信号时,应尽早处理,一方面避免发展成为相间短路;另一方面也是为了避免自动调谐装置逻辑混乱。

5 结论与展望

本文从笔者的改造工程中遇到的两台不同厂家、不同调谐原理、不同接地选线方式的消弧线圈成套装置在母联开关调整运方需合环运行时,需并联运行时遇到的一些矛盾出发,提出了并联运行的主从并联方式,并且从理论上分析了可行性,从调试过程中遇到的问题,提出了仍需重视的问题。

如今变电站低压母线消弧线圈并联问题凸现,一方面变电站的低压母线接线不断扩大,消弧线圈容量也随之增加;另一方面,较难有成套装置同时完成多台消弧线圈的自动控制。多台消弧线圈自动控制器主从并联方式下应重视并联技术原则,保证并机通畅,联机接线正确。在系统运行方式改变时,应及时根据并联运行方案调整消弧线圈的运行方式。

采用自动调谐消弧线圈与固定式消弧线圈并联运行模式,特别是对不断扩大的配电网,固定式消弧线圈与自动调谐消弧线圈并联运行模式提供了很广阔的可扩展性。因此从设备投资还是从施工工作量考虑,这种并联运行模式对电容电流大的配电网特别适用。

在目前的技术条件下,因为无法获取不同厂家的通信协议与核心算法程序通信,所以只能做到将从机固定档位(实质上就是从机固定成一恒值电抗器)。但是,出于打破生产厂家的技术壁垒,以适应现在不断凸显的消弧线圈并联问题,将来对不同厂家的自动调谐装置均投入补偿,是一个值得深入研究的方向,这也是笔者下一步深入研究的重点方向。

参考文献:

- [1] DL/T 620-1997, 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合[S].
- [2] 陈维贤.电力系统的内部过电压[M].北京:中国电力工业出版社,1965.
- [3]] 陆国庆,姜新宇.高短路阻抗变压器式自动消弧系统一种电网中性点接地方式[J].电网技术,2000,24(7):25-28.
- [4] 李福寿.消弧线圈自动调谐装置讲义[M].上海:上海交通大学电机系,2002.
- [5] 上海思源电气股份有限公司.消弧线圈自动调谐装置及CI-2000 使用说明书[Z].
- [6] 广州智光电气股份有限公司.消弧线圈自动调谐装置使用说明书[Z].

作者简介:

杨 辉(1985-),男,江苏响水人,工程师,研究方向:继电保护。