[消弧线圈]

消弧线圈的自动并联运行及其控制探讨

文/中油电能供电公司电力调度中心　庞亚光

在介绍消弧线圈自动并联基本原理的基础上，对消弧线圈的自动并联控制系统进行了详细阐述。消弧线圈自动并联模拟试验表明，该方法不仅能够提高配电网电容电流载荷，而且能够使老消弧线圈得到有效利用，大大降低了经济成本，值得进行推广应用。

随着经济的发展，配电网被大规模的应用，电容电流不断增加，配电网的电容电流数达到100A以上的也越来越多。但是单台消弧线圈由于其制造工艺的限制，容量较小。为了改变这一状况，笔者认为应当使用消弧线圈的并联运行方式，即在技术改造的同时再增加一个自动调谐式的消弧线圈与它并联。消弧线圈的并联运行方式主要分为三种，即自动式、主从式和集中控制式。这三种方式中主从并联运行方式和集中控制式的并联运行方式受厂家技术的影响很大，同时也需要消弧线圈之间的通信，存在的问题很多，不容易被应用。而消弧线圈的自动并联模式受厂家技术的限制要比其他并联方式要少，应用前景十分广阔。

自动式并联运行的方式

将消弧线圈连接到电网时，它们不需要相互通信，就可以独立运行和协调。补偿后，它们的电容电流是其他消弧线圈的剩余电流，自动并联的运行方式就是消弧线圈完成调节后将补偿的电流进行随机分配。自动并联的消弧线圈之间是互相独立的，不受到通信限制，同时在消弧线圈进行并联运行时可以加入新的消弧线圈，前者与后者共同运行，由此来看它对电网的适应能力非常强。其自动并联过程的协调原理等效电路图如图1所示。假设一个系统中有多台消弧线圈，当第一台消弧线圈开始进行调谐，那么其他的若干台消弧线圈都要闭锁。通过对消弧线圈并联运行的等效电路图的具体数据分析和图像分析可以得出，在这种方式下第一台消弧线圈测出的电容电流是此结构下另外的若干台消弧线圈所补偿电容电流后剩余部分的总和。

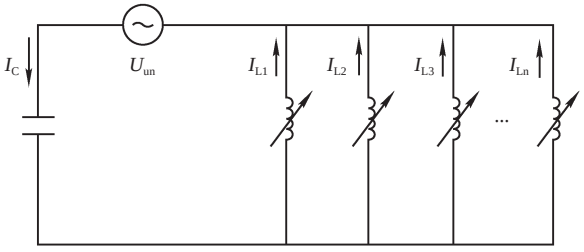

图1　自动并联过程的协调原理等效电路图

当第一台消弧线圈调谐完毕后，无论这台消弧线圈如何运行，它的脱谐度与调谐前的脱谐度相比会有一个差值。在某个时候，如果该差值大于设置好的灵敏度，则第二个消弧线圈会首先开

始调谐，因为其他消弧线圈的运行速度会比第二个慢，它们会被状态识别程序自动阻止。在此过程之后，将连续不断重复整个过程。当移位电压变化小于设定的观察灵敏度值时，停止调谐并最终使系统平衡。每个消弧线圈的补偿电流是随机分布的，从而完成了整个调谐过程。

自动式并联运行方式的控制

自动式并联运行方式系统的核心就是嵌入式PC，其硬件构成如图2所示。当计算机完成中性点电压的计算和电流两个模拟数据的选择时，它可以接收系统电容电流。在充电开关换档期间，控制输出电路的输出和换档时的信号，通过接触器控制交流电动机。负载开关的驱动信号输入必须通过开关信号输入电路，同时执行负载开关的光电隔离功能。人机接口由液晶显示器、键盘组成，能够进行中文菜单选择，还能够将装置的数据传到变电站上的调度自动化体系的RS 485和RS 232通信接口。它们是消弧线圈完成自动调谐过程中的基础硬件，而实现自动并联调谐过程的关键就是软件的设计，它通常会包含两种功能，即自动并联和状态识别。

当阻尼线圈工作时，其系统中可能存在三种

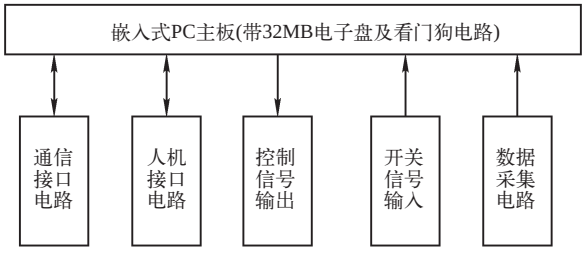

图2　系统硬件组成图

干扰状态，即工作模式的改变和并联调谐。这三个状态是消弧线圈的状态识别的函数，它们都会导致中性点电压发生变化。需要注意的是：①当消弧线圈匹配时，会被同一系统中的其他消弧线圈自动阻塞；②当系统受到干扰时，该系统的所有消弧线圈将自动锁定；③不要让多个消弧线圈同时开始对准，因为一次起动可能会干扰测量对准；④当系统为单相接地时，该系统的所有消弧线圈将被自动锁定。在故障状态下，直到该值稳定为止，消弧线圈的中性点电压才处于临时替换过程中，并且变化幅度通常会大于灵敏度，扰动结束后，其中性点电压的变化量与之前的电压量相比，电压的变化量较小。在调谐状态中，中性点电压变化较大的状态发生在数值稳定前的一段时间，最终，数值稳定后中性点电压与之前相比的差值大于灵敏度。在运行方式改变的状态下，中性点电压数值稳定前的变化不大，但在稳定后的中性点电压较之前相比差值大于灵敏度。

消弧线圈的自动并联运行的应用

为了测试可调电弧阻尼线圈自动并联运行的效果，可以在实验室中使用稳压器、放大器和高压变压器对电网建模，以方便分析，并且分布式线路容量可以用作电容器。要获得自动并联运行的试验结果，会使用一个达到额定电压的阶梯式变压器，并将三个消弧线圈与仿真电网并联。试验结果可以被详细分析和调查。为了提高平行消弧线圈对准的可重复性，使用三个平行消弧线圈测得的总系统容量的电流误差必须小于5%。同时，如果调整了一个，则另一个必须锁定。这是为了确保稳定有序的调谐。在将三个消弧线圈匹配以实现动态平衡之后，可以使用三个消弧线圈来测量在此过程中需要补偿的电容电流，然后使其稳定，并将电容器电流调节到适当的位置进行补偿。

介入消弧线圈和调谐消弧线圈之间的并联连接可以自动并联模式应用，并且该自动并联模式也可以通过组合新消弧线圈和旧消弧线圈之间的并联过程来进行干预。旧的消弧线圈驱动器的选择对系统范围的自动跟踪补偿的实施具有决定性的影响。利用这种方式，既能使老式消弧线圈得到充分的利用，又能够实现调谐过程中的自动跟踪补偿。这种方式是较为合适的方式，它提高老式消弧线圈的利用率，进而使经济成本大大降低。

结束语

当消弧线圈自动并联运行时，消弧线圈之间无需通信，也没有技术限制。实验室中的并行操作建模试验已经证明了自动并联操作的有效性。就目前的情况而言，预定义消弧线圈的自动控制和并联运行的许多实践研究和管理非常重要，值得人们进行研究和进一步的发现。EA

（收稿日期：2020.08.13）
（编辑：朱金凤）