

不同变电站自动跟踪补偿消弧装置并列运行探讨

刘味果^{1,2}, 李彦明¹, 何红³

(1. 西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049; 2. 广州智光电气股份有限公司, 广东 广州 510640;
3. 西安高压电器研究所有限责任公司, 陕西 西安 710077)

摘要: 讨论了不同变电站自动跟踪补偿消弧装置并列运行的问题, 指出了必须解决的两个问题, 即如何判断不同变电站消弧线圈是否处于并列运行状态, 以及并列运行后消弧线圈如何实行自动跟踪测量并分散补偿。文中介绍了解决不同变电站消弧线圈并列运行的 3 种方法: 调度控制法、载波通信法、特征波形法, 并对它们分别进行了阐述和分析, 指出了每种方法的优缺点与适用范围。

关键词: 配电网; 消弧线圈; 并列运行

中图分类号: TM475

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2008)04-0338-04

Study on Parallel Operation of Arc Suppressing Coils in Different Substations

LIU Wei-guo^{1,2}, LI Yan-ming¹, HE Hong³

(1. School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. Zhiguang Electric Ltd., Guangzhou 510640, China; 3. Xi'an High Voltage Apparatus Research Institute Co. Ltd., Xi'an 710077, China)

Abstract: Parallel operation of arc suppressing coil apparatus with automatic follow compensation in different substations was discussed, and two key issues concerning parallel operation were pointed out. The first issue is to judge if the arc suppressing coils of different substations are in parallel operation condition; the second issue is how an arc suppressing coil automatically follows and measures capacitance current, and separately compensate for it. Therefore, three methods for parallel operation of arc suppressing coils in different substations were introduced and analyzed, i.e. central control method, carrier communication method, and fingerprint waveforms method. Their advantages and disadvantages as well as applicable scopes were also discussed.

Key words: distribution system; arc suppressing coil; parallel operation

0 引言

配电网的谐振接地方式是指系统中性点通过消弧线圈与大地相连, 这种接地方式在世界许多国家的中压电力系统中都有应用。随着供电负荷的逐年增加, 电网对地电容电流不断增大, 中性点不接地方式已经不能满足系统的要求, 而中性点经消弧线圈接地就是一种很好的选择^[1-4]。

消弧线圈装置在配电网的应用过程中不可避免会出现多台并列运行的情况, 在同一个变电站内多台消弧线圈装置并列运行的问题, 各制造厂商已有完善的解决方案。通过实时监测变电站内各母线分段开关确定各台消弧线圈的运行状态, 通过控制器的协调和控制, 来实现对系统电容电流的实时跟踪, 并分配各自所需的补偿容量 (或调整到合适的补偿

档位)。然而随着供电网络的不断发展, 对谐振接地技术提出了新的要求, 在一些情况下要求不同变电站的自动跟踪补偿消弧线圈装置能够实现并列运行。如随着对城市电网供电可靠性要求的提高, 原来的 T 型辐射式配电网越来越不能适应供电的发展, 近年来城市电网中着重发展了手拉手的环网供电方式。随着环网供电方式的增加, 在某些情况下 (如检修、负荷转移等) 会导致出现不同变电站的消弧装置并列运行。另外一些大型厂矿企业所自行设计建设的变电站, 在配电网一端就出现了两个变电站的母线需长期并列运行情况。笔者就不同变电站之间的自动跟踪补偿消弧装置的并列运行 (简称“站站并列”) 进行研究分析, 并对目前所提出来的 3 种解决方案作了详细叙述, 对各种方案的优缺点及适用范围进行了分析和综合比较, 为电力运行部分和制造厂商解决消弧装置“站站并列”问题提供了较好

收稿日期: 2007-09-14; 修回日期: 2008-03-20

作者简介: 刘味果 (1976-), 男, 博士研究生, 研究方向为高电压技术。

的参考依据。

1 “站站并列”问题分析

谐振接地方式的最早应用是根据配网的电容电流情况在系统中性点安装固定电感,由于其不能自动控制,需要人工进行脱谐度调整,不能满足无人值班变电站的要求。特别是,其不能防止谐振现象的发生,而且未解决在很小电流(残流)下的接地选线问题,这些问题使供电部门受到严重困扰。为了解决固定式消弧线圈存在的问题,同时随着微机控制技术的发展,开发了具有自动跟踪补偿功能的消弧线圈装置,发展到现在已有多种不同原理实现的自动调节的消弧线圈应用到现场中,如调匝式、高短路阻抗变压器式(以下简称高阻抗式)、调容式、直流偏磁式等等。不同变电站自动跟踪补偿消弧装置实现并列运行需要解决两个关键问题:①如何判断不同站的消弧装置是否处于并列运行状态;②在判断消弧线圈装置出现“站站并列”后,如何协调消弧装置对系统电容电流进行测量并分配补偿容量。

第1个问题重点在于如何判断。同一个变电站内的“判断”可以通过采集母联开关的辅助节点即可实现,不同变电站不同母线并列是通过站间联络线连接,有的可能是通过开关站连接,此时“判断”则需要通过建立其它的通讯方式来实现。

第2个问题在于消弧线圈装置如何实现自动跟踪系统的电容电流(即测量系统对地电容值)。在不同站的消弧线圈装置并列后,对任意一台消弧线圈装置来说,其测量时对外的零序回路不仅包括系统对地电容,还包括其它消弧线圈本体参数,因此消弧线圈并列后进行系统电容电流的测量需要考虑其它消弧线圈本体参数的影响。由于消弧线圈种类繁多,而不同类型的消弧线圈的原理千差万别,针对不同类型的消弧线圈需要根据其各自不同的结构特点,计算分析其零序参数对测量电容电流的影响。下面以目前应用范围最为广泛的调匝式和高阻抗式两种类型消弧线圈为例,说明不同类型消弧线圈在并列后的电容电流测量处理方法。调匝式消弧线圈本体是一个有多个抽头的电感线圈,通过有载开关来切换档位。为了防止在系统正常运行时与系统对地电容发生串联谐振产生过高的位移电压,调匝式消弧线圈都需要安装阻尼电阻,有一次阻尼和二次阻尼两种方式,因此调匝式消弧线圈可以等效于一个电感和电阻的串联(或并联)网络。高阻抗式消弧线圈本体是高短路阻抗的变压器,通过控制二次绕组上的可控硅来实现对电感值的调节,在可控硅不导通

时其相当于一个空载变压器,但受第三绕组滤波器的影响,滤波器在工频下呈容性,即可控硅不导通时高阻抗式消弧线圈等效于一个电容。因此,不同类型的消弧线圈其等效参数不同,电容电流的测量要依据具体的情况进行计算处理。

目前大部分消弧线圈测量系统电容电流都是采用位移电压法,在这种测量方式下,对并列运行的两台消弧线圈进行同时测量会造成相互干扰,因此两台消弧线圈的测量过程必须间隔开。如果并列的消弧线圈是不同类型的,如其中既有预调式又有随调式,则应尽量发挥随调式消弧线圈跟踪测量速度快的优势,而预调式的消弧线圈则固定在一定的档位,避免其进行频繁调节。总的来说,控制程序总的原则应该尽量减小消弧线圈的调节台数,避免消弧线圈大范围调节。

2 调度控制法

调度控制法^[5,6]利用RTU对各个不同变电站并联的消弧线圈电气量进行测量采集,将各个电气量经过通讯网络送至调度中心数据库。通过一套优化控制程序协调各台消弧线圈的测量,然后调用数据库中数据计算出整个配电网总的电容电流和需要分配给各个消弧线圈的补偿电流,最后经通讯系统将控制信息传到消弧线圈,对其加以调节控制。调度控制法是建立在能量管理系统EMS基础上的,并需要建立调度端数据库,在此数据库的基础上通过统一集中控制方式解决“站站并列”问题。调度端数据库由两部分组成:静态数据库和动态数据库。静态数据库包括各台消弧线圈的基本参数,如消弧线圈的类型、容量等,静态数据库相对稳定,是消弧线圈调度控制程序的判断基础。动态数据库则主要包括各RTU送上来的实时数据,如消弧线圈的运行状态、对应母线段电容电流值等。

EMS系统能够监控配网中各段母线的运行状态,所以对不同变电站消弧线圈是否处于并列运行是很容易进行判断的。当两个变电站并列后则启动调度控制程序,控制程序根据数据库的内容首先判断并列消弧线圈的类型,如果是同类型的消弧线圈,则以某一台消弧线圈为主进行电容电流的跟踪测量,结果通过RTU实时上传,控制程序对电容电流测量结果进行进一步分析计算后,如存在预调式消弧线圈则需要按实际情况去掉阻尼电阻对计算结果的影响,然后根据适当的原则(如安装消弧线圈容量分配)分配各台消弧线圈的补偿容量,最后通过RTU传递给各台消弧线圈。

通过调度端统一控制的方式可以解决消弧线圈“站站并列”的问题,但由于其需要占用调度网络的大量资源并需要 EMS 系统的支持,而目前我国绝大多数地区 10 kV 及以下的配电网并没有完全实行自动化,尚没有实行统一调度控制的平台,因而调度控制法适用范围较小,只在 35 kV 及以上电网中适用。

3 载波通信法

“站站并列”的基本问题在于如何判断不同站的消弧装置是否处于并列运行状态,将载波通信装置安装在消弧线圈所处同段母线上,通过载波通信装置直接的通信联系来判断消弧线圈是否处于并列状态,另外关于协调测量及相互信息都可以通过通信来完成。当载波通信运用在消弧线圈装置“站站并列”问题上时,因为通信直接关联到控制装置的判断,对通信的可靠性要求很高。

中高压电力线网络结构简单,其距离衰减特性好、噪声干扰较小,载波通信在 110 kV 及以上电压等级的输电网络已经有了广泛的应用。但对于 10 kV 等级的配电网,由于其网络结构复杂,形式多样,就是同一条线路也有架空线和电缆线路分段架设情况,另外配电网上千变万化的负载以及分支线路,所有这些因素都会导致配电网阻抗的变化。电网阻抗变化范围大,可造成阻抗零点,并且因为接入线路的负载是动态的,不能保证与线路的特性阻抗匹配,从而会引起驻波效应。中压 10 kV 配电网网络结构比较复杂,线路阻抗受频率、时间及分支线路等多种因素影响,变化范围较大,因而载波通信设备要实现阻抗匹配有一定的难度。此外,中压线路的信号衰减严重,平均每 100 m 幅值衰减约为 8~11 dB,这需要通信方加大调制解调器的功率,才能保证通信可靠性^[7,8]。

电力配电网上的电力线路高频通道特性不具有一般性,即不同线路的特性差异很大。即使是同一条线路,其特性亦呈现时变性,而且,线路噪声功率亦较其它线路要大,为电力传输而设置的许多电容组等设备对载波干扰很大。在这样的通道上实现常规的窄带载波通信是困难的。扩频技术是目前电力配电网信息传输中利用载波法可靠通信的主要手段,使用扩频载波技术可以克服窄带通信技术的多种不足:采用连续相位调制技术、自适应均衡技术、前向纠错技术等,可以有效的克服各种恶劣的通道特性,提高通信的可靠性。所谓扩频通讯技术就是将信息频带展宽,而在接收端通过相关接收来恢复原始信息带宽的一种技术。系统牺牲带宽以降低对信噪比的要求,使信号传输更为可靠。同时,降低单位带宽上的功率谱密度,使信息更不易被截获^[9]。西门子、南瑞等厂家有相关产品生产并已运行。

在配电网载波通信技术中,美国和加拿大的几

位科学家提出了一种新型通讯技术:双向工频通讯方法(TWACS),其产品目前在国外已经进入实用化阶段^[10-14]。双向工频自动通信技术,其核心思想就是利用电网电压和电流波形的微小畸变来携带信息。TWACS 的通信双方是子站和远程配电网用户。由于 TWACS 通信调制信号频率接近于工频,因此能够直接跨变压器台区实现双方的直接通信而不需要中继环节。双向工频通信技术具有以下优点:完全利用现有的电力网络为传输载体,无需额外系统设备,成本低廉;信号传输过程中无泄漏和旁路,衰减减小,无需滤波器和阻波器;对电网本身的频率和幅值变化不敏感,抗干扰能力强;信号在过零点附近调制,所需的调制功率小,易于实现。与电力线载波通信系统相比, TWACS 的通信原理决定了其低频通信的属性。因此目前 TWACS 主要应用在要求通信速率不高的情况下,如自动抄表系统、负荷控制和工业设备自动控制等方面。

应用载波通信技术特别是上述的扩频载波技术和双向工频通讯技术,是解决自动跟踪补偿消弧装置“站站并列”问题的行之有效的办法,特别是对两台以上的消弧线圈装置出现并列的情况。但电力配电网的复杂性为载波通信提出了各种难题,例如,配电网中存在的各种各样的电力设备、不同性质的用户、电容器组、变压器等为信息传输设置了非常复杂和恶劣的环境,保证通信的可靠性是解决消弧线圈“站站并列”的关键问题。

4 特征波形法

在消弧线圈“站站并列”问题中,出现情况最多的是两台消弧线圈之间并列的情况,这也是解决更多台消弧线圈并列的基础。考虑到两台消弧线圈并列时需要相互通信的数据并不多,首先要建立一种方式来判断是否出现不同站消弧线圈并列,在此基础上还需要通信的数据有:各台的补偿容量、消弧线圈的类型及其它相关信息,最后能够在各自跟踪测量系统电容电流时在时间上间隔错开,避免同时测量互相影响。

特征波形指的是对配电网中消弧线圈建立一个特征指纹波形库,这种指纹库应该是建立在消弧线圈对配电网零序电压、电流波形变化的监测上。不同类型不同型号的消弧线圈在库中都拥有自己独有特征波形的指纹。如,可用不同频率波形来表示不同结构原理的消弧线圈,用不同持续时间或波形幅值大小等参数对消弧线圈的容量分别进行区分标识。消弧线圈装置通过消弧线圈本体向配网进行“询问”(如注入一个特征电压或电流量),如果该配网中只有一台消弧线圈,则该“询问”是没有“回答”的,如果在“询问”后能够“收到”具有特征指纹库中波形的

“回答”,则可以判断消弧线圈“站站并列”成立,并根据“回答”的其它特征确定并列的消弧线圈类型和容量,则可以按约定的方式协调进行电容电流测量。

特征波形法需要对所有消弧线圈建立一个特征指纹库,并形成统一的控制流程,其方法简单,不用或附加以简单的外部设备即可以完成特征波形的发送。该方法适用于处理两台消弧线圈的“站站并列”,但对更多台消弧线圈并列的处理是比较困难的。

5 结语

对配电网出现的不同变电站自动跟踪补偿消弧线圈装置的并列运行,需要解决两个问题:一是如何判断不同站的消弧装置是否处于并列运行状态;二是在判断消弧线圈装置出现“站站并列”后,如何协调消弧装置对系统电容电流进行测量并分配补偿容量。对于调度控制法、载波通信法、特征波形法这3种解决方案,各有其优势及局限性,需要根据实际应用情况加以选择。总的来说,消弧线圈装置“站站并列”问题通过适当的通讯联络方式是可以完善解决的。

参考文献:

- [1] 要焕年,曹梅月. 谐振接地技术新发展[J]. 中国电力, 2000, 10(33): 55-57.
- [2] GRIFFEL D, LEITLOFF V. A New Deal for Safety and Quality on MV Networks [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1997, 12(4): 1428-1433.
- [3] MAZON A J, ZAMORA I, ZABALA L, et al. First Resonant Neutral Grounding Implantation in Spanish Distribution System [C]// IEEE Porto Power Tech. Conference, Portugal, 2001: 101-107.
- [4] LEITLOFF V, PIERRAT L, FEUILLET R. Study of the Neutral-to-ground Voltage in a Compensated Power System[J]. European Trans. on Electrical Power Engineering, 1994, 4(2): 145-153.
- [5] 徐玉琴,陈晓科,江一,等. 35 kV 配电网消弧线圈并联运行探讨. 电力自动化设备[J], 2003, 3(4): 38-42.
- [6] 陈忠仁,吴维宁,陈家宏,等. 自动补偿消弧装置并联运行方式. 高电压技术[J], 高电压技术, 2005, 3(6): 76-79.
- [7] 陈晓荣,苑津莎,候思祖,等. 中压宽带电力线通信接入及信道特性测试与分析 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29(14): 69-72.
- [8] 曹宁,胡弘莽. 电网通信技术 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [9] 陈正石. 扩频技术在电力线载波通信中的应用分析 [J]. 电力系统通信, 1998, 5(11): 43-48.
- [10] 周世炜,张绍卿. 配电网双向工频通信的原理与实现[J]. 电网技术, 1999, 23(10): 37-39.
- [11] 周世炜,张绍卿,洪文学. 一种基于电力配电网的双向工频通信技术 [J]. 电力系统及其自动化学报, 1999, 11(12): 25-28.
- [12] MAK S T, RADFORD D. A TWACS System Alarm Function for Distribution Automation [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1994, 9(2): 661-667.
- [13] MAK S T, RICHARD L. Power Frequency Communication on Long Feeders and High Levels of Harmonic Distortion [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1995, 10(4): 1731-1736.
- [14] MAK S T. Propagation of Transients in a Distribution Network [J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1993, 8(1): 337-343.