

无功补偿装置的技术性能与可靠性

2009-5-21

关键词: 电力科技 无功补偿

众所周知,无功功率与电压是电力系统运行管理中的重要技术标准,无功功率的调节既影响到电网的损耗,也影响到电网的电压甚至电网的安全运行。电网无功功率的调节是靠无功补偿装置来实现的,因此,无功补偿装置是否可靠,技术条件是否能满足电网的要求,技术参数是否能满足运行环境的要求等非常值得分析和探讨。

1 无功补偿装置的概况

从技术原理上讲无功补偿装置是在电网中呈感性或容性的元件,由于目前我国中低压电网以架空线路为主且基本上带感性负载,所以系统所采用的无功补偿装置多数呈容性,也就是说它是由电容器和相应的附属设施组成的。

由于负荷多数集中在配电网,所以多年来用于无功补偿的电容器组基本上安装在电网的中压侧和低压侧,包括 35 kV、10 kV 和 0.4 kV 几个电压等级。从运行需要上说,无功补偿装置由电容器组、投切元件、检测及保护元件组成。

早在 20 世纪 70 年代,徐州地区就要求用户就地安装 400 V 低压补偿装置,并在变电站安装了 10 kV 的电容器补偿装置。当时的低压无功补偿装置自动化程度较低,多数电容器组是通过空气开关由人工进行投切的,保护措施简单粗糙,当电容器组出现整组故障时才能由空气开关的热偶元件启动空气开关跳闸,切除故障。低压电容器的质量也不够可靠,密封措施不良,经常有电解液泄漏的现象出现。当时在变电站安装的 10 kV 电容器组是由单台电容器组合而成的,或接成三角形或接成星形,体积较大,一般要建造电容器室用来安装;电容器的制作质量不高,绝缘材料由纸和氯化联苯浸剂组成,纸层均匀度不好,易形成局部击穿,氯化联苯有毒,对人体和环境均有影响;装置的投切靠油断路器完成,动作次数受限制,不能做到频繁投切;保护部分由电磁式继电器和单台熔丝组成,电磁式继电器无法实现过零投切,熔丝的保护特性不好。

可见,老式无功补偿装置技术性能不好,主要表现为自动化程度偏低和可靠性不高,不能在电网中长期安全可靠运行,运行寿命往往只有二三年。而补偿装置技术性能好坏是决定其是否能被普遍使用的关键。

2 无功补偿装置技术性能分析

随着电网的不断发展,对电能质量和节能降耗的要求越来越高,无功补偿装置在电网中的地位越来越重要,因此提高无功补偿装置的技术性能成为亟待解决的问题。几十年来相关制造厂家和电网有关部门为此作了大量工作,近年来无功补偿装置的技术性能已有了大幅度提高。

2.1 无功补偿装置的自动化水平

早期的无功补偿电容器自动化程度偏低,不能对电网运行参数的变化进行判断,需要运行人员在运行过程中进行投切操作。当网络变化频次高时操作较频繁,运行人员会感到吃力,增加了工作量。随着计算机技术的飞速发展,现在的无功补偿装置成功地采用了微机模块进行装置的运行管理,自动化程度比较高,能及时判断电网参数的变化,进行合理的自动投切,不会增加运行人员的工作量,自动化水平已达到电网运行的要求。

2.2 无功补偿装置的可靠性

早期无功补偿装置的技术性能与可靠性不能满足运行要求,目前的产品已做了许多改进和提高,从产品的运行情况可以反映出这个问题,目前徐州地区许多 2000 年投运的产品还在安全运行,运行寿命已超过 8 年。

无功补偿装置的运行可靠性也是制造厂家比较重视的问题,目前的无功补偿装置采取了不少技术措施进行了完善,现以 10 kV 和 400 V 无功补偿装置为例,从以下三个因素着手分析。

2.2.1 装置本身元器件的可靠性

构成新型无功补偿装置的主要元件有:主体元件(电力电容器)、控制保护检测元件(CPU 微机控制器及电子电路元件)、投切元件(开关等电工元件)3 个部分。

a. 电力电容器。近年来制造厂家在产品原料和生产工艺上都做了明显的改进,如 10 kV 电力电容器以全膜或膜纸介质代替了过去的纸介质,以去毒化十二烷基苯代替了过去的氯化联苯,采用了抽真空密封的工艺技术等,使电力电容器的质量和寿命有了大幅度的提高。另外还采取了集合式组装形式,可在室外安装使用,节约了占地面积,节省了投资。400 V 电容器也采取了抽真空密封工艺,并生产出自愈式金属化薄膜电容器等产品来提高其可靠性。但由于产品本身的性质和结构上的原因(如电容器在绝缘结构上要形成分层绝缘),它在绝缘方面的可靠性不能与开关、绝缘支柱等元件相比,在运行时操作不当会在电容器中产生涌流,从而对电容器产生不良影响。

b. 微机控制元件及电子电路元件。随着电子技术的飞跃发展,这些元件已有较高的可靠性及较长的寿命。根据使用环境的不同,这些元件的技术等级有明显的区别,大致可分为军用、工业用、民用及普通 4 个等级。无功补偿装置应采用工业用的电子电路元件。在电子电路元件中集成电路及其他半导体器件和电容器是影响可靠性的关键器件,选用时更要注意其级别。耐受电压参数和工作温度参数对于可靠性而言也比较重要,在具体选择时应注意留有余地,耐受电压参数要提高一个档次选用,工作温度参数要充分考虑环境温度的影响。

c. 开关等电工元件。随着制造工艺水平的大幅度提高和国家强制性质量认证体系的实施, 400 V 无功补偿装置的电工元件的可靠性已能得到保证, 选用时要选经国家 3C 认证的产品。

在 10 kV 无功补偿装置中, 以前的产品是用油断路器来投切电容器的, 不能满足频繁投切的需要。随着高压开关无油化技术的发展, 10 kV 油断路器已被真空断路器和 SF6 断路器替代。这两种断路器的电气寿命和机械寿命长, 都可以满足频繁投切的要求。但真空断路器在灭弧原理上会出现截流过电压的情况, 影响电容器的绝缘寿命, 所以以选用 SF6 断路器为宜。

无论是 10 kV 的无功补偿装置还是 400 V 的无功补偿装置, 在投切电容器时都可能出现涌流现象, 这对电容器来说是不利的。现在的技术已经能解决这个问题, 即利用微机控制装置对电压和电流波形进行分析, 实现“过零投切”, 也就是当电压过零点时投入电容器组, 当电流过零点时切除电容器组。选择无功补偿装置时, 要注意对这项技术性能的选择。

2.2.2 工作环境的影响

这里主要指温度、湿度、雨水、灰尘、小动物等外界因素的影响。无功补偿装置的安装形式大体有 3 种, 即配电房内的补偿柜、箱式变的补偿设备、线路公用配变的柱上补偿箱。其中前两者可以看作户内安装形式, 公用配变的柱上补偿箱则属于户外安装形式, 其工作环境最为恶劣。户外安装的装置箱体直接与外界空气环境接触, 隔热效果差, 箱体内温度变化剧烈, 易出现凝露现象, 易受外界温度、湿度、雨水、灰尘、小动物的干扰, 这些因素都影响到装置的可靠性和寿命。

a. 温度。近年来厂方提供的产品技术参数中, 环境温度的表述有所不同, 有 40 °C、55 °C、60 °C、65 °C 等。笔者在夏季最炎热时曾经做过温度测试实验: 在晴天气温为 37 °C 时, 对柱上补偿箱测温, 箱体金属壳体温度可达 59 °C, 箱体内空气温度可达 45 °C, 箱体内固定件温度可达 48 °C。显然环境温度参数为 40 °C 的装置不能满足要求, 环境温度为 55 °C 的装置裕度不够。由于装置中受温度影响最灵敏的元件是电子电路元器件, 而作为工业用的电子器件工作温度一般为 25~75 °C, 所以在充分考虑环境温度并留有一定裕度的原则下, 装置温度参数以 60 °C 及以上较适宜。

b. 湿度。在近年来厂方提供的产品技术参数中, 相对湿度的表述也有不同, 有的表述为“在温度 20 °C 时相对湿度不超过 50%, 在温度 40 °C 时相对湿度不超过 90%”, 有的表述为“在温度 40 °C 时相对湿度不超过 90%”, 有的表述为“相对湿度不超过 80%”。根据柱上补偿装置作为户外设备的情况, 以上相对湿度的要求都偏低, 尤其是在苏南地区, 夏季梅雨季节湿度很大, 所以相对湿度的参数应为 95% 较适宜。

c. 防雨、防尘和防凝露。防雨、防尘和防凝露性能的好坏与箱体的结构与密封情况有关。从原理上讲，解决防雨防尘的措施和解决防凝露的措施是有矛盾的。在相对情况下，密封措施越好则防雨防尘效果越好，而防箱体内部凝露的效果则越差，这是因为：在不是绝对密封的情况下，由于箱体的呼吸不畅，在温湿度变化大时，箱体内部的潮湿空气不能对流，易在箱体内部凝露。所以在装置箱体的制作方面也应有较高的技术要求，要恰当地把握好防雨防尘和防凝露之间的关系，合理地提高箱体的防护等级标准，使这两个问题都能得到妥善解决。

2.2.3 电能质量异常的影响

对于电能质量异常如过电压、谐波、电压闪变、波形的畸变等干扰因素，目前的产品也采取了保护措施，如基本上都安装了监测装置，可对这些因素进行监测；采取了过电压保护措施和抑制谐波、闪变、波形畸变的措施。只是由于电子电路元件抗过电压及电压突变能力差些，所以在电子电路的电源端、信号输入输出端要采取保护和隔离措施，建议制造厂和有关用户注意。

3 小结

综上所述，随着技术水平的不断提高，无功补偿装置的技术性能得以不断完善，原装置存在的问题基本上得到解决。客观上说，自动化功能已健全，甚至可达到智能化的要求，不会在运行中给工作人员带来操作上的麻烦。对可靠性问题，装置本身也有大幅度提高，如电容器制作工艺的改善、投切开关的技术更新等。但有些问题还需进一步改进，如装置电子电路元件的可靠性是较关键的环节，影响它的因素较多，有技术性能上的，也有技术措施上的，甚至有经济上的（如价格）。希望制造厂选用技术参数好的元件进行组装，采取完善的技术措施加以保护，并对产品做严格的老化试验，在价格相对合理的情况下挑选信誉好的产品，以进一步保证装置的可靠性。

<http://www.ib-china.com/shownews.asp?id=200961132963>