

一种新的电容器组投切方式

舒祎敏, 王 勋

(华东交通大学 电气与电子工程学院 江西 南昌 330013)

摘要: 对目前常用的无功补偿电容器投切控制方式所存在的不足进行了详细的分析, 给出了一种新的补偿电容器的投切控制方式, 并在 MATLAB 电力仿真环境下进行了仿真试验. 结果表明, 采用优化方案之后, 投切的平稳性与晶闸管方案基本相同, 同时在无功补偿装置运行过程中的损耗与断路器方案相当.

关键词: 无功补偿; 电容器; 投切控制; MATLAB; 仿真

中图分类号: TM531

文献标识码: A

电力无功功率是存在于交变磁场和交变电场中的一种瞬时功率. 它和有功功率一样是维护电力系统稳定、保证电能质量和安全运行必不可少的. 由于电网负载绝大多数呈感性, 因而采用并联电容器组, 通过对并联电容器组的投切控制来进行无功就地补偿是一种较经济易行的措施并已得到广泛应用^[1]. 但由于电力电容器是一种储能元件, 在其通断时存在暂态过渡过程, 给电容器的投切控制带来了严重问题. 若投切控制设计不当, 则会严重影响投切开关和电力电容器的使用寿命, 造成较大的经济损失并影响电力系统的安全、稳定运行.

1 电容器组常用投切方式的分析

1.1 对投切方式的要求

对于电容器组投切方式最基本的要求是投切时无过渡过程. 即在电网电压与电容器电压极性相同且幅值相等时投入, 在流过电容器组电流为零时切除, 也就是所谓“等电压投入, 零电流切除”控制方案. 但严格来说, 等电压投入并非最佳的投入时刻, 最佳的投入时刻应把电容器预先充电至电压峰值, 当电网电压也刚好到达峰值点时将其投入. 根据电容器的特性方程, 若在导通前电容器充电电压等于电压峰值, 则在电源电压峰值点投入电容时, 在这一点电源电压的变化率为零, 故电容电流也为零. 随后

电源电压(也即电容电压)的变化率才按正弦规律上升, 电流也按正弦规律上升. 这样整个投入过程不但不会产生冲击电流, 而且电流也没有阶跃变化. 这样电容器组的投切过程就不会对电网产生冲击^[2].

1.2 常用的投切方式

就目前来说, 常用的电容器组投切方式有以下两种:

(1) 真空断路器投切电容器. 该方案最大的优点是简单、投资省. 缺点是合闸时, 投切滤波支路有一个暂态过程会产生过电流、过电压, 影响电容器及串联电抗器的可靠运行^[3]; 切除滤波支路时, 触头上恢复电压较高, 有开关重燃的可能, 多次重复击穿时, 电容器上产生很高的过电压致使设备损坏. 另外, 对电容器组的投切冲击, 国际电工技术委员会(IEC)规定每年不超过1 000次, 加之开关寿命的限制, 不能频繁投切, 从而影响动态补偿效果.

(2) 晶闸管投切电容器(TSC). 按照一定的寻优模式, 设计多组某次或某几次滤波器, 基波下各支路呈容性, 分级改变补偿装置的无功出力; 滤波器某次谐波下偏调谐, 兼滤除该次谐波. 优点是损耗小、结构简单、速度响应快、不产生谐波, 可以实现过零投切, 不会产生像真空开关那样严重的过电压. 但在补偿过程中, 全部的电容电流都必须通过晶闸管, 这将导致电能的损耗; 同时也导致因晶闸管发热而温度升高, 必须为其配备庞大而复杂的冷却设备, 否则

严重影响使用寿命。

为了更加直观的观察这二者的优缺点,用 MATLAB 对其进行了仿真。

首先,是对真空断路器方案进行仿真。根据断路器的工作原理以及电容器投入运行时的工作过程,在 MATLAB 的电力系统仿真环境下建立了图 1 所示的补偿电容器投切仿真模型。图中以阶跃信号发生器作为控制器来控制断路器的导通时机,电压表 1 和电压表 2 分别检测电源电压和补偿电容器的电压,电流表检测补偿电容器的无功补偿电流。

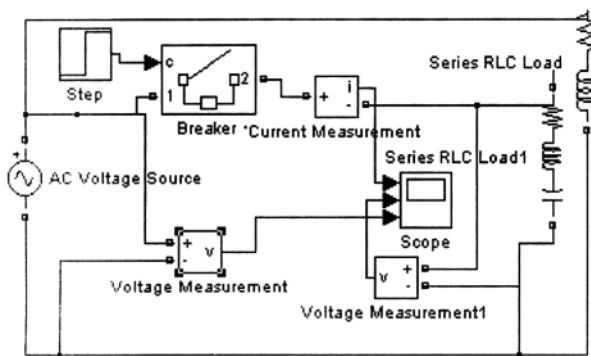


图1 断路器仿真模型

众所周知,断路器是一种机械性质的开关元件,由于本身的性质所限无法做到电气频率尺度上的精确开闭。也就是说,它无法精确地做到真正的等电压投入。在投入电容器时,其与电网总会有一定的电压差。为了模仿这种特性,将信号发生器的阶跃时刻定为 0.015 s ,即电网电压处在波谷时刻,而此时电容器尚未充电即处于零电位,两者的差值达到最大。仿真结果如图 2 所示。

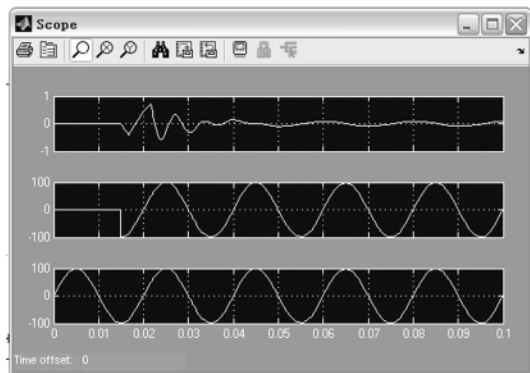


图2 断路器的仿真波形

从图 2 可以看出,在电容器投入的瞬间产生了很大的浪涌电流,同时电压也发生了跳变,这是由于电容器两端电压不能发生突变的本身特性所决定的,故这种投入方法对电网冲击较大。

接着对晶闸管方案进行仿真,电路依然如图 1 所

示,但为了模拟晶闸管将其中的断路器更换为一个理想开关(ideal switch),同时将信号发生器的阶跃时刻改为 0.02 s ,即第一个过零点以模拟等电压投入过程,此时电容器尚未充电同样处于零电位,在投切的瞬间两者处于等电位状态。仿真结果如图 3 所示。

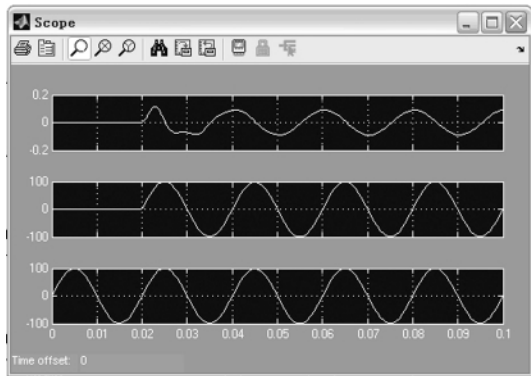


图3 晶闸管的仿真波形

从图 3 可以看出,投入过程中电压没有跃变,电流也没有产生大的涌流,仅在波形上产生了一些畸变。通过精确地把握投入电容器的时刻,就可以把冲击降到最小,这是晶闸管方案的优势所在。从对电力系统的影响角度来说,此方案堪称完美。但全部的无功补偿电流要通过晶闸管,电能损耗较大。

综上所述,两种投切方法各有优缺点,那么有没有一种方法可以将两者的优点结合起来,同时克服两者的缺点呢?实际上仔细观察一下就可以发现,对于晶闸管来说,投切的过渡过程中它表现的非常好,只是在投切结束之后才表现出损耗。而断路器则刚好相反,在投切过程中会产生冲击,投切结束之后则不会产生损耗。也就是说,它们优缺点的表现时段刚好相反,这可以说为我们的改进方案提供了一个思路。

2 改进的方案

在投切回路中将晶闸管与断路器并联,即构成两个并联的补偿回路,它们可以受到独立地控制。在投切过程中按以下三个步骤进行:

步骤 1 控制晶闸管进行等电压投入,即接通补偿回路,这个过程与晶闸管单独使用时一样,不会引起冲击。

步骤 2 接通断路器。本来这个过程会产生冲击电流,但由于已经有一个晶闸管导通回路的存在,即电容器已经过晶闸管投入构成了一个单独的补偿回路,该回路并不会受断路器的工作状态的影响。因

此整个补偿装置的工作状态没有改变,故也不会产生浪涌电流。

步骤3 断开晶闸管,这一瞬间本来由晶闸管和断路器共同负担的电流将全部转入断路器。此后,无功补偿电流完全流经断路器,故而损耗和发热量都很小。

本来这个过程会造成冲击,但只要控制晶闸管在电流过零时刻切断,也就是电流停止的瞬间断开,由于本身没有电流流过,所以开关的切换也就不会造成影响。

切除电容器时,步骤与上述相反。整个仿真电路模型如图4所示。

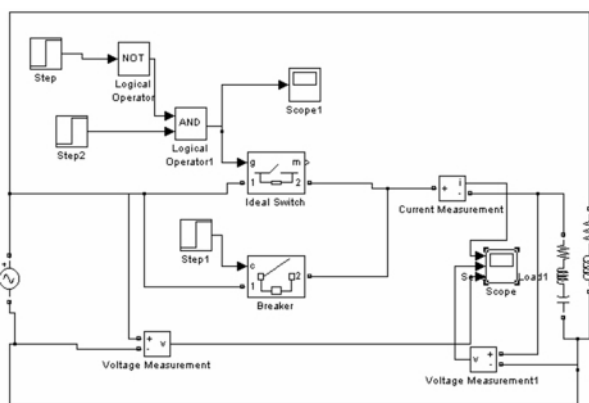


图4 改进方案的仿真电路

如图所示,这里使用一个理想开关(ideal switch)和一个断路器并联。理想开关的控制由两台信号发生器来完成,其中一台直接通过与门,阶跃时刻定为0.02 s,即晶闸管导通时刻。而另一台先通过一个非门,再通过与门与晶闸管连接,其阶跃时刻定在0.08 s,即晶闸管断开时刻。

断路器的控制同样由一台信号发生器来完成,其阶跃时刻为0.03 s,即晶闸管导通之后。以上用三个信号发生器实现了三个步骤的原理。仿真结果如图5所示。从图上可以看到,电压没有跃变,也没有大的浪涌电流,完全达到了设想的目的。

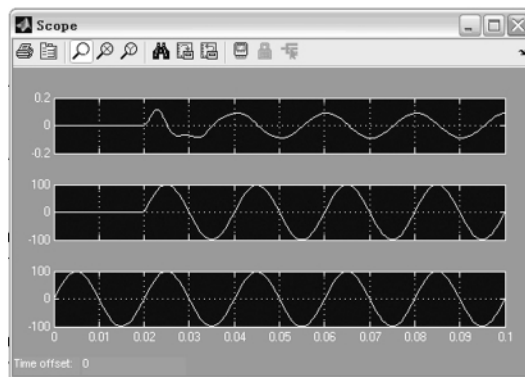


图5 改进方案的仿真结果

3 结论

从仿真结果可以看出,改进后的方案在原有的方式上取长补短,优化组合。对于已经使用TSC的无功补偿装置来说,只需再添一套断路器,对控制装置做一点小改进,即可改善原有装置的性能。

参考文献:

- [1] 李群湛. 电气化铁道并联综合补偿及其应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1993.
- [2] 孙树勤, 林海雪. 干扰性负荷的供电[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
- [3] 靳龙章, 丁毓山. 电网无功补偿实用技术[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1997.

A New Technique of Capacitor Group Switch Control

SHU Yi-min, WANG Xun

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In this paper, the insufficiency of input and elimination control scheme for the often-used reactive compensation capacitor is analyzed, and the optimal control scheme of compensating the input and elimination control for capacitor is also given and simulation-tested under the MATLAB power simulation environment is carried out. The result shows that the input process is as smooth as using thyristor, and the energy loss of the compensator is as low as using breaker.

Key words: reactive compensation; capacitor; switch control; MATLAB; simulation

(责任编辑: 王全金)