

# Based Stepless Technology of the Reactive Power Compensation Research

Jiaze Du, Jijiang Song

College of Electrical and Electronic Engineering, Shandong University of Technology, Zibo  
Email: 898580576@qq.com, songniu@sdut.edu.cn

Received: Mar. 16<sup>th</sup>, 2013; revised: Apr. 13<sup>th</sup>, 2013; accepted: Apr. 25<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Jiaze Du, Jijiang Song. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** In our country, urban and rural development is put in very big differences, while the Chinese 10 KV rural power grid equipment is old and has large power consumption, so the reactive power compensation is necessary. In this paper, its reactive power compensation method is improved from a one-time switch from repeatedly without switching the switching differential. It is reducing the impact on the grid voltage and current and achieving a more stable rural reactive power compensation. The ultimate realization of the rural stepless compensation improves the power factor.

**Keywords:** Reactive Power; SVC; Stepless

## 基于无级差技术的无功功率补偿研究

杜佳泽, 宋吉江

山东理工大学电气与电子工程学院, 淄博  
Email: 898580576@qq.com, songniu@sdut.edu.cn

收稿日期: 2013年3月16日; 修回日期: 2013年4月13日; 录用日期: 2013年4月25日

**摘要:** 在我国城乡发展存在很大的差距, 而中国 10 KV 农网的设备陈旧功耗大, 因此无功功率的补偿十分必要。本文就其无功补偿的方法进行改善, 由一次性的投切转换成多次无级差的投切, 降低对电网电压电流的冲击, 实现对农网更为稳定的无功功率补偿。最终实现了对农网的无级差补偿提高了功率因数。

**关键词:** 无功功率补偿; SVC; 无级差

### 1. 引言

随着社会的不断进步, 电网技术也与时俱进, 农网中的无功负载的容量也有所增加, 大量的无功功率在电网的传输中造成电能损耗降低了电能的利用率影响了电能质量, 同时也造成了大量的经济损失。10 KV 农网是电力系统的重要组成部分之一, 它关系到农村的生活、农业的生产、农村的经济发展等方方面面。农网的建设及稳定是我国发展的基础是不可或缺的环节。

传统的无功功率补偿器多采用机械开关投切电容器将电容并联到电网中, 用此方法实现无功功率的补偿。然而, 这种机械投切方式有很明显的劣势, 经过研究人们用晶闸管投切电容器代替了机械投切开关。因为晶闸管的开、关是无触点的, 它的操作寿命几乎是无限的, 而且晶闸管的投切时刻可以被精确的控制, 并能快速无冲击地将电容器投切到农网中, 大大减小了投切时的冲击电流和操作困难。

本文将采用晶闸管投切电容器(TSC)构成的静止无功补偿器(SVC)作为农网的无功功率补偿方式, 硬

件方面采用 ARM 芯片来控制, 该芯片具有运算速度快、实时性好的优点。提高了无功功率补偿系统的智能化和实时性, 提高了处理效率。最后, 通过 MATLAB 软件, 搭建仿真系统, 对无功功率补偿的电容的投切进行仿真, 对比了一次性投切和多次投切的电压波形, 通过功率因数的波形图直观的得出对比结果, 验证了多次投切具有较好的稳定性和高效率。

## 2. SVC 装置研究

### 2.1. SVC 的基本原理

静止无功功率补偿器(SVC)是指它的输出随电力系统的指定的控制参数的变化而变化的并联的静止无功功率发生装置或无功功率吸收装置。现今的 SVC 的类型有晶闸管投切电容器(TSC)、晶闸管控制电抗器(TCR)、晶闸管控制高阻抗变压器型(TCT)、晶闸管投切电抗器(TSR)和饱和电抗器(SR)等, 基本类型是 TCR 和 TSC。SVC 的优越性是它能连续快速调节补偿装置的无功功率输出<sup>[1]</sup>。

本文选用 TSC 型的补偿器, 因晶闸管投切电容器能快速跟踪冲击负荷的突变, 随时保持最佳馈电功率因数, 实现动态无功功率补偿, 减小电压波动提高电能质量, 节约电能。另外, 晶闸管投切电容器虽然不能连续调节无功功率, 但具有运行是不产生谐波而且损耗较小的优点。TSC 利用单向晶闸管反并联或双向晶闸管构成的交流无触点开关将单组或多组电容器投入到电网上或从电网切除, 其原理如图 1 所示。

### 2.2. 晶闸管无级差投切的优越性分析

目前已有的无功功率补偿装置多为固定电容和

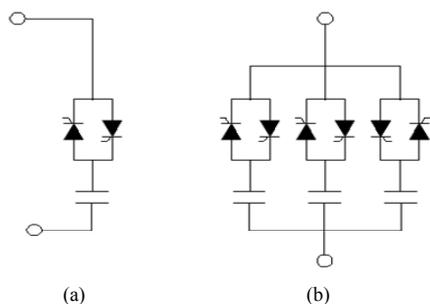


Figure 1. TSC system schematic: (a) A single set of switching single-phase structure diagram; (b) Packet switching single-phase structure diagram  
图 1. TSC 系统原理图: (a) 单组投切单相结构简图; (b) 分组投切单相结构简图

分组投切电容器补偿, 这种装置的响应速度一般难以满足快速发展的需求, 并且补偿容量有跳变, 这降低了补偿的工作效率和功率因数, 对电网的安全性稳定性以及供用效率造成了严重的影响。因此针对容量跳变这一问题, 提出来无级差补偿技术, 确保无功功率快速有效稳定的补偿。

本文所研究的无级差技术是在已有的技术基础上的进一步优化, 将分组投切更加的细化准确的投切, 如由原来的分两组投切变成分成四组投切, 减小冲击增加稳定性, 使无功功率补偿装置更加完善。

## 3. 补偿装置的控制系统

补偿装置的控制系统采用 ARM 公司生产的芯片, 并根据 ARM 运行原理和结构特点设计的控制器系统, 其应能检测系统的相关变量, 计算出功率因数、无功功率以及所要投切的电容量, 从而控制电容的分组投切实现它的无级差的无功功率补偿。并能根据检测测量的大小以及给定输入量的大小, 产生相应的晶闸管触发脉冲, 以调节补偿器吸收的无功功率。其主要分为三部分: 检测, 控制和触发。其系统框图如图 2 所示。

### 3.1. 硬件电路设计

整个无功补偿装置包括数据采集、AD 转换、数据存储、ARM 控制、晶闸管投切电容器组模块、复位电路、串口通信、键盘模块、显示模块。无功补偿装置是采用 ARM 的控制系统检测电网上的实时模拟

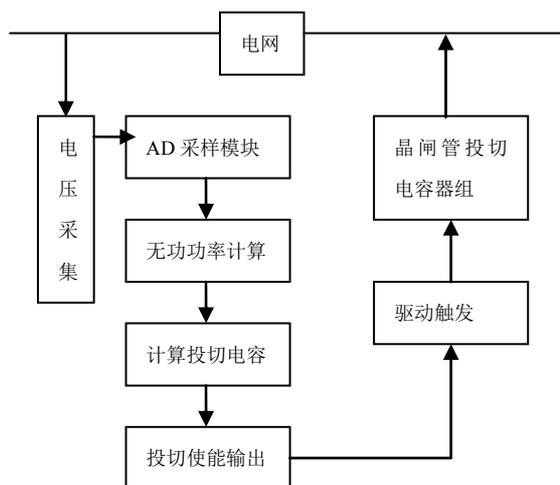


Figure 2. Control system block diagram  
图 2. 控制系统框图

电压、电流信号，进行数字化处理并计算电网所需的无功功率，根据计算结果投入和切除电容器组来补偿系统需要的无功功率。整个系统的硬件框图如图 3 所示。

TSC 的控制系统采用 ARM 公司生产的型号为 STM32F107VCT6 为控制芯片，该芯片的运行效率、存储空间还有其集成化的设计都走在了时代的前沿，将取代老一代的单片机电路，本设计采用此芯片将优于单片机一类的芯片是未来发展的趋势。

本系统可实时监测农网无功功率和电压并跟踪系统无功功率的大小，采用晶闸管投切并联电容器组的无功功率补偿装置<sup>[2]</sup>。该无功功率补偿装置因响应速度快、动态性能好，因此能实现对快速变化的无功进行跟踪补偿。该装置具备完整的控制触发及保护功能。并可实时在线设置投入门限、切除门限、延时值等参数。能延时可调、过压自动切除，该装置能有效地提高功率因数改善电压质量、消除电压波动、降低电能损耗、滤除高次谐波，可广泛应用于农用电网的配电系统，是理想的无功功率补偿系统。

### 3.2. 软件设计

系统软件为提高效率采用汇编语言。程序遵循模块化设计原则，提高了系统的通用性和维护的简易程度。程序主要包括：初始化子程序、键盘和显示子程序、串口通信子程序、功率因数计算子程序和投切电容器子程序的设计。步骤如下：

1) 初始化子程序：主要完成数据存储空间的检测和初始化、通讯方式的设置、显示方式设置、事件管

理器工作方式设置、中断设置、启动硬件看门狗、禁止开关动作等。2) 键盘和显示子程序：采集键盘的控制信息来确定功能选择，将所要现实的数据信息如功率因数和投切量现实在 1602 液晶屏上。3) 功率因子子程序：主要根据对电网采样得到的数据，计算各相有效电压、电流、有功功率、无功功率等参数。4) 投切电容器子程序：根据采样计算得到的相关数据，控制电容量的投切，达到补偿无功功率的目的。

### 4. MATLAB 仿真结果分析

利用 MATLAB 软件中 Simulink 来对 SVC 进行仿真<sup>[3]</sup>。本文采用三相可编程电压源产生恒定的 10 KV 线电压为其供电，单相电容器组的补偿容量分别为 8 kvar、4 kvar、2 kvar、1 kvar，对应的电容器容量分别为 407.6  $\mu$ F、203.8  $\mu$ F、101.9  $\mu$ F、51  $\mu$ F。构建好仿真模型对系统进行仿真，仿真原理模型如图 4 所示。

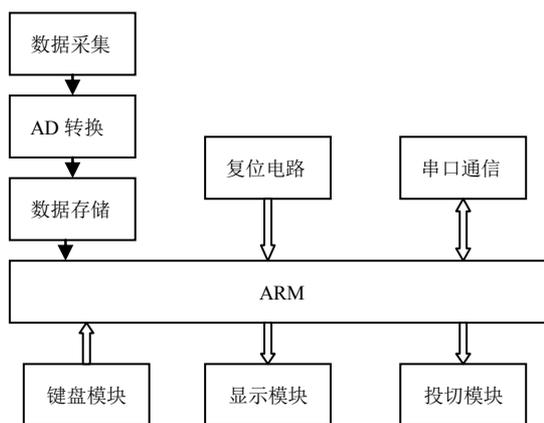


Figure 3. Hardware block of the control system  
图 3. 控制系统硬件框图

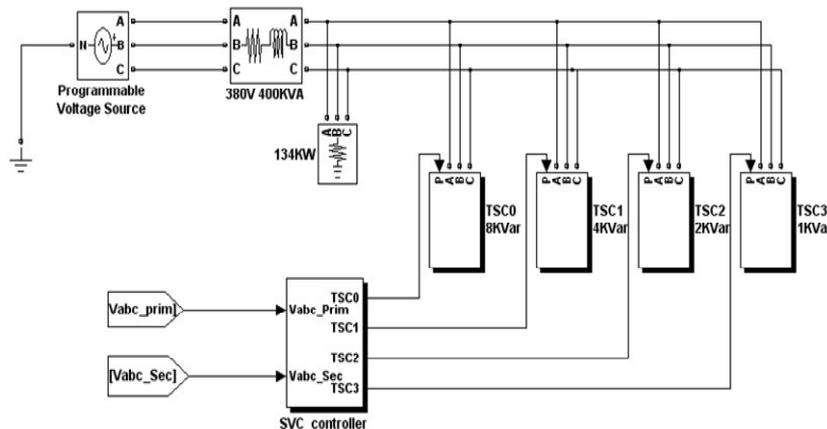


Figure 4. System simulation model  
图 4. 系统仿真模型

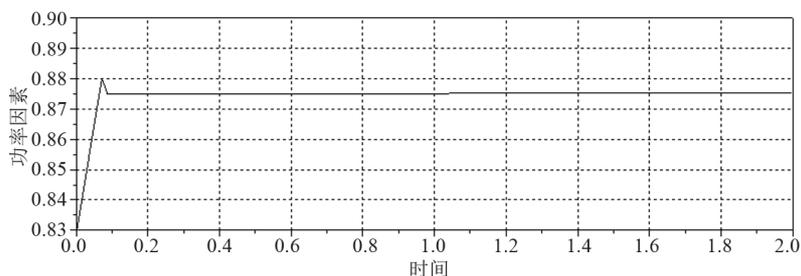


Figure 5. Without the use of stepless power factor of switching  
图 5. 未使用无级差投切的功率因数

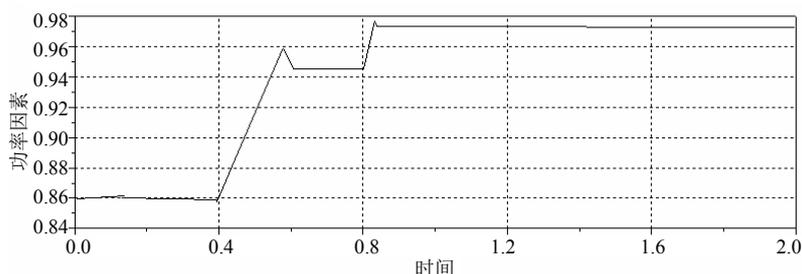


Figure 6. Using stepless power factor of switching  
图 6. 使用无级差投切之后的功率因数

搭建好系统的仿真模型对其仿真验证得到如下结果，如图 5、6 所示。

由图可以直观的看出来补偿前后的功率因数变化，这种方法将功率因数由之前的 0.87~0.88 之间提高到了 0.96~0.98 之间，满足了预期效果。更加充分的证明了无级差补偿技术的优越性。

## 5. 结论

本文对 10 KV 农网存在的问题现状做了总结与研究，提出了一种无级差的补偿方式，利用由 TSC 构成的 SVC 系统来对农网配电系统进行无功功率补偿，并通过 MATLAB 的 Simulink 来对其补偿系统进行仿真，由实验结果可知该系统有稳定性良好同时有效提高功率因数，从而提高了电网利用率。

## 6. 致谢

本课题在选题及研究过程中得到宋吉江老师的悉心指导。宋老师多次询问研究进程，并为我指点迷津，帮助我开拓研究思路。宋老师一丝不苟的作风，严谨求实的态度，踏踏实实的精神，不仅授我以文，而且教我做人。因此我对宋老师不胜感激。

## 参考文献 (References)

- [1] 粟时平, 刘桂英. 静止无功功率补偿技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [2] 黎洪生, 文浩. 基于 ARM 无功补偿控制器设计[J]. 吉首大学学报, 2006, 9: 63-65.
- [3] 王晶, 翁国庆, 张有兵. 电力系统的 MATLAB/SIMULINK 仿真与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008: 98-209.