

# 一种新型串并联补偿式UPS系统的仿真研究

韩 微, 李良光, 张运乾

(安徽理工大学, 安徽 淮南 232001)

**摘 要:** 串并联补偿式在线UPS和其他类型的UPS相比具有许多优点,但也存在一些不足之处。针对不足提出了一种新型的UPS系统模型,对新型UPS的工作原理进行了详细的分析。在MATLAB6.5版的Simulink环境中,对新型的UPS进行了仿真研究,仿真结果表明新型UPS系统在满足用电设备的要求下,降低了开关损耗,提高了系统的整体效率,从而改善了UPS系统的性能。

**关键词:** UPS; Delta变换器; 逆变器; 仿真

## Simulation Study on A New Type of Series-parallel Converted UPS

HAN Wei , LI Liang-guang, ZHANG Yun-qian

(Anhui Science and Technology University, Huainan Anhui 232001,China)

**Abstract:** There are a lot of merits about series-parallel compensated on-line UPS compared with the other types of UPS, but also some shortages. We advanced a new type of UPS system model aiming at the shortages, and gave a detailed analysis about the operation principle of the new UPS model. Simulation was performed in the Simulink condition of MATLAB 6.5. The result indicated that the new type of UPS could satisfy the requirement of the electric equipment, reduce the switching loss, increase the system efficiency on the whole and consequently improve the system performance of UPS.

**Keywords:** UPS; Delta convertor; inverter; simulation

### 0 引言

不间断电源(UPS)为适应发展的要求,近年来也在不断地进行完善和改进,先后出现了后备式、在线式、三端口在线互动式以及双变换器串并联补偿式等几种结构类型的UPS。其中由Kamran和Silva提出的双变换器串并联补偿式UPS,既可以补

偿非线性负载中的无功电流及谐波电流,同时还可以补偿电源电压的谐波及基波偏差,较传统双变换在线式UPS而言,输入功率因数高,输出过载能力强,具有综合的电能质量调节能力,其核心就是采用了串并联补偿技术。串并联补偿式在线UPS具有许多其他UPS无可比拟的优点,但也存在一些不足之处。

收稿日期:2006-10-21

## 1 串并联补偿式UPS存在的问题

串并联补偿式UPS的原理图如图1所示。

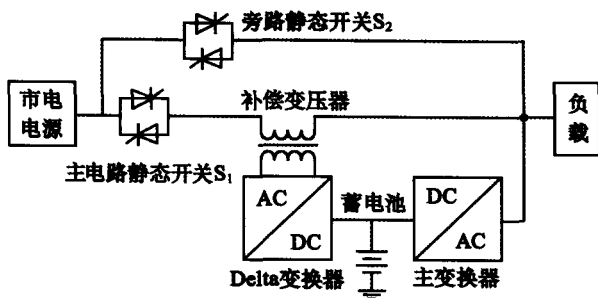


图1 串并联补偿式UPS原理图

UPS内有串联(Delta)变换器和并联主变换器两个变换器,Delta变换器通过补偿变压器串联在电网和负载之间,相当于一个正弦电流源,用来消除市电输入电流中的无功与谐波分量,使输入功率因数等于1,同时还稳定蓄电池上的电压,补偿电网与输出间的电压差。当电网电压高于额定电压时,Delta变换器工作在整流状态,吸收功率,对输出电压进行负补偿;当电网电压低于额定电压时,Delta变换器工作在逆变状态,输出功率对输出电压进行正补偿。主变换器在电路的输出端与负载并联,相当于一个正弦电压源,用来使负载上的电压成为稳定纯净的正弦波电压,同时提供负载所需要的无功电流与谐波电流。同样,当电网电压高于额定电压时,主变换器工作在逆变状态,对负载供电;当电网电压低于额定电压时,主变换器工作在整流状态,维持直流侧电压的稳定。电网正常时,主电路静态开关 $S_1$ 闭合,电网电压经Delta变换器为负载供电,主变换器稳定输出电压,电网和UPS输出之间的电压差由Delta变换器补偿。当UPS出现故障和进行维护时,这时旁路静态开关 $S_2$ 闭合,负载由电网直接供电。

但是当电网停电时,开关 $S_1$ 断开,这时只有与负载并联的主变换器向负载提供100%的功率,而串联变换器却处于闲置状态,这样无疑会造成资源

的浪费,降低了系统的输出功率。本文就是在现有串并联补偿式UPS的基础上,针对其在停电时没有充分利用两变换器的功率以及电力电子器件开关损耗大,效率较低等不足之处而提出的一种改进方案。

## 2 新方案的结构及工作原理

### 2.1 新方案模型

在新型UPS系统中,将两变换器互换,也就是将图1中的主变换器和Delta变换器互换位置,如图2所示。

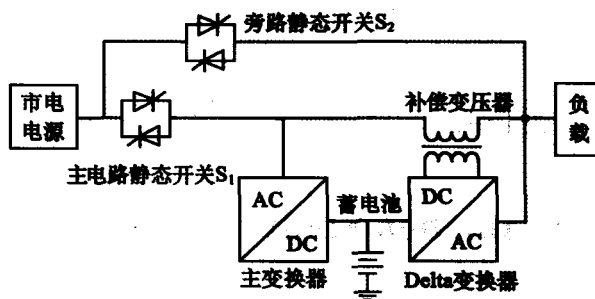


图2 新型UPS原理图

### 2.2 市电正常时的工作过程

电网正常时,主电路静态开关 $S_1$ 闭合,Delta变换器相当于一个受控电压源,用来控制负载上的电压为稳定纯净的正弦波电压,并且电网和系统输出之间的电压差由Delta变换器补偿;同样,Delta变换器对负载电压稳定的补偿,可以先采用波形瞬时值比较法来检测电压的波动和谐波,得到调制波的指令信号,然后对其进行SPWM控制,使负载上的电压为稳定纯净的正弦电压。当电网电压高于额定电压时,Delta变换器工作在逆变状态,向负载供电;当电网电压低于额定电压时,Delta变换器工作在整流状态,对蓄电池充电,维持输入与输出间的平衡;主变换器稳定蓄电池的电压,相当于一个受控电流源,用来提供负载所需的无功与谐波电流,使得UPS输入电流中无谐波和无功电流分量,功率因数约等于1。对于无功与谐波分量的消除,首先可

以将UPS负载电流中的无功与谐波电流从负载电流中分离出来并将其作为主变换器的调制波指令信号,对其进行SPWM控制,从而在主变换器的输出端得到与该指令信号数值和波形相同的补偿电流,从而提供负载所需的无功与谐波电流。当电网电压高于额定电压时,电网电压一部分经主变换器稳定蓄电池上的充电电压,一部分经Delta变换器为负载供电,此时,主变换器工作在整流状态,直流侧电压升高。当电网电压低于额定电压时,主变换器工作在逆变状态,用来维持输入与输出的平衡。当UPS出现故障和进行维护时,这时旁路静态开关 $S_2$ 闭合,负载由电网直接供电。此外,新型的UPS系统在市电正常时还可以实现在线逆变,将UPS与发电并网结合起来。

### 2.3 市电停电时的工作过程

当市电停电时,新型串并联补偿式UPS系统便体现了其优于现有UPS的特点:现有的UPS在市电停电时只有与负载并联的主变换器向负载提供100%的功率,而串联的Delta变换器处于闲置状态;而在新型的UPS系统中,当市电停电时,原来工作在电流源状态的主变换器自动转入电压源工作状态,从而两变换器都工作在电压源状态,串联后共同向负载供电。

在新型的UPS系统中,通过开关控制使主变换器输出的低频(50Hz)的脉冲波电压,如图3所示。通过PWM调制使Delta变换器输出的补偿波电压,如图4所示。当两变换器同时工作时,向负载输出的电压就是两变换器输出电压之和,合成波形为

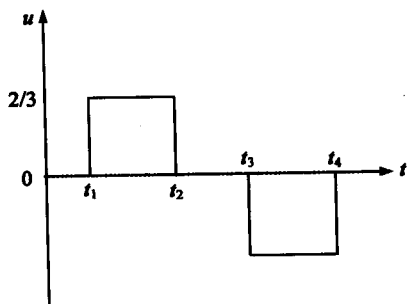


图3 主变换器输出的低频(50Hz)脉冲波电压

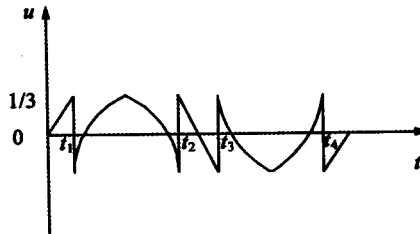


图4 Delta变换器输出的补偿波电压

正弦波。这种新型的UPS与原来的串并联补偿式UPS相比,有以下优点:主变换器输出低频(50Hz)的脉冲波电压,此脉冲波电压在一个周期内只开关一次,降低了开关损耗,而系统的输出功率大部分就是由主变换器承担,同时,尽管Delta变换器输出的补偿波电压开关频率比较高,但Delta变换器只承担系统输出功率的一小部分,因此,开关损耗还是比较小的,这样便提高了系统的整体效率,同时,克服了现有UPS中当电网停电时,主变换器向负载提供100%的功率的缺点,减轻了变换器的负担,提高了系统的输出功率。

### 3 仿真研究

为了验证新型UPS系统的可靠性,利用MATLAB6.5仿真软件对其建立了仿真模型,如图5所示。仿真参数如下:电压 $U=1$ ,频率 $f=50\text{Hz}$ ,采样时间 $T_s=10^{-6}\text{s}$ ,采样频率 $f_s=20\text{kHz}$ , $RC=0.000157$ 。

#### 3.1 市电停电时主变换器输出波形仿真

由示波器3可以看到主变换器输出的电压波形,如图6所示。该仿真波形与图3中预想的波形基本相同。

#### 3.2 市电停电时Delta变换器输出波形仿真

由示波器2可以看到经过PWM调制后Delta变换器输出的补偿电压波形,如图7所示。该波形也是与图4中预想的输出波形基本相同。

#### 3.3 合成波形仿真

当主变换器和Delta变换器分别输出如图6和

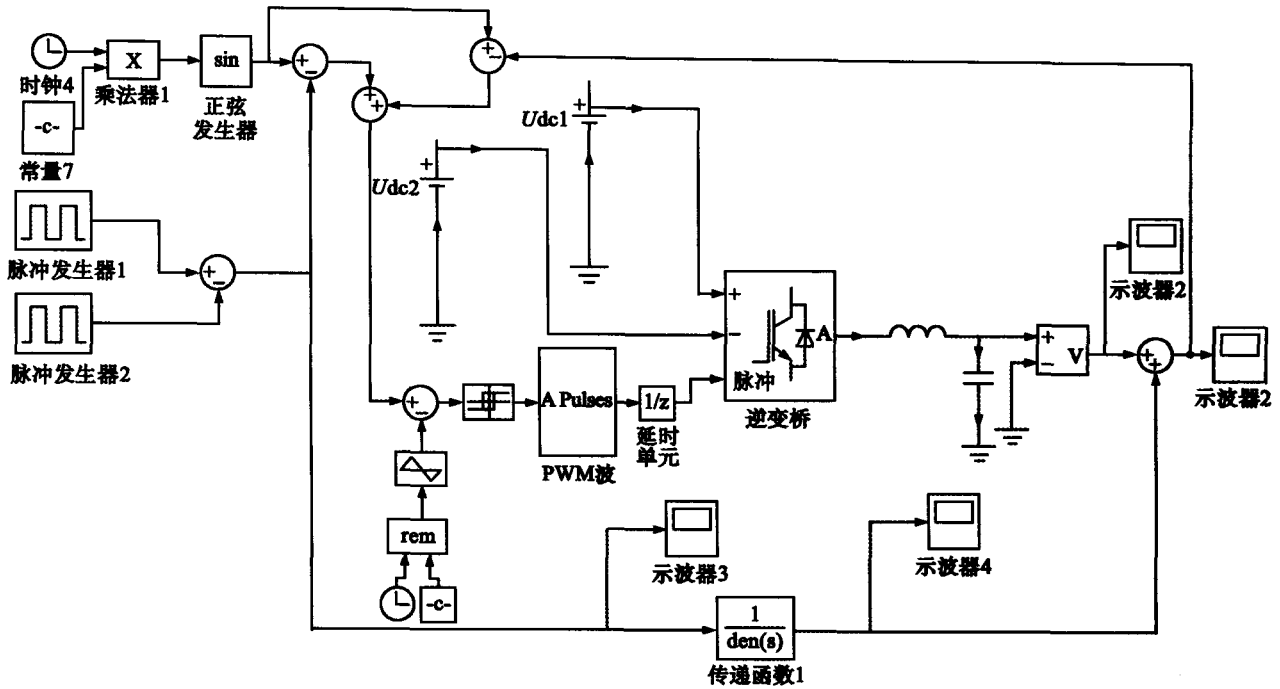


图5 新型串并联补偿式UPS系统仿真模型

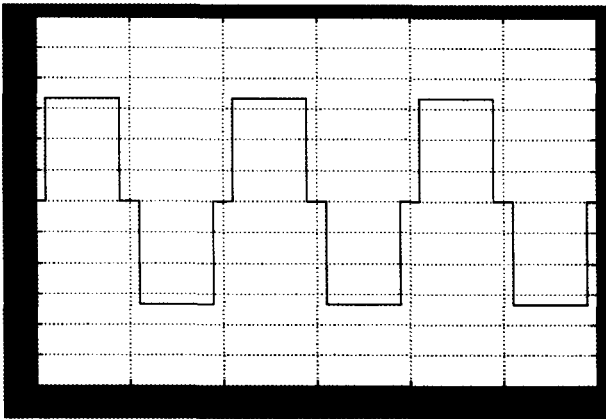


图6 主变换器输出的低频(50HZ)脉冲波电压波形

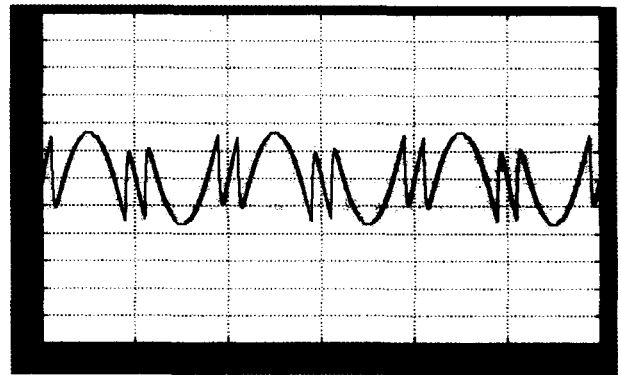


图7 Delta变换器输出的补偿电压波形

图7所示的电压波形时,由示波器1可以看到系统输出的波形,如图8所示。

由图8可以看出,所提出的方案是可行的。但是输出波形中的尖峰比较大,此尖峰产生的原因有两个:(1)是由于主变换器输出的脉冲波电压是通过低频功率开关控制产生的,而Delta变换器输出的

补偿波电压是通过PWM调制产生的,在相位上,补偿波电压肯定较脉冲波电压稍微有所滞后,也就是说,此尖峰电压是由于脉冲波的突变与补偿波的突变时刻不同步造成的;(2)脉冲波突变的斜率与补偿波突变的斜率不一样,也是造成此尖峰的一个原因。因此,对于此尖峰脉冲的消除,可以采用在主变换器脉冲信号通道中加入高频滤波器来实现。



图8 系统输出电压波形

由示波器4可以看到加入高频滤波器之后,主变换器输出的脉冲波电压波形如图9所示。



图9 经过高频滤波器后的主变换器输出电压波形

由图9可以看出,经过高频滤波器后的主变换器输出电压的斜率明显较图6中的输出电压的斜率有所缓和,因此,系统输出电压波形中的尖峰肯定会有所减弱。由示波器1可以看到此时系统的输出电压波形如图10所示。

由图中可以看出,系统输出电压的波形已经接近于理想正弦波,说明这种新型的串并联双变换UPS系统完全可以满足用电设备的要求。

#### 4 结语

仿真结果表明,新型串并联补偿式UPS系统在

能够输出满足负载要求的交流电压的同时,还有以下优点:主变换器输出低频脉冲波电压,降低了开关损耗,从而提高了系统的整体效率;并且改变了现有串并联补偿式UPS中当电网故障时,主变换器向负载提供100%功率的缺点,减轻了变换器的负担,提高了系统的输出功率。此外,新型的串并联补偿式UPS还可以实现在线逆变,将UPS与发电并网结合起来。

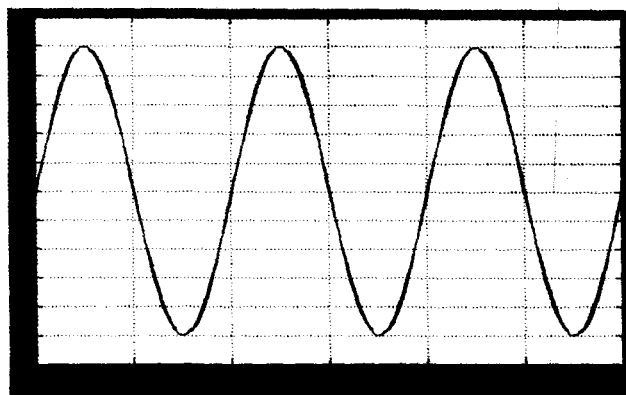


图10 脉冲波经过滤波后的系统输出电压波形

#### 参考文献

- [1]王林兵. UPS的分类、关键技术分析与动态预测[J]. 电工技术杂志, 2003, 10
- [2]刘凤君. Delta逆变技术及其在交流电源中的应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2003
- [3]陈道炼. DC/AC逆变技术及其应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2003
- [4]李 勋, 戴 珂, 杨荫福, 陈 坚. 双变流器串-并联补偿式UPS控制策略研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 10

#### 作者简介

韩 微, 1982年生, 女, 安徽东至人, 安徽理工大学电气工程系在读研究生, 主要从事电力电子与电力传动方面的研究。