

三相 SPWM 逆变器的调制建模和仿真

陆 兵, 刘维亭

(江苏科技大学 电子信息学院, 江苏 镇江 212003)

摘要: 简单介绍了三相 SPWM 逆变器的组成和工作原理, 通过计算机对三相 SPWM 逆变器进行 Matlab/Simulink 建模和仿真, 研究逆变电路的输入输出及其特性。仿真分析经逆变后得到的电压电流的特性。通过运用 Matlab/Simulink 和 Power System Block (PSB) 电力系统模块集工具箱仿真环境, 对电路进行建模、计算和仿真分析。MATLAB 软件中的 Simulink, 是为数不多的完全满足这些条件和要求的软件。并且凭借他在科学计算方面的天然优势建立了从设计构思到最终实现设计要求的可视化桥梁。被广泛应用于线性系统、非线性系统及数字信号处理的建模和仿真中。

关键词: SPWM; 三相逆变器; Matlab/Simulink; 仿真

中图分类号: TM464

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2013)01-0132-03

Simulation of three-phase SPWM inverter based on Matlab/Simulink

LU Bing, LIU Wei-ting

(Electronic Information School, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: This paper briefly described the working principle of the three-phase SPWM inverter by the simulation of three-phase SPWM inverter. Described the input and output characters. Analysed the characters of the voltage and current through the inverter. Through the use of Matlab / Simulink and Power System Block (PSB) power system blockset Toolbox simulation environment, analysis circuit modeling calculation and simulation. MATLAB Simulink software is one of the few fully meet these conditions and requirements of the software. And is the visual bridge from design concept to final design requirements established by virtue of his natural advantages in scientific computing. It is widely used in linear and nonlinear systems, in digital control and digital signal processing.

Key words: SPWM; three-phase inverter; Matlab/Simulink; simulation

随着电力电子技术的发展, SPWM 正弦脉宽调制法正逐渐被人们熟悉, 这项技术的特点是通用性强, 原理简单。具有开关频率固定, 控制和调节性能好, 能消除谐波, 设计简单, 是一种比较好的波形改善法。它的出现为中小型逆变器的发展起了重要的推动作用。由于大功率电力电子装置的结构复杂, 若直接对装置进行实验, 且代价高费时费力, 故在研制过程中需要借助计算机仿真技术, 对装置的运行机理与特性, 控制方法的有效性进行试验, 以预测并解决问题, 缩短研制时间。MATLAB 软件具有强大的数值计算功能, 方便直观的 Simulink 建模环境, 使复杂电力电子装置的建模与仿真成为可能。本文利用 MATLAB/Simulink 为 SPWM 逆变电路建立系统仿真模型, 并对其输出特性进行仿真分析。SPWM 技术成为目前应用最为广泛的逆变用 PWM 技术。因此, 研究 SPWM 逆变器的基本工作原理和作用特性意义十分重大^[1]。

1 三相电压型桥式逆变电路

三相电压型桥式逆变电路如图 1 所示, 电压型三相桥式逆变电路的基本工作方式也是 180° 导电方式, 即每个桥臂的

导电角度为 180°, 同一相上下 2 个桥臂交替导电, 各相开始导电的角度依次相差 120°。这样, 在任一瞬间, 将有 3 个桥臂同时导通。可能是上面一个臂下面 2 个臂, 也可能是上面两个臂下面一个臂同时导通。因为每次换流都是在同一相上下两个桥臂之间进行的, 因此也被称为纵向换流^[2]。当 $u_{rU} > u_c$ 时, 给上桥 V_1 臂以导通信号, 给下桥臂 V_4 以关断信号, 则 U 相相对于电源假想中点 N' 的输出电压 $u_{UN} = U_d/2$ 。当 $u_{rU} < u_c$ 时, 给 V_4 导通, 给 V_1 关断, 则 $u_{UN} = -U_d/2$ 。 V_1 和 V_4 的驱动信号始终是互补的。当给 $V_1(V_4)$ 加导通信号时, 可能是 $V_1(V_4)$ 导通, 也可能是二极管 $V_{D1}(V_{D4})$ 续流导通^[3]。

2 SPWM 逆变器的工作原理

PWM 的全称是 Pulse Width Modulation (脉冲宽度调制), 它是通过改变方波的占空比来改变等效的输出电压。所谓的 SPWM, 他是根据面积等效原理, PWM 波形和正弦波是等效的, 对于正弦波的负半周, 也可以用同样的方法得到 PWM 波形。像这种脉冲的宽度按正弦规律变化而和正弦波等效的 PWM 波形, 也称 SPWM 波形^[4]。就是在 PWM 的基础上改变了调制脉冲方式, 脉冲宽度时间占空比按正弦规律排列, 这样

收稿日期: 2012-09-05

稿件编号: 201209037

作者简介: 陆 兵 (1986—), 男, 江苏如皋人, 硕士研究生。研究方向: 船舶无人机舱监测、船舶电能质量分析。

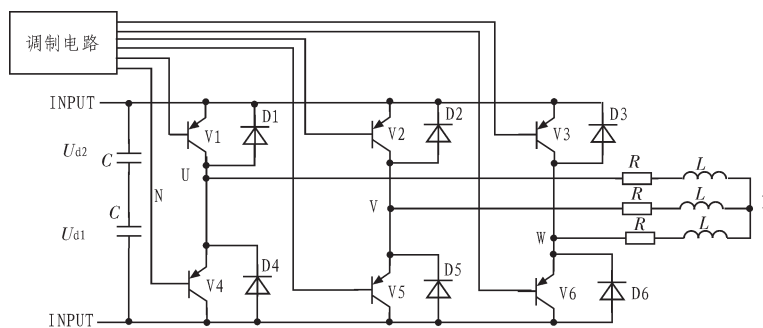


图1 三相桥式逆变电路原理图

Fig. 1 Three phase full bridge SPWM inverter

的输出波形经过适当的滤波就可以得到正弦波输出。它广泛的应用于直流交流逆变器。

SPWM 法是一种比较成熟的, 目前使用较广泛的 PWM 法, SPWM 法就是用脉冲宽度按正弦规律变化和正弦波等效的 PWM 波形即 SPWM 波形控制逆变电路中开关器件的通断, 使其输出的脉冲电压面积与所希望输出的正弦波在相应区间内的面积相等, 通过改变调制波的频率和幅值则可调节逆变电路输出的电压和幅值^[5]。

要准确的生成 SPWM 波形, 就要精确的计算出这两个

点的时间。开关元件导通时间是脉冲宽度, 关段时间是脉冲间隙。正弦波的频率和幅值不同时, 这些时间也不同, 但对计算机来说, 时间定时器来实现^[6]。调制方法可以自己选择。

3 三相电压源 SPWM 逆变器的建模与仿真

3.1 三相电压源 SPWM 逆变器的 MATLAB/Simulink 建模

SPWM 逆变器 EDMATLAB/Simulink 仿真模型如图 2

所示。

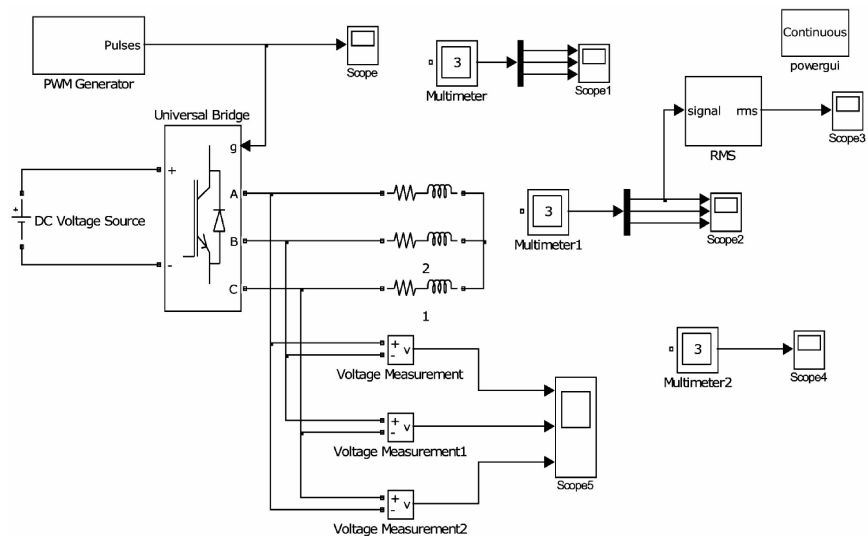


图2 SPWM 逆变器的 MATLAB/Simulink 仿真模型

Fig. 2 MATLAB/Simulink simulation model of SPWM inverter

3.2 其他参数设置

逆变器的仿真建模如图 2 所示, 有效值测量模块 RMS 设置其参数 Fundamental frequency (Hz) 为 50 Hz, 电压设置为 220 V, 阻感性负载 $R=3$, $L=0.01$ 三负载设置相同。

4 仿真结果

下面是输出交流频率为 $f=50$ Hz, 调制度为 $m=0.7$ 时的曲线, 逆变器电压和电流输出波形如图 3 和图 4 所示, A 相阻感性负载的电流有效值如图 5 所示。

5 结论

通过上述采用 Matlab/Simulink 对三相 SPWM 逆变器进

行建模和仿真的过程证明了 Matlab/Simulink 有良好的用户界面和模型结构, 尤其是 Power System Browser 为电气系统仿真省去了复杂的过程。它提供了极为有用的电力电子器件模块, 用户不需要自己编程且不需推导系统的动态数学模型, 建模过程更接近实际电路设计过程, 且使用简便, 也对三相 SPWM 逆变器有了进一步的理解。

在使用 Matlab 的 Simulink 进行仿真时, 很多时候波形不能够快速正确的出现, 这时就需要研究其深层次的原理, 同时要注意 Matlab 的仿真的一些细节。通过适当的参数设置, 选择能够满足的控制方式, 运用 SPWM 控制技术, 可以有效减小输出电压和输出电流的谐波分量, 改善输出波形。

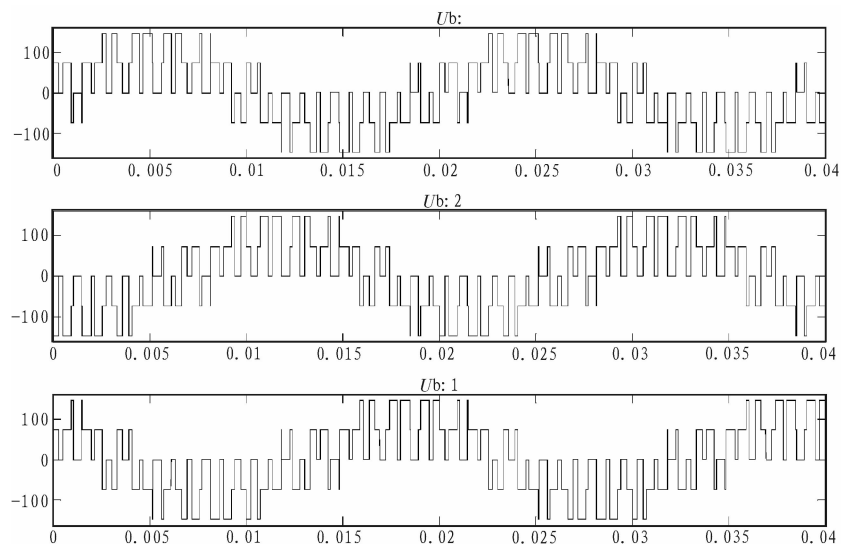


图3 逆变器输出电压波形
Fig. 3 Output voltage wave of inverter

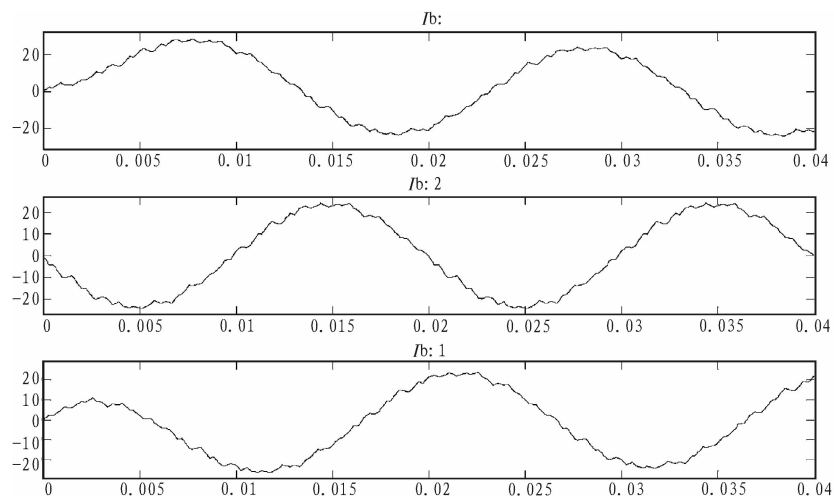


图4 逆变器的输出电流波形
Fig. 4 Output current wave of inverter

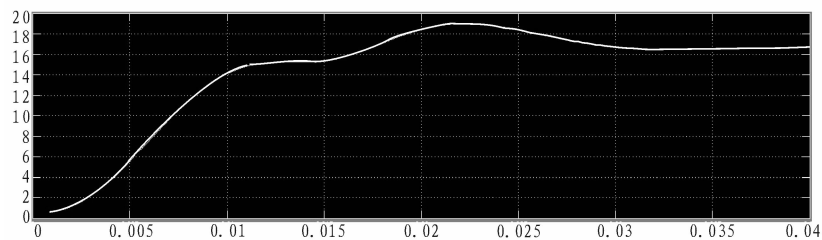


图5 A相阻感性负载的电流有效值
Fig. 5 Valid values for resistive inductive load current of part A

参考文献:

- [1] 王兆安. 电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [2] 薛定宇. 基于Matlab/Simulink的系统仿真技术与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [3] 陈国呈. PWM逆变技术及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [4] 陈伯时, 陈敏逊. 交流调速系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [5] 张燕宾. SPWM变频调速应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [6] 李永东. 交流电机数字控制系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.