基于Matlab的高频开关电源功率因数测量电路研究

陈 彬[1,2] 张政权[1] 向 欣[1,2] 刘庆想[1]
(1.西南交通大学物理科学与技术学院，四川 成都 610031)
(2.西南交通大学电气学院，四川 成都 610031)

摘 要：文中提出了两种功率因数仿真测量模型，并在RC正弦电路中进行了仿真验证。结果表明，两种仿真测量模型得到的功率因数仿真数值与理论计算值一致。然后用这两种仿真测量电路对42kJ/s数字式高频高压恒流充电电源进行了仿真测量，其测得的功率因数结果与实验测得的结果一致，从而进一步验证了这两种功率因数仿真测量模型的可靠性。

关键词：功率因数测量；Matlab电路仿真；高频开关电源

Research on the Circuits of Power Factor Measurement of Switch Power Supply in Matlab

CHEN Bin[1,2], ZHANG Zhengquan[1], XIANG Xin[1,2], LIU Qingxiang[1]
(1.School of Physical Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu Cichuan 610031,China)
(2.School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

Abstract: IIn this paper, two simulation models of power factor measurement are proposed, and verified in sine RC circuit. Simulation results show that the values measured by the two models are in conformity with the theoretical ones. Then these two measurements models are connected with a three-phase high power supply circuit for a further simulation. Also, the obtained power factor is consistent with the experiment result, which further validates the reliability of the two simulation models of power factor measurement.

Keywords: Power Factor Measurement; Circuit Simulation in Matlab; High Frequency Switch Power Supply

中图分类号: TM933.3+1 **文献标识码**: A **文章编号**: 0219-2713(2009)03-0016-04

0 引言

高频开关电源的功率因数是非常重要的一个参数，直接决定着产品是否符合通用的谐波标准，衡量着产品的优劣。为了减小谐波、提高功率因数，高频开关电源普遍采用了功率因数校正电路来改善电流波形。为了在设计阶段就了解高频开关电源的功率因数值，方便进行功率因数校正电路参数的优化，就需要进行功率因数的测量。本文基于Matlab仿真软件设计并给出了两种功率因数测量的电路，用这两种电路对RC正弦电路进行了功率因数仿真测量和计算验证；并把这两种仿真测量电路应用于三相大功率恒流充电电源的功率因数仿真测量中，最后通过实验验证了

收稿日期：2008-11-03

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

其可靠性。

1 功率因数的定义

功率因数用于衡量输入有功功率与输入视在功率中的比例，用公式表示为：$PF=\frac{P}{S}$。功率因数越高，输入有功功率所占的比重越大；当功率因数为1时，输入的功率全部被作为有功功率吸收。

在正弦系统中，P全部是基波分量所做的有功，S也全部是基波分量的视在功率。但是在非正弦系统中，P和S都不是基波分量，而是所有电压、电流的直流分量和各次谐波分量所做的功，功率因数的定义式可以表示如式(1)：

$$PF=\frac{P}{S}=\frac{\int p\mathrm{d}t}{U\cdot I}=\frac{\int_0^T u\cdot i\mathrm{d}t}{\sqrt{\int_0^T u^2\mathrm{d}t\cdot\int_0^T i^2\mathrm{d}t}}=\frac{\sum_{k=1}^{\infty}U_k\cdot I_k\cdot\cos\theta_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^{\infty}U_k^2\cdot\sum_{k=1}^{\infty}I_k^2}} \quad (1)$$

其中，U_k、I_k分别为第k次谐波电压电流的有效值。

当输入侧无损耗时(即输入电压波形不失真)，则式(1)可以简化成式(2)：

$$PF=\frac{I_1\cdot\cos\theta_1}{\sqrt{\sum_{k=1}^{\infty}I_k^2}}=\frac{\cos\theta_1}{\sqrt{1+THD^2}}=\mu\cdot\lambda \quad (2)$$

其中，$\mu=\frac{I_1}{\sqrt{\sum_{k=1}^{\infty}I_k^2}}$为基波系数，$\lambda=\cos\theta_1$为基波位移系数，$THD=\frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty}I_k}}{I_1}\times100\%$为失真系数。

2 功率因数仿真测量的两种方法

根据式(1)，可以设计出第一种功率因数测量电路。如图1所示。其中，u和i为相电压和相电流。

在图2中，用了三套图1所示测量模型，构成三相系统功率因数仿真模型，并使得$P=P_A+P_B+P_C$，$S=U_A\cdot I_A+U_B\cdot I_B+U_C\cdot I_C$代入计算，最终得到功率因数值。

根据式(2)，可以设计出第二种功率因数测量电路，如图3所示。其中，u和i为相电压和相电流。

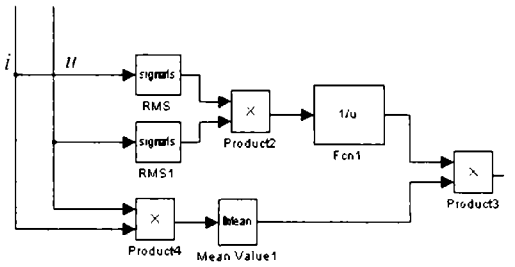


图1 第一种单相系统功率因数仿真模型

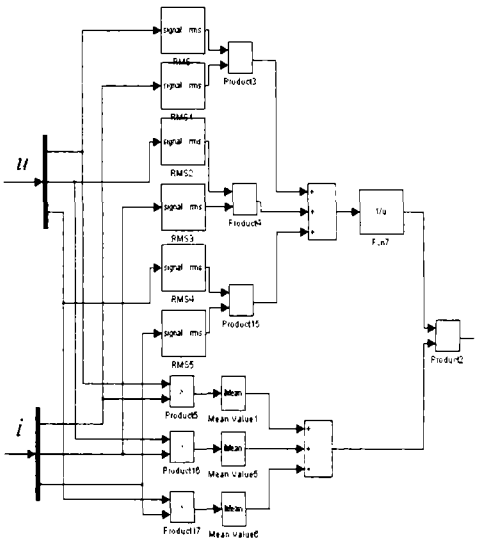


图2 第一种三相系统功率因数仿真模型

其中，$f(\mu)=1/\mathrm{sqrt}(\mu*\mu+1)$，$K=pi/180$。这种方法是先求取$THD$值，再通过$f(\mu)$计算出基波系数$\mu$，然后再提取输入电压电流的角度来计算位移系数$\lambda$，最后再把$\mu$与$\lambda$相乘，得到$PF$。

在图4中，用了三套图3所示测量模型，构成三相系统功率因数仿真模型，分别求得输出值再进行平均，最终可以得到功率因数值。

3 计算验证

为了验证这两种测量电路的正确性，将这两种测量电路用于测量RC正弦电路的功率因数。如图5所示。

图5中电源频率为220V/50Hz，$R=5.1\mathrm{k}\Omega$，$C=1\mu\mathrm{F}$。这时可以算得等效阻抗为：

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$Z=R+\frac{1}{j\omega C}=5100+\frac{1}{j\cdot 2\pi\cdot 50\cdot 1\cdot 10^{-6}}$$
$$=6011.8\angle -31.97^{\circ}\Omega$$

$$PF=\cos(-31.97^{\circ})=0.848$$

在线性电路中，基波系数μ为1，所以功率因数PF为0.848。

将测量电路用于图5电路功率因数的测量，可以分别得到如图6和图7所示功率因数。其中图6为第一种测量方法测得的功率因数；图7为第二种测量方法测得的功率因数(横坐标为时间t轴)。

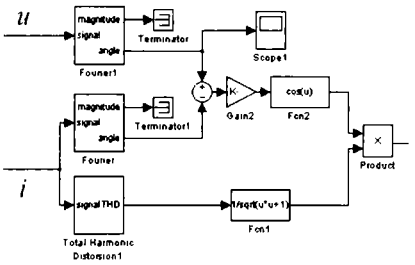


图3 第二种单相系统功率因数仿真模型

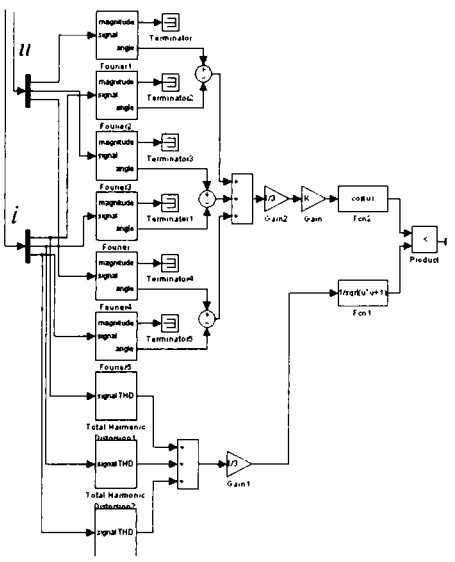


图4 第二种三相系统功率因数仿真模型

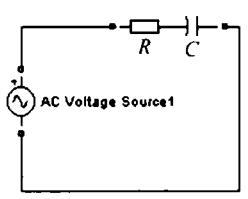


图5 RC正弦电路

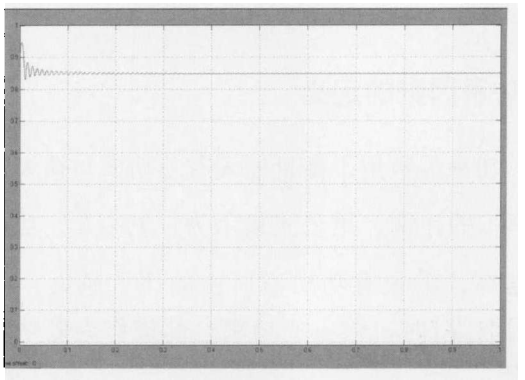


图6 第一种测量方法测得的功率因数

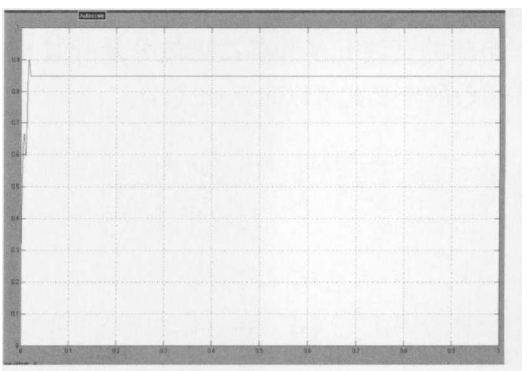


图7 第二种测量方法测得的功率因数

从图6和图7可以看到：采用两种测量电路测得的功率因数都分别为0.848。测量结果与计算结果一致。

4 实验验证

以未进行功率因数校正的42kJ/S数字式高频高压恒流充电电源[4]为实验对象，采用这两种仿真测量方法得到的功率因数如图8、9所示。其中图8为第一种测量方法测得的功率因数；图9为第二种测量方法测得的功率因数(横坐标为时间t轴)：

采用IDEAL 61-806电能分析仪实测的功率因数值如表1所示。波形如图10所示：

由此可见，在三相大功率电源系统中，仿真测得的功率因数与采用电能分析仪实际测量的功率因数值与仿真测量稳定后（方框内显示）的数值误差很小，其误差主要由实际电路中存在的线

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表1 实际测量的功率因数值

时间	三相功率因数	时间	三相功率因数
22:13:49	0.61	22:13:54	0.60
22:13:50	0.60	22:13:55	0.60
22:13:51	0.60	22:13:56	0.60
22:13:52	0.59	22:13:57	0.60
22:13:53	0.62	22:13:58	0.59

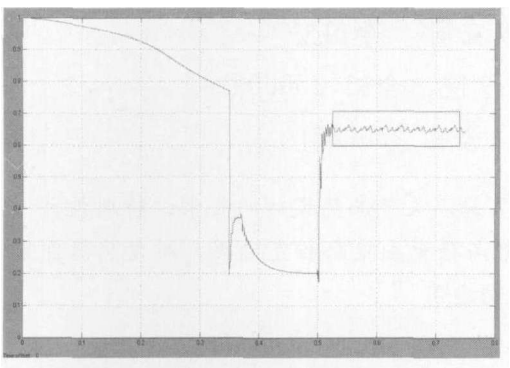


图8 第一种仿真测量的功率因数波形

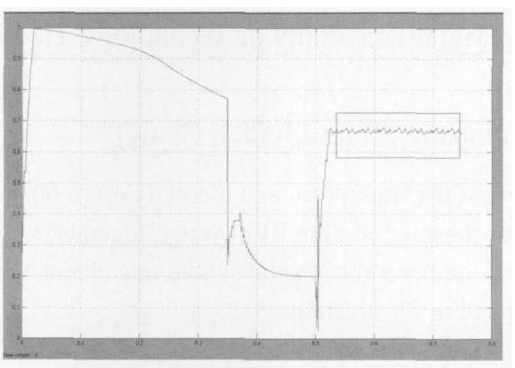


图9 第二种仿真测量的功率因数波形

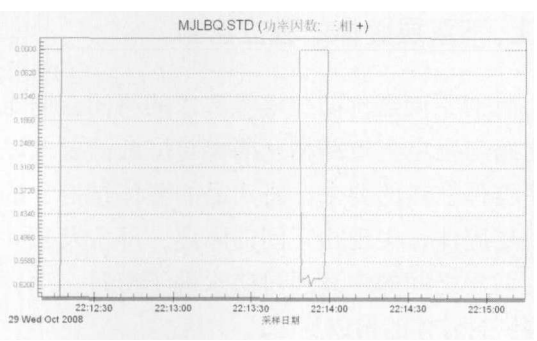


图10 实际测量的功率因数波形

路电感及其分布参数产生。

5 结束语

从计算结果和实际测量结果可以看到：除去系统刚开始仿真时的不稳定状态外，这两种功率仿真测量电路的测量结果与实际计算结果和实际测量结果相符合。由此可以确定这两种测量电路的可靠性。这两种测量电路可以用来测量基于Matlab仿真中单相或三相系统的功率因数，其测量结果准确率高。

参考文献

[1] Arthur W.Kelley, William F.Yadusky. Rectifier Design for Minimum Line Current Harmonics and Maximum Power Factor[J]. IEEE.CH2719-3/89/0000-0013.1989.

[2] A.R.Prasad, P.D.Ziogas, S.Mainias. Passive input current waveshaping method for three-phase diode rectifiers [J].IEE PROCEEDINGS-B, Vol, 139, No.6, November 1992.

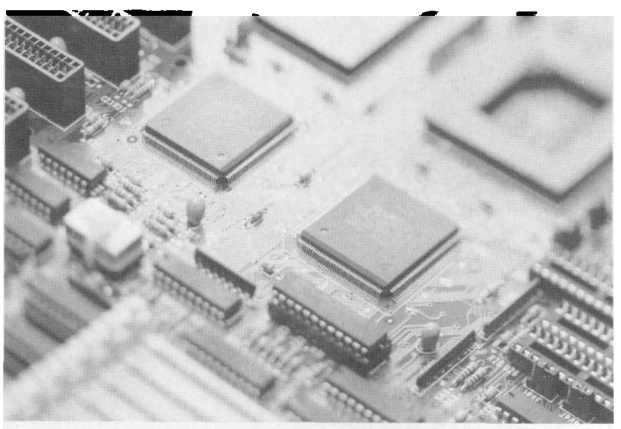
[3] 王会涛,钱希森,任开春.基于Matlab的功率因数校正电路的仿真分析[J].仿真技术.2007.

[4] 张政权,高国强,刘庆想,向欣,张朋朋,魏茂华.42kJ/s数字式高频高压恒流充电电源的研制[C].全国高功率微波技术会议.中国绵阳.2008.

作者简介

陈彬（1982- ），女，西南交通大学电气工程学院，硕士研究生，从事大功率电源相关研究。

刘庆想（1964- ），男，西南交通大学物理科学与技术学院，教授，博士生导师，从事高功率微波技术相关研究。



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net