

利用MAX291 实现抗混叠滤波

高翠云¹, 江朝晖²

(1. 合肥工业大学 安徽 合肥 230009; 2. 中国科学技术大学 安徽 合肥 230006)

摘要: 针对电网谐波测量中的镜像效应, 选用MAX291 作为抗混叠滤波器, 并讨论了实际应用中工艺和抗干扰问题。

关键词: 谐波测量; 镜像效应; MAX291; 干扰

中图分类号: TP368.1

文献标识码: B

文章编号: 1004-373X (2004) 10-001-02

Realization Anti-fold Filter Use for MAX291

GAO Cuiyun¹, JIANG Zhao-hui²

(1. Hefei University of Technology, Hefei, 230009, China; 2. University of Science and Technology of China, Hefei, 230006, China)

Abstract Aim at the mirror effect in power net harmonious measure, we applying MAX291 as anti-fold filter, and discusses some technics and anti-jamming problems.

Keywords harmonious measure; mirror effect; MAX291; jamming

1 问题的提出

随着现代工业的迅速发展, 用户对电能质量的要求越来越高, 为此国家颁布了一系列标准, 其中电网谐波就是最重要的一个指标^[1]。谐波监测为提高电网电能质量、保证电网安全运行以及电网治理提供保证。

对电网信号进行高次谐波分析时, 一般采用离散傅里叶变换。离散傅里叶变换意味着在时间域和频率域两方面的周期化, 周期化的结果带来一些新问题, 这就是镜像效应和频率泄漏。镜像效应是由于抽样的频率不够高, 在频率域周期化时产生了频谱的折叠而引起的。假设时域的抽样间隔为 Δt , 即抽样频率 $f_s = 1/\Delta t$ 。如果时间函数 $h(t)$ 的上限频率为 f_c , 且 $f_c > f_s/2$, 那么若以 f_s 对 $h(t)$ 抽样, 就相当于把函数 $h(t)$ 的频谱 $H(f)$ 以 f_s 为周期在频率轴上进行周期延拓, 在 $f_s - f_c$ 点与 f_c 点之间发生了频谱重叠。 $f_s - f_c$ 点至 f_c 点之间的频谱就是原频谱 $H(f)$ 中频率高于 $f_s/2$ 的那部分频谱镜像到低于 $f_s/2$ 的那部分频谱上, 产生了频率畸变^[2], 如图 1 所示。

2 抗镜像滤波器选择

理论上如果遵守抽样定律, 即 $f_s \geq 2f_c$, 就可以避免镜像效应产生。实际上的信号谱并不是矩形截止的, 同时由于时域有限, 高频分量不可避免。因此, 在进行信号处理之前, 采用模拟低通滤波器来抑制大于 $f_s/2$ 的信号频率, 这就是抗镜像滤波器 (也称作抗混叠滤波器)。在通带范围, 为了不产生畸变, 希望他有平坦的振幅特性和缓变的相位

特性; 为了抑制镜像效应, 要求他有足够的阻带衰减; 而为了获得尽可能大的分析范围, 又不至于产生频谱折叠, 希望过渡带陡峭。

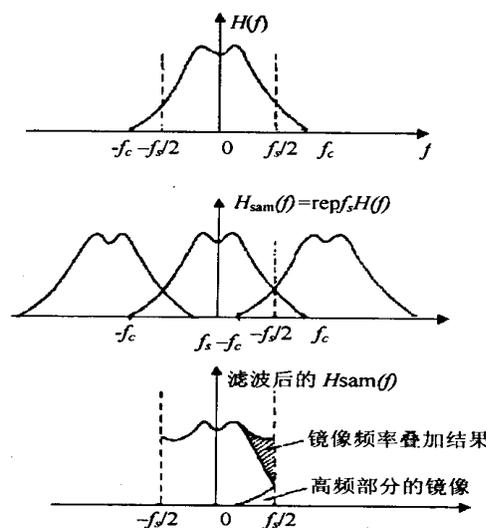


图 1 镜像频率畸变

最常用的模拟低通滤波器有巴特沃斯低通滤波器、切比雪夫低通滤波器和椭圆滤波器 3 种, 巴特沃斯和切比雪夫低通滤波器的幅频特性、相频特性如图 2 所示。巴特沃斯滤波器的通带平坦, 相位特性最好, 7 阶以上的截止特性和阻带衰减率满足抗镜像滤波器要求。切比雪夫滤波器有陡的过渡带, 但通带内有一定偏差, 且相位特性差。椭圆滤波器有最陡的通带边缘过渡特性, 但相位特性也最差。由于测试电网谐波时, 必须计算功率, 即计算电压、电流的互相关, 所以对相位的要求很高。根据 3 种滤波器的特性和谐波测量要求, 一般选用高阶巴特沃斯滤波器作为

收稿日期: 2003-12-10

抗混叠滤波器^[2,3]。

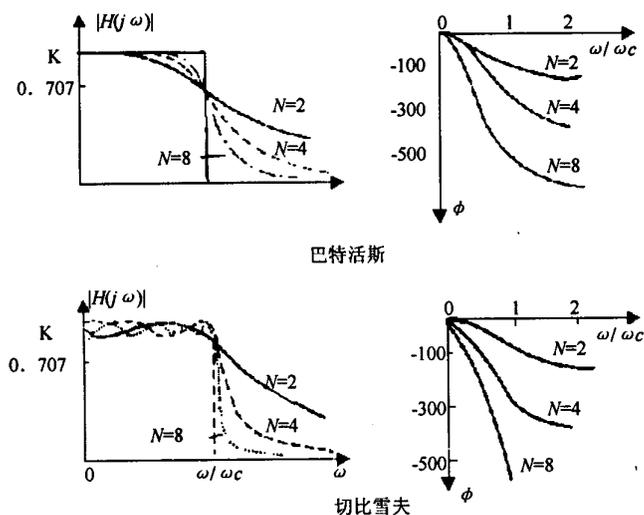


图2 抗镜像滤波器频率特性

3 用MAX291 实现抗混叠滤波

3.1 MAX291 简介

MAX291 是MAXM 公司生产的八阶巴特沃斯型开关电容有源低通滤波器^[4], 他的3 dB 截止频率可以在0.1~ 25k Hz 之间选择。开关电容滤波器需要靠一个时钟来驱动电路工作, 该时钟的频率应为3 dB 截止频率的100 倍, 可以采用外时钟或者内时钟2 种方式。如果直接利用MAX291 的内部时钟振荡器, 只需外接一个电容, 电容值和3 dB 截止频率满足:

$$f_{osc}(\text{kHz}) = \frac{10^5}{3C_{osc}(\text{pF})} \quad (1)$$

3.2 滤波器电路设计及参数计算

设分析对象为工频电压信号, 需要分析到50 次谐波, 信号的最高次谐波频率为2.5 kHz, 因此, 采样频率应5 kHz。由于标准FFT 变换要求每周期样点数为2 的n 次幂, 例如128 点, 所以取 $f_s = 128 \times 50 = 6.4 \text{ kHz}$ 。相应的滤波器频谱特性应该是: 在2.5 kHz 以下的通带内, 增益基本为1, 到3.2 kHz 时应为0.707, 即3 dB 带宽增益。根据上面要求, MAX291 的时钟频率应为 $3.2 \text{ kHz} \times 100 = 320 \text{ kHz}$, 由式(1) 计算外接电容的值, 得 $C_{osc} = 104 \text{ pF}$ 。由电路结构如图2 所示

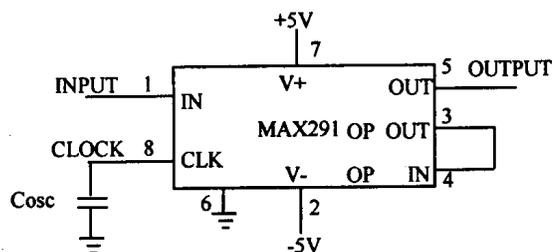


图3 用MAX291 实现的抗混叠滤波器

实测幅频特性如表1 所示, 可见满足设计要求。

表1 实测幅频特性

频率 /Hz	500	1 000	2 500	3 200	3 900	5 000
增益	1.00	1.00	1.00	0.70	0.20	0.03

3.3 实际应用中应该注意和解决的一些问题

MAX291 工作的外时钟方式和内时钟方式各有特点。测试有同步性要求的三相工频电压时, 三路相位有相关性, 如果三路滤波器同时使用一个外部时钟源, 则相位一致性非常好。内时钟方式电路简单, 使用方便, 相位的一致性取决于外接电容的一致性, 可采用高精度电桥选配电容。

MAX291 的零点漂移较大, 典型值为150 mV, 最大可以达到400 mV。另外由于开关电容滤波器本身的特点, 将连续波截断成以开关频率为采样间隔的近似连续波, 所以会带来一些频谱失真, 失真度最大可达到-70 dB。MAX291 对工业现场的电磁兼容性不强, 易受干扰。MAX29 不但受开关电源的质量影响, 还受液晶显示器的逆变器影响。受上述因素影响后会产生干扰, 而且干扰的出现是随机的。干扰信号的频段位于30~ 40 次谐波之间。用纯正弦波做试验, 总畸变率达到0.2% 左右, 干扰严重时甚至达到0.3%。

鉴于上述现象, 采取以下措施: 首先, 加上调零电路, 消除由于零点过大造成的误差。然后重点消除干扰的影响, 包括: 加强电源的滤波, 在电源输出端加大电解电容器滤波, 减小纹波; 在逆变器公用的电源入口端加电感, 吸收高频干扰; 为彻底排除电源的相互干扰, 采用DC-DC 模块给MAX291 单独供电, 与系统的其他电源局部隔离, 最后在一点共地。另外, 将印制板整体的地线面积增大, 电源及信号线尽量远离时钟。

改进之后的电路, 抗干扰性明显增强。测试纯正弦波时总畸变率基本小于0.2%, 偶尔为0.1%。另外, 根据开关电容滤波器固有的失真特性, 利用软件进行校正, 最终使得测试纯正弦波的畸变率始终小于0.1%, 达到了测试精度要求。

综上所述, 用MAX291 实现抗混叠滤波器, 解决了电网谐波测量中的镜像效应问题, 与传统的有源RC 滤波器相比, 选用MAX291 实现抗混叠滤波器有巨大的优势。

(1) 滤波性能良好, 畸变率小。

(2) MAX291 为集成器件, 可靠性和稳定性高, 避免了分立元件的各种误差、漂移影响。

(3) 排版设计紧凑, 节省空间; 批量生产时, 元器件少, 装配、调试方便。

参 考 文 献

- [1] 电能质量公用电网谐波[S]. GB/T 14549- 93.
- [2] 侯朝焕, 阎世尊, 蒋林林. 实用FFT 信号处理技术[M]. 北京: 海洋出版社, 1990.

(下转第5 页)

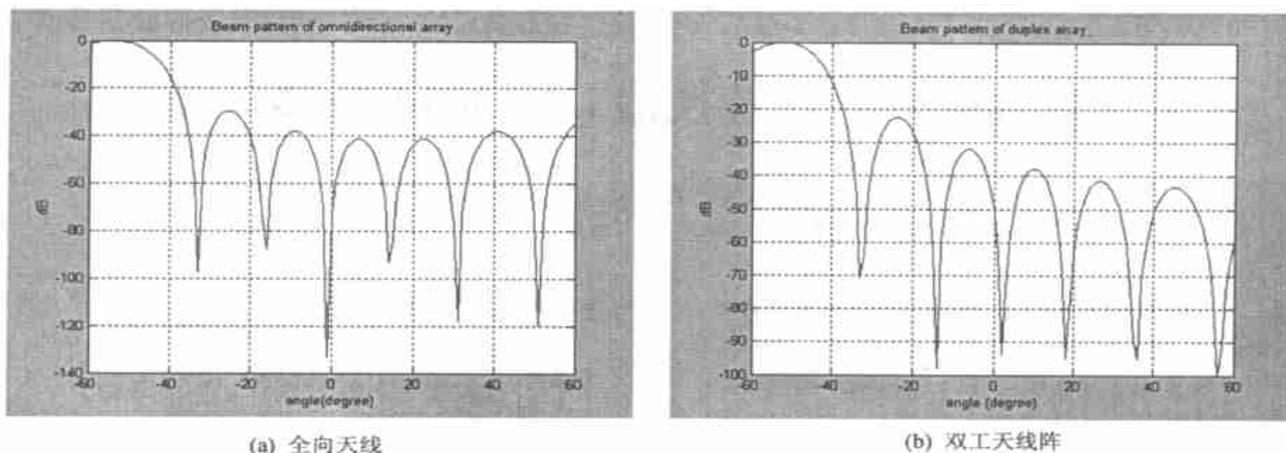


图 1 下行发射波束图

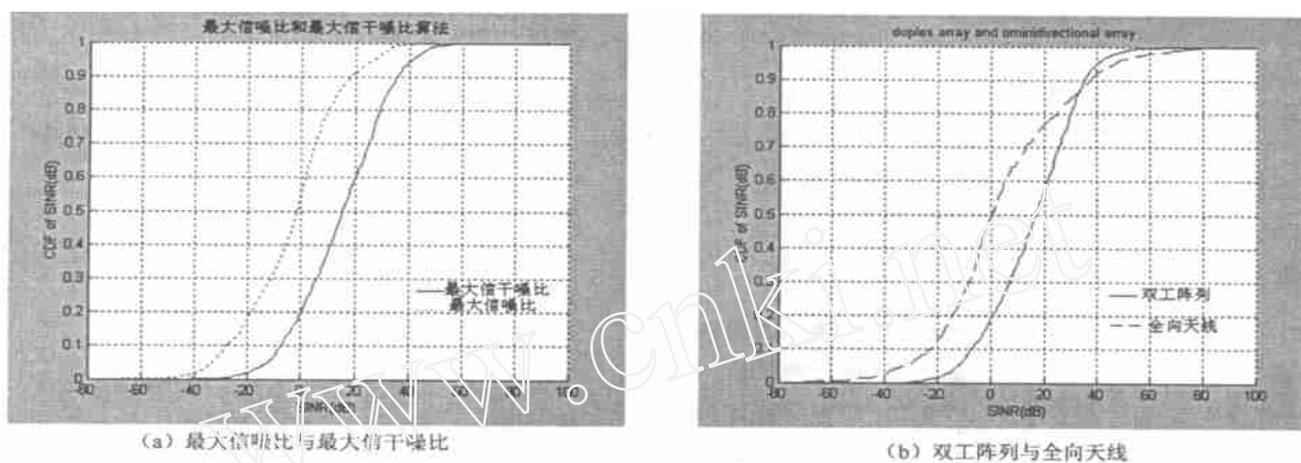


图 2 期望用户信干噪比的累计分布函数

5 结 语

本文研究了在频分双工 (FDD) 智能天线系统中, 上下行信道协方差矩阵的特点, 根据其不随频率变化的信道特性, 研究了使期望用户接收的信干噪比最大的下行波束形成算法。并且通过计算机仿真表明, 在下行时不仅能形成波束对准期望用户, 而且能够使期望用户接收的信干噪比提高 20 dB 左右。

参 考 文 献

[1] Liberti J C, Rappaport T S. Smart antenna for wireless communication [M]. New Jersey:

Prentice Hall, 1999.

[2] Gerlach D, Paulraj A. Spectrum reuse using transmitting antenna arrays with feedback [A]. Proc. ICA SSP, April, 1994: 97 ~ 100.

[3] Raleigh G G, Diggavi S N. A blind adaptive transmit antenna algorithm for wireless communication [A]. Proc. IEEE SSP 95, 1995: 1494 ~ 1499.

[4] Rappaport T S. Wireless communications principles and practice [M]. Prentice Hall, 1996.

[5] Applebaum S P. Adaptive arrays [J]. IEEE Trans. on Antennas and Propagation, AP-24, n 5, 1976: 585 ~ 598.

作者简介 杨秋萍 女, 西安电子科技大学在读硕士。主要研究方向为智能天线波束形成算法。

(上接第 2 页)

京航空航天大学出版社, 1991.

[3] 陈行禄, 秦永元. 信号分析与处理 [M]. 北京: 北

[4] <http://www.maxim-ic.com>.

作者简介 高翠云 1970 年出生, 合肥工业大学 2001 级硕士研究生。主要研究方向为信号检测。