

# 利用幅频特性设计整系数型数字滤波器

黄群古 周有庆 湖南大学电气系(410082)

**【摘要】** 本文提出了利用幅频特性设计整系数型数字滤波器的方法,清晰且易于推广应用。

**【关键词】** 幅频特性 整系数 数字滤波器

## 引言

数字滤波器的设计方法有很多,本文所应用的方法具有一般性。首先根据所要设计滤波器应具有的功能,然后按照其功能画出幅频特性、列出其 $z$ 变换便得到所要求的整系数型数字滤波器。

## 1 整系数型数字滤波器的一个显著特点

设滤波器的型式为:

$$y(n) = k_1x(n) + k_2x(n-1) + \dots + k_Nx(n-N+1)$$

其中 $k_1, k_2, \dots, k_N$ 为整数。

转移函数为:

$$H(z) = \frac{a_1z^N + a_2z^{N-1} + \dots + a_Nz + a_{N+1}}{b_1z^N + b_2z^{N-1} + \dots + b_Nz + b_{N+1}}$$

其中 $a_1, a_2, \dots, a_{N+1}, b_1, b_2, \dots, b_{N+1}$ 均为整数

从 $H(z)$ 可见, $H(z)$ 的极点数和零点相同。下面滤波器的设计也充分地一性质。

## 2 整系数型数字滤波器的设计

数字滤波器的复杂程度与精度有关,因而与采样点数(相对于基频)有关。频率为 $f$ ,采样频率为 $f_m$ ,则关系式:

$$f_m \geq 2f + 1$$

必须满足。若所考虑的谐波次数越高,则 $f_m$ 就越大,因而每基频内采样点数 $N$ 叶级数分析可知,低频分量所占比重较大,高频谐波分量所占比重甚小,故设计时

$H(z)$  含因子  $(z - e^{j2\omega}) \cdot (z - e^{j10\omega})$

将此因子化简得

$$z^2 - z + 1$$

$$\text{令 } H(z) = k \frac{z^2 + 1 - z}{z^2}$$

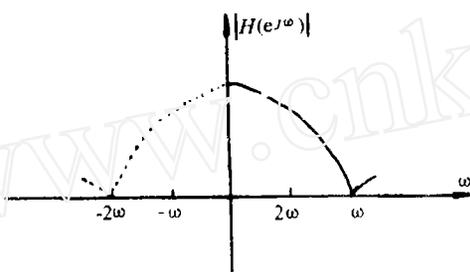


图1 滤除  $2\omega$  滤波器幅频特性

逆  $z$  变换得

$$y(n] = k[x(n) - x(n-1) + x(n-2)]$$

令  $k = 1$ , 便得到一个能消除  $2\omega$  的整系数型数字滤波器。

(2) 滤除  $2\omega, 3\omega$  的数字滤波器

按要求,  $|H(e^{j\omega})|$  有零点  $2\omega, 3\omega, -2\omega, -3\omega$ 。由此所设计的数字滤波器有极点。其幅频特性见图 2。所以  $H(z)$  有因子

$$(z - e^{j2\omega}) \cdot (z - e^{j3\omega}) \cdot (z - e^{j2\pi-2\omega}) \cdot (z - e^{j2\pi-3\omega})$$

把这因子化简得

$$z^4 - z^3 + 2z^2 - z + 1$$

$$\text{令 } H(z) = \frac{z^4 - z^3 + 2z^2 - z + 1}{z^4} k$$

逆  $z$  变换便得到所要求的整系数型数字滤波器, 它滤除了  $2\omega, 3\omega$  的谐波:

$$y(n) = x(n) - x(n-1) + 2x(n-2) - x(n-3) + x(n-4)$$

这里取  $k = 1$ 。

(3) 滤除  $2\omega, 3\omega, 4\omega$  的数字滤波器

按  $|H(e^{j\omega})|$  的要求,  $H(z)$  是一个 6 个零点、6 个极点的分式。幅频特性如图 3。

$H(z)$  含有因子 Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

$$(z - e^{j2\omega}) \cdot (z - e^{j3\omega}) \cdot (z - e^{j4\omega}) \cdot (z -$$

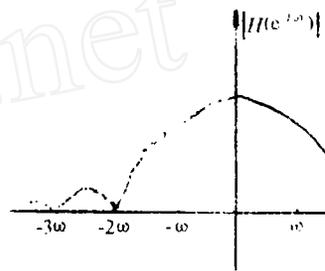
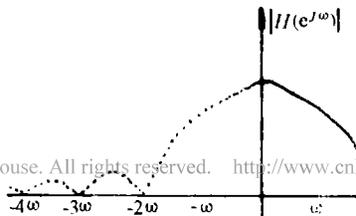


图2 滤除  $2\omega, 3\omega$  的数字滤波器



$$-5) + 3x(n-6) + 1.732x(n-7) + x(n-8)$$

这是因为  $N = 12$  时, 12 不是 5 的倍数。当取  $N = 60$  时, 因  $60 = 3 \times 2^2 \times 5$  一点。例如, 令  $N = 10$ , 能得到滤 5 次谐波的整系数型数字滤波器。此时, 最简型

$$H(z) = [z - e^{j5\omega}](z - e^{j2\pi - 5\omega})/z^2 \quad (\text{此时 } \omega = \frac{\pi}{5})$$

简化为:

$$H(z) = 1 + 2z^{-1} + z^{-2}$$

对  $H(z)$  进行逆  $z$  变换得:

$$y(n) = x(n) + 2x(n-1) + x(n-2)$$

### 3 结论

利用幅频特性设计的整系数型数字滤波器, 其系数一般取 0、±1、±2、±3 系数为简单整数, 故应用时, 一般只用移位、加减法运算, 避免了复杂的乘除法运算, 速度快, 占用计算机内存小, 适用于微机保护、实时控制。此方法重点突出, 易学易用, 波或滤除某次谐波, 是一种值得考虑的方法。

#### 参考文献

- 1 宗孔德、胡广书. 数字信号处理. 清华大学出版社, 1988
- 2 杨奇逊. 微型机继电保护基础. 水力电力出版社, 1988

(上接 40 页)

3.7.2 提前修订现场运行规程、各岗位的管理标准和工作标准、保留记录的变电站的巡视周期等。

3.7.3 山东省电力工业局《变电站实施无人值守集中监控应具备的基本条件》、《无人值守集中监控系统运行管理办法》、《变电站实施无人值守集中监控系统岗位责任制》、《山东省各供电单位开展变电站无人值班集中监控工作应遵循的基本原则》, 应认真贯彻执行, 确保无人值班变电站的安全运行。