



УДК 378.147:621.372.542/.544

# ЛИНЕАРИЗАЦИЯ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

А.В. Ухина <sup>1</sup>, Т.П. Яценко <sup>2</sup>, В.С. Ситников <sup>3</sup><sup>1,2,3</sup> Odessa National Polytechnic University, the city of OdessaE-mail: <sup>1</sup>anyuta.uhina@inbox.ru; <sup>2</sup>kuwtat@ukr.net; <sup>3</sup>sitnvs@mail.ru

Copyright © 2014 by author and the journal "Automation technological and business - processes".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

*Аннотация:* определены зависимости, которые можно использовать для получения линейной характеристики управления АЧХ. Показана возможность такого управления.

*Abstract:* dependencies that could be used to obtain linear characteristic of frequency response control are defined. The possibility of such control is shown.

**Ключевые слова:** линеаризация, параметр управления, коэффициент коррекции, коэффициенты передаточной функции.

**Keywords:** linearization, control parameter, correction coefficient, the coefficients of the transfer function.

## Введение

В работе [1] рассмотрены вопросы аппроксимации характеристики управления цифрового фильтра, показаны достоинства и недостатки разных подходов аппроксимации характеристики управления.

Из анализа полученных результатов в работе [1] можно отметить, что при повышении точности (уменьшении погрешности) аппроксимации число участков аппроксимации резко возрастает. Это приводит к уменьшению этих участков и увеличению их количества, что затрудняет управление частотой среза в широких пределах, т.к. приходится переходить от одного участка аппроксимации к другому. Кроме того, при малой погрешности управления и аппроксимации необходимо хранить большого количество значений коэффициентов участков, а также задавать значения коэффициентов с высокой точностью.

## Изложение

В этом случае целесообразно ввести параметр управления, от которого частота среза фильтра изменялась линейно. Если частота среза  $\overline{\omega}_c$  описывается уравнение

$$\overline{\omega}_c = \arccos \left( - \frac{1 - 2c^2 \frac{1+b^2}{(1+b)^2}}{1 - 4c^2 \frac{b}{(1+b)^2}} \right), \quad (1)$$

где  $c^2 = \frac{1}{\sqrt{10^{0.1RS}}}$ ,  $\overline{\omega}_c = 2\pi \frac{f}{f_d}$ ,  $\overline{\omega}_c \in [0, \pi]$ ,  $f$ ,  $f_d$  – соответственно текущая линейная частота и частота дискретизации.

На рис.1 показаны графики зависимостей для цифрового фильтра первого порядка Чебышева второго рода.

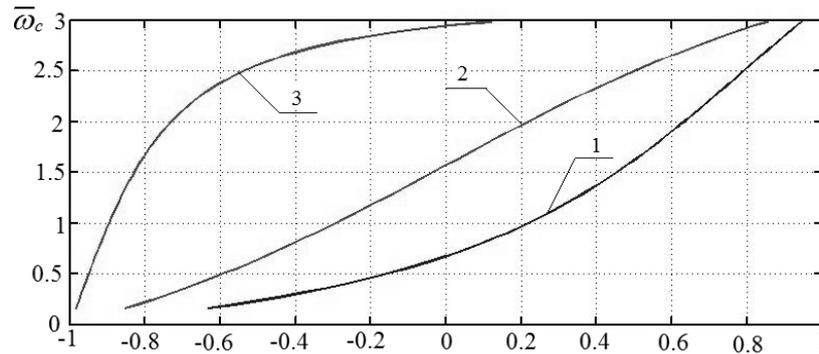


Рис. 1 – График зависимости частоты среза фильтра  $\bar{\omega}_c$  от коэффициента  $b$  знаменателя передаточной функции фильтра Чебышева второго рода при уровнях пульсаций в полосе задержания  $RS=0,05$  dB (1); 3 dB (2); 20 dB (3)

То введем параметр управления  $d$  и коэффициенты коррекции характеристики  $\alpha$  и  $\beta$  так, чтобы  $\bar{\omega}_c = \alpha d + \beta$ . В этом случае

$$\cos(\alpha d + \beta) = -\frac{1 - 2c^2 \frac{1+b^2}{(1+b)^2}}{1 - 4c^2 \frac{b}{(1+b)^2}}.$$

Определим коэффициент  $b$  решая квадратное уравнение и учитывая условие устойчивости  $|b| < 1$  получим:

$$b = \frac{-\left[(2c^2 - 1)\cos(\alpha d + \beta) - 1\right] - 2c\sqrt{1 - c^2 \sin(\alpha d + \beta)}}{(2c^2 - 1) - \cos(\alpha d + \beta)}. \quad (2)$$

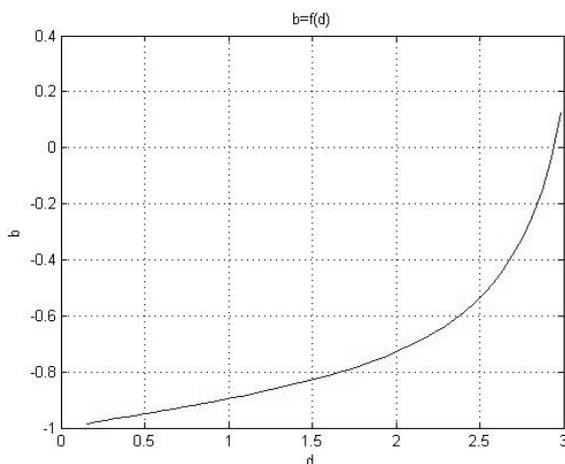
При реализации цифрового фильтра обычно его основные свойства не меняются, поэтому уровни пульсаций в полосе пропускания и задержания постоянны. Тогда в формулах (1) и (2)  $c = const$ , при этом  $0 < c < 1$ . Для упрощения введем такой фиктивный угол  $\xi$ , чтобы  $c = \cos\left(\frac{\xi}{2}\right)$ .

В этом случае после преобразований формулу (2) можно представить в виде:

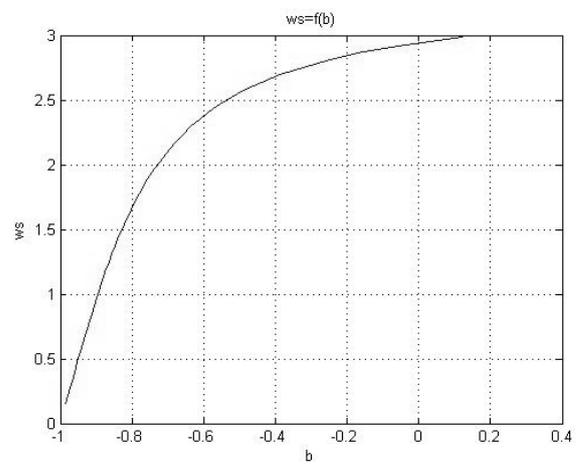
$$b = -\frac{\sin\left(\frac{\xi - (\alpha d + \beta)}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\xi + (\alpha d + \beta)}{2}\right)}. \quad (3)$$

Например, для случая, показанного на рис. 2:

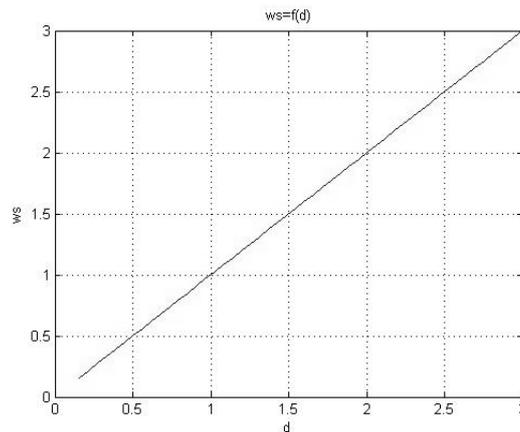
$$RS = 20dB; c = 0.1; \xi = 2.9413rad$$



а)



б)

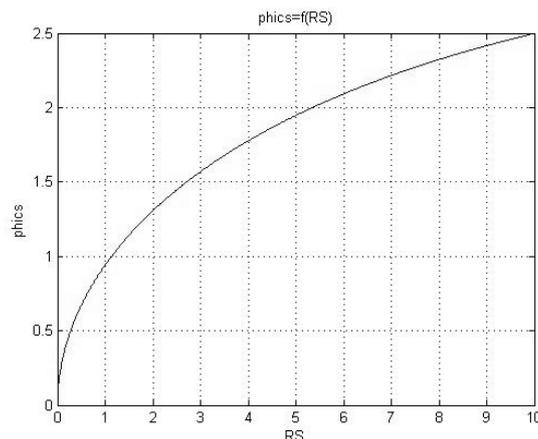


в)

**Рис. 2 – График зависимостей коэффициента знаменателя  $b$  от параметра управления  $d$  (а), частоты среза  $\xi$  от коэффициента знаменателя  $b$  (б), а также частоты среза  $\xi$  от параметра управления  $d$  (в) для ФНЧ первого порядка Чебышева второго рода при  $RS=20dB$**

При этом график зависимости фиктивного угла  $\xi$  от уровня колебательности  $c$  имеет вид, приведенный на рис 3.

Для реализации на микропроцессорной технике соотношение (7) более приемлемо, т.к. значения функции могут быть заранее записаны в память. В этом случае обычным считыванием по аргументу функции можно получить значение функции синус.



**Рис. 3 – График зависимости фиктивного угла  $\xi$  от уровня  $c$**

### Заключение

Таким образом, в результате введения параметра управления  $d$  и линеаризации зависимости получаем линейную характеристику управления. При изменении параметра управления  $d$  осуществляется перестройка, как коэффициента усиления (2), так и частоты среза (4). Однако для изменения частоты среза при неизменной амплитуде необходима коррекция значения коэффициента усиления  $k$  при новом значении коэффициента знаменателя  $b$ .

В работе определены зависимости, которые можно использовать для получения линейной характеристики управления АЧХ, кроме того показана возможность такого управления.

### Литература

- [1] А. В. Ухина, “Аппроксимация в задаче управления характеристикой цифрового фильтра для специализированной компьютерной системы,” *Автоматизация технологических и бизнес процессов*, вып. 8, ном. 1, сс. 42-50, март 2016.

### References

- [1] Н. В. Ukhina, “Аппроксимация в задаче управления характеристикой цифрового фильтра для специализированной компьютерной системы,” *Automation of technological and business-processes Автоматизация технологических и бизнес процессов*, vol. 8, no. 1, pp. 42-50, march 2016.