

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТУ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

МАТЕРІАЛИ ДЕВ'ЯТОЇ  
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
СТУДЕНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНІХ



ПРИСВЯЧЕНА 55-РІЧЧЮ  
ІНСТИТУТУ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

“Сучасні інформаційні технології 2019”

“Modern Information Technology 2019”



**NetCracker®**



23-24 травня

Одеса  
«Екологія»  
2019

УДК 004.55

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВЫХ  
ЧАСТОТНО-ЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА МОБИЛЬНЫХ  
ПЛАТФОРМ**

Ухина А.В., Афанасьев И.С.

д.т.н., профессор каф. КС Ситников В.С.

Одесский Национальный Политехнический Университет, УКРАИНА

**АННОТАЦИЯ.** В работе исследована фазо-частотная характеристика цифровых частотно-зависимых компонент второго порядка для специализированных компьютерных систем. Получены зависимости характеристики от уровня колебательности. Найдена их аппроксимация.

**Введение.** Развитие различных автономных мобильных платформ приводит к необходимости совершенствования компонентов специализированных компьютерных систем (СКС), которые обеспечивают сбор, обработку и принятие решения по данным датчиков, расположенных на борту платформы. Функционирование в сложных, неопределенных условиях требует построение устройств, которые могли бы подстраиваться под условия функционирования по заранее заданным критериям за счет перестраиваемых компонент.

В процессе проектирования и эксплуатации таких компонент, для специализированных компьютерных систем автономных мобильных платформ, возникает ряд задач по перестройке характеристик в зависимости от помехо-сигнальной обстановки. К таким автономным мобильным платформам можно отнести беспилотные летательные аппараты, наземные платформы, а также надводные и подводные аппараты.

Задача перестройки характеристик тракта обработки информации, при изменении условий работы или при доопределении каких-либо параметров, встречается довольно часто. Например, в квадрокоптерах имеются системы определения безопасной высоты, а у наземных платформ – устройства определения расстояния до препятствия.

Тракт первичной обработки измерительной информации СКС обычно имеет частотно-зависимые компоненты для выделения информационного сигнала на фоне помех. Однако, например, акустический зондирующий импульс может изменять свою частоту излучения для до определения расстояния до препятствия. В этом случае частотно-зависимые компоненты должны отслеживать основную частоту излучения и перестраивать свои параметры для наилучшей фильтрации помех.

Частотно-зависимые компоненты (ЧЗК) более высокого порядка строятся на основе компонент низкого порядка.

**Цель работы.** Исследовать влияния уровня колебательности на фазо-частотную характеристику цифровых частотно-зависимых компонент нижних и верхних частот (соответственно НЧ и ВЧ) второго порядка при их перестройке.

**Основная часть работы.** Передаточная функция цифровых ЧЗК второго порядка имеет вид

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}$$

где  $a_0, a_1, a_2$  – действительные коэффициенты числителя;  $b_1, b_2$  – действительные коэффициенты знаменателя.

При подстановке  $z^{-1} = e^{-j\omega}$  или по формуле Эйлера  $z^{-1} = \cos \omega - j \sin \omega$ , где  $\omega$  — нормированная угловая частота,  $\omega = 2\pi \frac{f}{f_d}$ ,  $\omega \in [0, \pi]$ ,  $f$ ,  $f_d$  — соответственно линейная частота и частота дискретизации, получим комплексный коэффициент передачи, а на его основе АЧХ и ФЧХ частотно-зависимых компонент

- АЧХ

$$H(\varpi) = \sqrt{\frac{(2a_0 \sin(\varpi))^2}{(1-b_2)^2 + b_1^2 + 2b_1(1+b_2)\cos(\varpi) + 4b_2}}, \quad (2)$$

- ФЧХ

$$\varphi(\varpi) = \arctg\left(\frac{b_1 + (1+b_2)\cos(\varpi)}{(1-b_2)\sin(\varpi)}\right) \quad (3)$$

Для эффективной перестройки необходимо определить влияние коэффициентов передаточной функции на перестройку.

Было выявлено, что для ЧЗК Баттерворта значение фазы при изменении порядка фильтра остается неизменным на всем частотном диапазоне и равно  $\frac{\pi}{2}$ . Зависимости фазы от уровня колебательности в полосе пропускания или в полосе задержания для ЧЗК НЧ и ВЧ показаны на рис. 1.

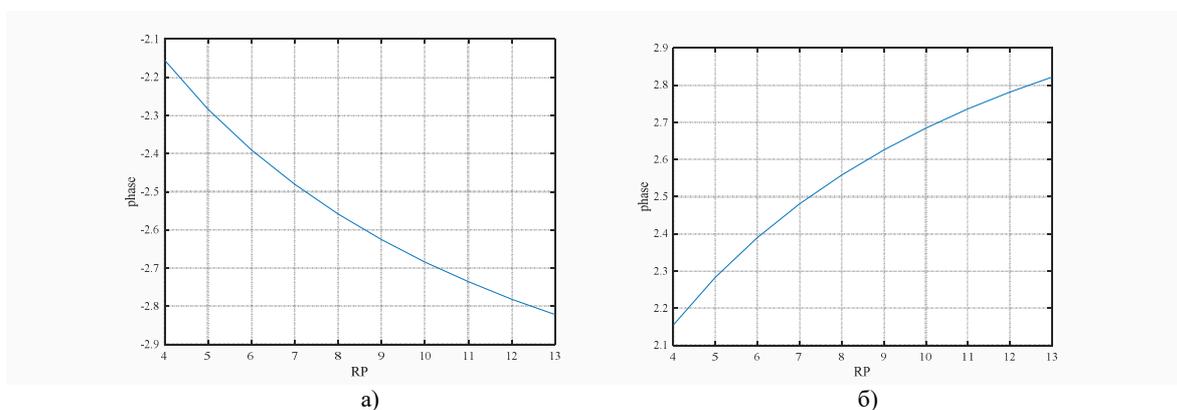


Рисунок 1 – Зависимость ФЧХ ЧЗК а) НЧ и б) ВЧ Чебышева на частоте среза  $\varpi = 0,5$  от уровня колебательности

Полученные зависимости аппроксимируются следующим уравнением

$$\varphi = A \cdot \ln(x) + B, \quad (4)$$

где  $x = RP$  для ЧЗК Чебышева и эллиптического,  $x = RS$  для ЧЗК Инверсного Чебышева, значения коэффициентов  $A$  и  $B$  уравнения (4) сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Коэффициенты аппроксимации зависимостей

Тип ЧЗК НЧ		A	B
Чебышев	НЧ	-0,537	-1,4355
	ВЧ	0,5366	1,4355
Инверсный Чебышева	НЧ	-0,76	-0,2117
	ВЧ	0,7605	0,2117
Эллиптический	НЧ	-0,645	-1,0457
	ВЧ	0,6451	1,0457

При этом среднеквадратическое отклонение аппроксимации составляет 2%.

Таким образом, исследование ФЧХ второго порядка НЧ и ВЧ позволило выявить зависимость ФЧХ от уровня колебательности для заданной частоты среза, что позволяет учитывать эти изменения при обработке сигнала в тракте приема сигналов датчиков.