

## УТОЧНЕНИЕ КРИТЕРИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ФИЛЬТРОВ НИЗКОЙ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ, ПОСТРОЕННЫХ ПО СХЕМЕ САЛЛЕНА-КИ, ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ

П. П. Изотов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

На рис. 1 представлены принципиальные схемы фильтра низкой частоты (ФНЧ) (рис. 1, а) и фильтра высокой частоты (ФВЧ) (рис. 1, б), построенные по схеме Саллена-Ки (Salleney-Kelly) [1].

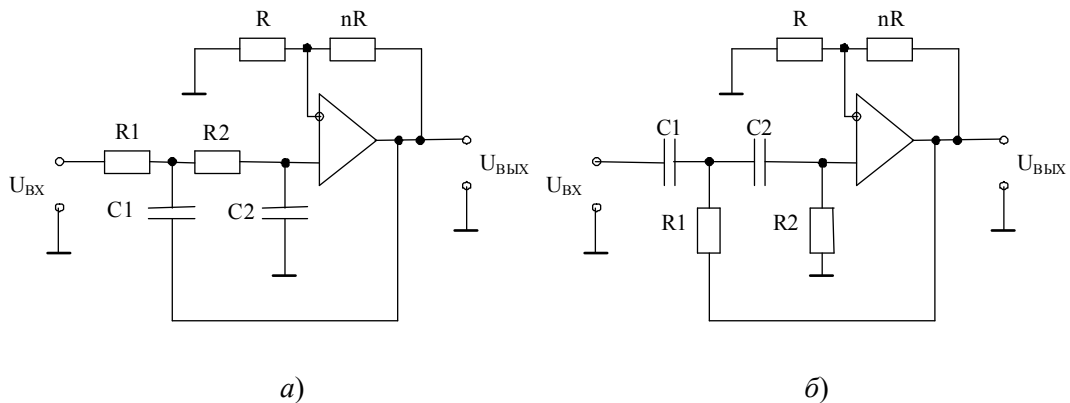


Рис. 1. Принципиальные схемы:

а – фильтра низкой частоты; б – фильтра высокой частоты

Эти фильтры широко используются при построении фильтров Баттерворта, Бесселя, Чебышева [2]. В [3] предлагается использовать эти фильтры как активные фильтры низкой и высокой частоты второго порядка. Также в [3] для случая  $R1 = R2 = R$  и  $C1 = C2 = C$  определен критерий устойчивости при увеличении коэффициента усиления ( $K$ ) ФНЧ и ФВЧ:

$$K = 1 + \frac{nR}{R} < 3. \quad (1)$$

Однако если  $R1 \neq R2$  и  $C1 \neq C2$ , то использование критерия устойчивости (1) может привести к неустойчивой работе ФНЧ и ФВЧ. Для уточнения критерия устойчивости воспользуемся передаточными функциями ФНЧ и ФВЧ:

$$W_{\text{ФНЧ}}(p) = \frac{K}{R1 \cdot C1 \cdot R2 \cdot C2 \cdot p^2 + (R1 \cdot C1 + R2 \cdot C2 + R1 \cdot C2 - R1 \cdot C1 \cdot K)p + 1}; \quad (2)$$

$$W_{\text{ФВЧ}}(p) = \frac{K \cdot R1 \cdot C1 \cdot R2 \cdot C2 \cdot p^2}{R1 \cdot C1 \cdot R2 \cdot C2 \cdot p^2 + (R1 \cdot C1 + R2 \cdot C2 + R1 \cdot C2 - R2 \cdot C2 \cdot K)p + 1}. \quad (3)$$

Согласно теории автоматического управления, система второго порядка при положительных коэффициентах характеристического полинома является устойчивой. Характеристическими полиномами ФНЧ и ФВЧ являются знаменатели выражений (2) и (3) соответственно. Как видно из (2) и (3), в характеристических полиномах ФНЧ и ФВЧ коэффициенты во втором слагаемом могут быть отрицательными при увеличении  $K$ . Поэтому уточненный критерий устойчивости для ФНЧ и ФВЧ имеет следующий вид:

$$K_{\text{ФНЧ}} = 1 + \frac{nR}{R} < 1 + \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \frac{C2}{C1}, \quad \text{а} \quad K_{\text{ФВЧ}} = 1 + \frac{nR}{R} < 1 + \left(1 + \frac{C1}{C2}\right) \cdot \frac{R1}{R2}.$$

Таким образом, если  $R1 = R2 = R$  и  $C1 = C2 = C$ , то  $K_{\text{ФНЧ}} = K_{\text{ФВЧ}} = K < 3$ . При разнесении значений номиналов элементов  $R1$  и  $R2$ , а также  $C1$  и  $C2$  можно получить предельный коэффициент усиления больше 3. Однако увеличение предельного значения  $K_{\text{ФНЧ}}$  приведет к уменьшению предельного значения  $K_{\text{ФВЧ}}$  и наоборот. Например, если при  $R1 \ll R2$  и  $C1 \approx C2$   $K_{\text{ФНЧ}}$  может быть больше 3, то  $K_{\text{ФВЧ}}$  не должен превышать 1 ( $K_{\text{ФВЧ}} \leq 1$ ). При  $C2 \ll C1$  и  $R1 \approx R2$   $K_{\text{ФВЧ}}$  может быть больше 3, а  $K_{\text{ФНЧ}}$  не должен превышать 1.

#### Литература

1. Шкритек, П. Справочное руководство по звуковой технике : пер. с нем. / П. Шкритек. – М. : Мир, 1991. – 446 с.
2. Смит, Стивен. Цифровая обработка сигналов : практ. рук. для инженеров и науч. работников : пер. с англ. / Стивен Смит. – М. : Додэка-XXI, 2008. – 720 с.
3. Чубриков, Л. Г. Основы промышленной электроники / Л. Г. Чубриков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2003. – 255 с.