

Активні фільтри

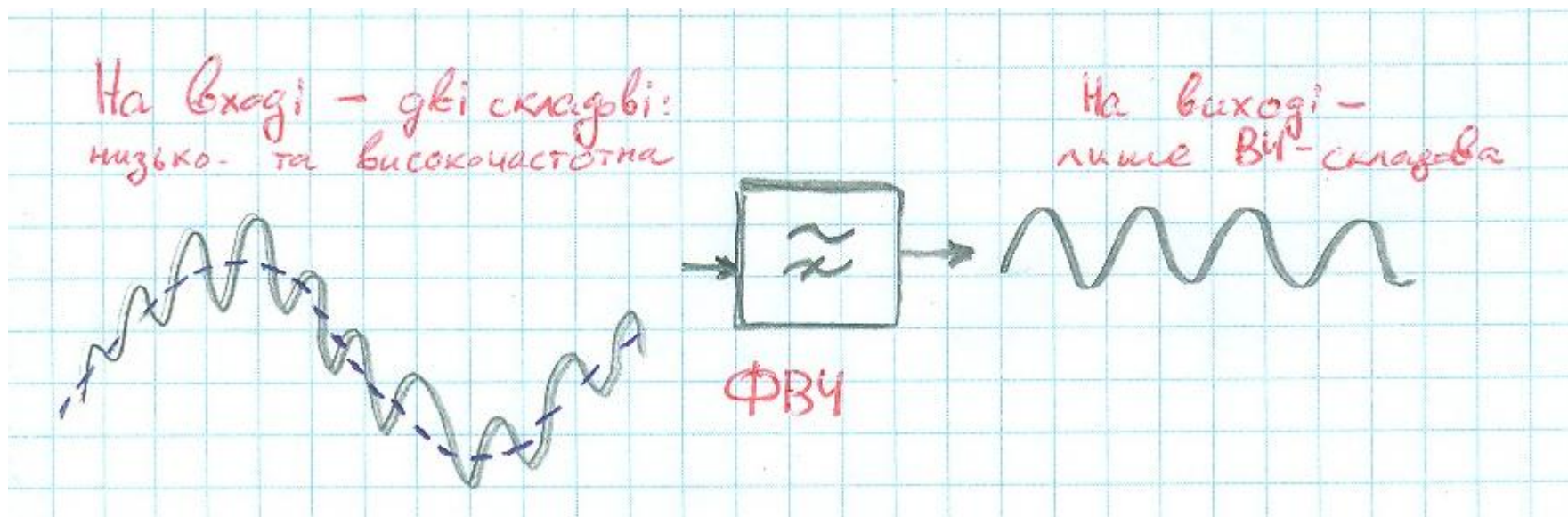
Ч.1. Загальна теорія

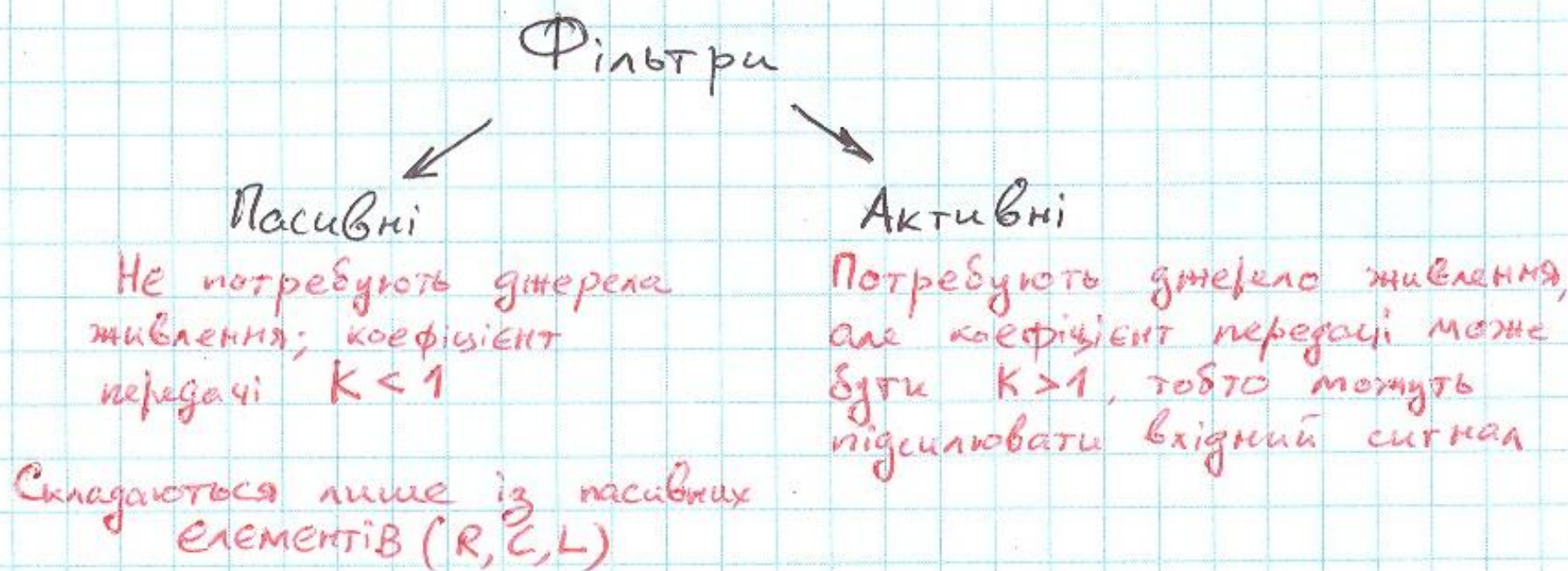
Що таке фільтр

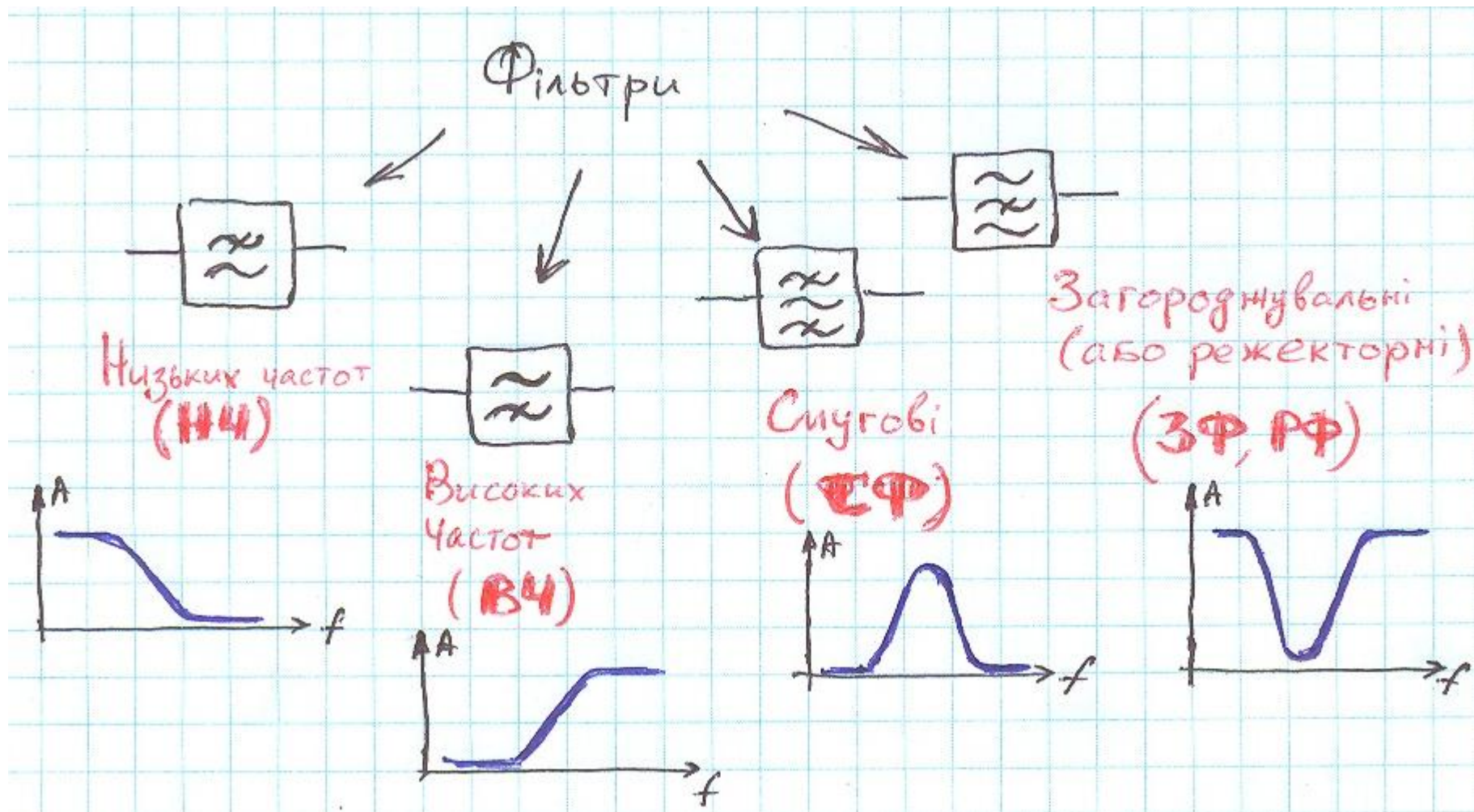
Фільтр - це електричний вузол, який пропускає сигнали лише із певного частотного діапазону та не пропускає всі інші.

Цей частотний діапазон називається **смугою пропускання**, відповідно всі інші частоти попадають у **смугу згасання**.

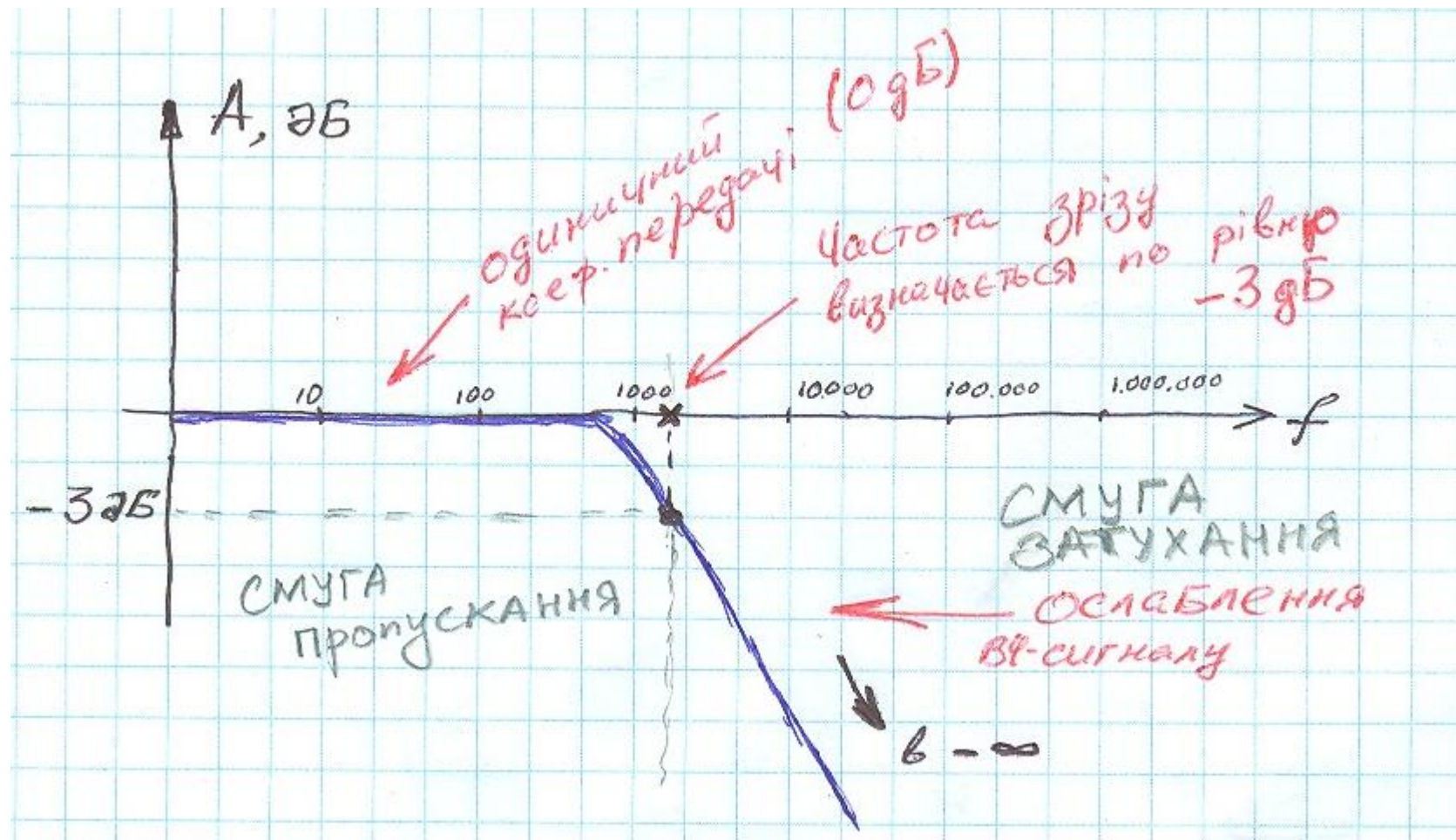
Основною характеристикою будь-якого фільтра є його **амплітудно-частотна характеристика (АЧХ)** - залежність амплітуди вихідного сигналу від його частоти.

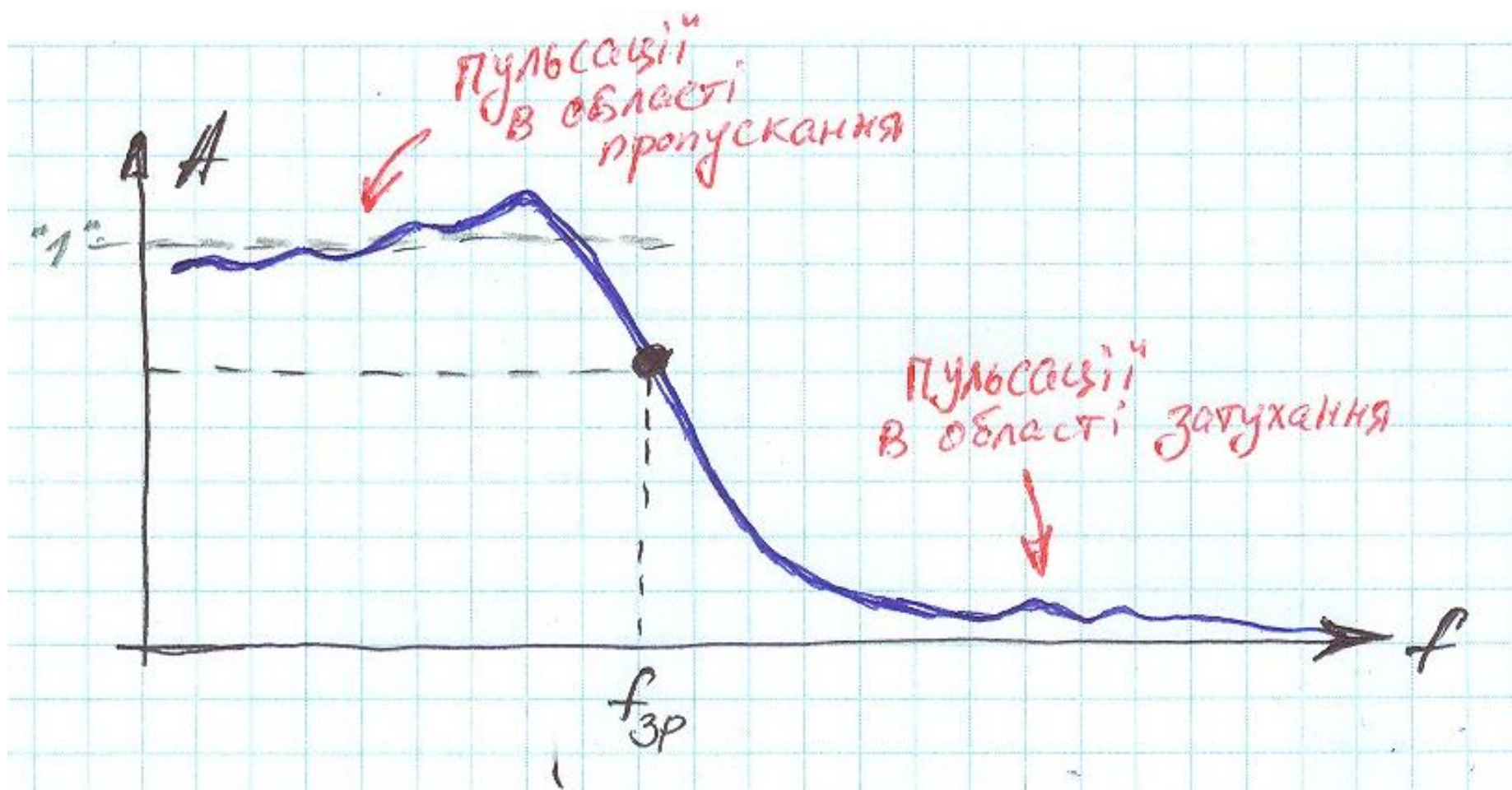


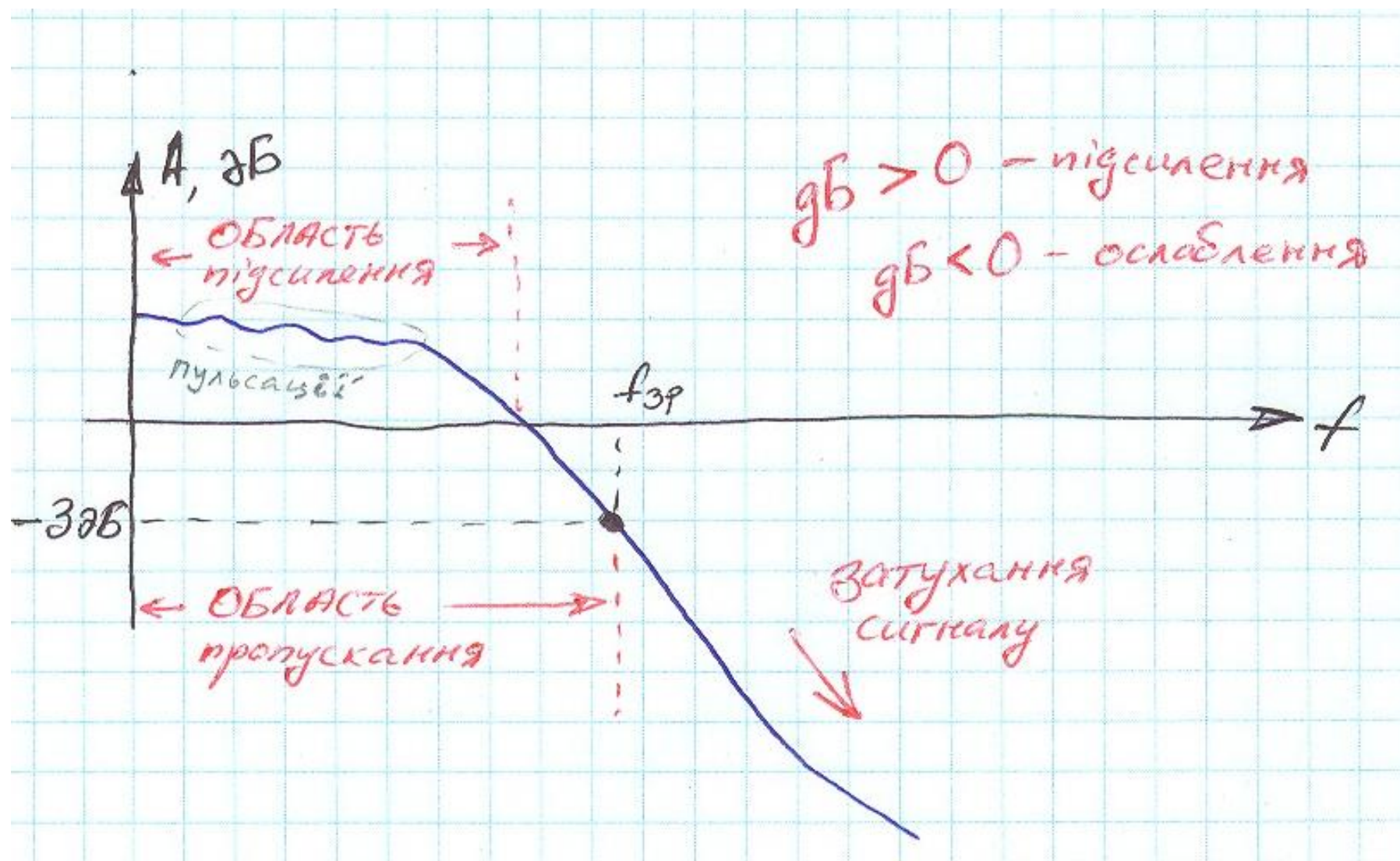




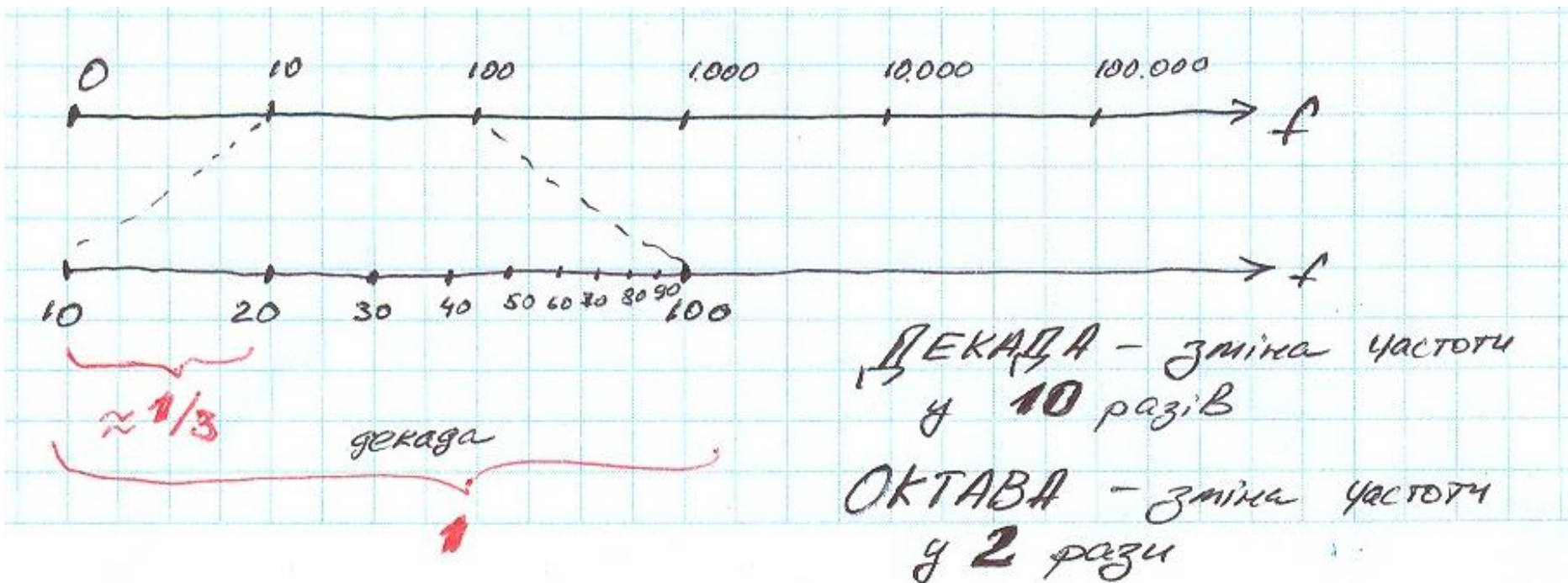


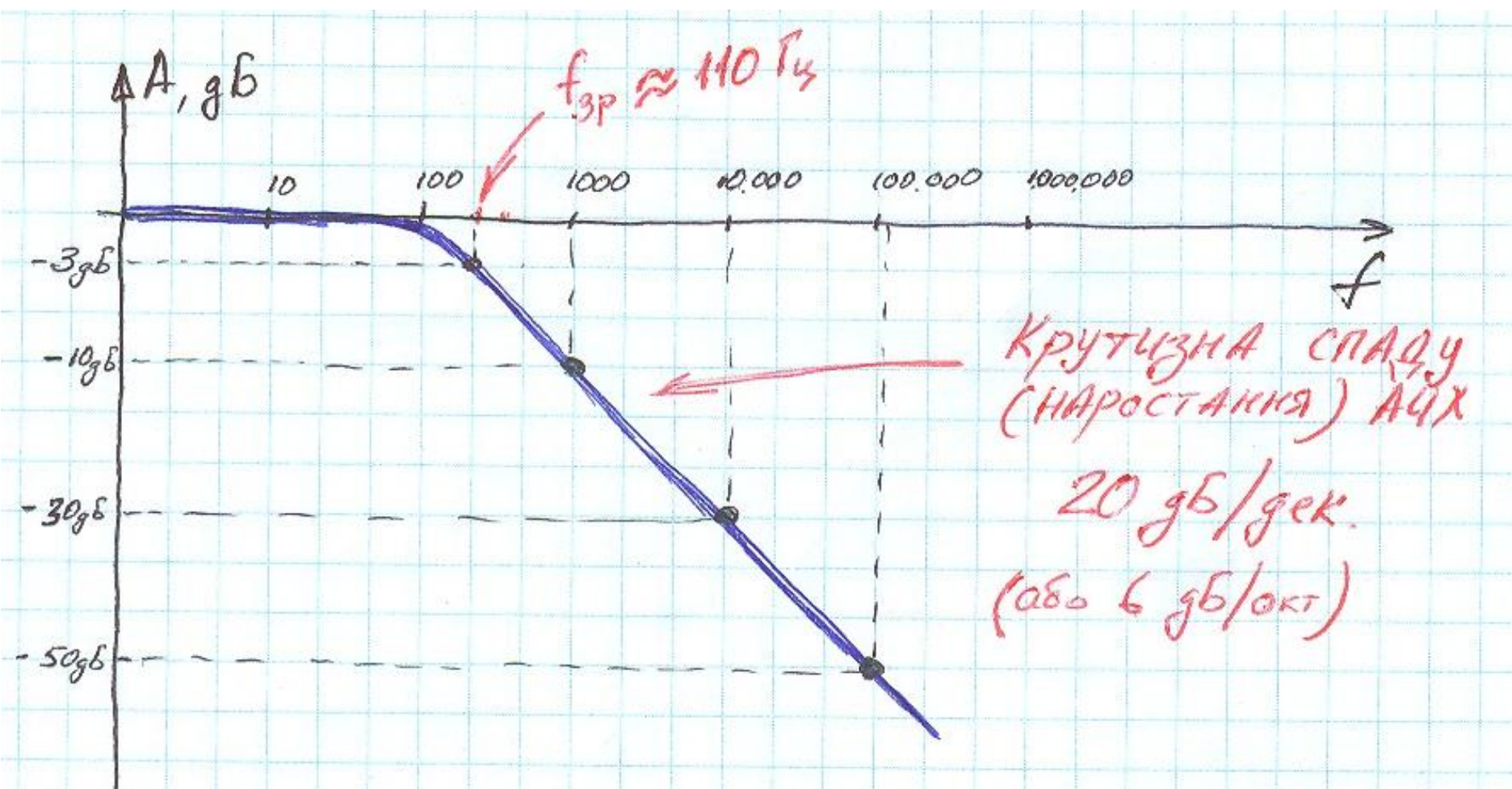




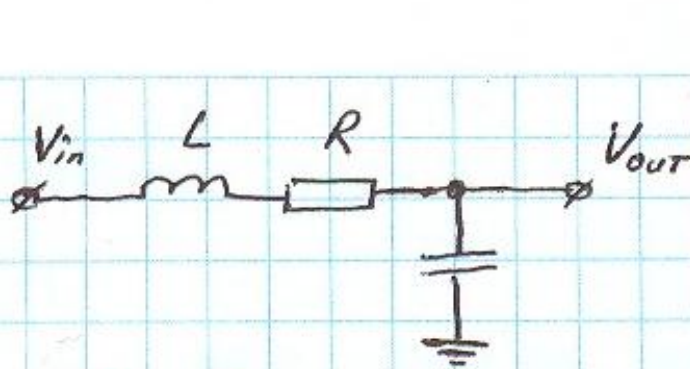


Логарифмічний масштаб частоти

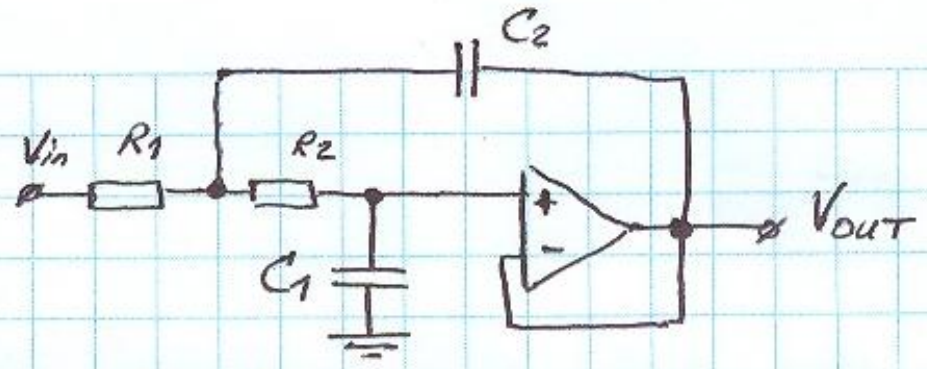




Перехід від пасивного фільтру до активного

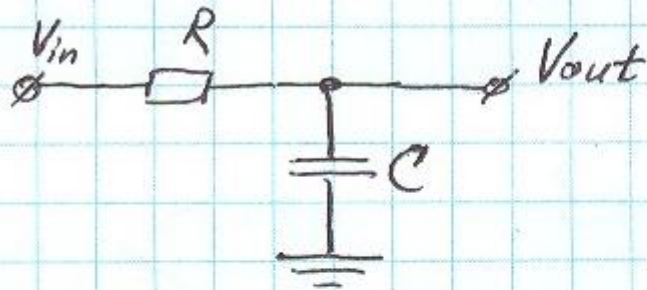


Пасивний фільтр -
складається лише із
пасивних елементів



Активний фільтр -
завжди має у своєму
складі транзистор (рідше)
або ОУ (частіше), завдяки
чому може додатково
підсилквати сигнали

Коефіцієнт передачі пасивного фільтра



$$A(S) = \frac{1/RC}{S + 1/RC} = \frac{1}{SRC} \quad (*)$$

де S - комплексна частотно-
залежна змінна,

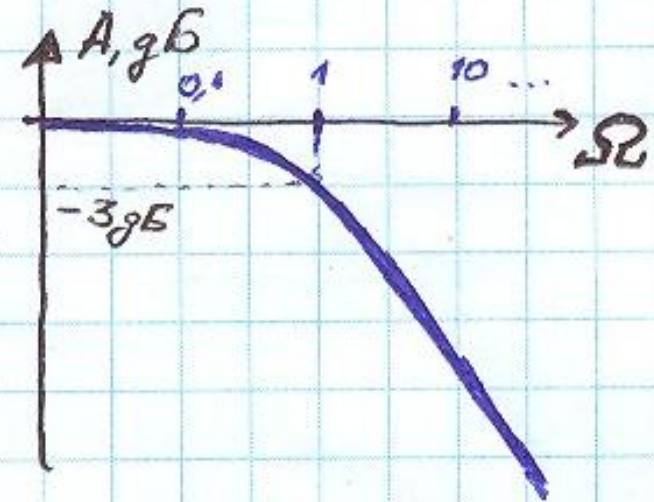
$$S = j\omega + \sigma.$$

Для чисто синусоїдальних сигналів декремент затухання $\sigma = 0$, і $S = j\omega$.

Частота зрізу: $f_{зр} = \frac{1}{2\pi RC}$

Поряд із звичайною частотою для описання фільтрів часто користуються т.зв "нормалізованою частотою"

$$\Omega = \frac{f}{f_{зр}}$$



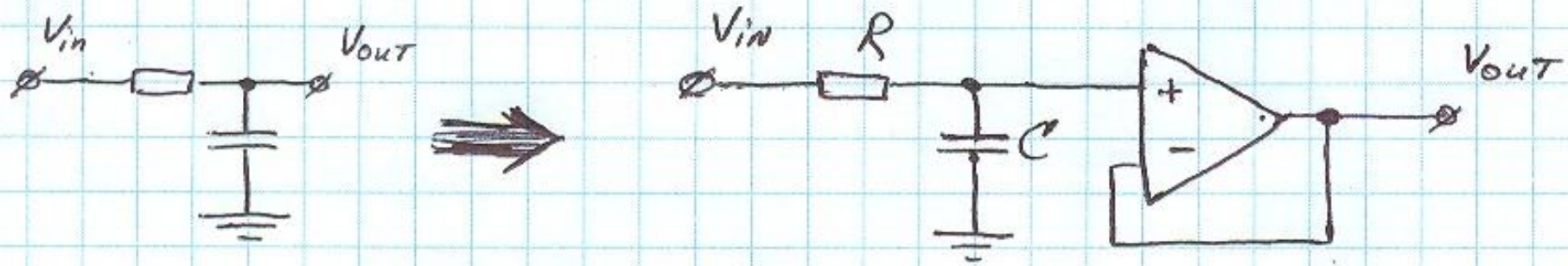
При використанні нормалізованої частоти вираз (*) перетворюється на

$$A(S) = \frac{1}{1+S}$$

Абсолютна величина коефіцієнту передачі при цьому:

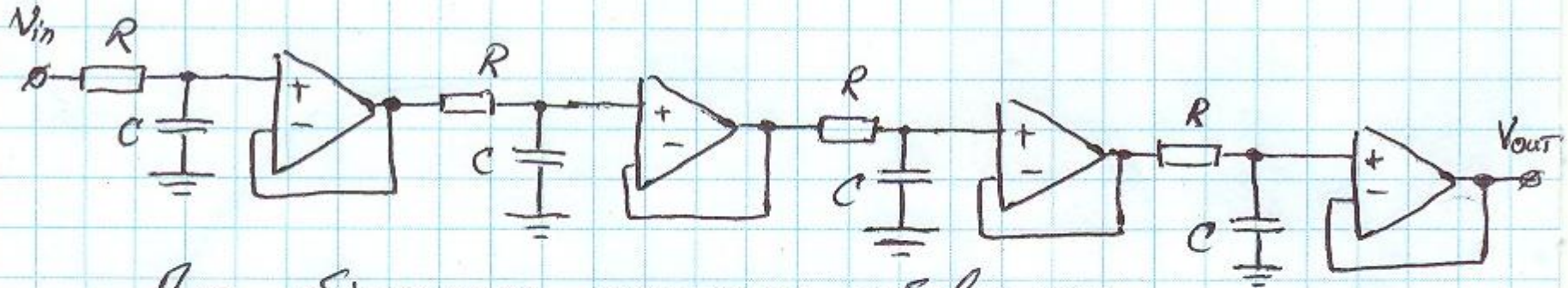
$$|A| = \frac{1}{\sqrt{1+S^2}}$$

Перехід від пасивного фільтру до активного



При використанні ОП в якості активного елемента крутизна АЧХ буде становити **20 дБ/дек.**

Збільшення селективності фільтра



Для збільшення крутизни додають нові ланки. Тоді:

$$A(s) = \frac{1}{(1 + \alpha_1 s)(1 + \alpha_2 s) \dots (1 + \alpha_n s)}$$

На одному ОП можна зробити ланку 1-го або 2-го порядку. Для ланки 1-го порядку:

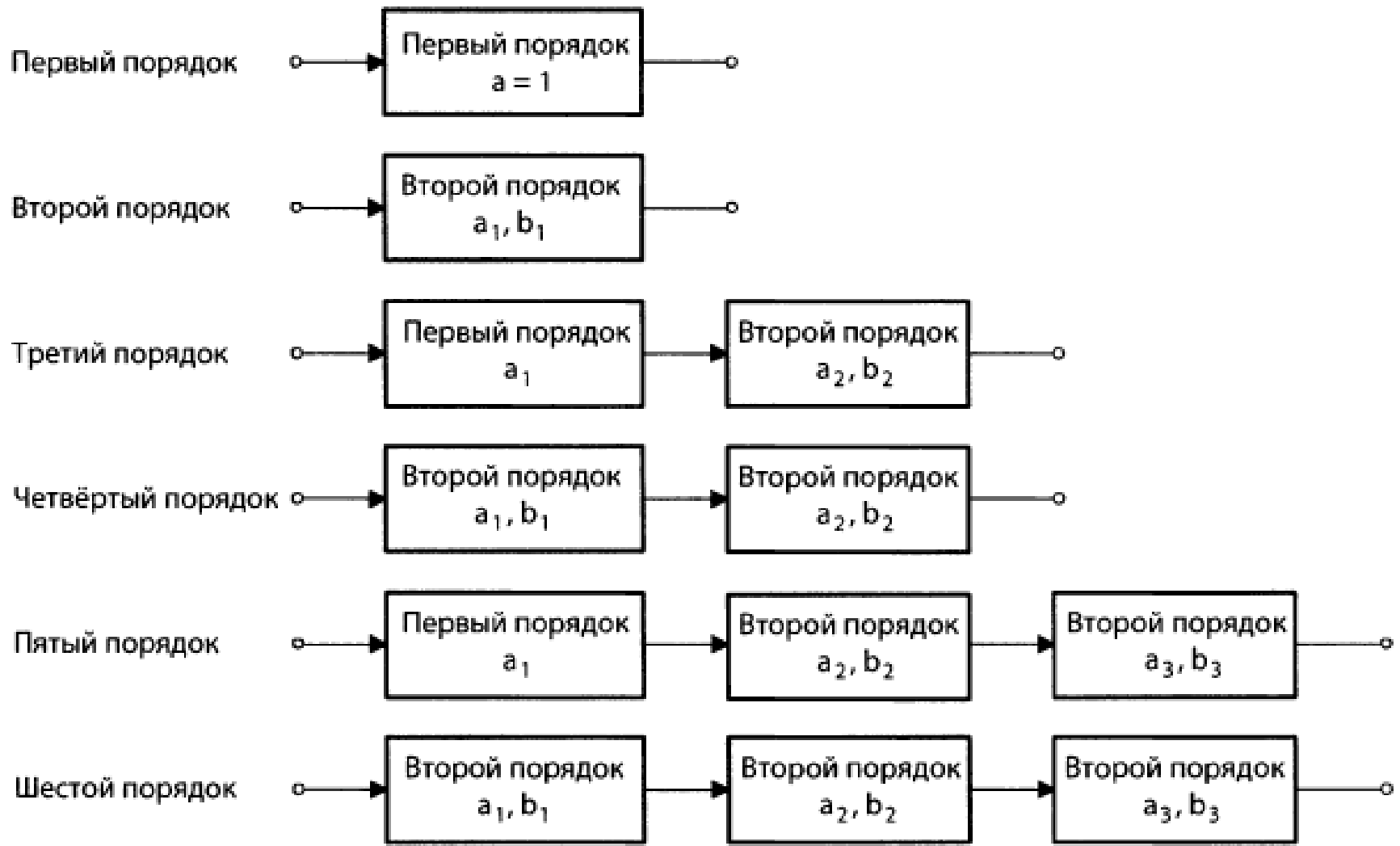
$$A_i(s) = \frac{A_0}{1 + a_i s},$$

для ланки 2-го порядку:

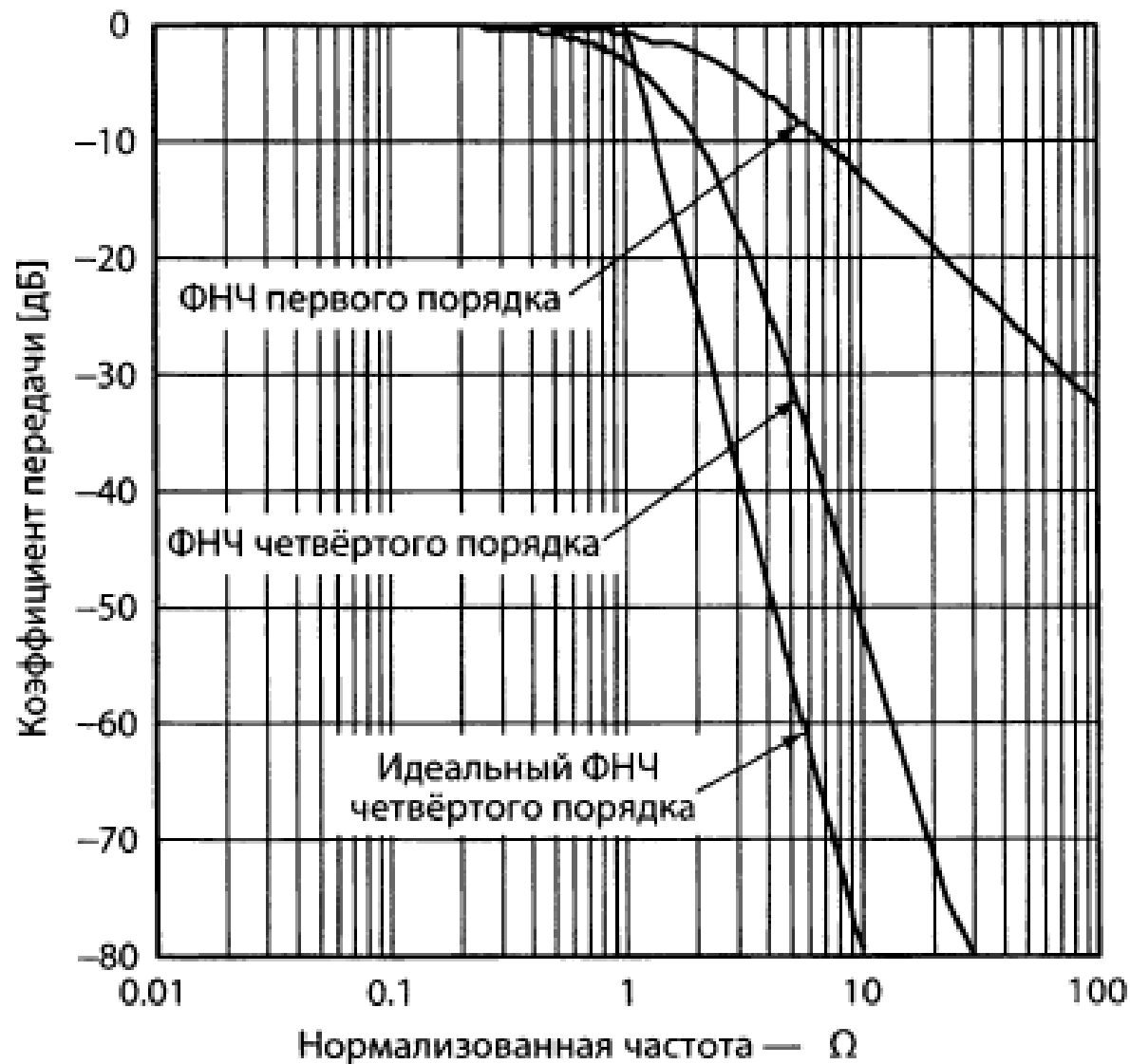
$$A_i(s) = \frac{A_0}{1 + a_i s + b_i s^2};$$

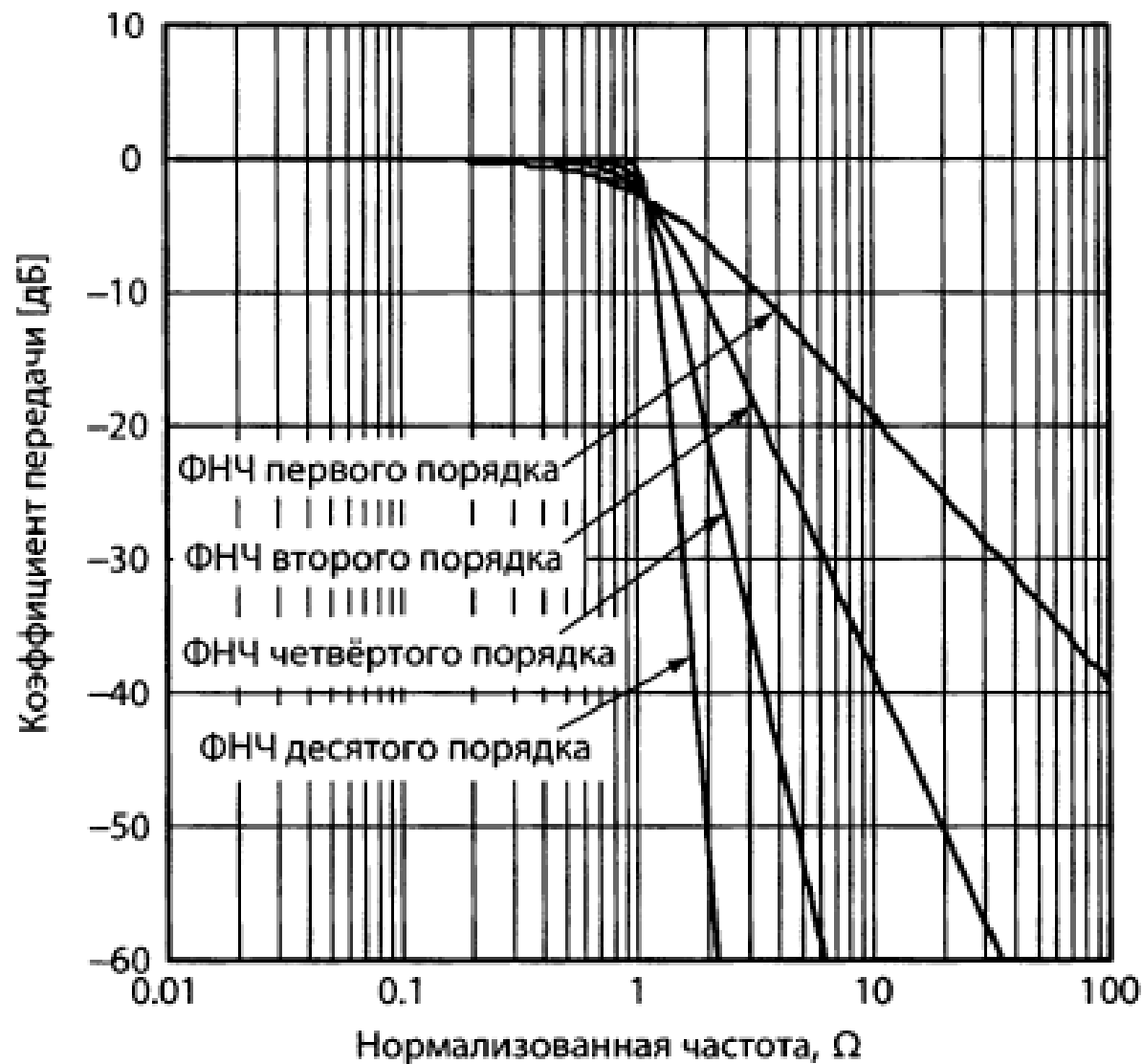
де a_i та b_i беруться із спеціальних таблиць, в залежності від виду апроксимації АЧХ фільтра.

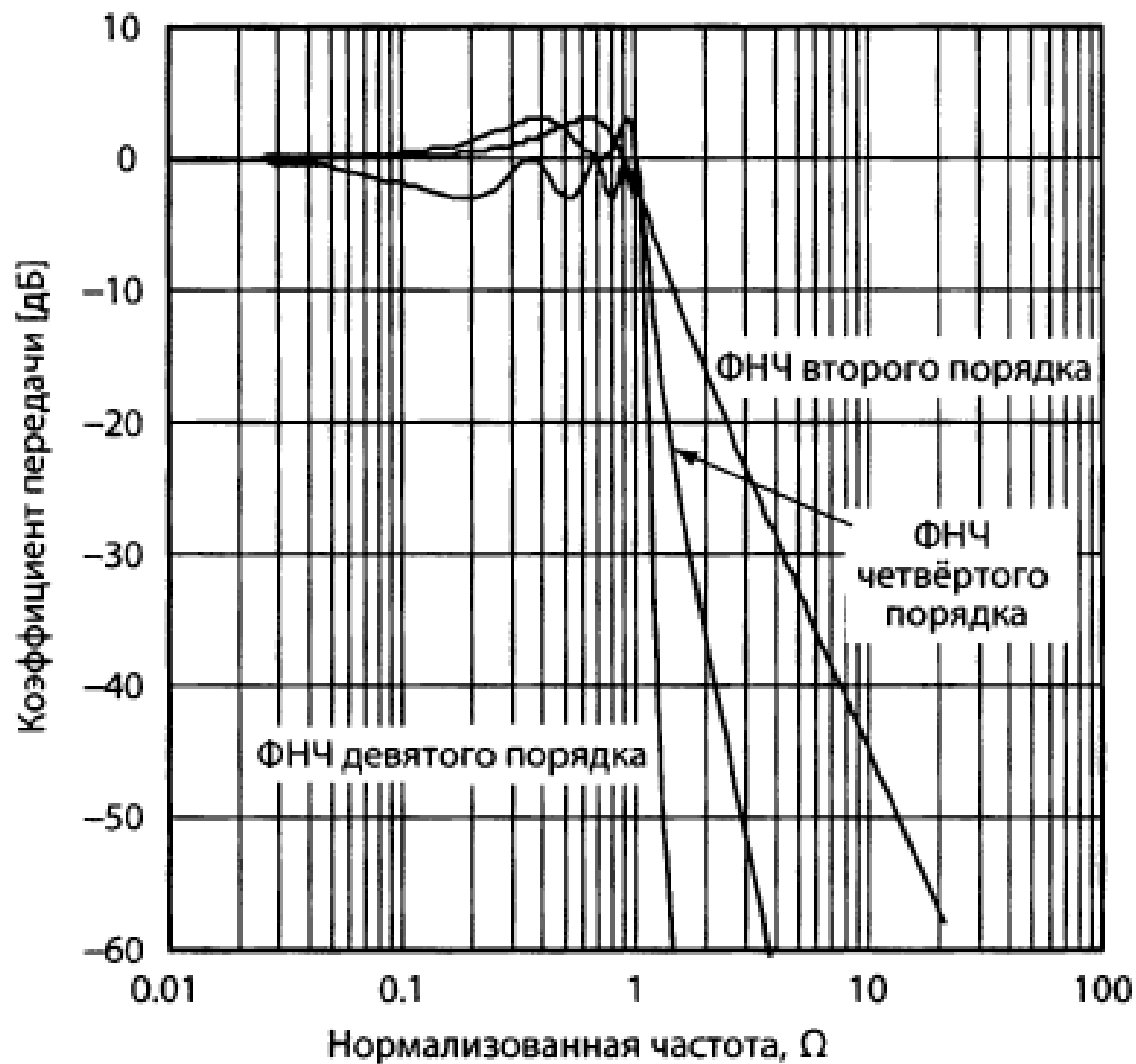
Схема каскадування фільтрів для підвищення їх порядку



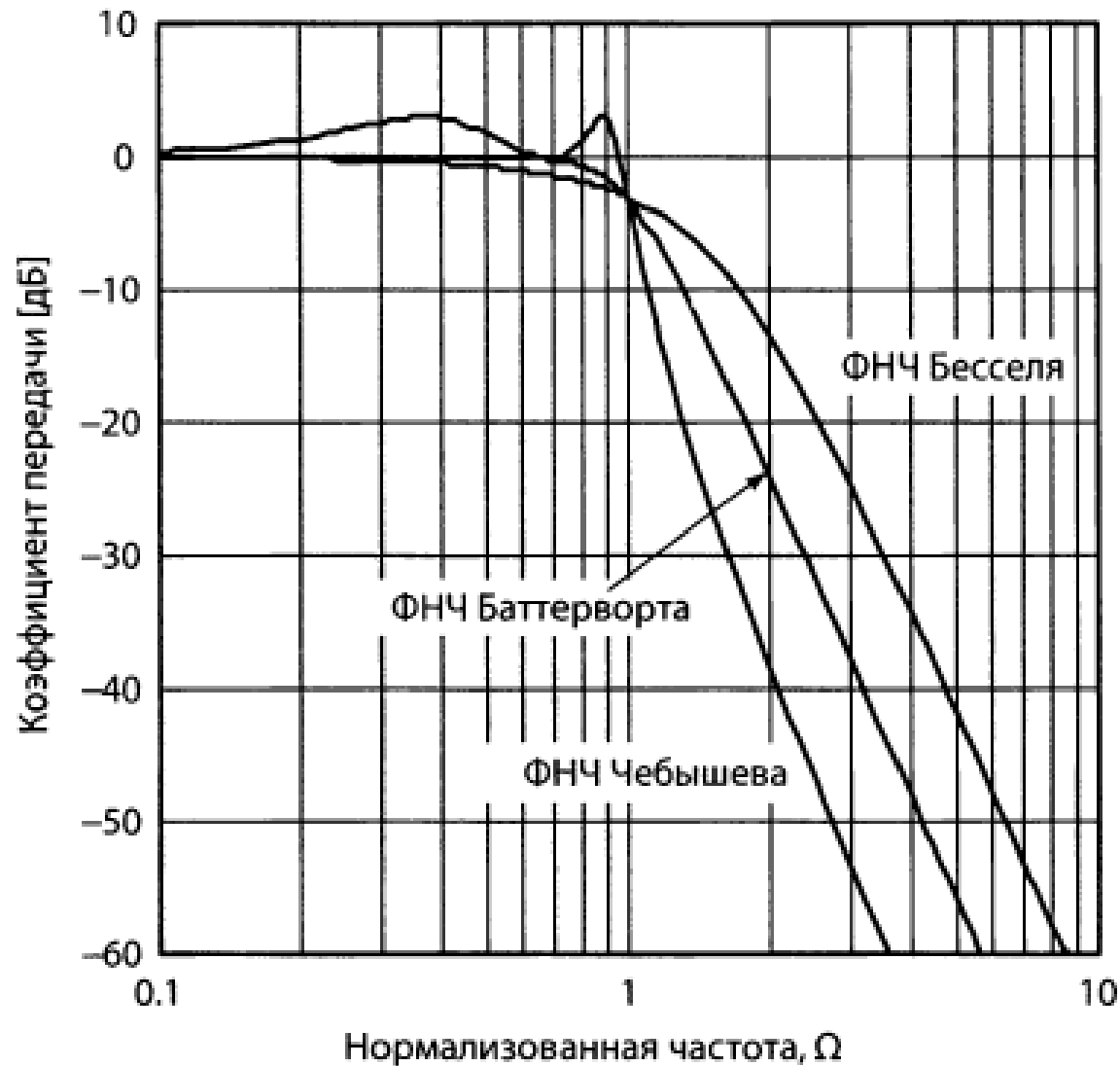
Порівняння АЧХ ідеальних ФНЧ різних порядків







ФНЧ Бесселя та його порівняння з іншими фільтрами



Узагальнена АЧХ реального НЧ-фільтра описується виразом

$$A(S) = \frac{A_0}{\prod_i (1 + \alpha_i S + b_i S^2)}$$

в якому коефіцієнти a_i та b_i беруться із спеціальних таблиць в залежності від виду апроксимації АЧХ фільтра (Картер, Манчіні - розділ 20.9, табл. 20.7 ... 20.13).

АЧХ Баттерворта має крутизну практично точно 20 дБ/дек і використовується найчастіше. АЧХ Чебишева має крутизну більшу, ніж 20 дБ/дек і використовується там, де потрібна покращена селективність, проте фільтри Чебишева сильніше спотворюють сигнали в області пропускання (через наявність в ній пульсацій). Фільтри Бесселя мають крутизну дещо меншу, ніж 20 дБ/дек, але вони також найменше спотворюють сигнал і тому вважаються оптимальними для передачі прямокутних імпульсів.

...Активні фільтри

Ч.2. Схеми АФ на ОП та їх розрахунок