

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем**

**Кафедра радіотехніки**

# **Регулятор форми амплітудно-частотної характеристики на основі підсумовування сигналів смугових активних фільтрів**

Дипломна робота

на здобуття кваліфікації радіоінженера

за спеціальністю 142 – телекомунікації та радіотехніка

Виконав – Хоменко Євгеній Олегович

студент групи РТр-16сп

Керівник дипломної роботи – **Семенов Андрій Олександрович,**

**кандидат технічних наук, проф. каф. РТ**

**Вінниця - 2017**

## МЕТА, ОБ'ЄКТ І ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

*Метою дипломної роботи є розробка та дослідження досить дешевого, відносно якісного та зручного пристрою. Зручність даної розробки заключається в тому, що керувати нею можна звичайним пультом керування (налаштування певної моделі пульта здійснюється за допомогою підключення необхідної бібліотеки по програмного забезпечення звукової станції). В розробці була використана досить сучасна елементна база компанії Philips (NXP semiconductor).*

*Метою і призначенням роботи є розробка нової конструкції багатосмугового регулятора форми амплітудно-частотної характеристики на основі підсумовування сигналів смугових активних фільтрів. Призначення розробки – змінювати коефіцієнт передачі підсилювального пристрою в досить вузьких смугах частот. Це дозволить одержати складну форму АЧХ, що неможливо реалізувати традиційними регуляторами тембру.*

*Об'єктом дослідження є процеси перетворення спектрального складу сигналів у підсилювальних радіоелектронних пристроях.*

*Предметом дослідження є часові та частотні параметри і характеристики активного багатосмугового регулятора форми амплітудно-частотної характеристики на операційних підсилювачах.*

# СТРУКТУРНА СХЕМА ПРИСТРОЮ

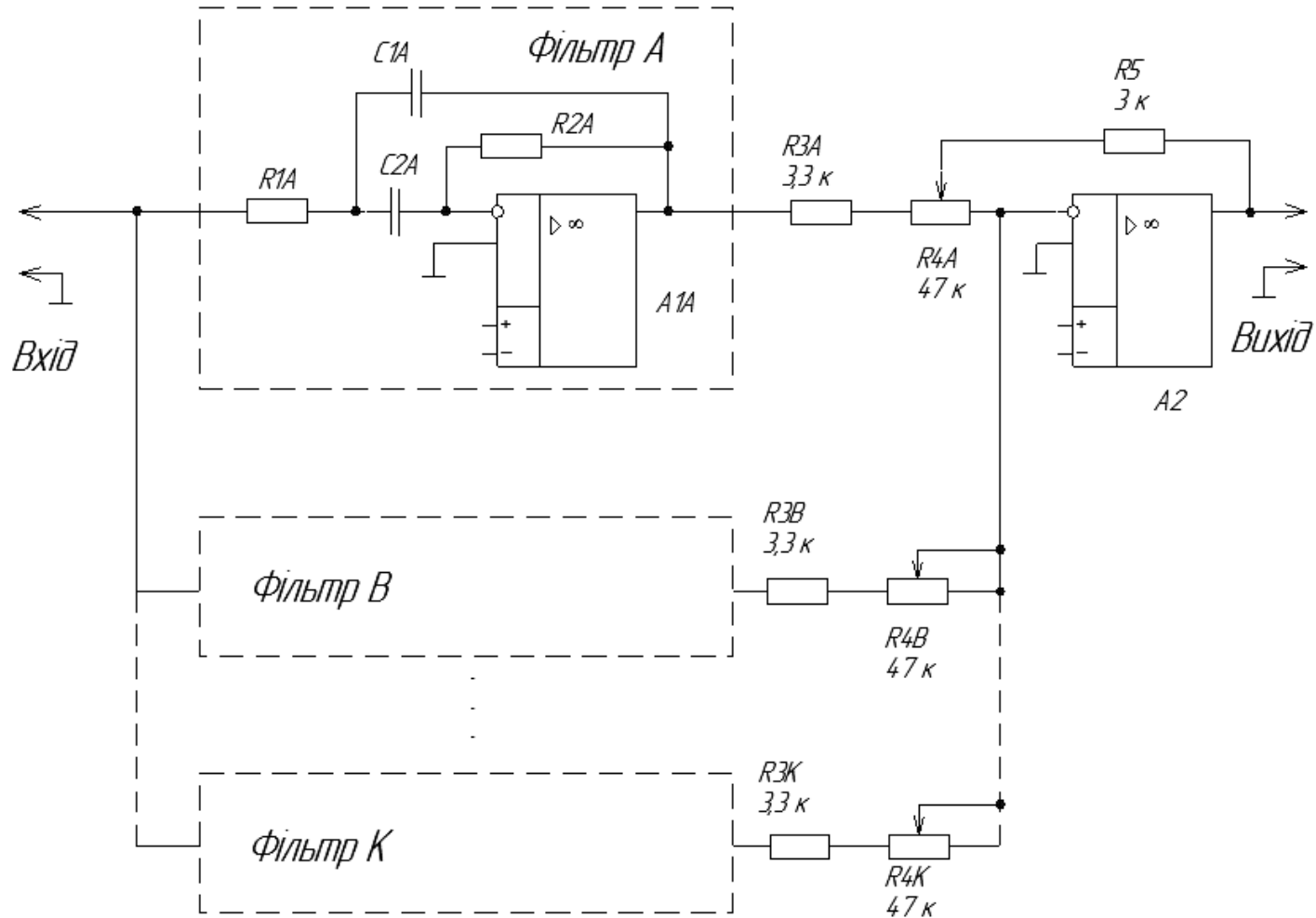


Рисунок 1 – Багатополосний регулятор тембру на основі операційних ланок з будь-яким прийнятим числом смуг

# РОЗРАХУНОК ГРАФІЧНОГО ЕКВАЛАЙЗЕРА НА ОСНОВІ ПІДСУМОВУВАННЯ СИГНАЛІВ СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ

Власна частота полюсу визначається з виразу

$$\omega_{\Pi} = \frac{1}{\sqrt{R_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \cdot C_2}}$$

Еквівалентна добротність  $Q_{\Pi} = \frac{\sqrt{R_2 C_1 / R_1 C_2}}{(1 + C_2 / C_1)}$

Кроковий коефіцієнт для октавного фільтру

$$K = \left( \frac{f_e}{f_n} \right)^{1/N} \quad \text{де } K = 1,866$$

Тоді, кількість смуг для перекриття діапазону звукових частот 18 Гц ... 21 кГц

$$N = \frac{\lg\left(\frac{f_e}{f_n}\right)}{\lg K} = \frac{\lg(21000/18)}{\lg 1,866} = 11,32 \approx 11$$

Визначимо центральні частоти

$$f_1 = 30 \text{ Гц}$$

$$f_2 = f_1 \cdot 1,866; \quad f_2 = 30 \cdot 1,866 = 55,98 \approx 56 \text{ Гц}$$

$$f_3 = f_2 \cdot 1,866; \quad f_3 = 56 \cdot 1,866 = 104,496 \approx 104 \text{ Гц}$$

$$f_4 = f_3 \cdot 1,866; \quad f_4 = 104 \cdot 1,866 = 194,064 \approx 194 \text{ Гц}$$

$$f_5 = f_4 \cdot 1,866; \quad f_5 = 194 \cdot 1,866 = 360,004 \approx 360 \text{ Гц}$$

$$f_6 = f_5 \cdot 1,866; \quad f_6 = 360 \cdot 1,866 = 671,492 \approx 671 \text{ Гц}$$

$$f_7 = f_6 \cdot 1,866; \quad f_7 = 671 \cdot 1,866 = 1248,8 \approx 1249 \text{ Гц}$$

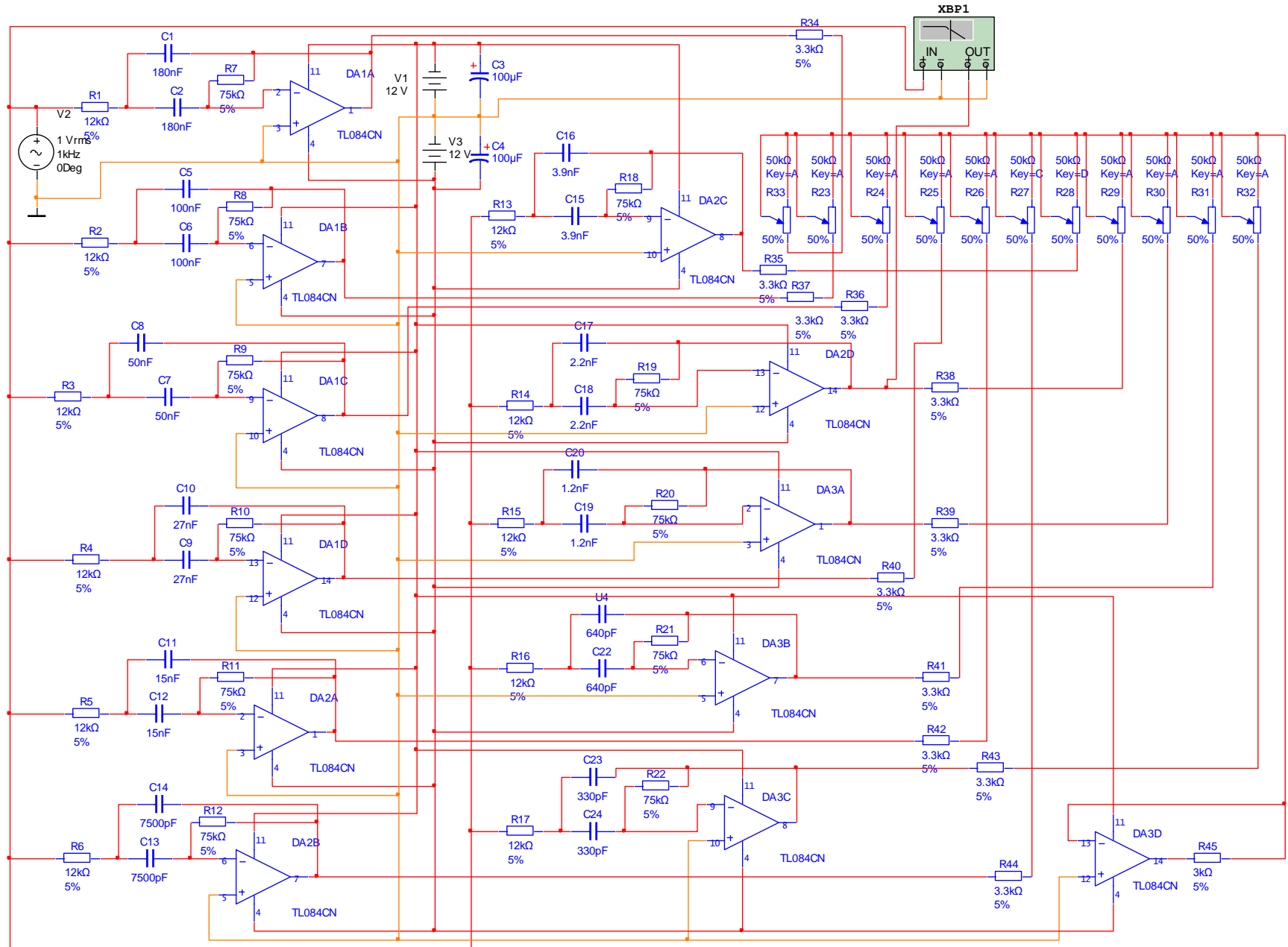
$$f_8 = f_7 \cdot 1,866; \quad f_8 = 1249 \cdot 1,866 = 2323,14 \approx 2325 \text{ Гц}$$

$$f_9 = f_8 \cdot 1,866; \quad f_9 = 2325 \cdot 1,866 = 4328,02 \approx 4328 \text{ Гц}$$

$$f_{10} = f_9 \cdot 1,866; \quad f_{10} = 4328 \cdot 1,866 = 8057,03 \approx 8057 \text{ Гц}$$

$$f_{11} = f_{10} \cdot 1,866; \quad f_{11} = 8057 \cdot 1,866 = 15000,2 \approx 15000 \text{ Гц}$$

# Схема багатосмугового регулятору форми амплітудно-частотної характеристики на основі підсумовування сигналів смугових активних фільтрів



# АЧХ ОКРЕМИХ АКТИВНИХ СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ

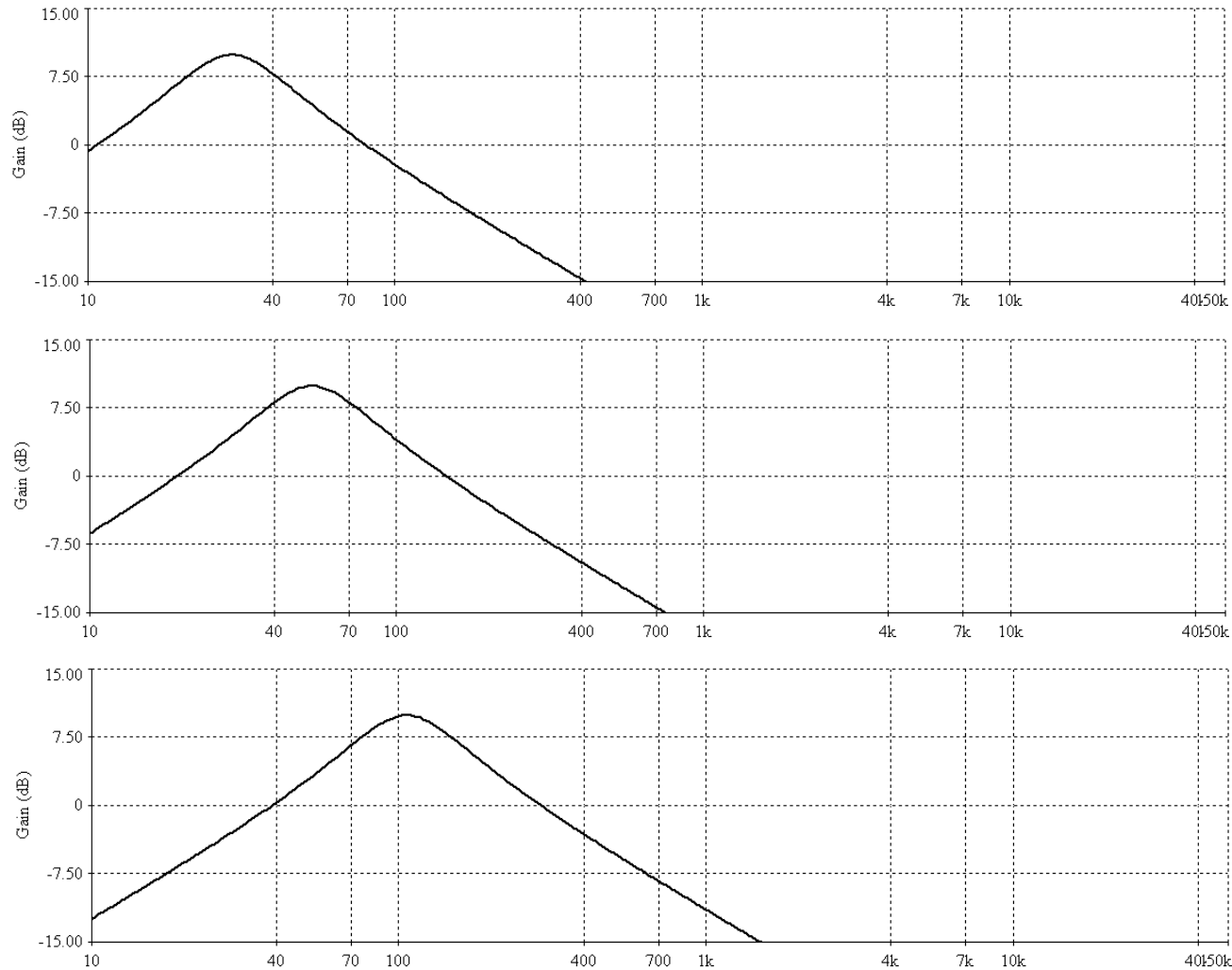


Рис. 1. АЧХ активних смугових фільтрів з центральною частотою 1) 30 Гц; 2) 56 Гц; 3) 104 Гц

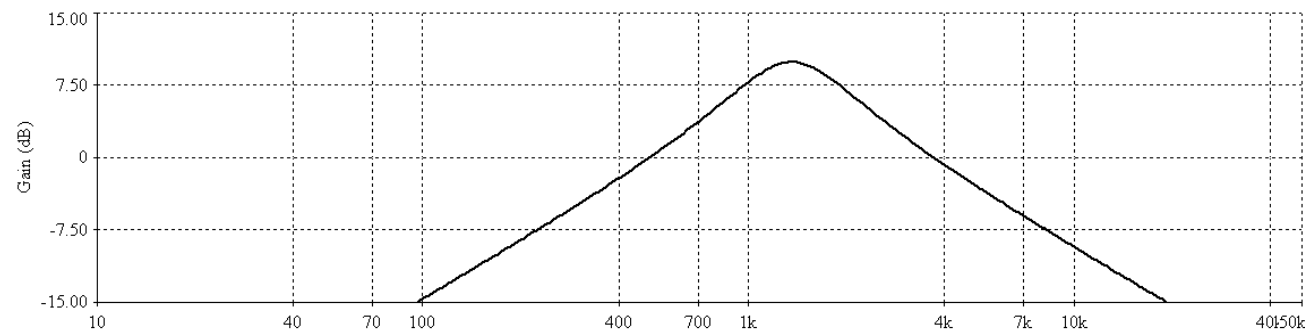
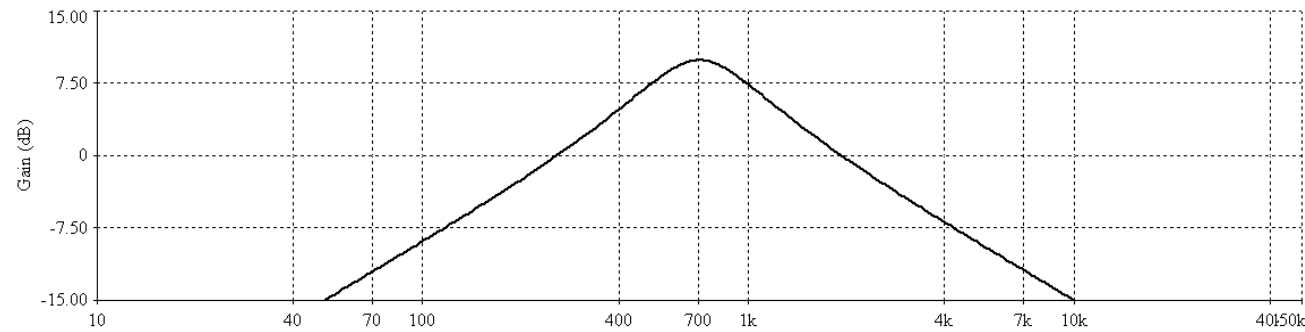
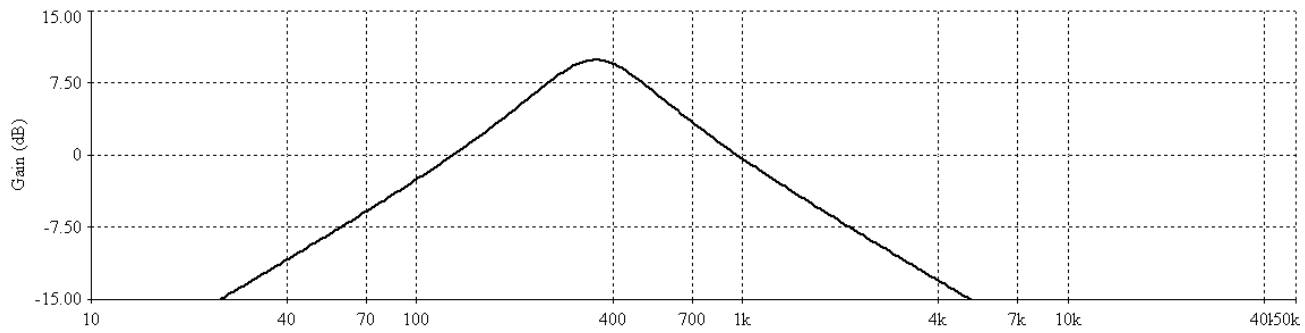
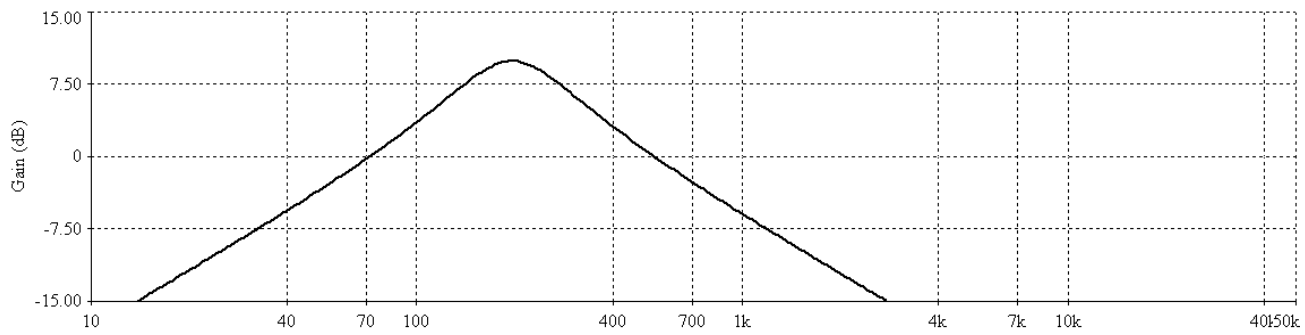
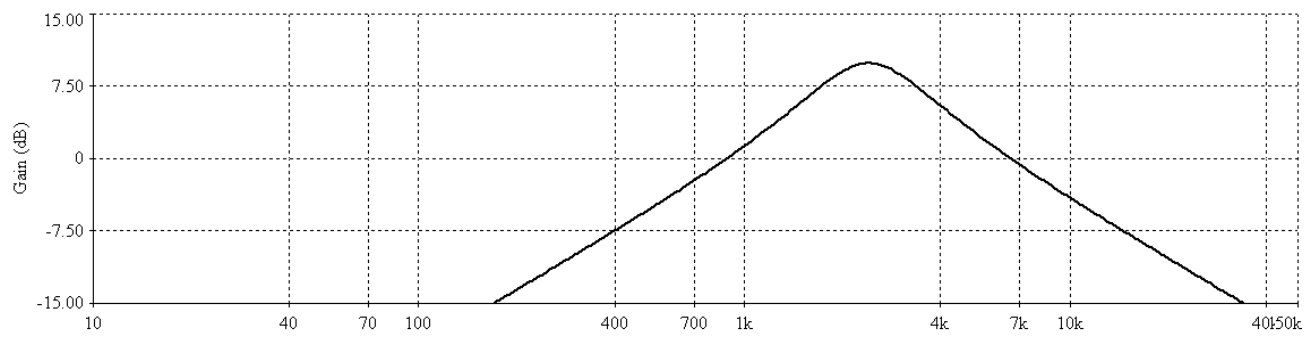
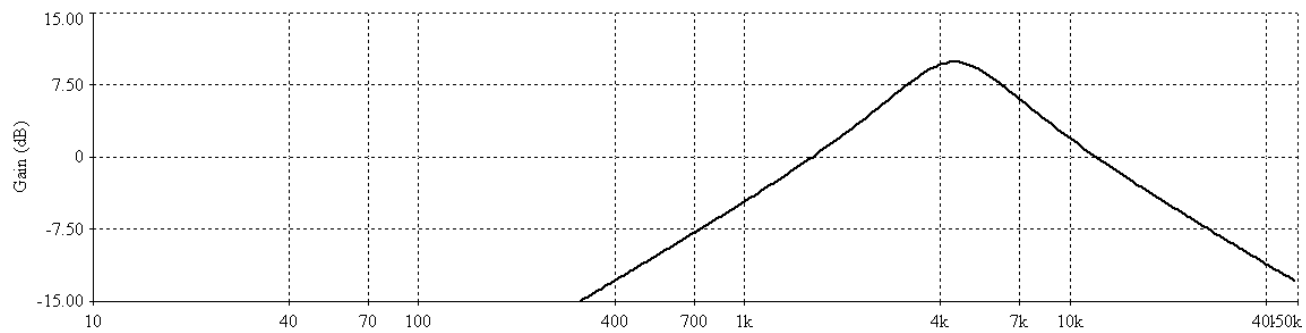


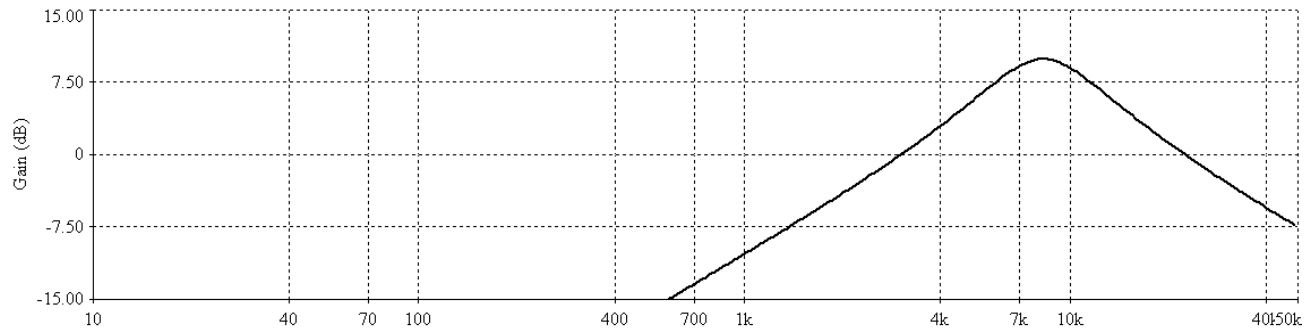
Рис. 2. АЧХ активних смугових фільтрів з центральною частотою 4) 194 Гц; 5) 360 Гц; 6) 671 Гц; 7) 1249 Гц



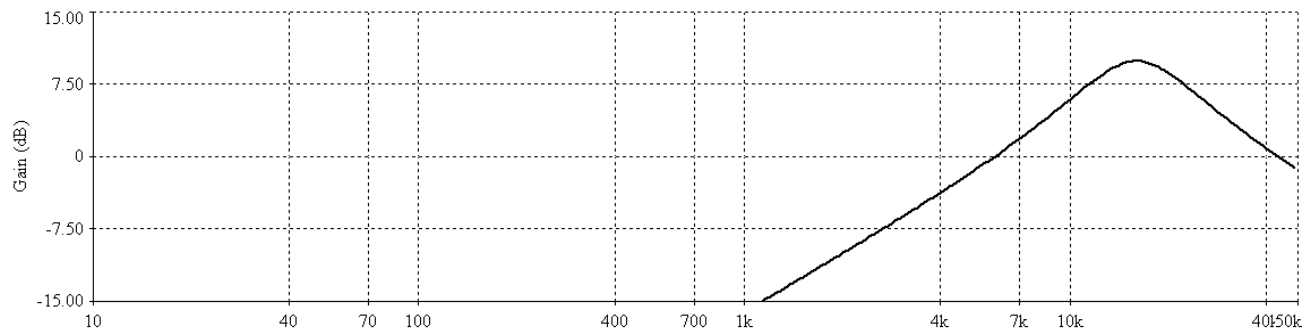
8)



9)



10)



11)

Рис. 3. АЧХ активних смугових фільтрів з центральною частотою 8) 2325 Гц; 9) 4328 Гц; 10) 8057 Гц; 11) 15 кГц



# АЧХ УСІХ АКТИВНИХ СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ В ОДНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

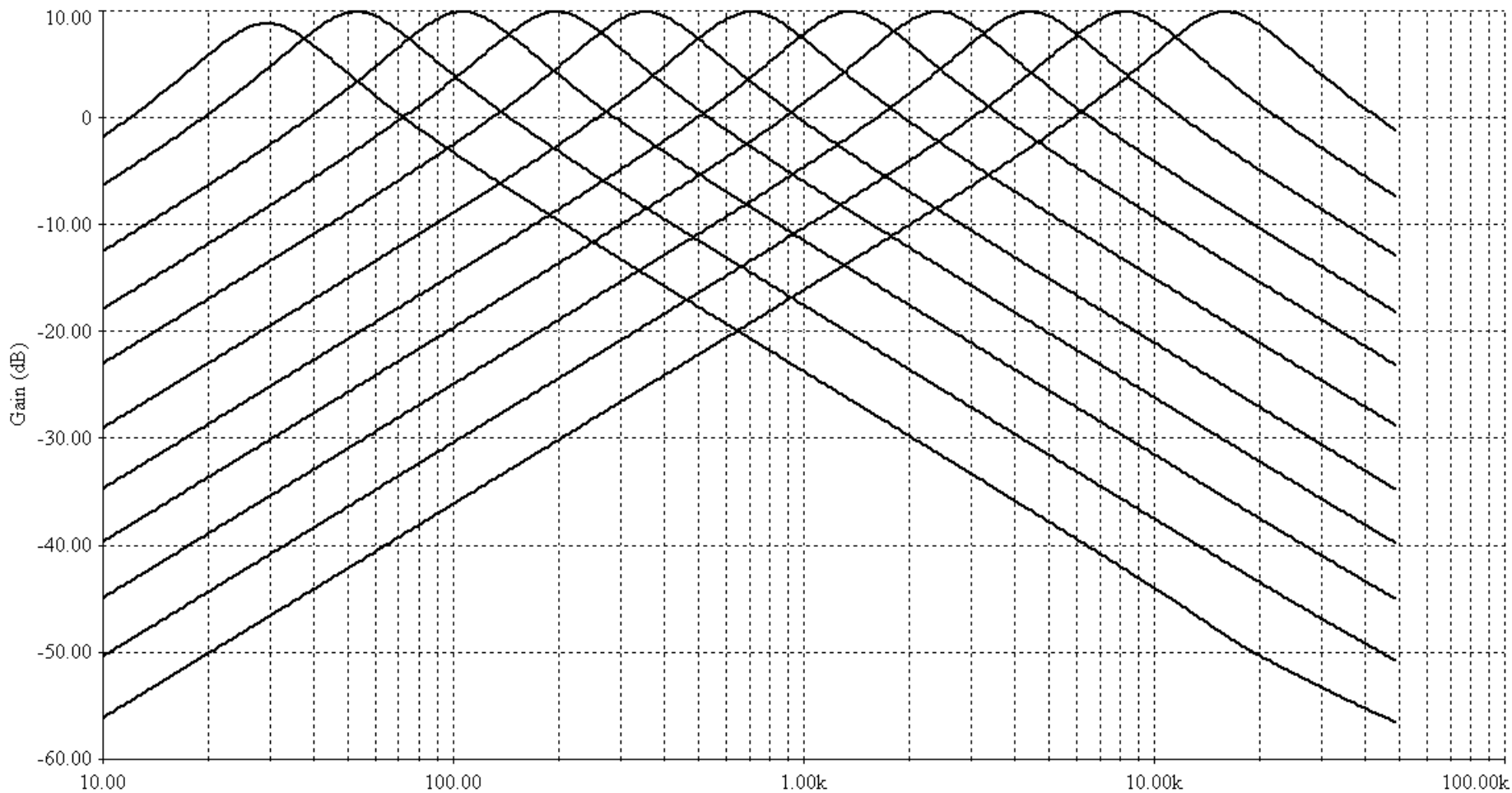


Рисунок 1 – АЧХ усіх активних смугових фільтрів в одній системі координат

# ФЧХ ОКРЕМИХ АКТИВНИХ СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ

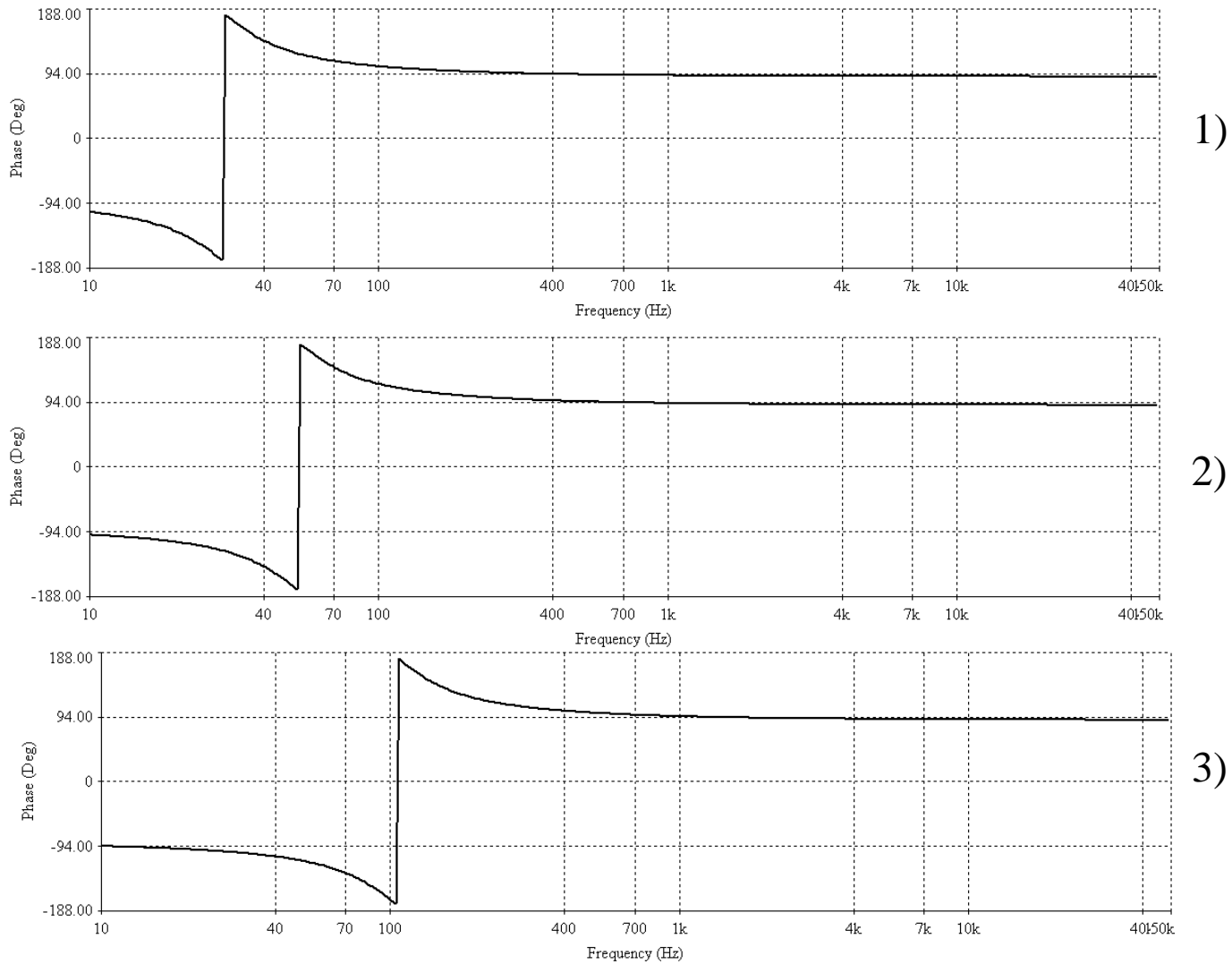


Рис. 1. ФЧХ активних смугових фільтрів з центральною частотою 1) 30 Гц; 2) 56 Гц; 3) 104 Гц

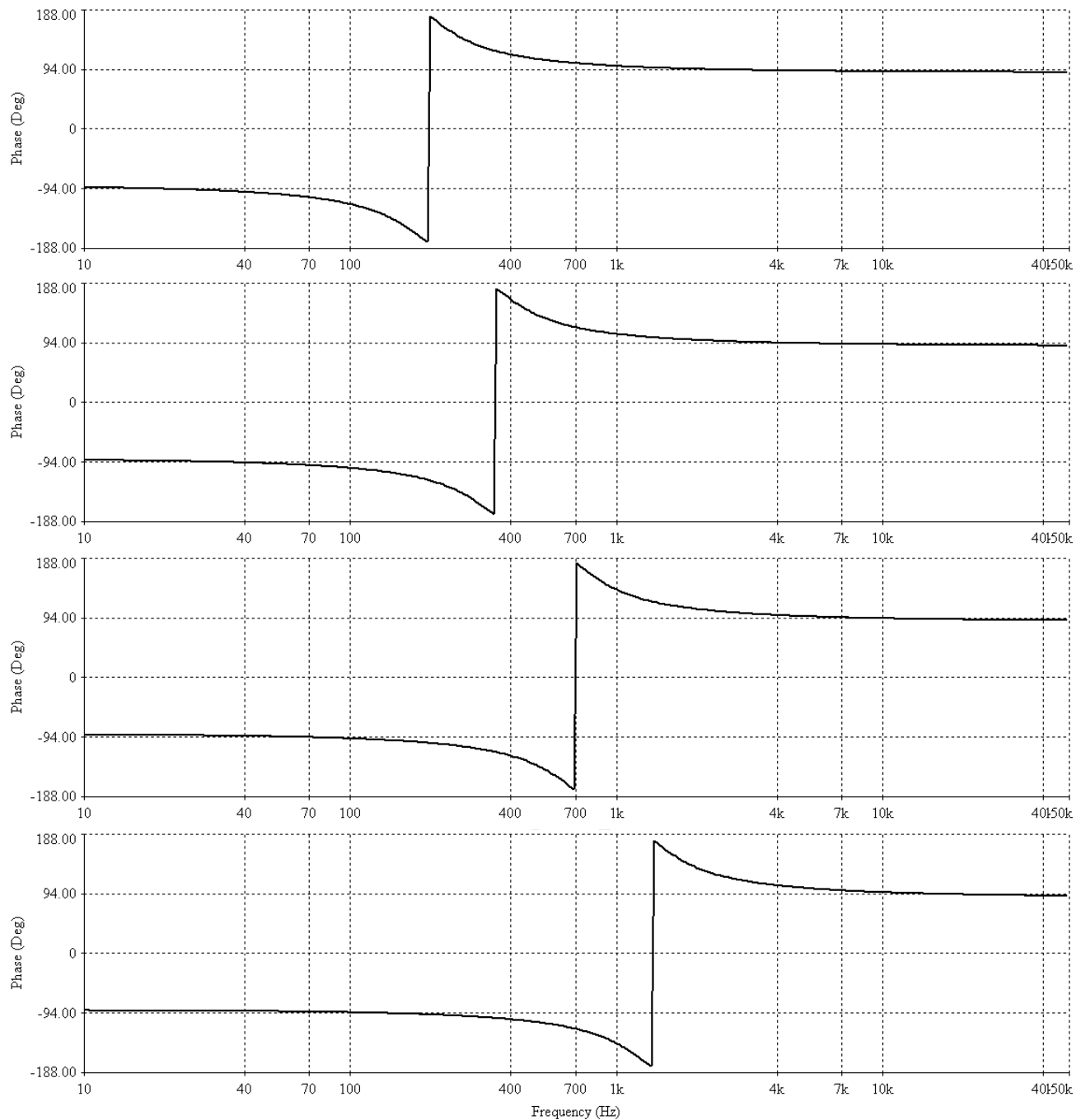


Рис. 2. ФЧХ активних смугових фільтрів з центральною частотою 4) 194 Гц; 5) 360 Гц; 6) 671 Гц; 7) 1249 Гц

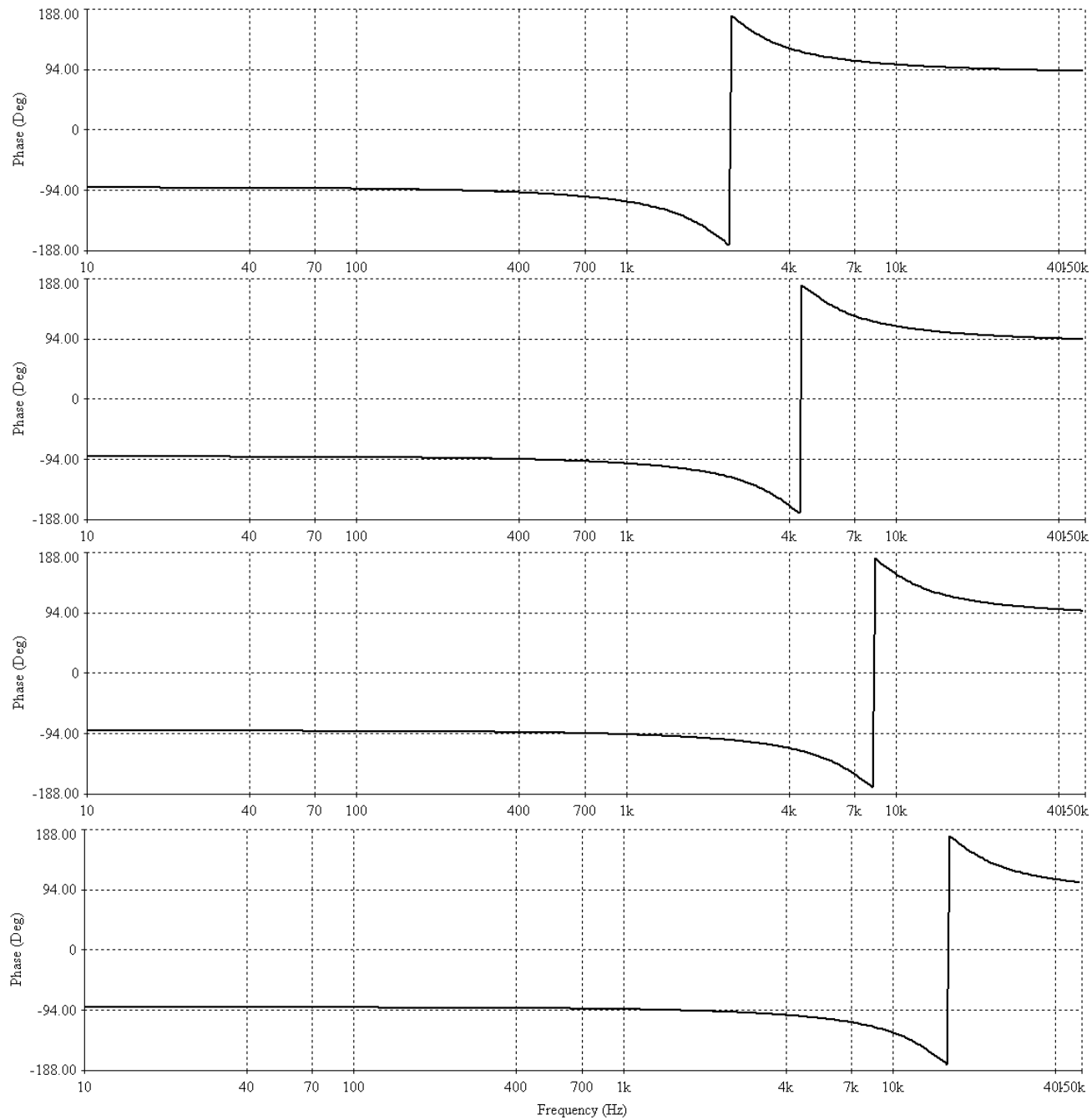


Рис. 3. ФЧХ активних смугових фільтрів з центральною частотою 8) 2325 Гц; 9) 4328 Гц; 10) 8057 Гц; 11) 15 кГц

# ФЧХ УСІХ АКТИВНИХ СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ В ОДНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

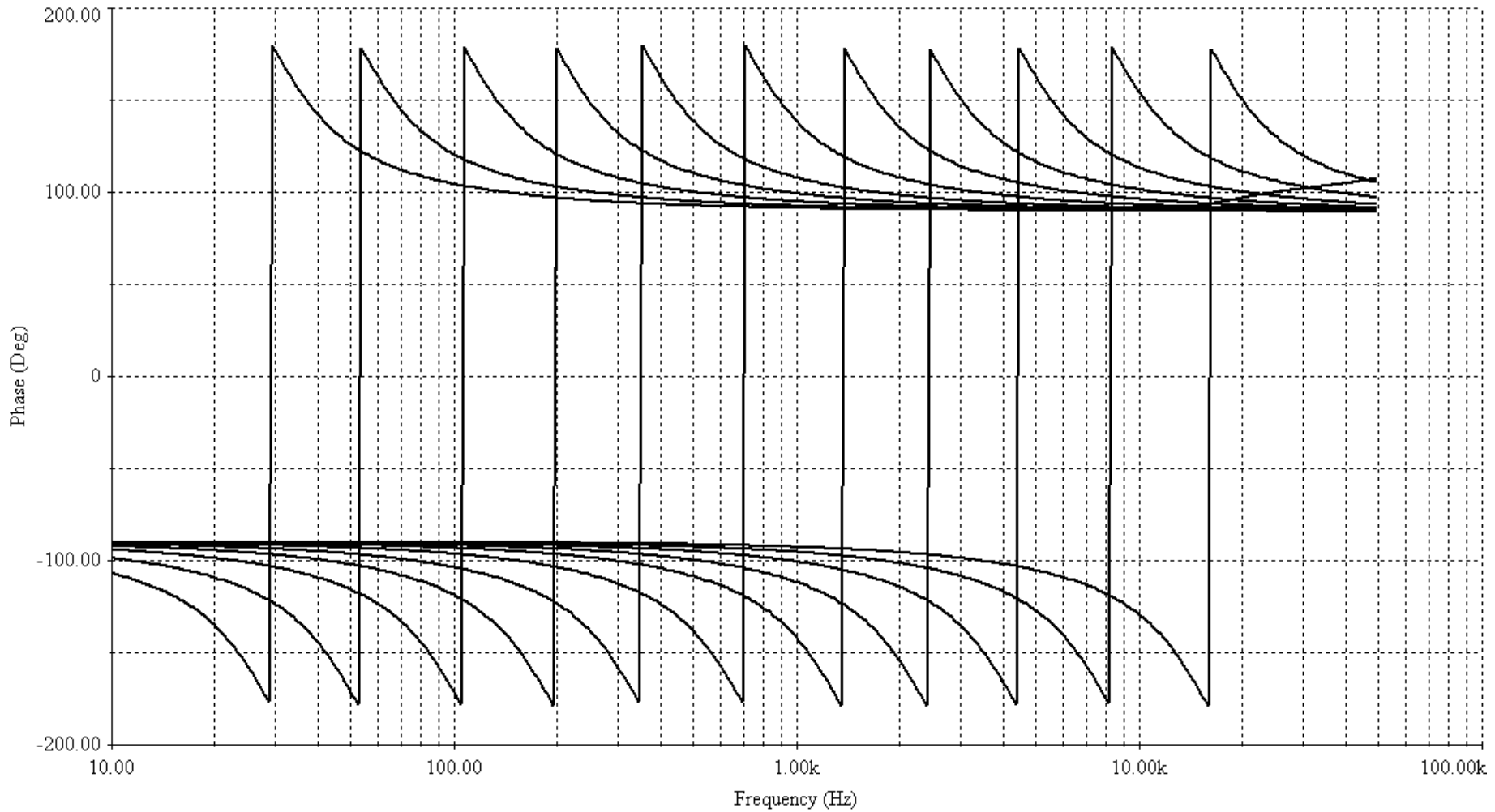
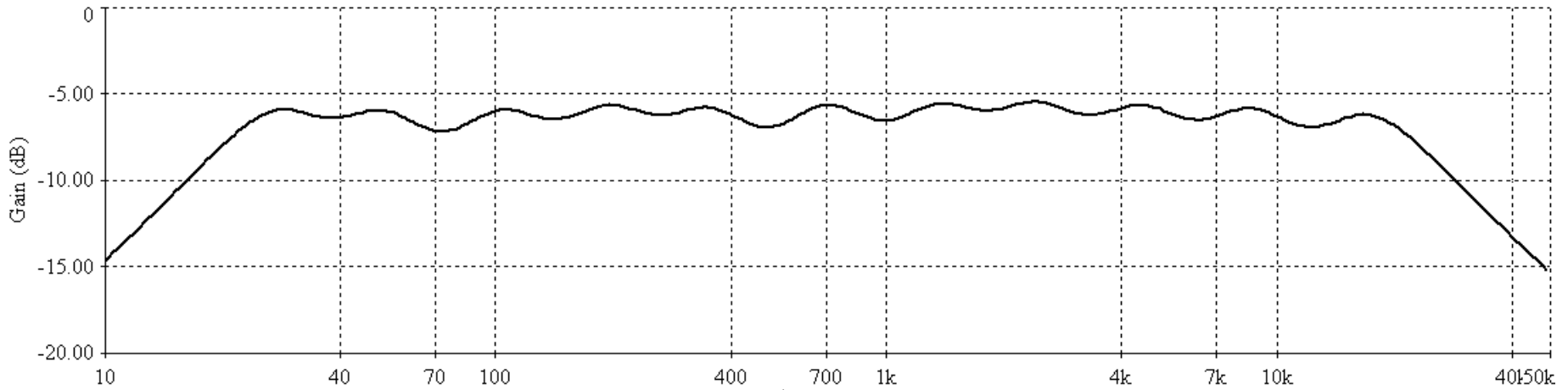
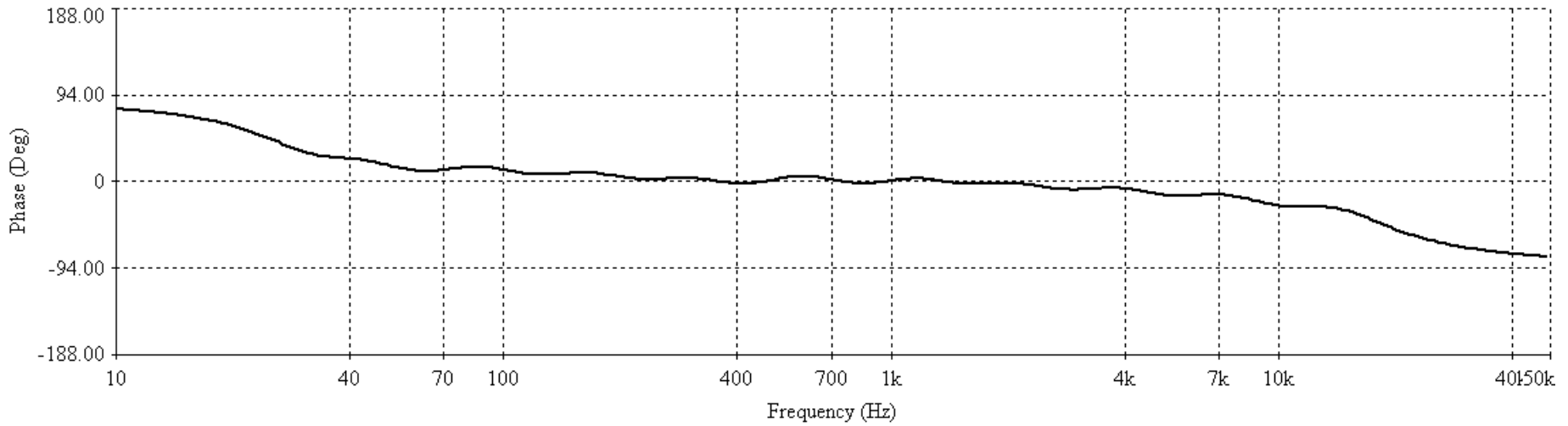


Рисунок 1 – ФЧХ усіх активних смугових фільтрів в одній системі координат

# РЕЗУЛЬТУЮЧІ АЧХ ТА ФЧХ БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВІ ПІДСУМОВУВАННЯ СИГНАЛІВ АКТИВНИХ СМУГОВИХ ФІЛЬТРІВ



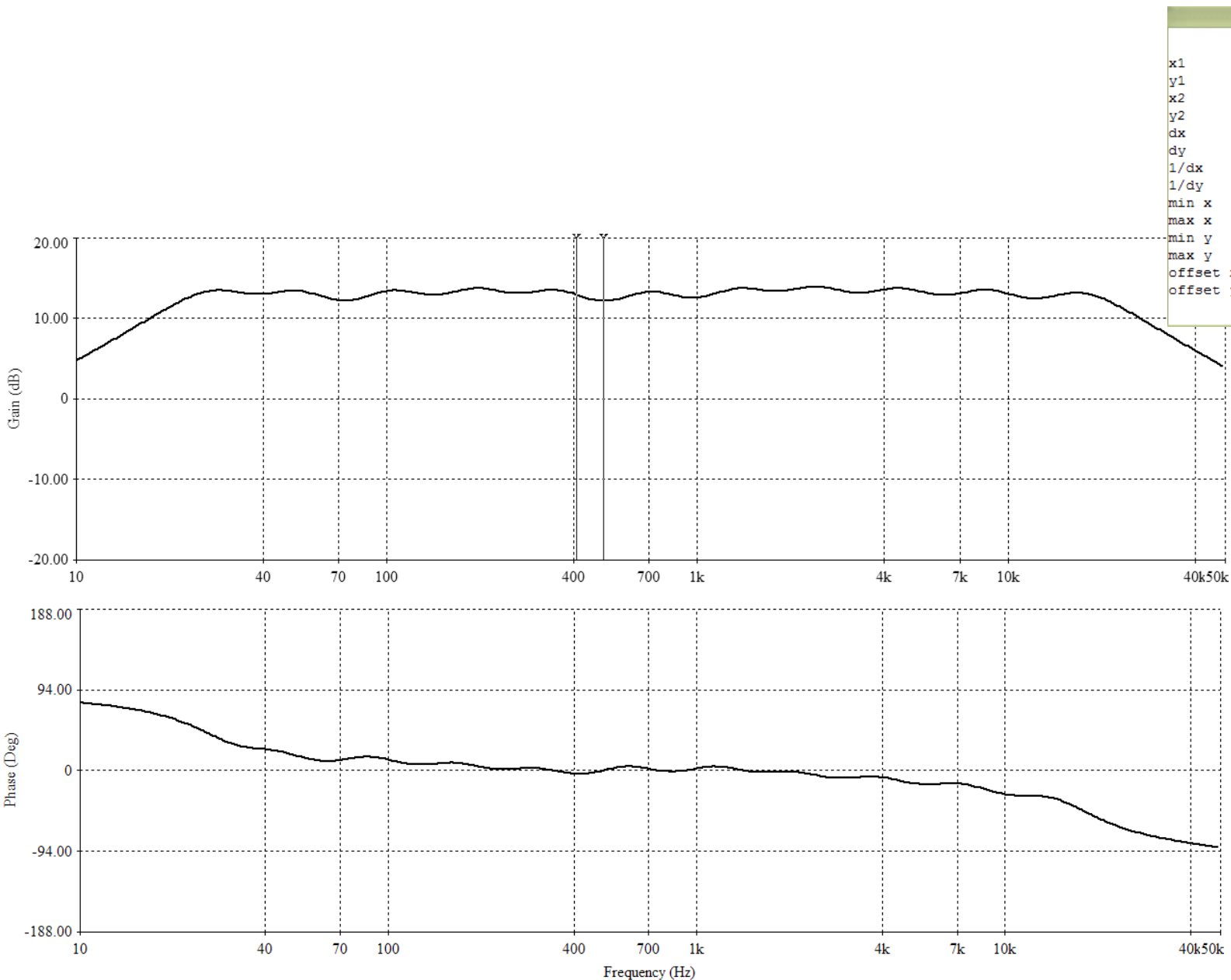
а)



б)

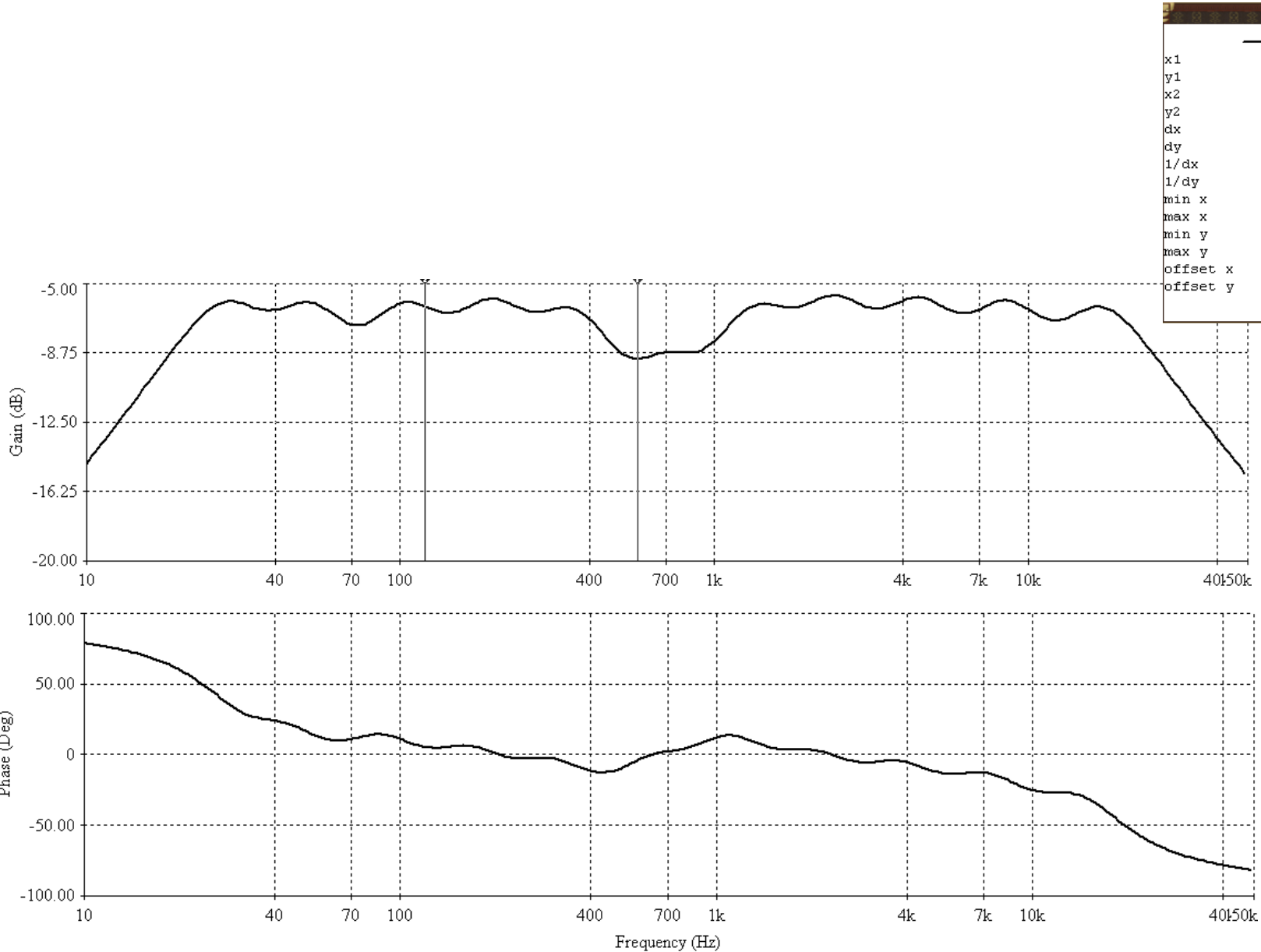
Рисунок 1 – АЧХ (а) та ФЧХ (б) графічного еквайзера на основі підсумовування сигналів фільтрів при середніх положеннях повзунків

# АЧХ та ФЧХ багатосмугового регулятора форми на основі підсумовування сигналів активних фільтрів при максимальних положеннях повзунків



Bode Result	
x1	407.8885
y1	12.9751
x2	498.2302
y2	12.1700
dx	90.3417
dy	-805.1642m
1/dx	11.0691m
1/dy	-1.2420
min x	10.0000
max x	48.9779k
min y	1.6031
max y	4.9604
offset x	0.0000
offset y	0.0000

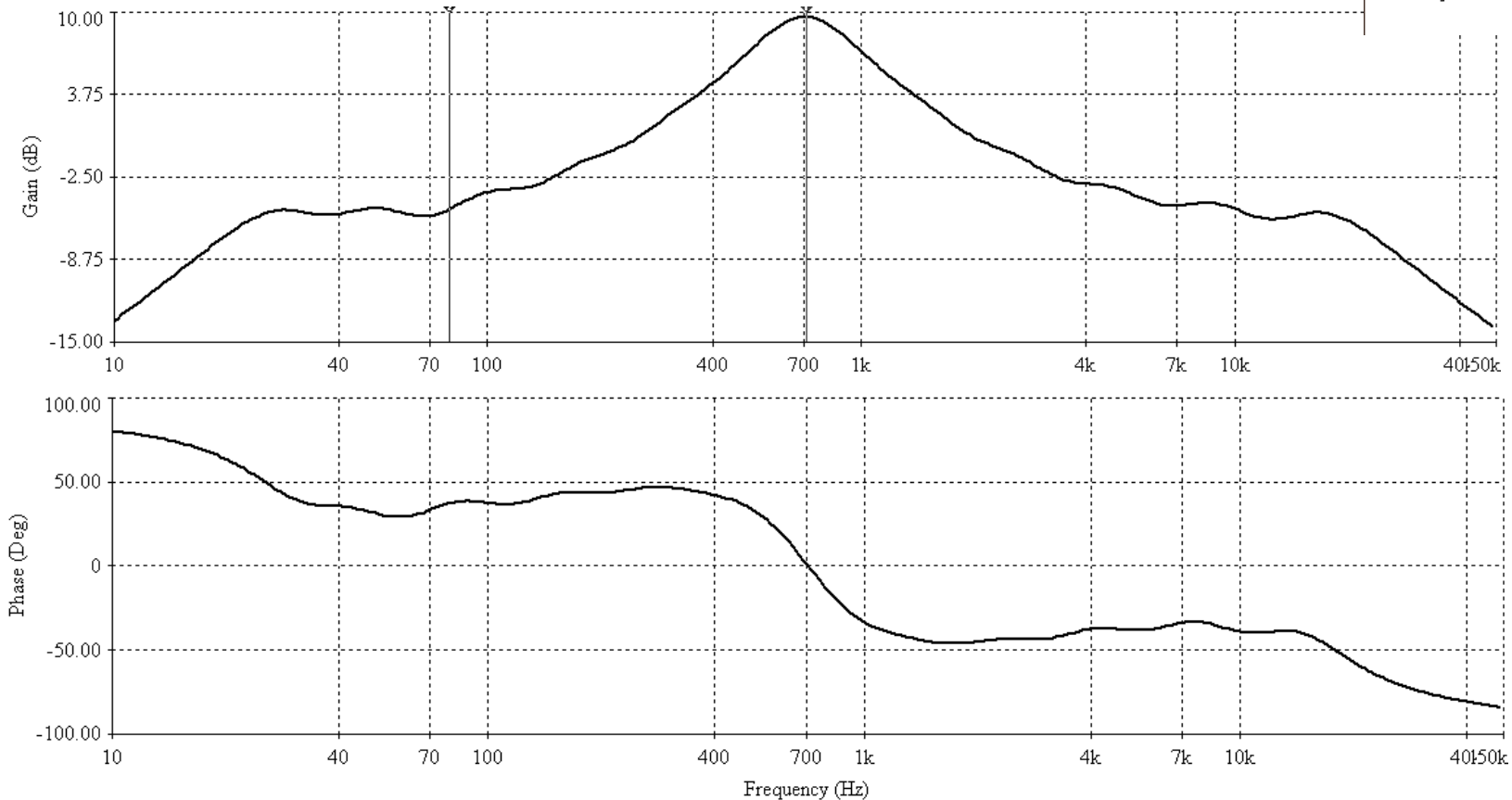
# АЧХ та ФЧХ багатосмугового регулятора форми на основі підсумовування сигналів активних фільтрів при мінімальних положеннях повзунків





# АЧХ та ФЧХ багатосмугового регулятора форми на основі підсумовування сигналів активних фільтрів при максимальному положенні повзунка фільтра 671 Гц

Bode Result	
x1	712.7898
y1	9.6278
x2	78.8734
y2	-4.9655
dx	-633.9164
dy	-14.5932
1/dx	-1.5775m
1/dy	-68.5250m
min x	10.0000
max x	48.9779k
min y	202.8543m
max y	3.0313
offset x	0.0000
offset y	0.0000



**Доповідь завершено.**

**Дякую за увагу**