

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

Кафедра радіотехніки

Активний багатосмуговий регулятор форми амплітудно-частотної характеристики на операційних підсилювачах

Дипломна робота

на здобуття кваліфікації радіоінженера

за спеціальністю 142 – телекомунікації та радіотехніка

Виконав – Куляс Роман Олексійович

студент групи РТр-16сп

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

кандидат технічних наук, проф. каф. РТ

Вінниця - 2017

Метою дипломної роботи є розробка та дослідження активного багатосмугового регулятора форми амплітудно-частотної характеристики на основі операційних підсилювачів.

Об'єктом дослідження є процес багатосмугового регулювання форми амплітудно-частотної характеристики на основі операційних підсилювачів.

Предметом дослідження є параметри та характеристики багатосмугових регуляторів форми АЧХ.

У дипломній роботі також проведено дослідження принципів побудови багатосмугових регуляторів форми АЧХ, а саме проведено аналіз побудови регулятора АЧХ на транзисторах, проведено аналіз побудови параметричного еквалайзера, проаналізовано та розраховано графічний еквалайзер на основі підсумовування сигналів смугових фільтрів, проаналізовано та розраховано графічний еквалайзер на основі диференціального підсилювача та на основі ввімкнення активного фільтру в коло зворотного зв'язку. Для явної впевненості та відповідності розрахунків було проведено моделювання з попереднім вибором моделюючої системи. Моделювання проведено в три етапи: розроблено модель, досліджено параметри моделі та проаналізовано результати. Моделювання проведено для трьох розповсюджених принципів побудови графічного еквалайзера, які були попередньо розраховані при дослідженні принципів побудови багато смугових регуляторів форми АЧХ. Моделювання проводилось в Electronic Workbench Multisim.

Розроблене та досліджене у даній дипломній роботі схемне рішення дозволяє спростити структуру пристрою в цілому, отримавши при цьому досить високі техніко-економічні показники.

БАГАТОСМУГОВИЙ РЕГУЛЯТОР ФОРМИ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІРАТОРІВ

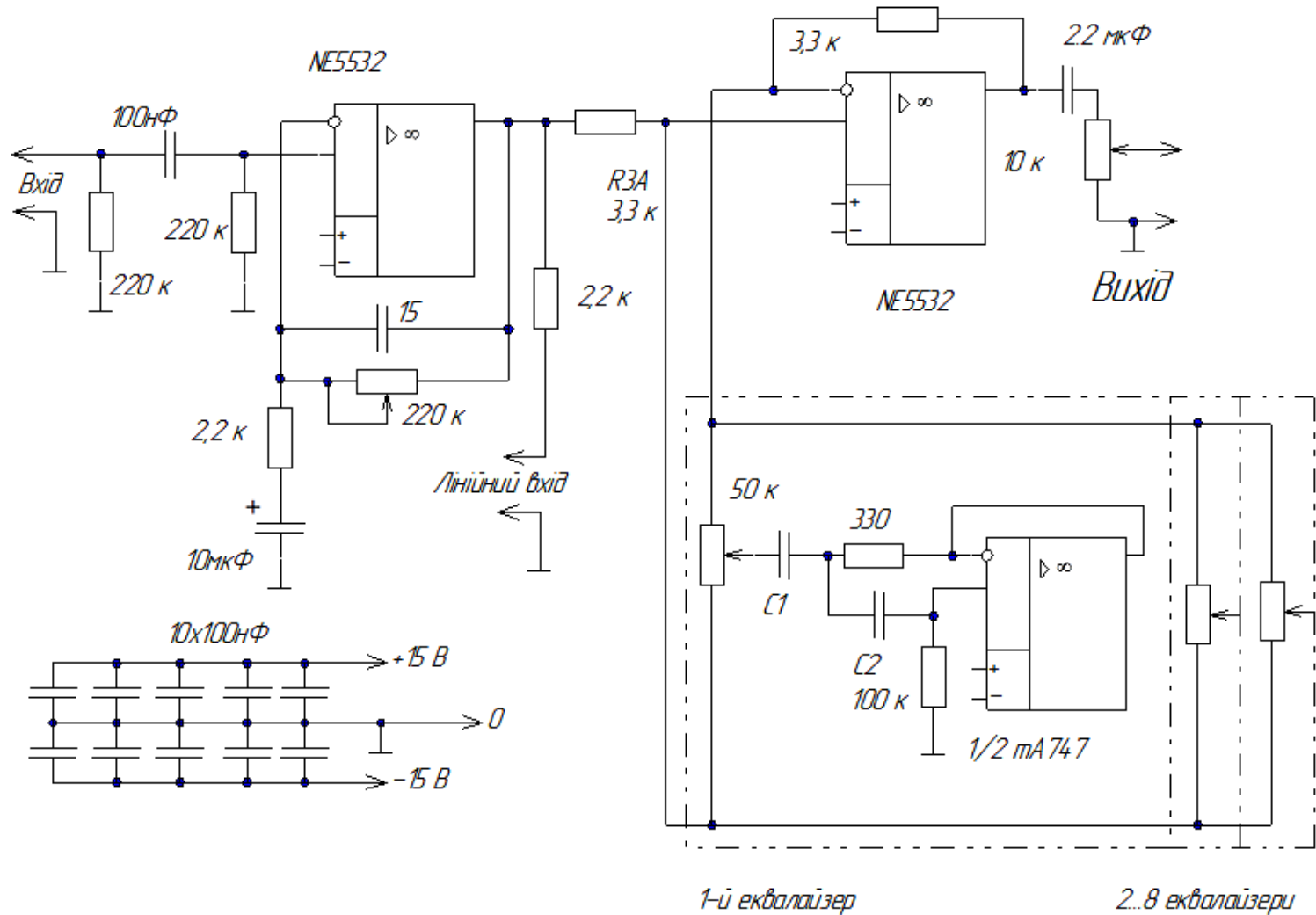
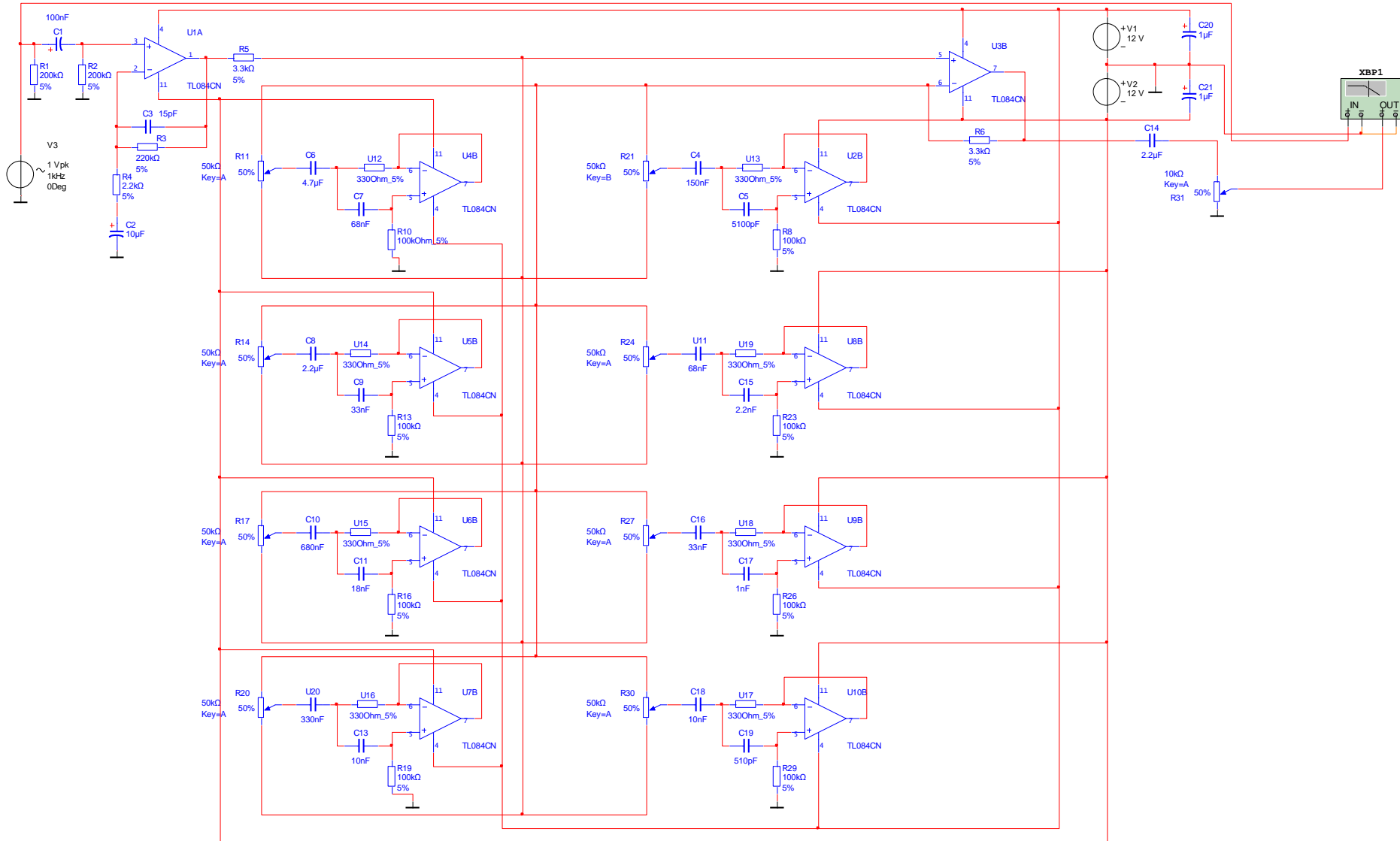


Рисунок 1 – Функціональна схема графічного екваїзера з використанням гіраторів

ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРАТОРІВ У ПРОГРАМІ MULTISIM 10.1



АЧХ ОКРЕМИХ КОНТУРІВ НА ОСНОВІ ГІРАТОРА

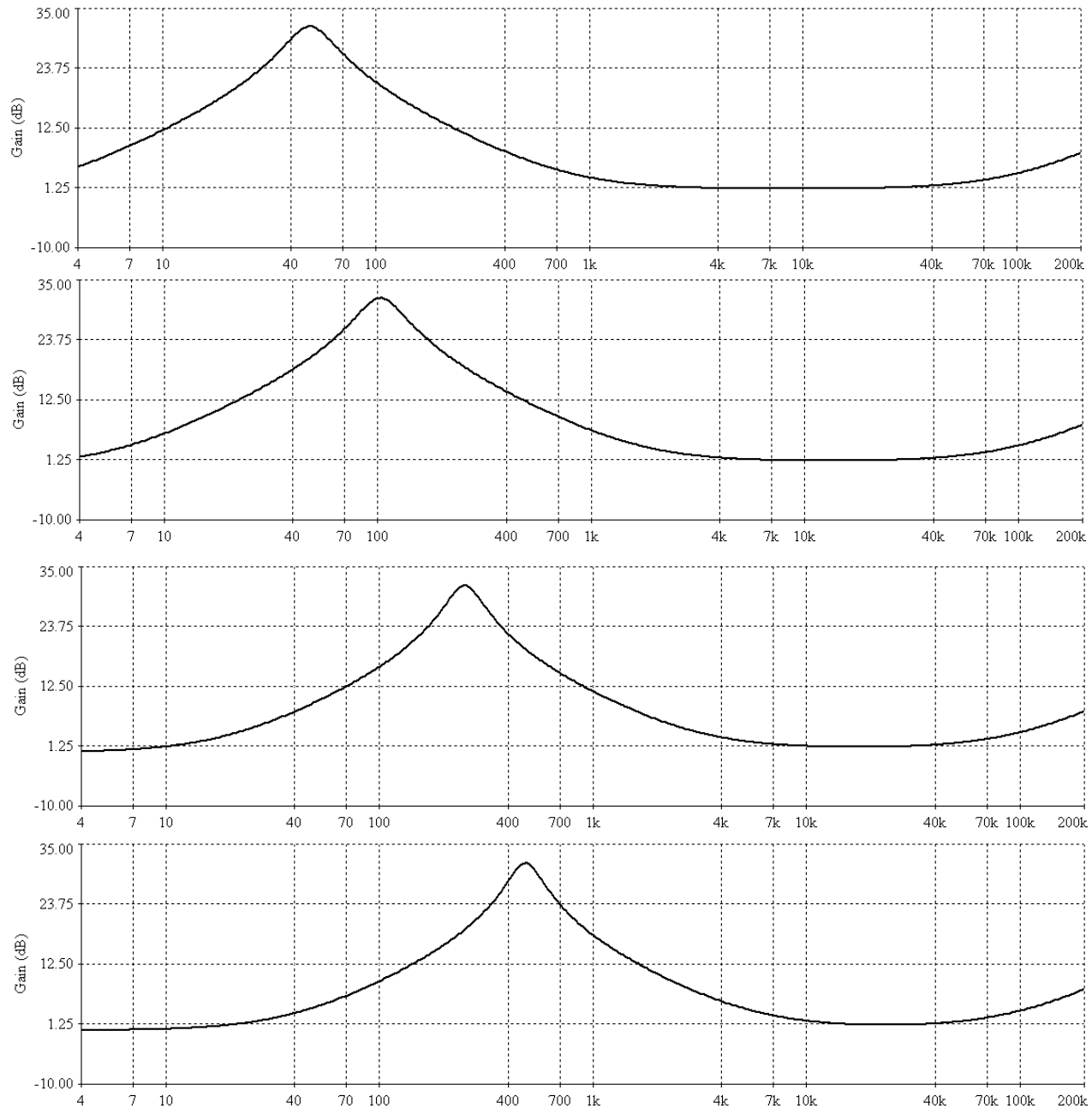


Рис. 1. АЧХ контурів на основі гіратора з центральною частотою 1) 50 Гц; 2) 100 Гц; 3) 250 Гц; 4) 500 Гц

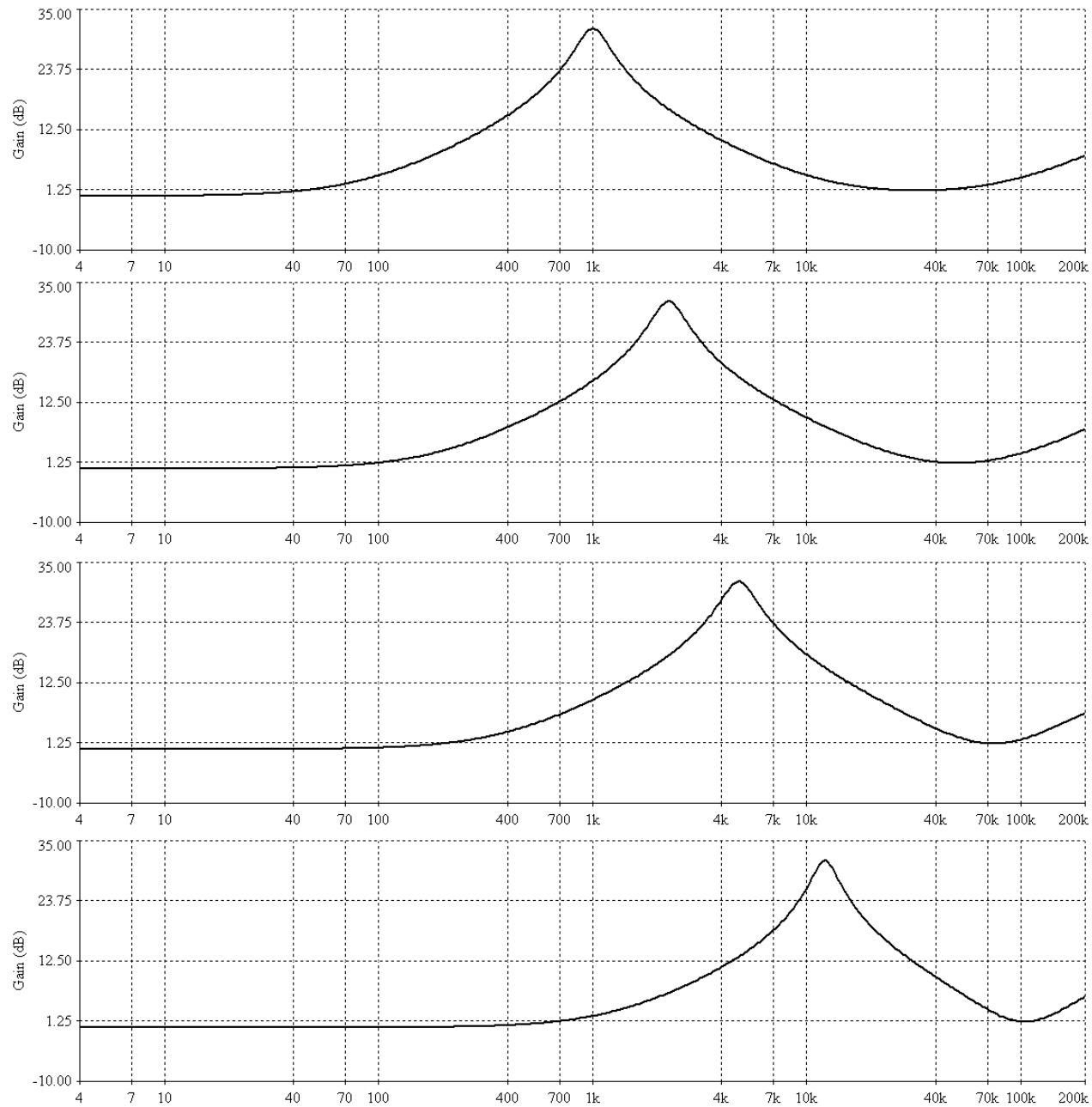


Рис. 2. АЧХ контурів на основі гіратора з центральною частотою 5) 1,0 кГц; 6) 2,2 кГц; 7) 5,0 кГц; 8) 12,0 кГц

АЧХ УСІХ КОНТУРІВ БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРУ НА ОСНОВІ ПІРАТОРІВ

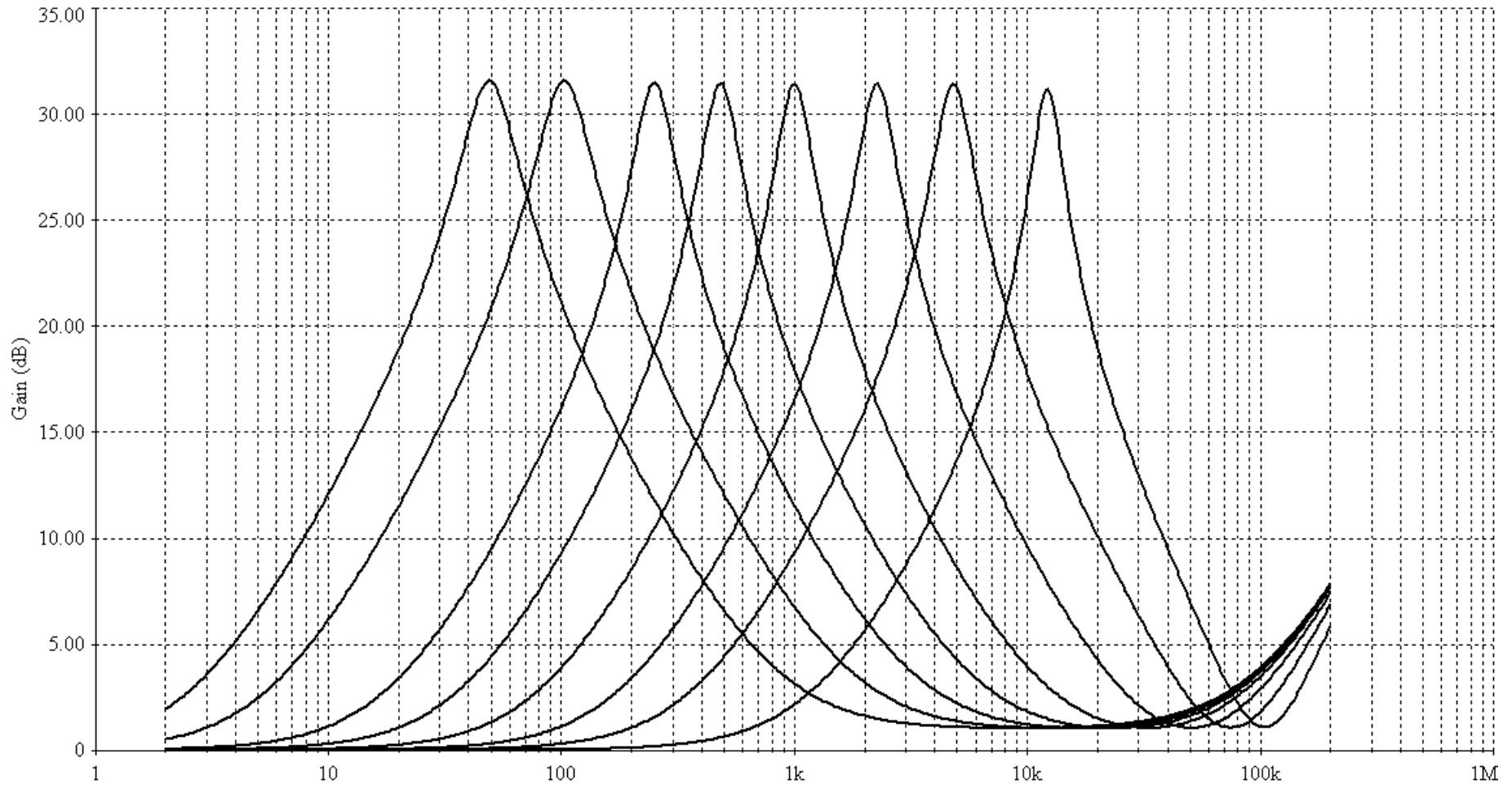


Рис. 1. АЧХ усіх контурів багатосмугового регулятора в одній системі координат

ФЧХ ОКРЕМИХ КОНТУРІВ НА ОСНОВІ ГІРАТОРА

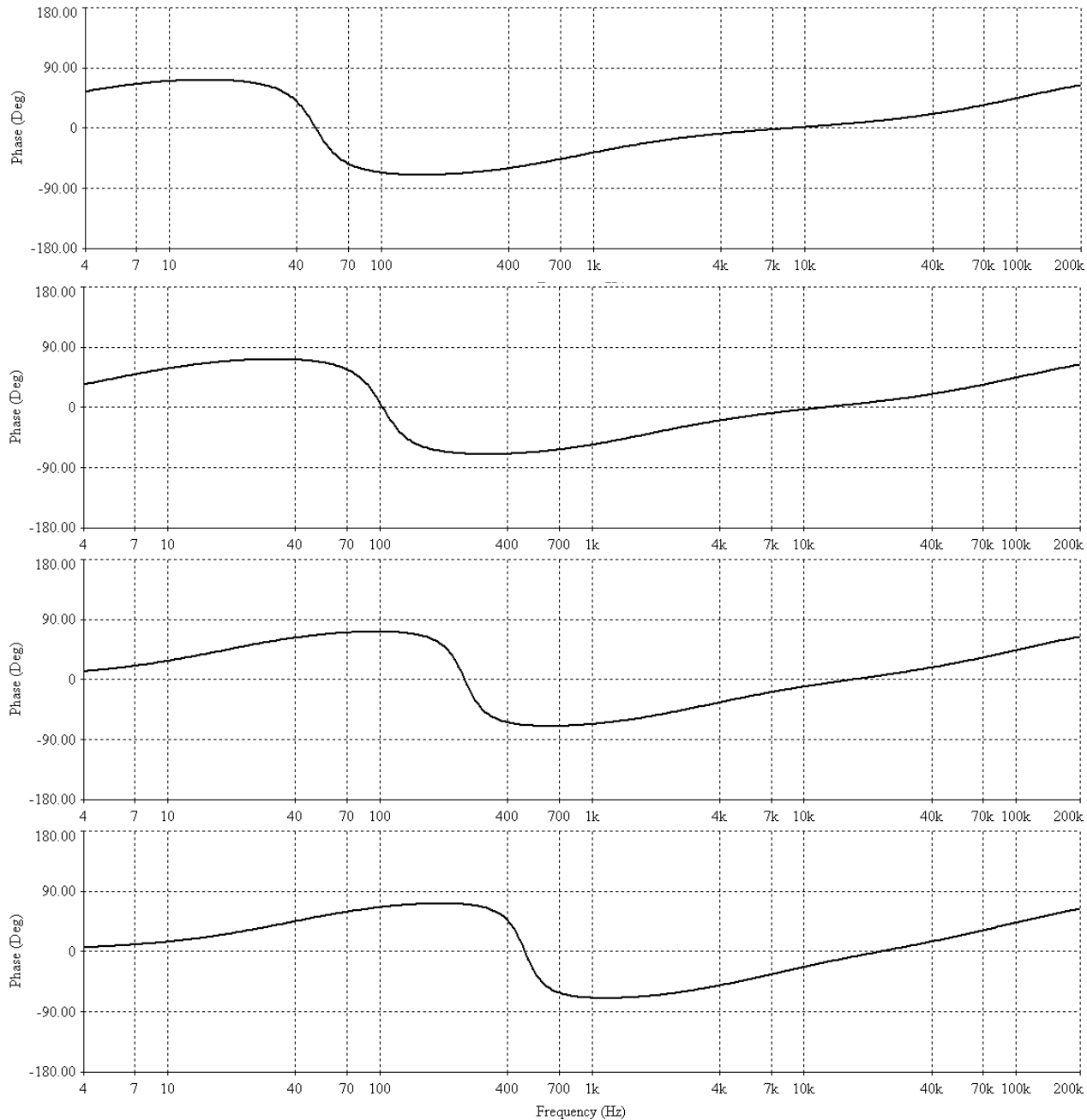


Рис. 1. ФЧХ контурів на основі гіратора з центральною частотою 1) 50 Гц; 2) 100 Гц; 3) 250 Гц; 4) 500 Гц

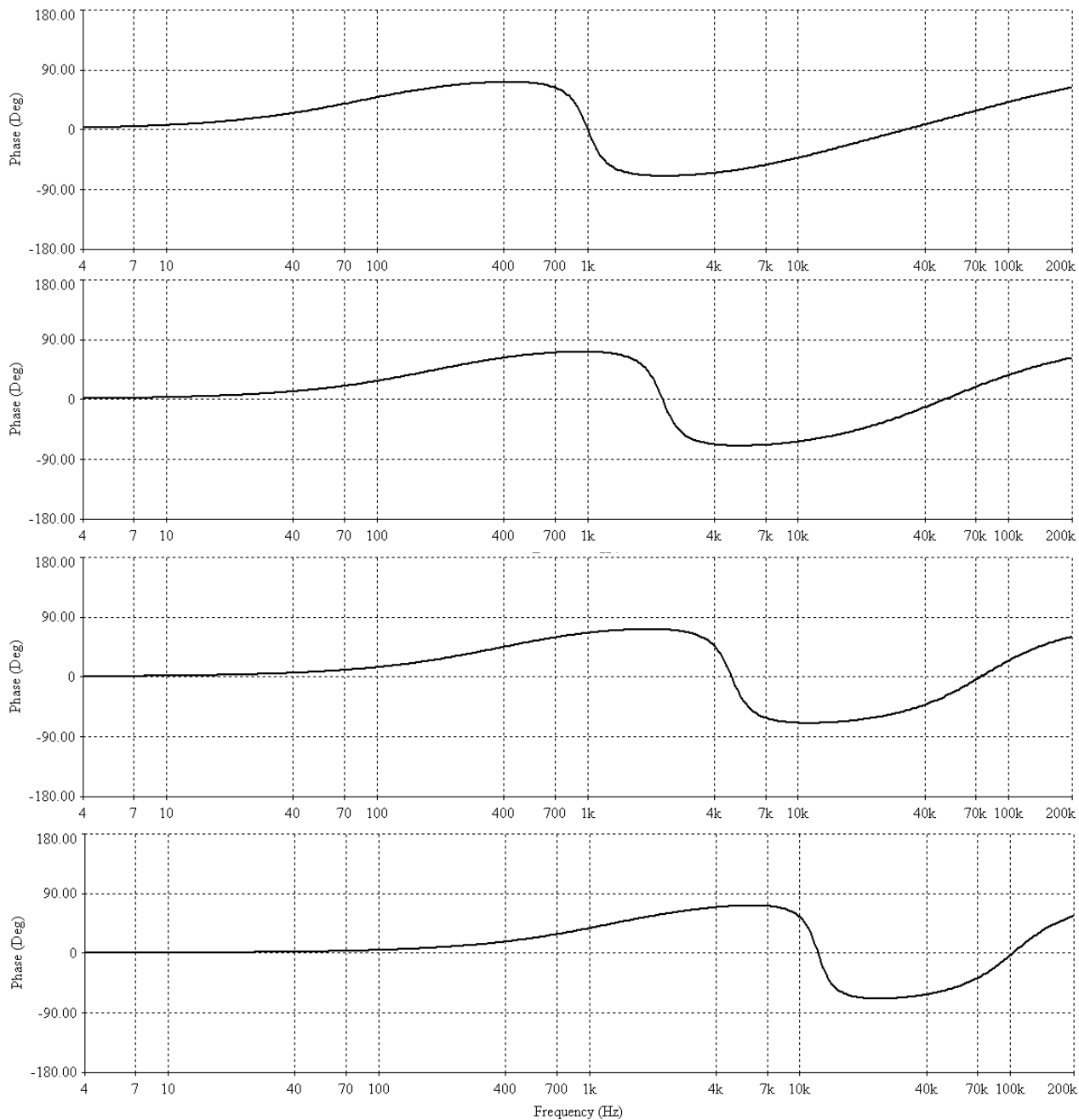


Рис. 2. ФЧХ контурів на основі гіратора з центральною частотою 5) 1,0 кГц; 6) 2,2 кГц; 7) 5,0 кГц; 8) 12,0 кГц

ФЧХ УСІХ КОНТУРІВ БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРУ НА ОСНОВІ ГІРАТОРІВ

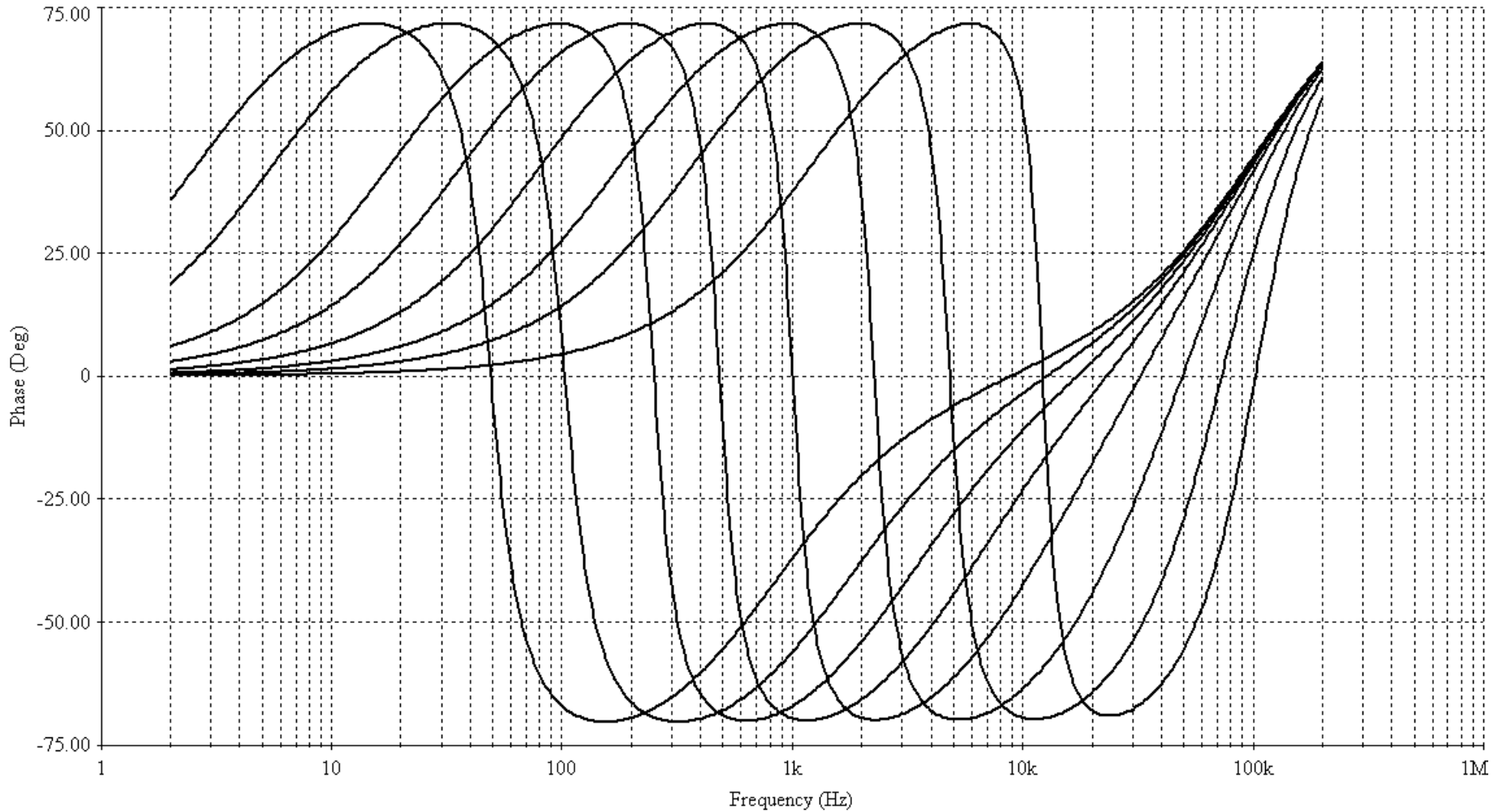


Рис. 1. ФЧХ усіх контурів багатосмугового регулятора в одній системі координат

ЗАГАЛЬНА АЧХ ТА ФЧХ БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВІ ГІРАТОРІВ З ПІДКЛЮЧЕНИМ БУФЕРНИМ КАСКАДОМ

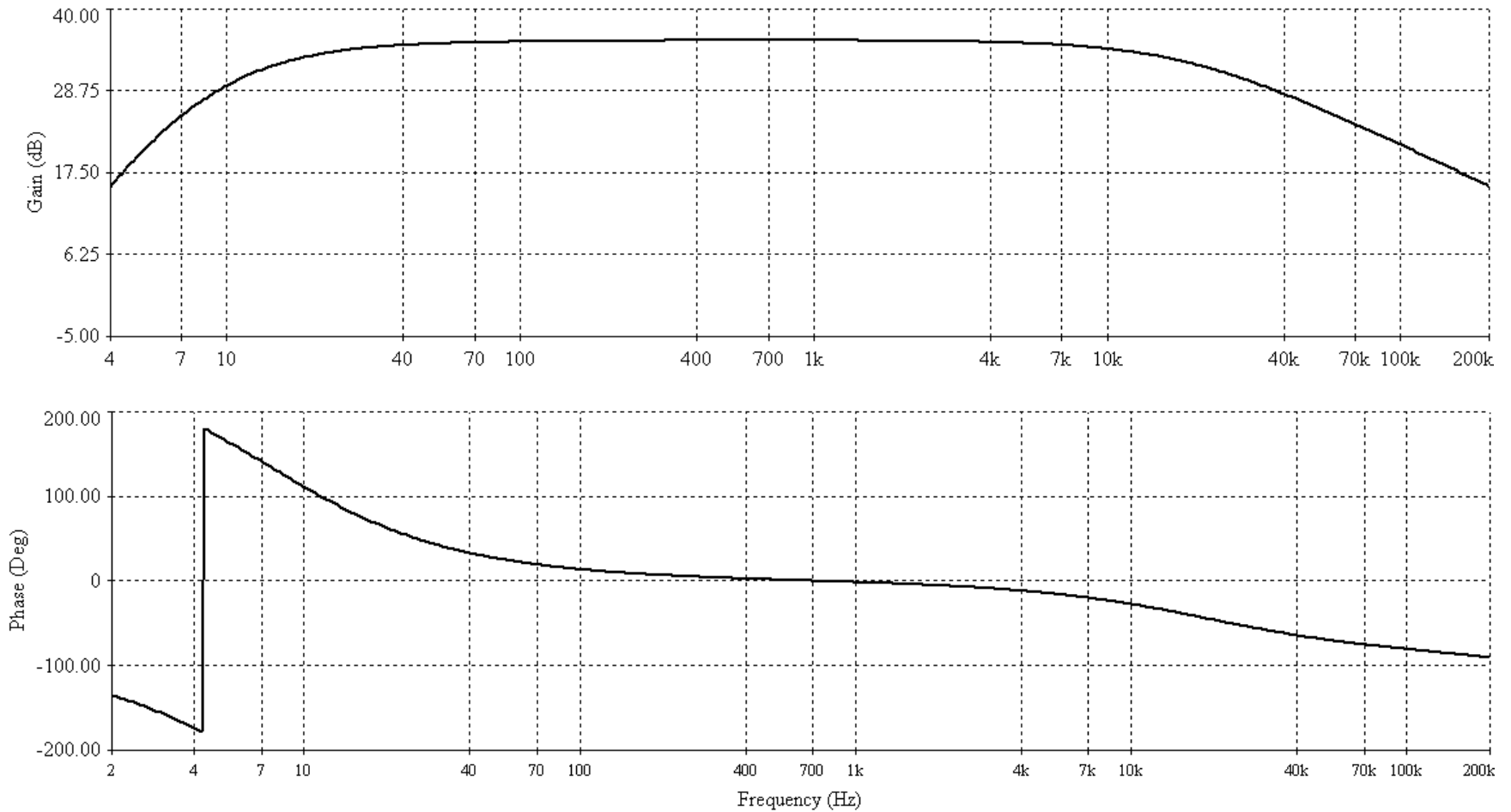
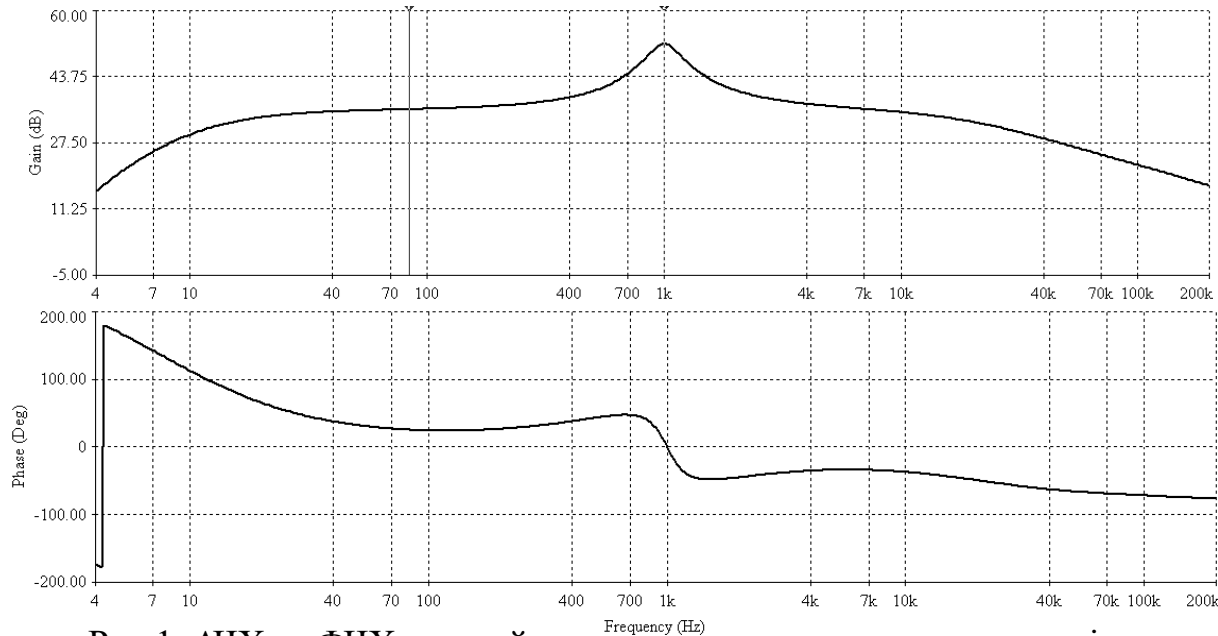


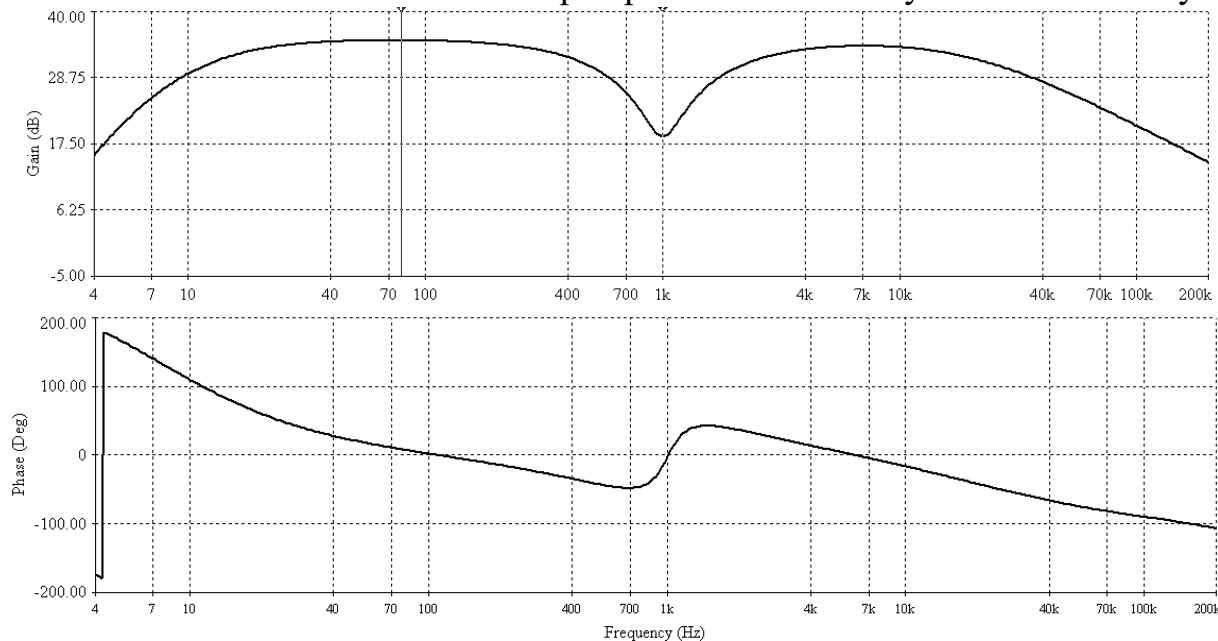
Рис. 1. Загальна АЧХ та ФЧХ багатосмугового регулятора з підключеним буферним каскадом

Регулювання на частоті 1 кГц АЧХ та ФЧХ еквалайзера на основі гіраторів



Bode Result	
x1	83.9305
y1	35.6946
x2	999.6596
y2	51.7943
dx	915.7292
dy	16.0997
1/dx	1.0920m
1/dy	62.1129m
min x	2.0000
max x	200.0000k
min y	976.6720m
max y	389.2133
offset x	0.0000
offset y	0.0000

Рис.1. АЧХ та ФЧХ еквалайзера при максимальному положенні повзунка одного з контурів



Bode Result	
x1	78.9897
y1	35.0916
x2	999.6596
y2	18.7857
dx	920.6700
dy	-16.3059
1/dx	1.0862m
1/dy	-61.3275m
min x	2.0000
max x	200.0000k
min y	975.2993m
max y	56.8484
offset x	0.0000
offset y	0.0000

Рис.2. АЧХ та ФЧХ еквалайзера при мінімальному положенні повзунка одного з контурів

БАГАТОСМУГОВИЙ РЕГУЛЯТОР ФОРМИ АЧХ НА ОСНОВІ ВВІМКНЕННЯ АКТИВНОГО ФІЛЬТРУ В КОЛО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

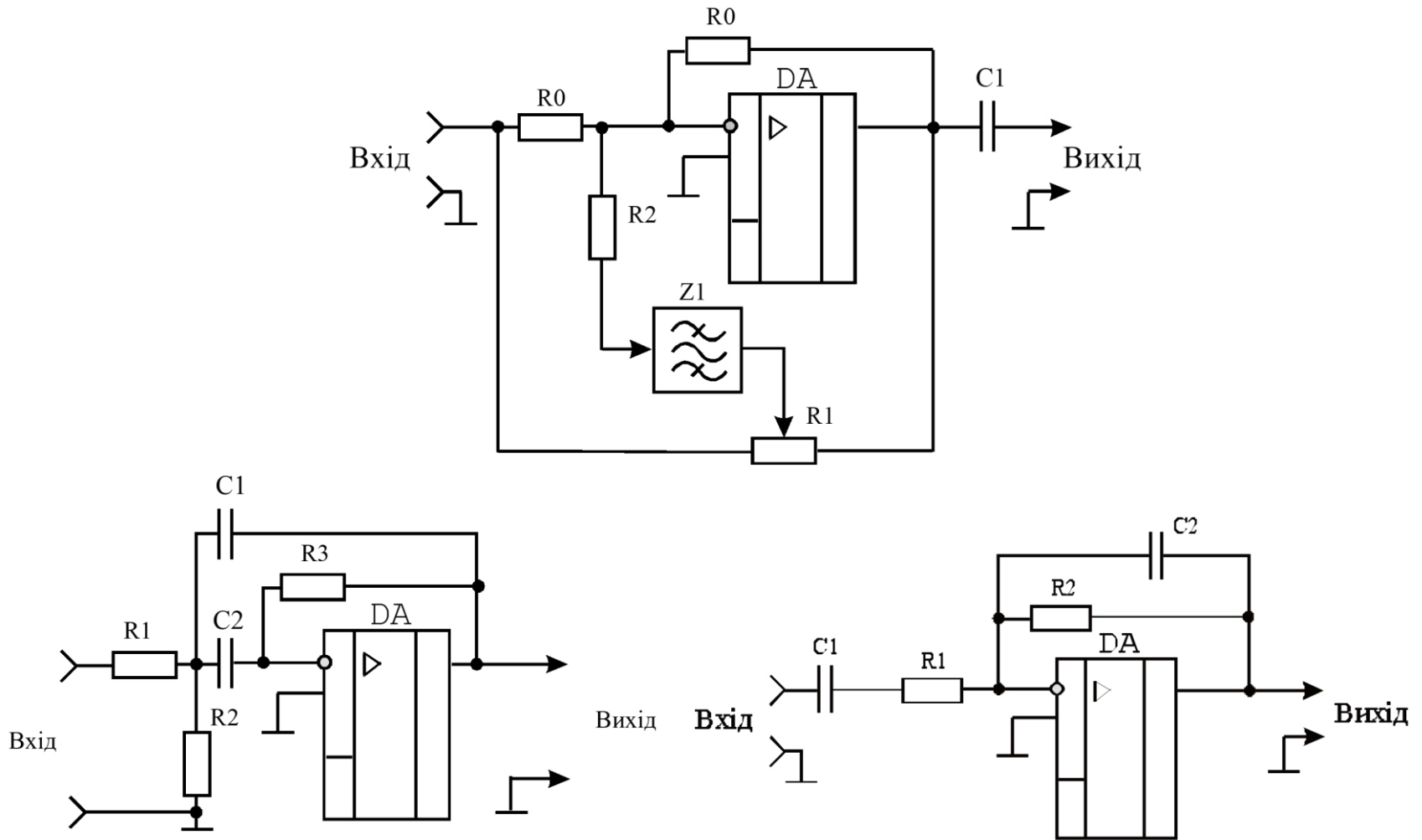
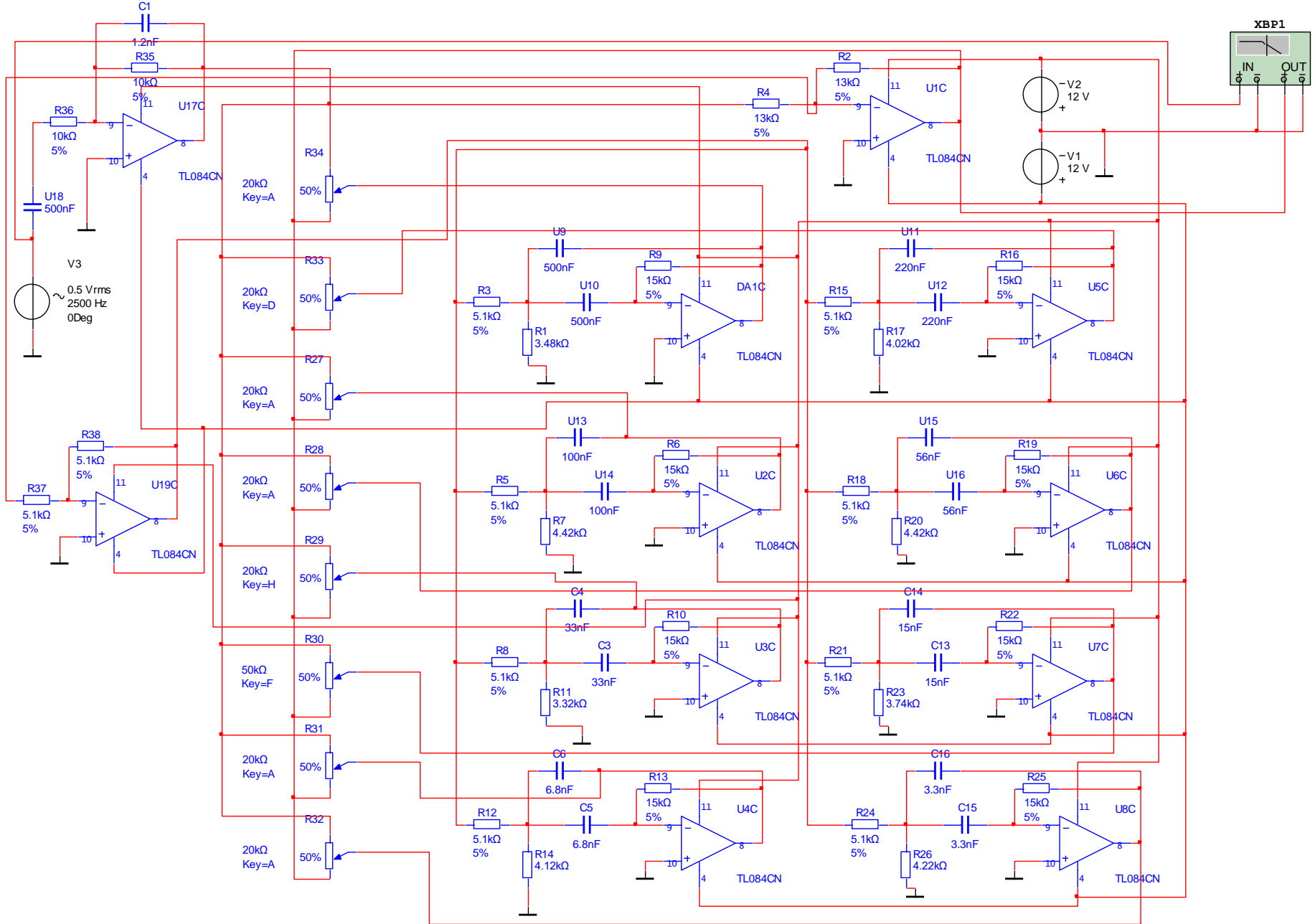


Рис.1. Функціональні схеми: а) багатосмугового регулятора форми АЧХ на основі ввімкнення активного фільтру в коло зворотного зв'язку; б) низькодобротного смугового RC фільтру на операційному підсилювачі; в) буферного каскаду

СХЕМА БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРА ФОРМИ АЧХ НА ОСНОВІ ВВІМКНЕННЯ АКТИВНОГО ФІЛЬТРУ В КОЛО ЗВОРНОГО ЗВ'ЯЗКУ



АЧХ ОКРЕМИХ НИЗЬКОДОБОТНИХ СМУГОВИХ РС ФІЛЬТРІВ

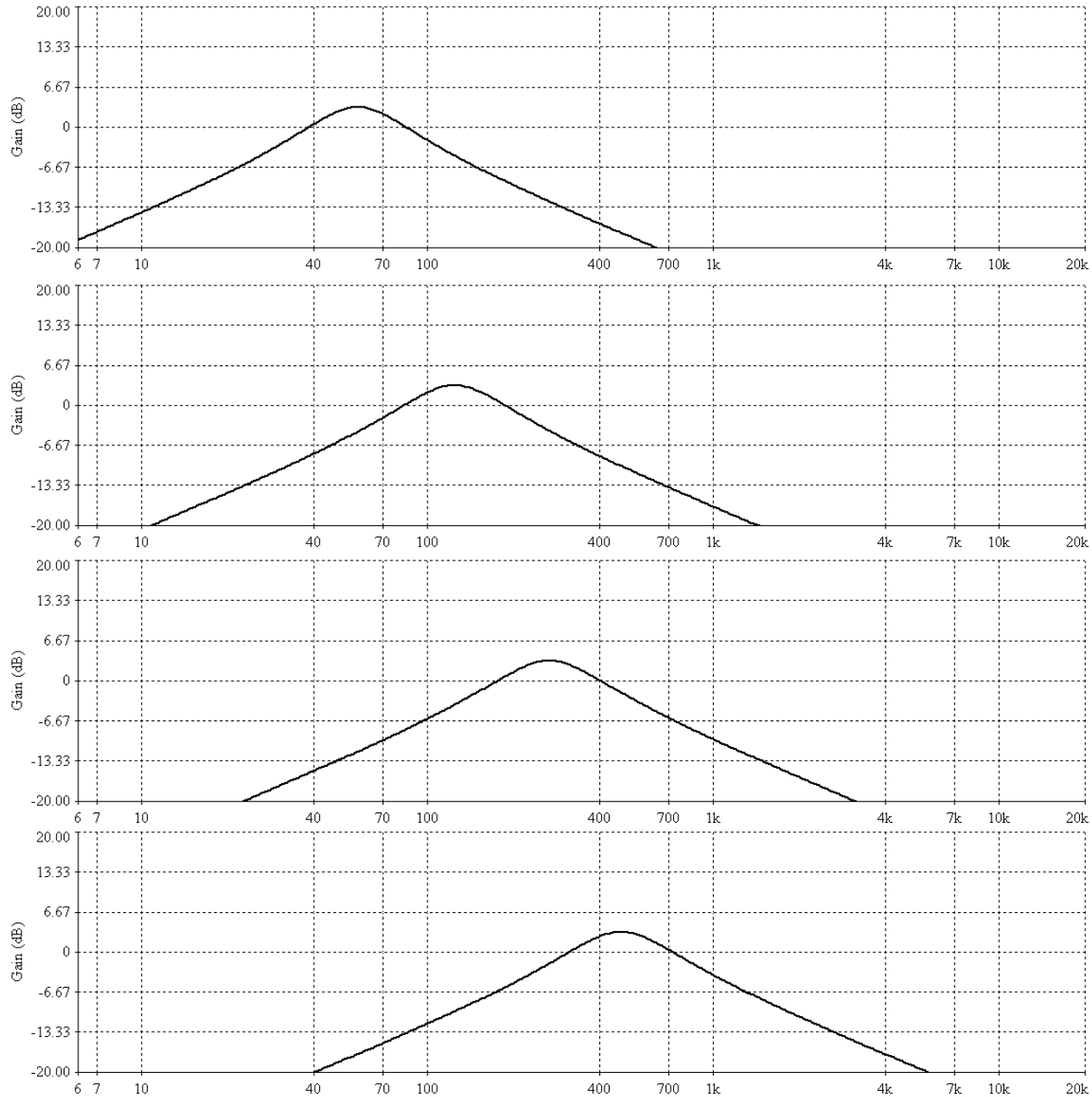


Рис. 1. АЧХ смугових РС фільтрів з центральною частотою 1) 71 Гц; 2) 141 Гц; 3) 281 Гц; 4) 560 Гц

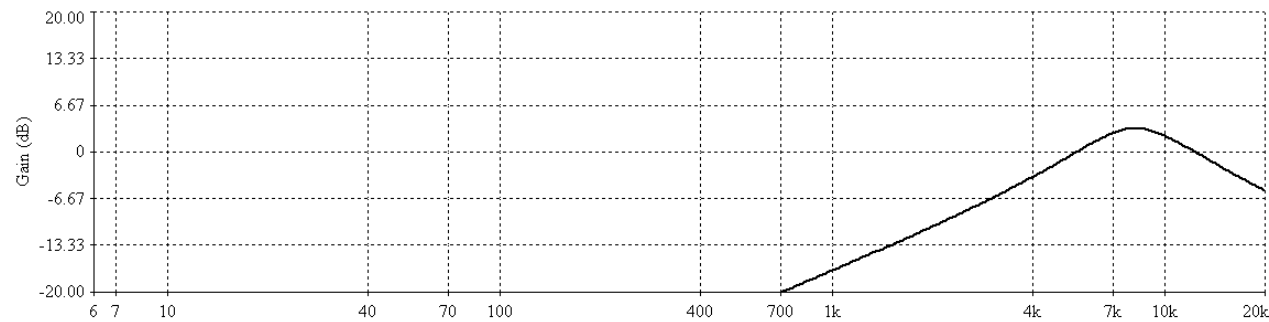
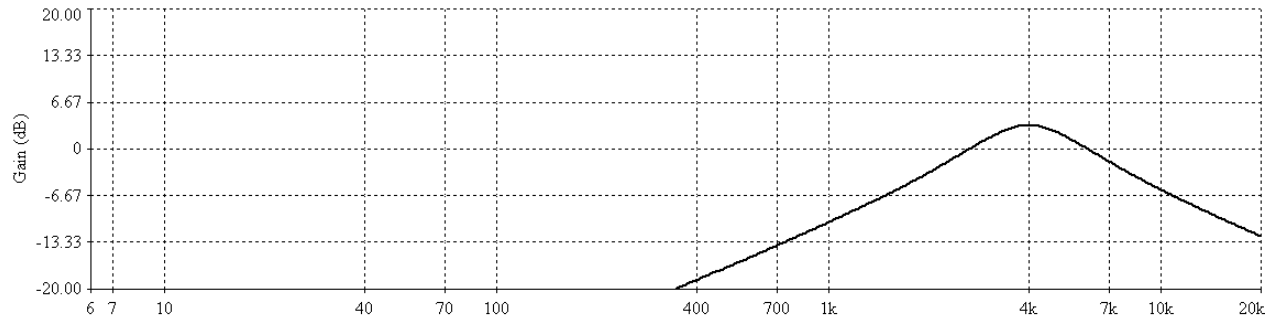
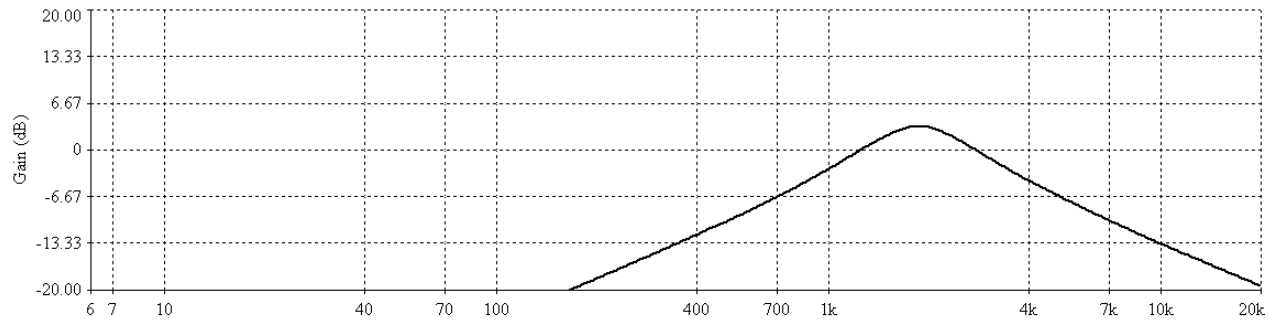
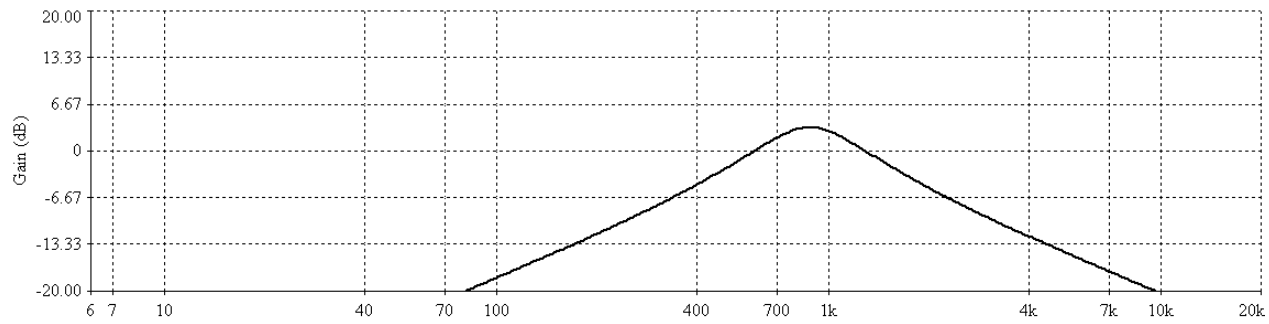


Рис. 2. АЧХ смугових RC фільтрів з центральною частотою 5) 1116 Гц; 6) 2226 Гц; 7) 4439 Гц; 8) 8852 кГц

ФЧХ ОКРЕМИХ НИЗЬКОДОБОТНИХ СМУГОВИХ РС ФІЛЬТРІВ

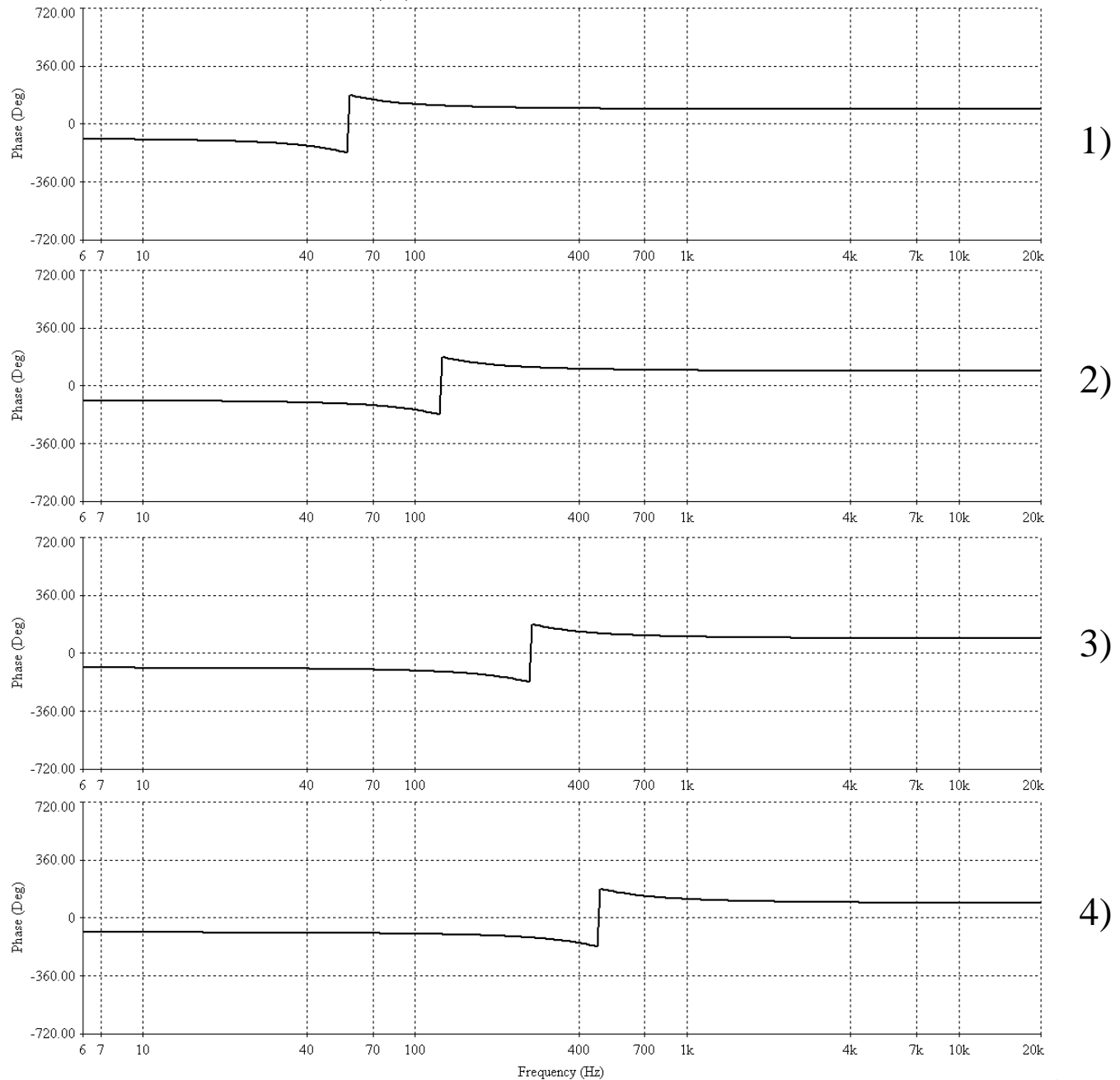


Рис. 1. ФЧХ смугових РС фільтрів з центральною частотою 1) 71 Гц; 2) 141 Гц; 3) 281 Гц; 4) 560 Гц

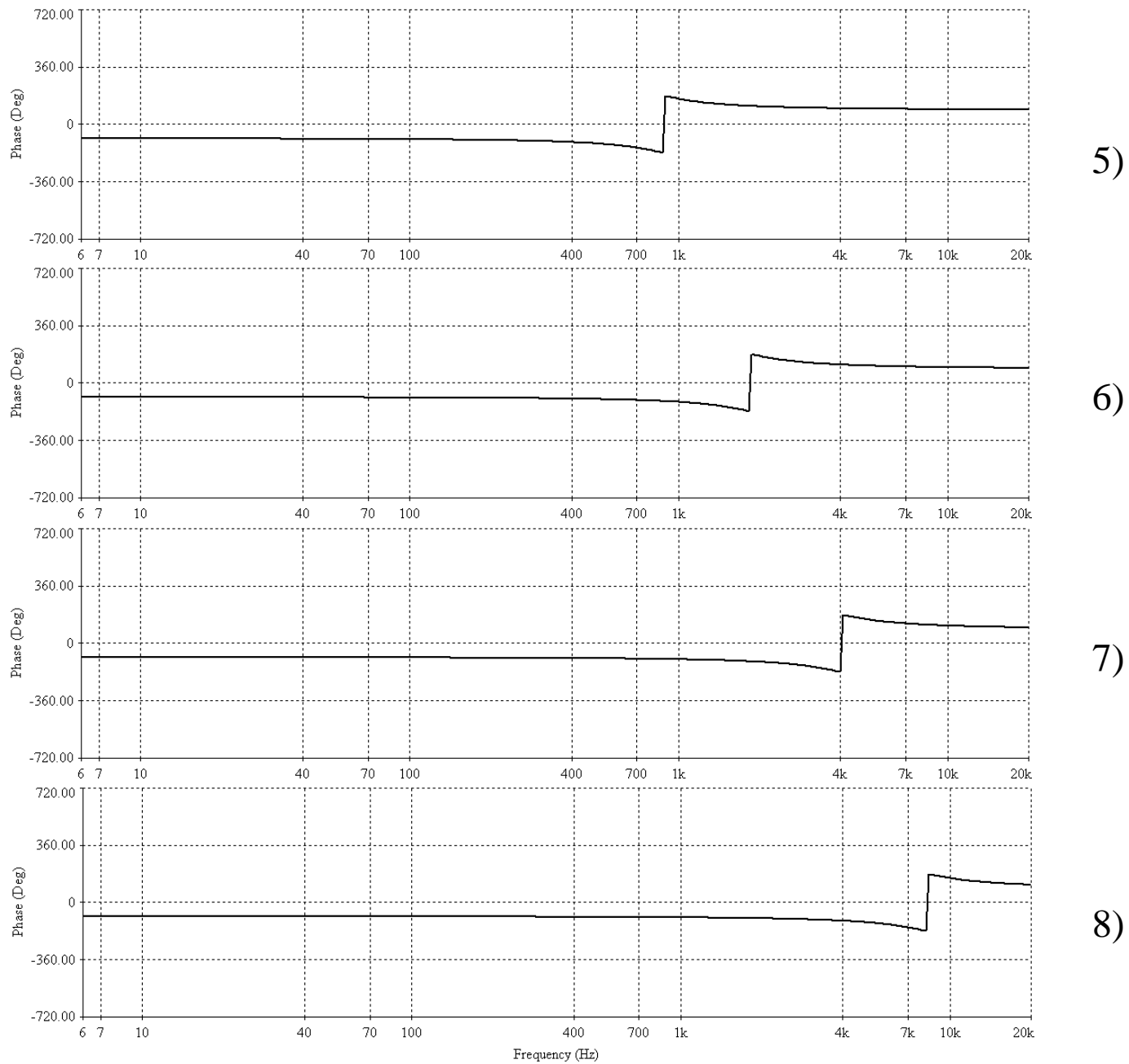


Рис. 2. ФЧХ смугових RC фільтрів з центральною частотою 5) 1116 Гц; 6) 2226 Гц; 7) 4439 Гц; 8) 8852 кГц

АЧХ УСІХ ФІЛЬТРІВ БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРУ НА ОСНОВІ ВВІМКНЕННЯ СМУГОВОГО ФІЛЬТРУ В КОЛО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

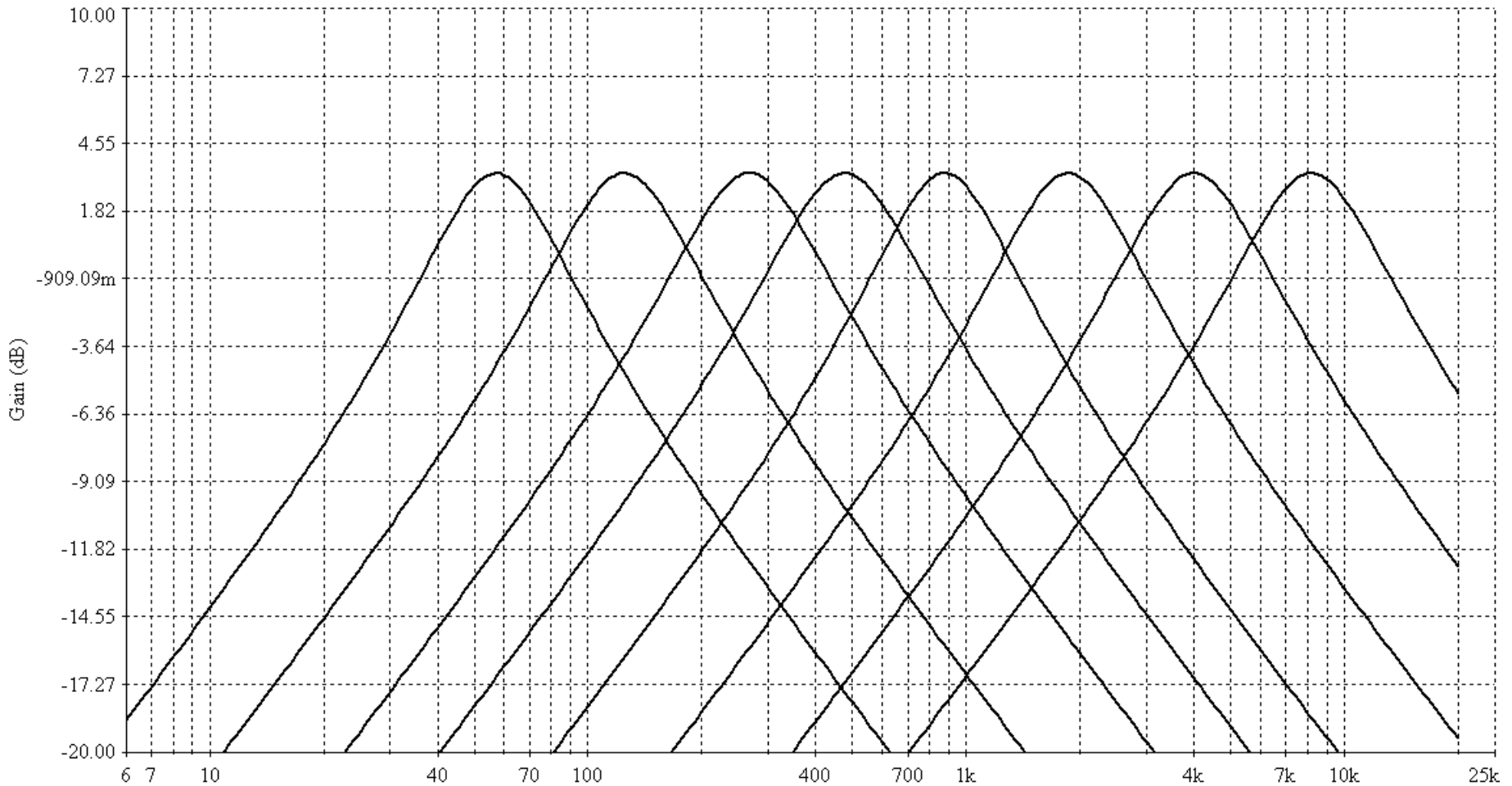


Рис.1. АЧХ усіх фільтрів багатосмугового регулятора на основі ввімкнення смугового фільтру в коло зворотного зв'язку

ФЧХ УСІХ ФІЛЬТРІВ БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРУ НА ОСНОВІ ВВІМКНЕННЯ СМУГОВОГО ФІЛЬТРУ В КОЛО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

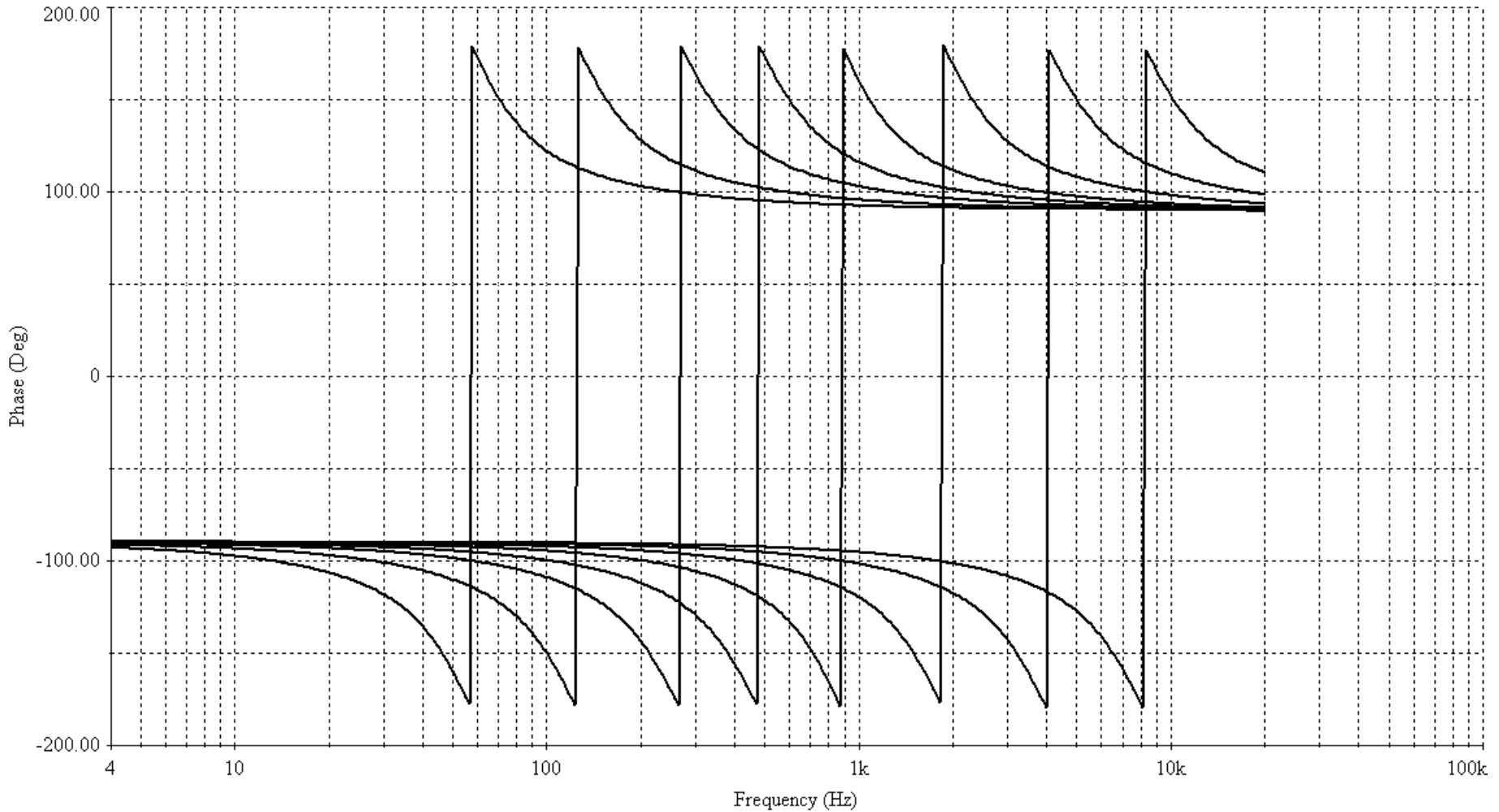


Рис.1. ФЧХ усіх фільтрів багатосмугового регулятора на основі ввімкнення смугового фільтру в коло зворотного зв'язку

ЗАГАЛЬНА АЧХ ТА ФЧХ БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВІ ВВІМКНЕННЯ СМУГОВОГО ФІЛЬТРУ В КОЛО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

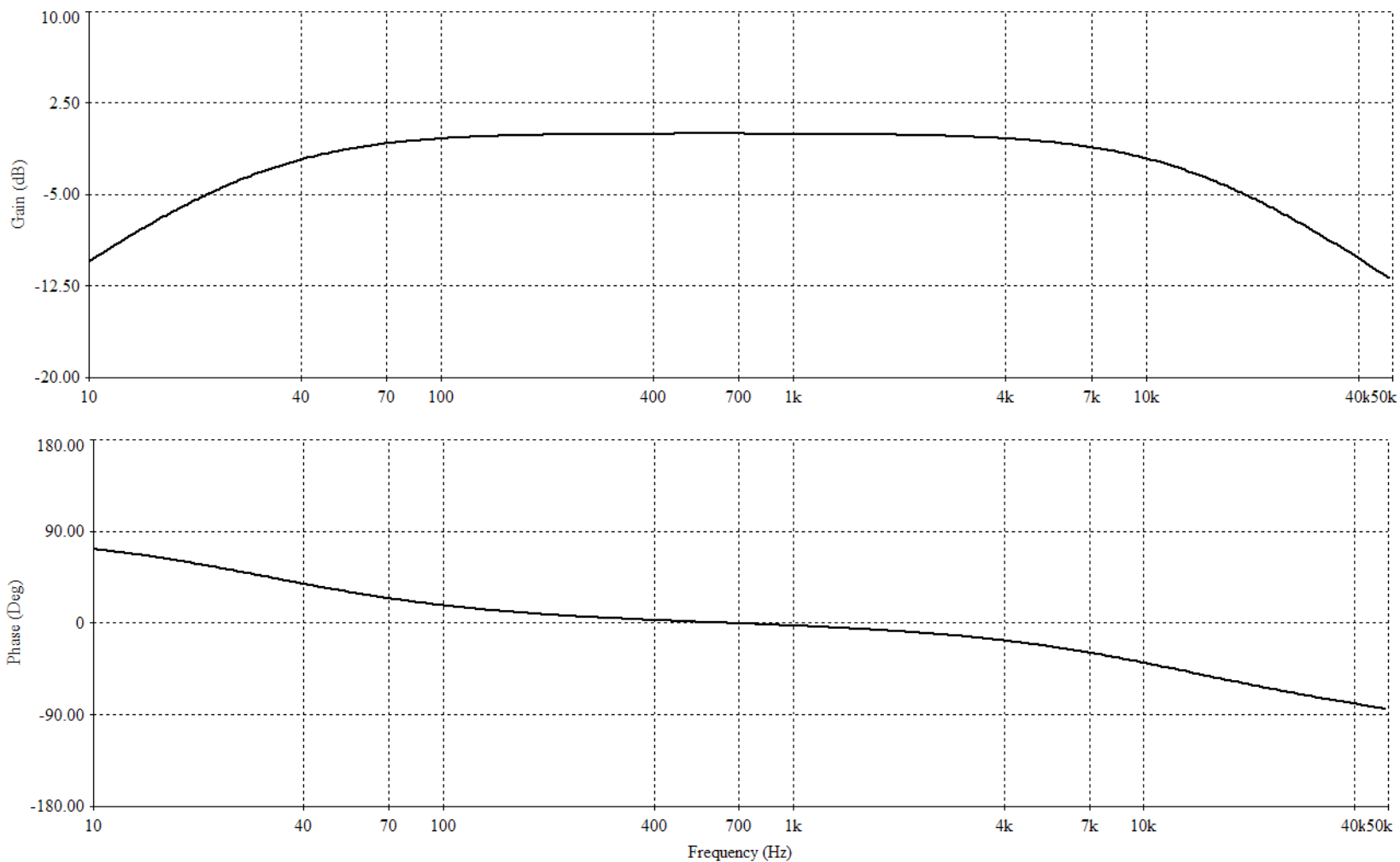


Рис. 1. Загальна АЧХ та ФЧХ багатосмугового регулятора на основі ввімкнення смугового фільтру в коло зворотного зв'язку

РЕГУЛЮВАННЯ ФОРМИ АЧХ ТА ФЧХ БАГАТОСМУГОВОГО РЕГУЛЯТОРА

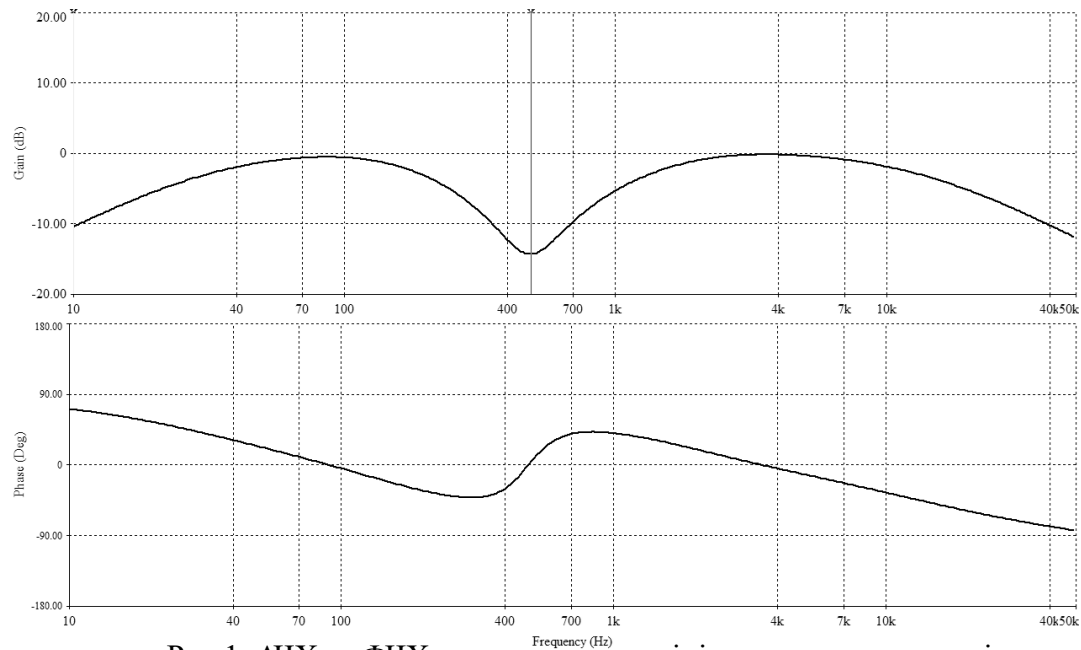


Рис.1. АЧХ та ФЧХ регулятора при мінімальному положенні повзунка одного з контурів (560 Гц)

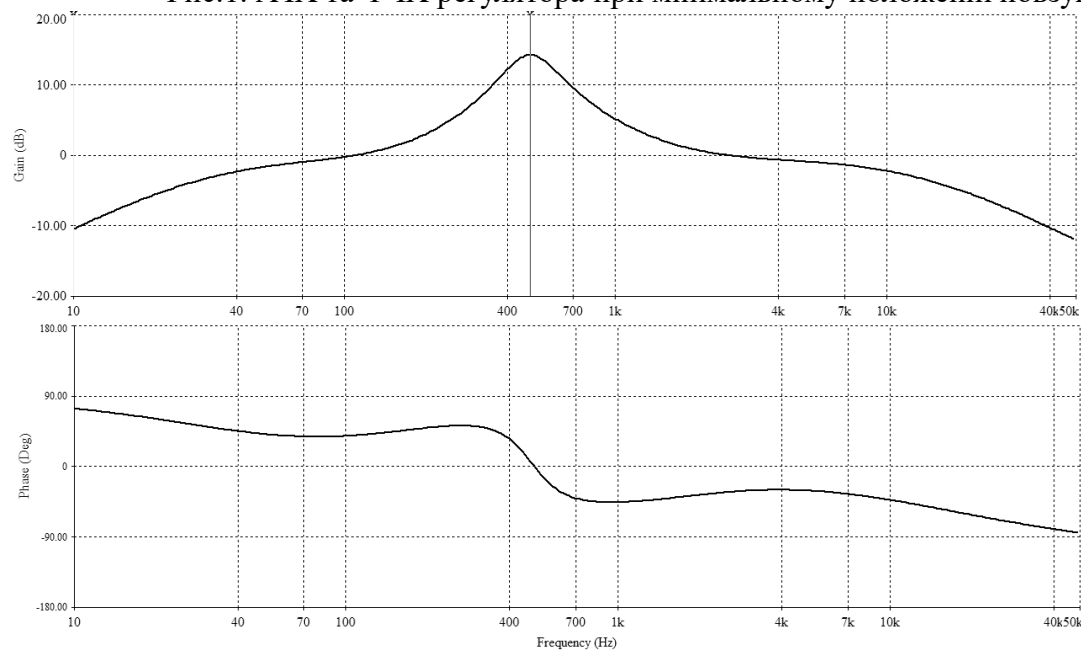
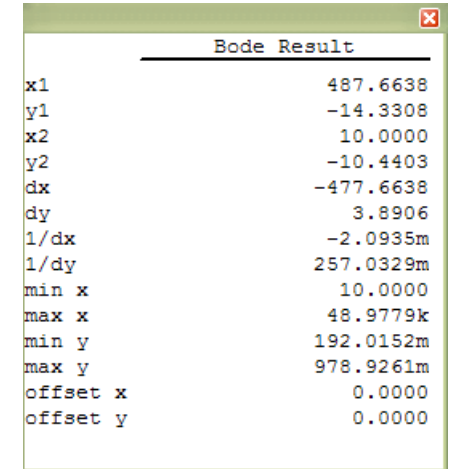
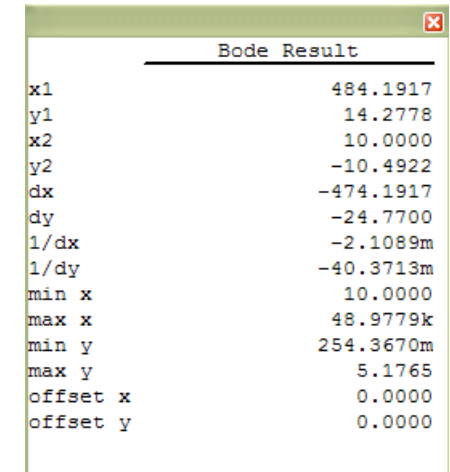


Рис.2. АЧХ та ФЧХ регулятора при максимальному положенні повзунка одного з контурів (560 Гц)



Доповідь завершено.

Дякую за увагу