

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и технологий  
Высшая школа киберфизических систем и управления

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
БАКАЛАВРА**

**ОСЛАБЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ НА  
АУДИОАППАРАТУРУ СЕТЕВЫМИ ФИЛЬТРАМИ**

по направлению 12.03.01 Приборостроение  
Направленность (профиль) 12.03.01\_02 Информационные  
технологии безопасности объектов

Выполнил  
студент гр. 3531201/60201

Ионов Д.А.

Руководитель  
Доцент

Дьяченко Ю.Н.

Санкт-Петербург  
2020

# Введение

- **Актуальность** — Востребованность поиска и интеграции оптимальных технических решений при проектировании аудиоаппаратуры, способствующих подавлению влияния сетевых помех.
- **Цель работы** — Анализ современных подходов и методов подавления сетевых помех. Исследование эффективности применения фильтров различного типа в аудиоаппаратуре.
- **Задачи:**
  - Сравнительный анализ основных видов помех и методов их подавления;
  - Моделирование работы различных подавляющих фильтров в режиме реального времени;
  - Оценка эффективности применения подавляющих фильтров;

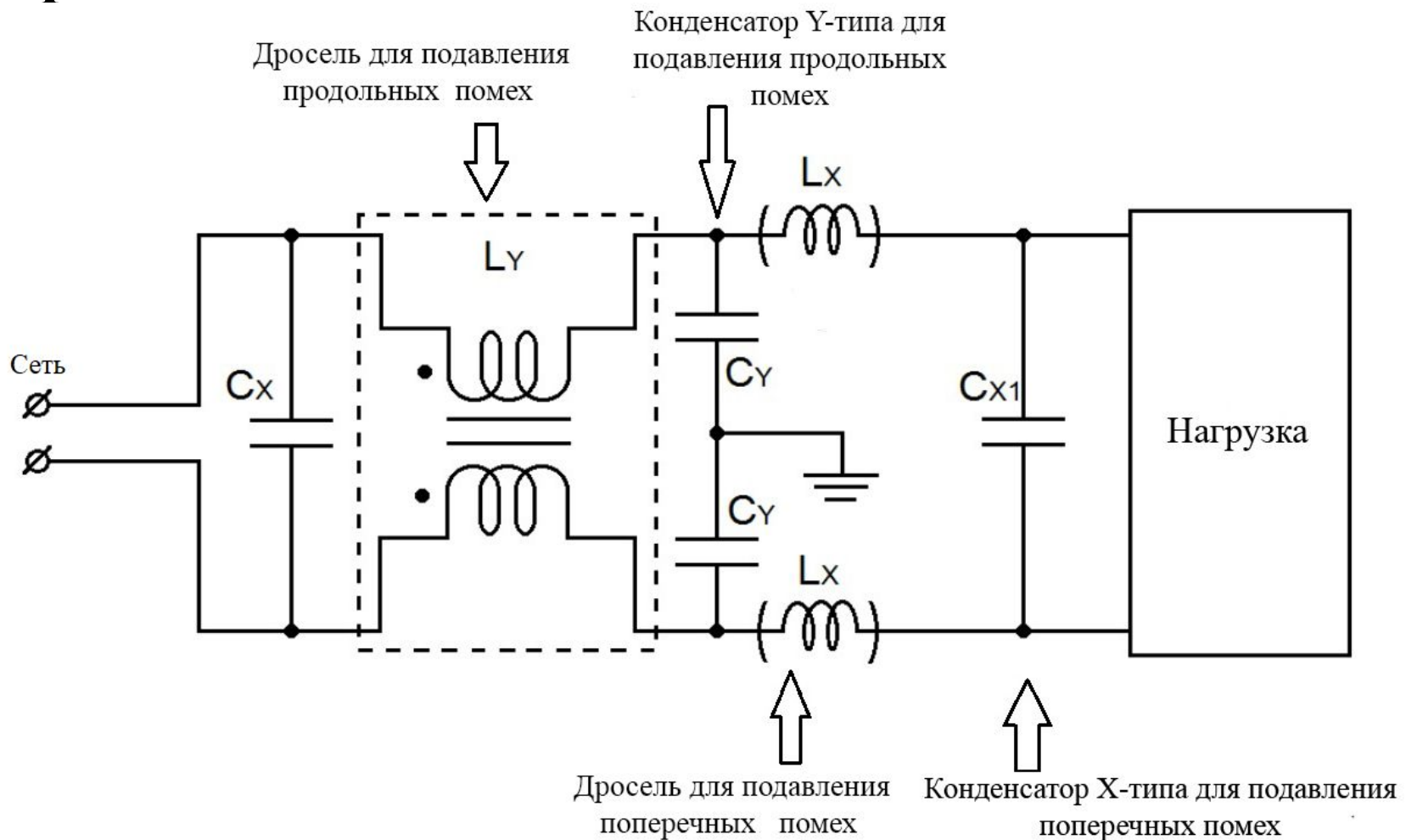
# Классификация электромагнитных помех

Продольная помеха		Поперечная помеха		Вариативная помеха	Тип помехи	
Линейное		Связанное		Линейное/Связанное	Тип распространения	
1		2		3	4	Способ подавления
Напряжение	Напряжение			Напряженность электромагнитного поля	Характер воздействия	
10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц	100 МГц	Частота помехи	

Цифрами на рисунке обозначены способы подавления помех:

- 1: X-конденсаторы, проходные дросели.
- 2: Y-конденсаторы, дросели со встречной намоткой.
- 3: Грамотная организация цепи заземления;
- 4: Экранирование

# Типовая схема двухзвенного фильтра, подразумевающая подавление поперечных и продольных помех



# Подключение фильтра В84112G сетевых помех в разных режимах работы в САПР Multisim

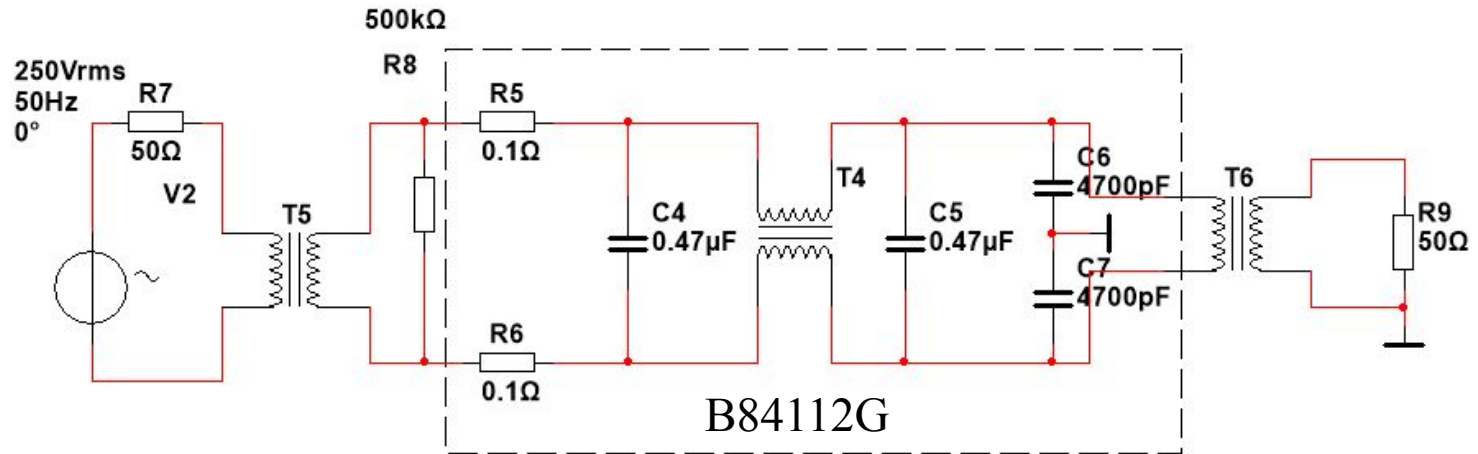


Схема подключения фильтра В84112G для исследования подавления поперечных помех.

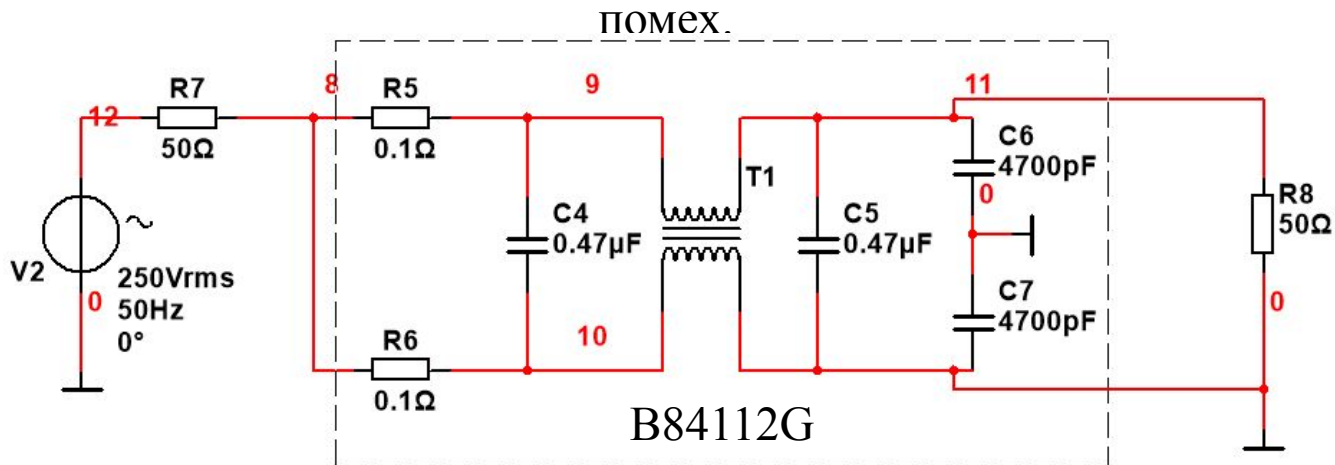
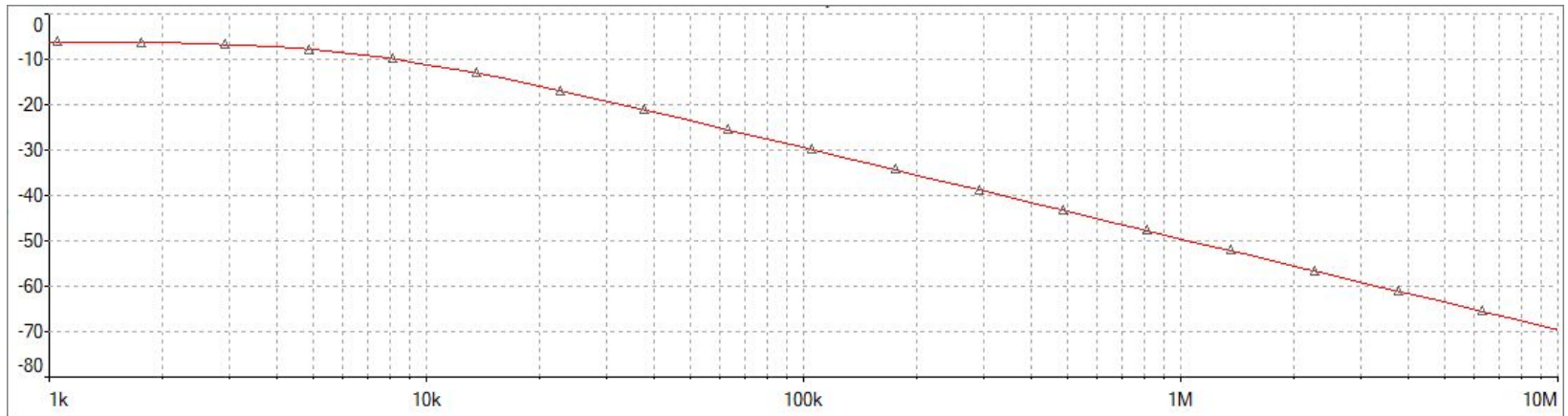
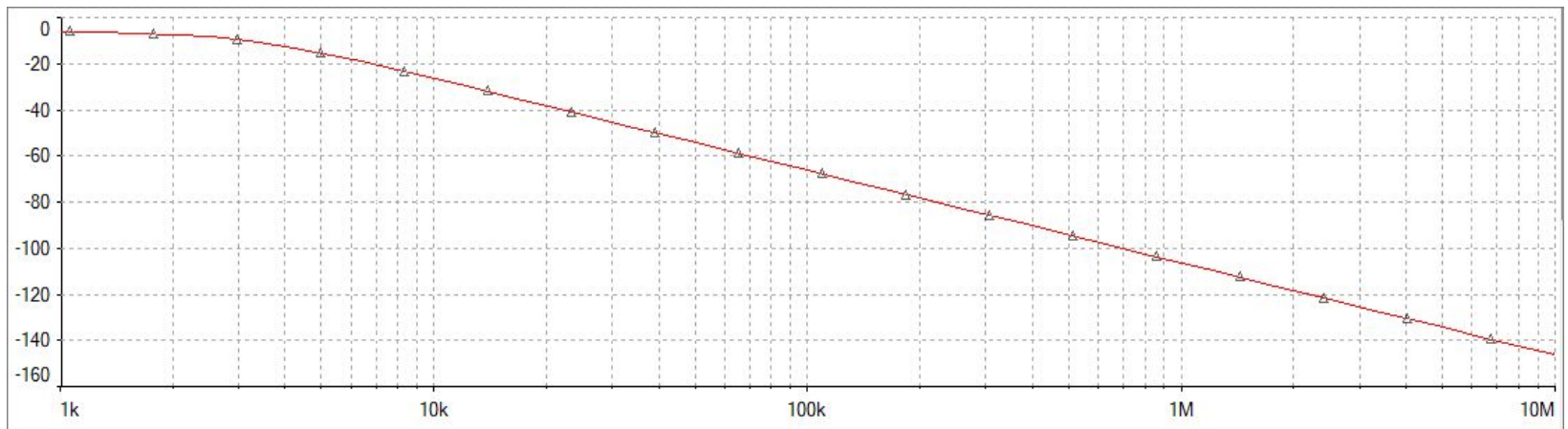


Схема подключения фильтра В84112G для исследования подавления продольных помех.

# АЧХ фильтра В84112G сетевых помех, подключенного в разных режимах

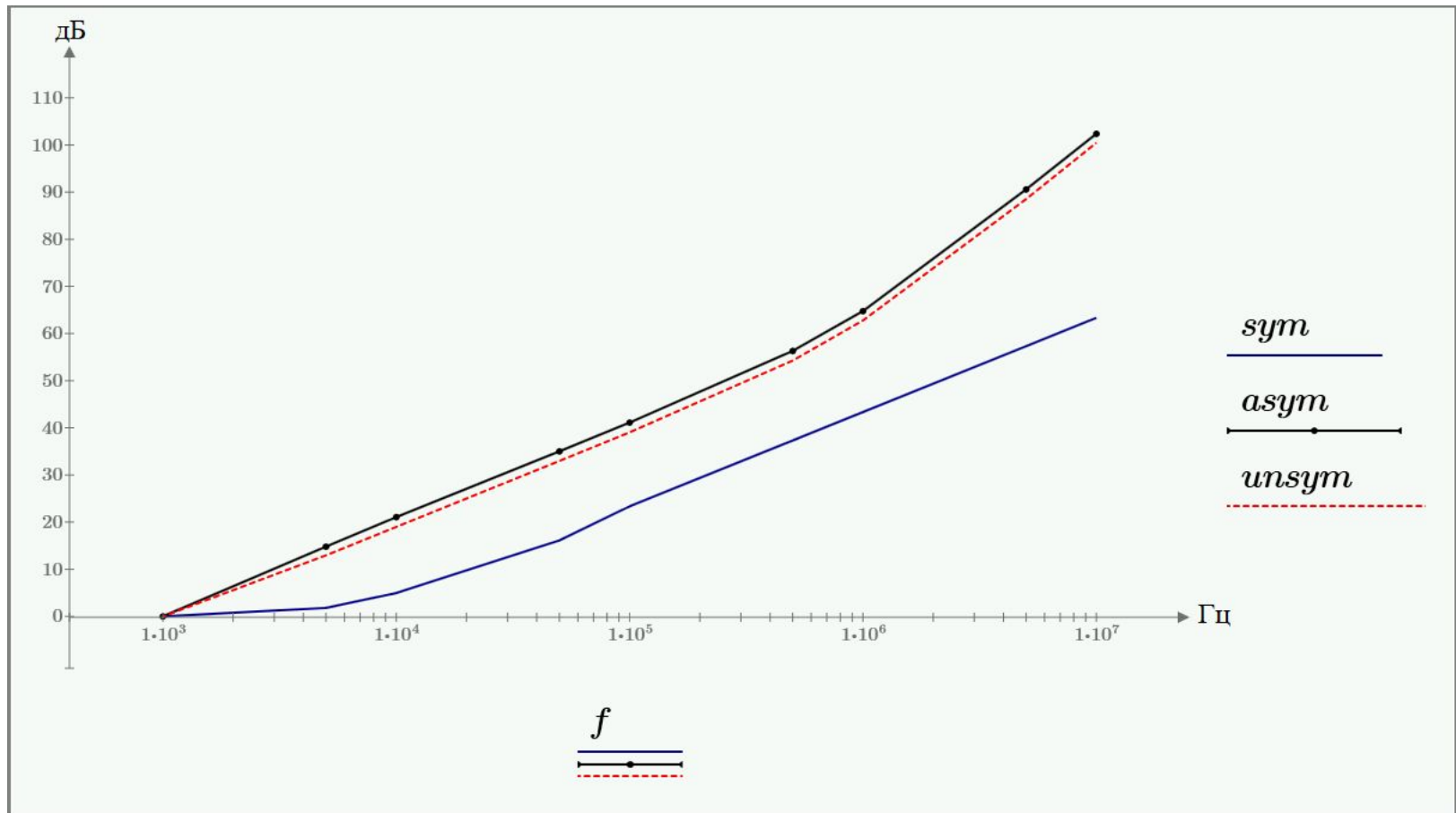


АЧХ фильтра В84112G при схеме подключения для исследования подавления поперечных помех  
 $A = 20$  дБ/дек - Коэффициент затухания – скорость спада АЧХ.



АЧХ фильтра В84112G при схеме подключения для исследования подавления продольных помех  
 $A = 19$  дБ/дек - Коэффициент затухания – скорость спада АЧХ.

# Графики зависимости коэффициента затухания от частоты



Зависимость коэффициента затухания от частоты помехи для фильтра В84112G в режимах подавления поперечных (*sym*), продольных (*asym*) и комбинации помех (*unsym*).

# Подключение фильтра В84113С с идеальными и реальными характеристиками элементов

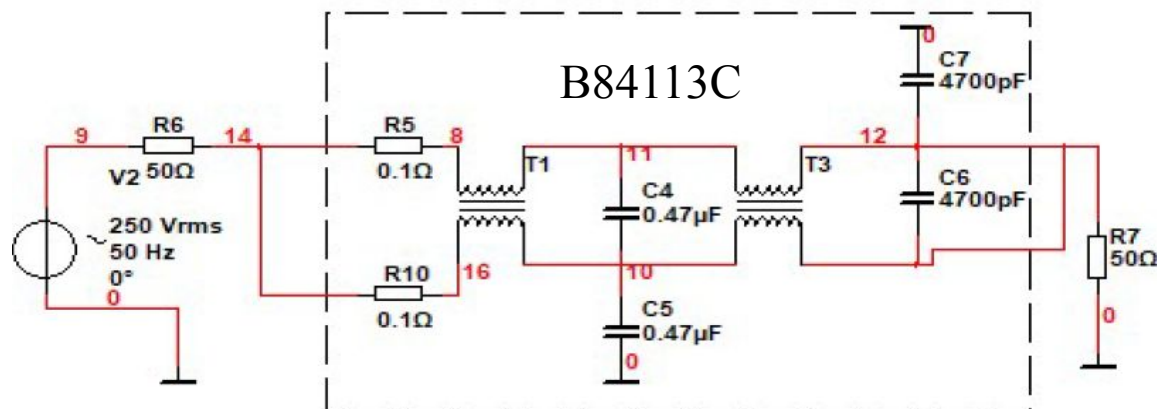


Схема подключения фильтра В84113С для исследования подавления продольных помех с идеальными компонентами.

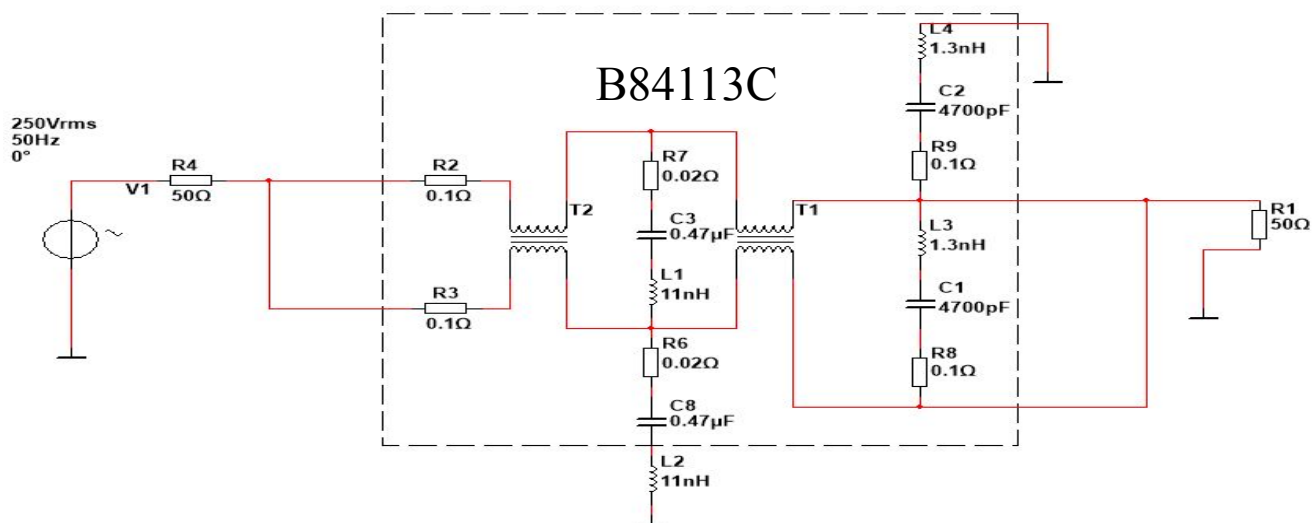
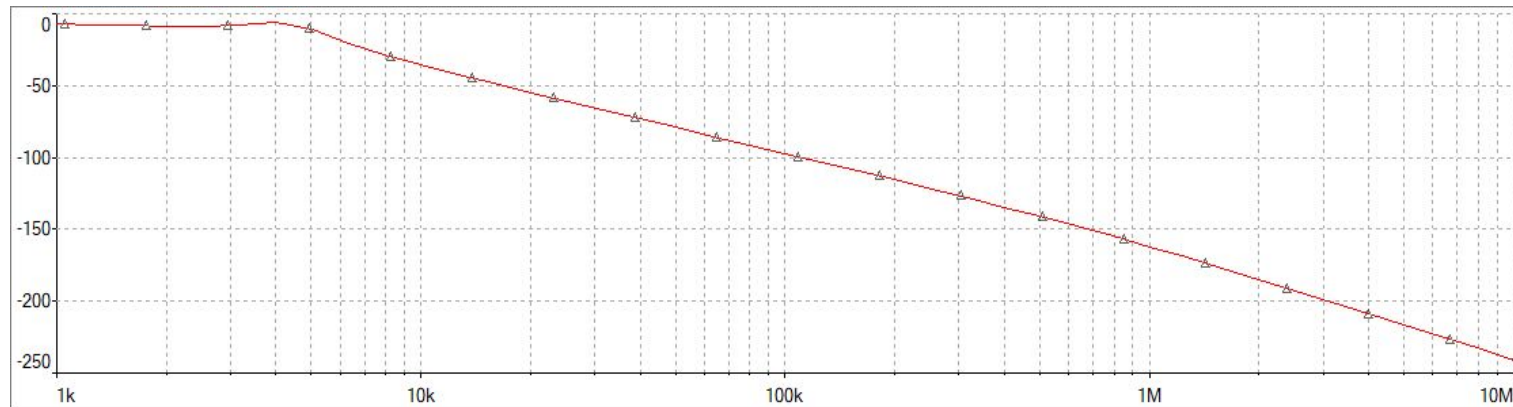


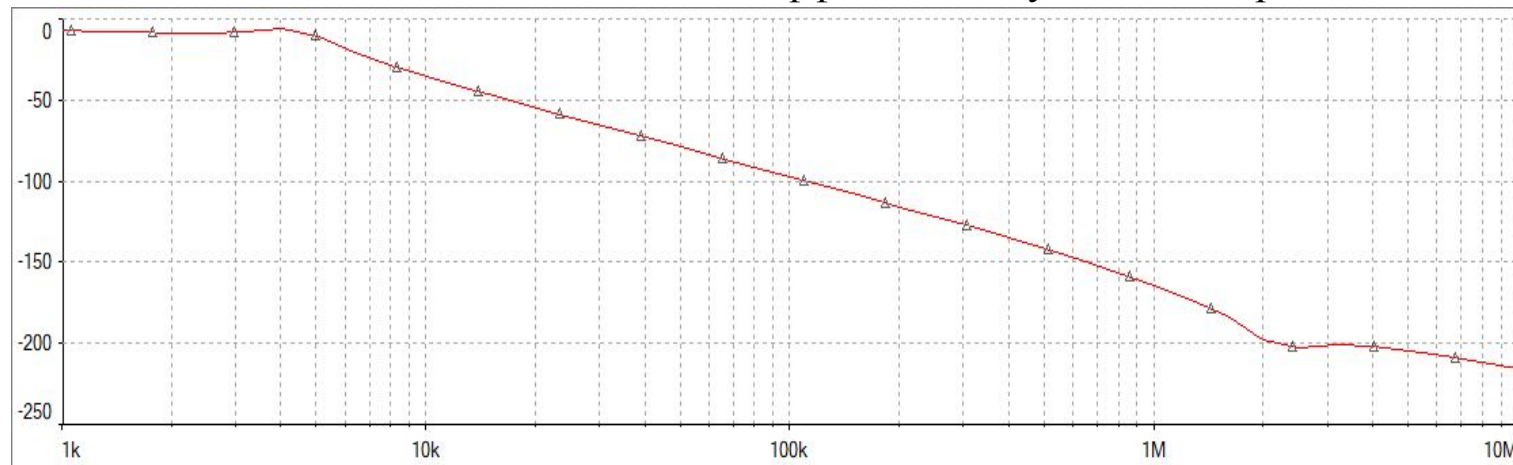
Схема подключения фильтра В84113С для исследования подавления продольных помех с реальными компонентами.



# АЧХ фильтра В84113С сетевых помех в режиме подавления продольной помехи с идеальными и реальными характеристиками элементов

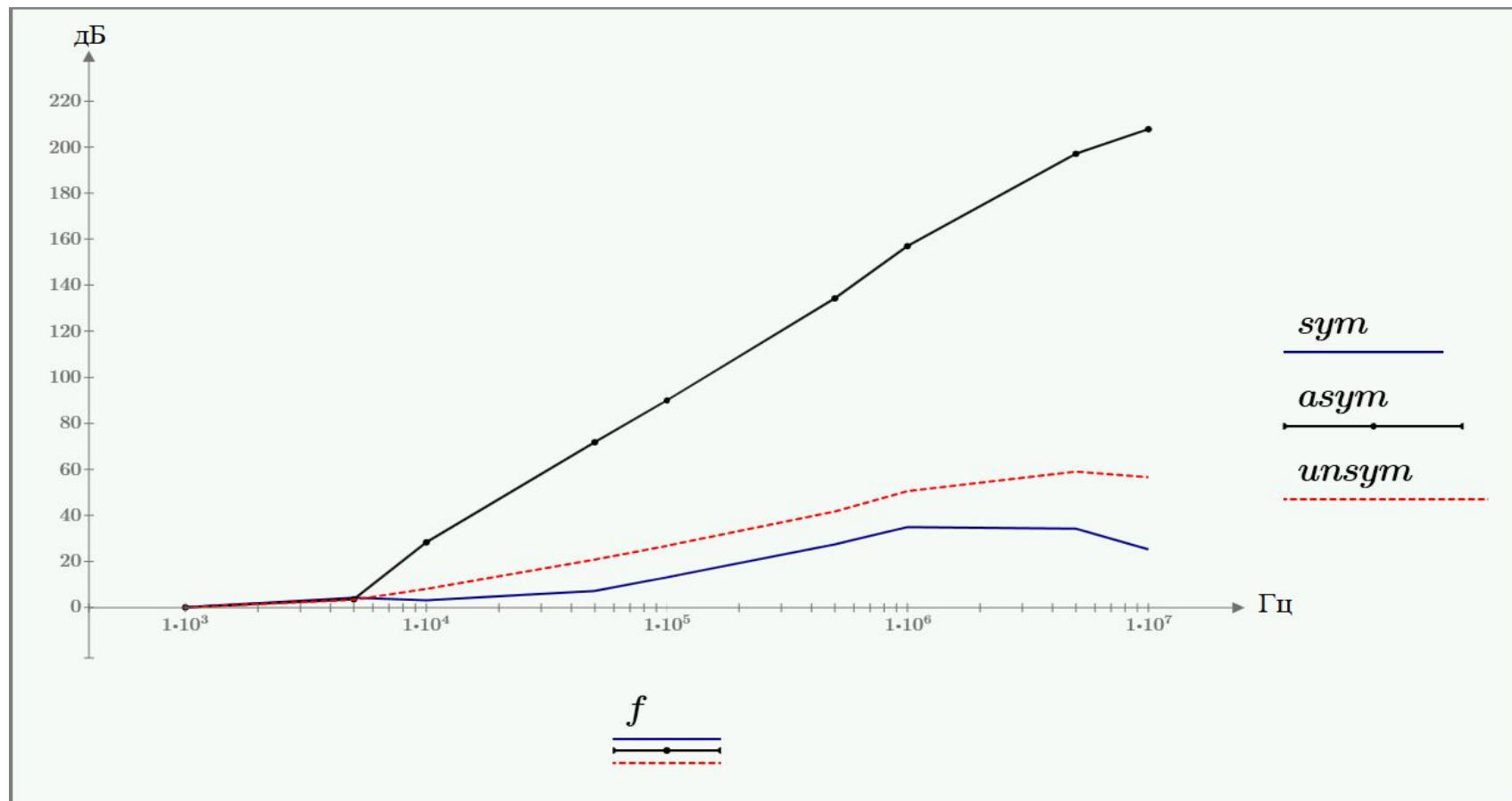


АЧХ при схеме подключения фильтра для исследования подавления продольных помех с идеальными элементами.  $A = 62$  дБ/дек - Коэффициент затухания – скорость спада АЧХ.



АЧХ при схеме подключения фильтра для исследования подавления продольных помех с реальными элементами.  $A = 62$  дБ/дек - Коэффициент затухания – скорость спада АЧХ.

# Графики зависимости коэффициента затухания от частоты помехи для фильтра В84113С с реальными компонентами в различных режимах подавления



Зависимость коэффициента затухания от частоты помехи для фильтра В84113С с реальными компонентами в режимах подавления поперечных (*sym*), продольных (*asym*) и комбинации помех (*unsym*).

# Аппроксимация зависимости значений коэффициента затухания от частоты

f, частота, Гц	Коэффициент затухания для продольной помехи
$10^3$	0
$5 * 10^3$	3,47
$10^4$	28,29
$5 * 10^4$	71,83
$10^5$	90,01
$5 * 10^5$	133,31
$10^6$	154,96
$5 * 10^6$	209,33
$10^7$	233,35

```
x := f
s3 := regress(x, asym, 5)
```

```
coef3 := submatrix(s3, 3, length(s3) - 1, 0, 0)
A3 := coef3
a31 := A3 = 5.876
a32 := A30 = 0.001
a33 := A31 = -2.986 · 10-9
a34 := A32 = 2.441 · 10-15
a35 := A33 = -5.406 · 10-22
a36 := A34 = 3.252 · 10-29
```

```
f3(x) := a31 + a32 · x + a33 · x2 + a34 · x3 + a35 · x4 + a36 · x5
```

# График аппроксимированной кривой зависимости значений коэффициента затухания от частоты

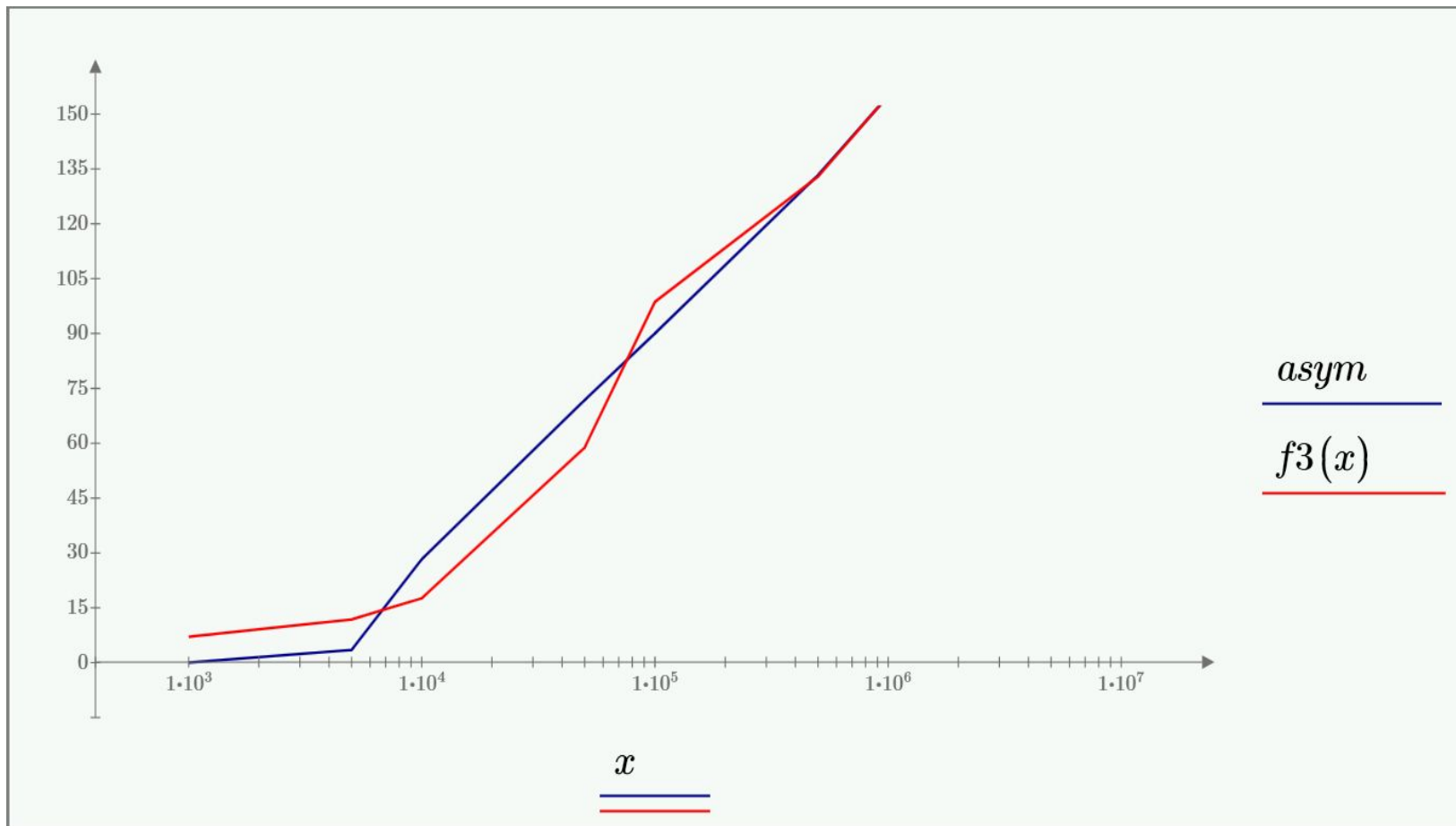


График аппроксимированной кривой зависимости значений коэффициента затухания от частоты при подключении схемы фильтра с реальными компонентами для подавления продольных помех.

# Анализ полученных данных

Сравнение коэффициентов затухания для трёх моделей фильтров.

Вид помехи	Коэффициент затухания (К.З.) (B84103), дБ/дек	Коэффициент затухания (К.З.) (B84112G), дБ/дек	Коэффициент затухания (К.З.) (B84113C), дБ/дек
Поперечная	27	19	16
Продольная	13	20	62
Комбинация	20	20	20

Сравнение данных B84113C для поперечных помех

Диапазон частот, Гц	К.З.(Реал.), дБ/дек	К.З.(Идеал.), дБ/дек
10k-100k	16	16
100k-1M	19	21
1M-2M	17	5

Сравнение данных B84113C для продольных помех

Диапазон частот, Гц	К.З.(Реал.), дБ/дек	К.З.(Идеал.), дБ/дек
10k-100k	62	61
100k-1M	66	64
1M-10M	50	78

Сравнение данных B84113C для комбинации помех

Диапазон частот, Гц	К.З.(Реал.), дБ/дек	К.З.(Идеал.), дБ/дек
10k-100k	19	18
100k-1M	24	22
1M-2M	20	9

# Выводы по работе

В ходе выполнения работы:

- Был произведен анализ основных видов помех и способов их подавления сетевыми фильтрами;
- Была проведена симуляция работы различных сетевых фильтров, с определением наиболее эффективных моделей фильтров для подавления помех;
- Было выявлено, что для подавления поперечных помех оптимально использовать фильтр В84103, для подавления продольных помех - фильтр В84113С, в целях подавления комбинации помех фильтры проявляют себя одинаково.
- Были получены численные результаты, подтверждающие, что для фильтров с реальными характеристиками компонентов имеются ограничения по частоте фильтруемой помехи.