**Практична робота №2**

**Розрахунок пасивного фільтру**

*Завдання на практичну роботу обрати згідно з порядковим номером по списку*

*Приклад розрахунку:*

Розрахований фільтр повинен відповідати таким вимогам:

- загасання фільтру в смузі пропускання не повинно перевищувати заданої нерівномірності загасання Δа;

- в смузі затримання загасання повинно бути не менше гарантованого загасання а0.

Нерівномірність загасання і гарантоване загасання визначають кількість елементів, число ланок схеми, причому дані величини повинні бути забезпечені при будь-яких обставинах.

Вимоги до частотної залежності загасання ФВЧ Чебишева:  
 1. Кордон смуги пропускання фільтра: fс = 83 кГц;

2. Кордон смуги затримання фільтра: fк = 44,86 кГц;

3. Нерівномірність характеристики загасання в смузі

пропускання: Δа = 0,17 дБ;

4. Гарантоване загасання в смузі затримки: а0 = 23 дБ;

5. Опір генератора і навантаження: Rг=Rн=350 Ом;

Вимоги до частотної залежності загасання цього фільтра зображені на рисунку 2.1.

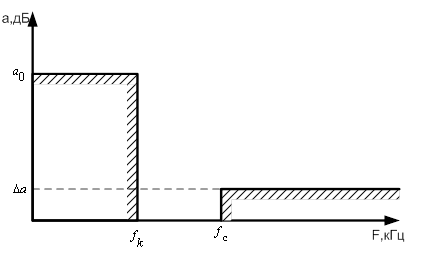


Рисунок 2.1 - Вимоги до характеристики загасання фільтра високих частот

Розрахунок ФВЧ проводиться на основі розрахунку ФНЧ-прототипу, для якого проводиться перерахунок частот, при цьому порядок розрахунку наступний:  
 1) визначення вимог, сформульованих до ФВЧ, в вимоги до ФНЧ-прототипу;

2) розрахунок ФНЧ-прототипу;

3) визначення параметрів елементів ФНЧ-прототипу у

параметри ФВЧ;

4) вибір схеми фільтра і визначення числа елементів в ній;

5) зображення схеми фільтра з параметрами елементів і проведення контрольного розрахунку загасання фільтра.

Таблиця 2.1 - Формула визначення порядку фільтра

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип характеристики | Формула визначення порядку фільтра n  (НЧ - прототипа) | Примітка |
| Баттерворта,  Бесселя,  Лежандра |  | C =  Ωk =  для ФВЧ замість Ωk  у вираз для n підставляти K=1/ Ωk |
| Чебишева | *n =* |

Обчислюємо нормовану частоту K=1/Ωk = = = 1,85

За формулами таблиці 2.1 визначаємо порядок фільтра НЧ – прототипу

n = = 4,58

де C = = = 71,25

Так як, в результаті розрахунків, мінімальний порядок виявився рівним 4,58, то отримане значення округлюється до більшого найближчого цілого числа з метою створення запасу по розрахунковому загасанню. Остаточно приймаємо значення n = 5.

Виберемо схему ФНЧ-прототипу, яка визначається на підставі прийнятого значення nч. Схема ФНЧ-прототипу представлена ​​на рисунку 5.2.

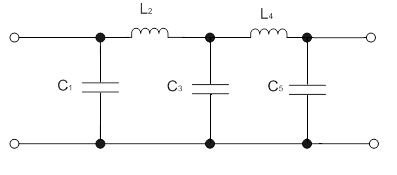


Рисунок 2.2 - Схема ФНЧ - прототипу для розрахунку

Випишемо нормовані значення ємностей, індуктивностей, а також значення нулів і полюсів загасання фільтра з таблиці довідгика [12]: L2 = 1,346 Гн; L4 = 1,346 Гн; С1 = 1,302 Ф, C3 = 2,129 Ф, С5 = 1,302 Ф.

Розрахуємо істинні значення індуктивностей і ємностей для схеми ФНЧ-прототипу за наступними формулами:

; (2.1)



Підставивши нормовані значення ємностей і індуктивностей в (2.1), отримаємо:

,

,

,

,

,

При переході від схеми ФНЧ-прототипу до ФВЧ необхідно в схемі ФНЧ індуктивності Li перетворити в ємності Сi', а ємності Сi в індуктивності Li за наступними формулами:

, (2.2)

.

Підставивши чисельні значення в (5.2), отримаємо:











Схема ФВЧ п'ятого порядку в загальному випадку має вигляд, представлений на рисунку 2.3.

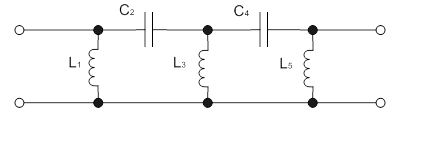


Рисунок 5.3 - Схема розрахованого фільтра високих частот

Для оцінки основних параметрів розрахованого фільтра ВЧ можемо скористатися таблицею 2.2.

Таблиця 2.2 - Основні параметри ВЧ фільтра

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ω | f, кГц | А, дБ | φ0 | t, мкс |
| 0,1 | 448,6 | - | 338,8 | 0,13 |
| 0,2 | 224,3 | - | 317,9 | 0,513 |
| 0,3 | 149,5 | - | 297,3 | 1,156 |
| 0,4 | 112,1 | - | 276,2 | 2,135 |
| 0,5 | 89,72 | - | 253,9 | 3,570 |
| 0,6 | 74,77 | - | 230,0 | 5,487 |
| 0,7 | 64,08 | - | 204,9 | 7,776 |
| 0,8 | 56,07 | - | 178,6 | 10,767 |
| 0,9 | 49,84 | - | 149,1 | 16,530 |
| 1,0 | 44,86 | 0,177 | 110,0 | 28,452 |
| 1,1 | 40,78 | 2,8 | 62,2 | 33,284 |
| 1,2 | 37,38 | 8,0 | 26,9 | 23,850 |
| 1,3 | 34,51 | 13,3 | 6,0 | 16,877 |
| 1,4 | 32,04 | 17,9 | -7,0 | 13,234 |
| 1,5 | 29,91 | 22,0 | -16,5 | 11,165 |
| 1,6 | 28,03 | 25,7 | - | - |
| 1,8 | 24,92 | 32,0 | - | - |
| 2,0 | 22,43 | 37,4 | - | - |
| 2,5 | 17,94 | 48,2 | - | - |
| 3,0 | 14,95 | 56,7 | - | - |
| 3,5 | 12,82 | 63,8 | - | - |
| 4,0 | 11,21 | 69,8 | - | - |
| 4,5 | 9,97 | 75,1 | - | - |
| 5,0 | 8,97 | 79,7 | - | - |

У таблиці 2.2 дійсні частоти отримані розподілом частоти зрізу на нормовану частоту. Для визначення фази, табличні значення повинні відніматися з 360. Груповий час запізнювання (ГЧЗ) обчислюється за допомогою формули:

(2.3)

де tn - нормований час запізнювання при нормованій частоті.   
ГЧЗ на частоті зрізу для фільтра ВЧ те ж саме, що і для фільтру НЧ на тій же частоті зрізу.

За знайденим значенням побудувана частотна характеристика загасання А (Ω), фазова характеристика φ(Ω) і характеристика ГЧЗ ВЧ фільтра t(Ω).

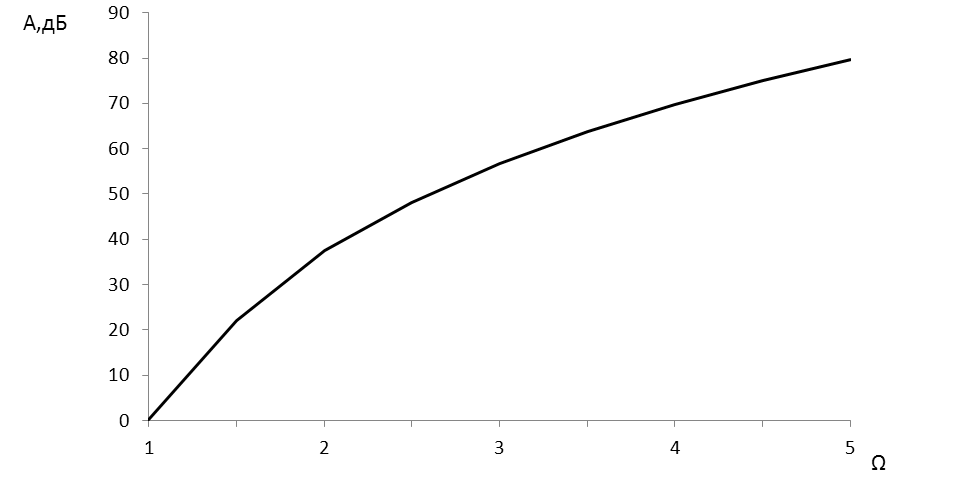


Рисунок 2.4 – Частотна характеристика загасання ФВЧ

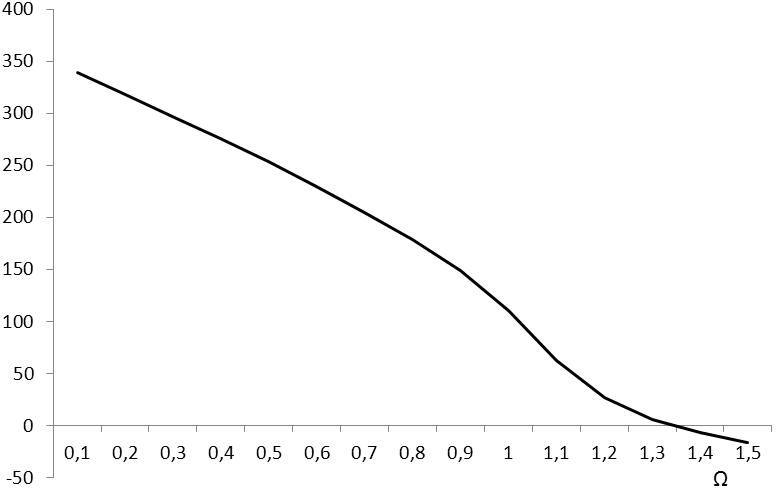


Рисунок 2.5 – Залежність фази від частоти ФВЧ

Рисунок 2.6 -Залежність ГВЗ фільтра від нормованої частоти

Для перевірки правильності проведених розрахунків проведемо моделювання фільтра в середовищі Еlektronics Workbench. Отримана в результаті характеристика загасання фільтра наведена на рисунку 5.7

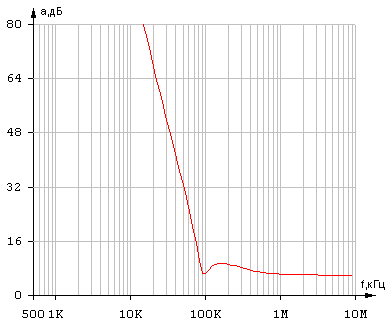


Рисунок 2.7 - Характеристика загасання розрахованого фільтра високих частот

**завдання на практичну роботу**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Схема реалізації  активного фільтра | МОН | МОН | МОН | ДНКН | ДНКН | ДНКН | Біквадрат-ний | Біквадрат-ний | Біквадрат-ний | Біквадрат-ний | МОН |
| Коеф. підсилення,  k | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 8 | 8 | 2 | 2 | 4 |
| Загасання в смузі затримки, а0,  дБ | 25 | 28 | 31 | 43 | 37 | 32 | 29 | 26 | 20 | 43 | 25 |
| Опір генерат. та навант.: Rг= н, Ом | 300 | 250 | 220 | 200 | 150 | 180 | 240 | 290 | 340 | 370 | 400 |
| ∆А, дБ | 3,0 | 0,011 | 0,028 | 3,0 | 0,044 | 0,099 | 3,0 | 0,28 | 0,177 | 3,0 | 0,011 |
| Аппроксима-ція АЧХ-фільтра | Баттерворта | Чебишева | Чебишева | Баттерворта | Чебишева | Чебишева | Баттерворта | Чебишева | Чебишева | Баттерворта | Чебишева |
| Смуга затримки,  кГц | 82 =fk≤ f ≤ ∞ | 84 = fk≤ f ≤ ∞ | 87 = fk≤ f ≤ ∞ | 75 = fk≤ f ≤ ∞ | 83 = fk≤ f ≤ ∞ | 59 = fk≤ f ≤ ∞ | 71 = fk≤ f ≤ ∞ | 67 = fk≤ f ≤ ∞ | 82 = fk≤ f ≤ ∞ | 69 = fk≤ f ≤ ∞ | 0 ≤ f ≤ fk =38,92 |
| Смуга пропускання,  кГц | 0 ≤f ≤f 0 =53,21 | 0 ≤ f ≤ f 0=42,87 | 0 ≤ f ≤ f 0=37,76 | 0 ≤ f ≤ f 0=42,28 | 0 ≤ f ≤ f 0=39,64 | 0 ≤ f ≤ 0=38,95 | 0 ≤ f ≤ f 0=36,4 | 0 ≤ f ≤ f 0=42,0 | 0 ≤ f ≤ f 0=48,0 | 0 ≤ f ≤ f 0=38,92 | 53 = f0≤ f≤ ∞ |
| Тип фільтру | НЧ | НЧ | НЧ | НЧ | НЧ | НЧ | НЧ | НЧ | НЧ | НЧ | ВЧ |
| Вар  №  п/п | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| МОН | МОН | МОН | ДНКН | ДНКН | ДНКН | ДНКН | Біквадрат-ний | Біквадрат-ний | Біквадрат-ний | Біквадрат-ний | МОН | ДНКН | Біквадрат-ний |
| 4 | 6 | 6 | 8 | 8 | 4 | 4 | 6 | 6 | 8 | 8 | 4 | 4 | 6 |
| 28 | 31 | 46 | 20 | 24 | 42 | 41 | 19 | 29 | 32 | 39 | 31 | 29 | 25 |
| 380 | 360 | 340 | 320 | 300 | 280 | 240 | 235 | 200 | 285 | 420 | 400 | 397 | 349 |
| 0,028 | 3,0 | 0,044 | 0,099 | 3,0 | 0,028 | 0,177 | 3,0 | 0,011 | 0,028 | 3,0 | 0,099 | 0,044 | 3,0 |
| Чебишева | Баттерворта | Чебишева | Чебишева | Баттерворта | Чебишева | Чебишева | Баттерворта | Чебишева | Чебишева | Баттерворта | Чебишева | Чебишева | Чебишева |
| 0 ≤ f ≤ fk =28,65 | 0 ≤ f ≤ fk =25,31 | 0 ≤ f ≤ fk =42,2 | 0 ≤ f ≤ fk =58,72 | 0 ≤ f ≤ fk =28,54 | 0 ≤ f ≤ fk =39,46 | 0 ≤ f ≤ fk =38,35 | 0 ≤ f ≤ fk =32,2 | 0 ≤ f ≤ fk =42,56 | 0 ≤ f ≤ fk =28,62 | 0 ≤ f ≤ fk =48,67 | 0 ≤ f ≤ fk =46,98 | 0 ≤ f ≤ fk =35,67 | 0 ≤ f ≤ fk =89,56 |
| 59 = f 0≤ f ≤ ∞ | 47 = f 0≤ f ≤ ∞ | 79 = f 0≤ f ≤ ∞ | 69 = f0 ≤ f ≤ ∞ | 47 = f0 ≤ f ≤ ∞ | 68 = f0≤ f ≤ ∞ | 63 = f0 ≤ f ≤ ∞ | 54 = f 0≤ f ≤ ∞ | 78 = f 0≤ f ≤ ∞ | 61 = f 0≤ f ≤ ∞ | 78 = f 0≤ f ≤ ∞ | 69 = f 0≤ f ≤ ∞ | 75 = f 0≤ f ≤ ∞ | 41 = f 0≤ f ≤ ∞ |
| ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ | ВЧ |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |