

Практичне заняття №6, 7

Атенюатори

Мета:

1. Навчитись розраховувати атенюатори дискретного типу на операційних підсилювачах.
2. Навчитись складати та вимірювати параметри таких атенюаторів.

1 Короткі теоретичні відомості

Велику увагу у профільній літературі присвячено атенюаторам на пасивних елементах, на відміну від атенюаторів на активних елементах, зокрема операційних підсилювачах (ОП). До переваг останніх можна віднести більше різноманіття схемних рішень з підстроюванням, таких як неінвертуючий атенюатор з позитивним зміщенням нуля, неінвертуючий атенюатор з негативним зміщенням нуля, інвертуючий атенюатор без зміщення нуля тощо. Застосування ОП також полегшує розв'язання задачі розв'язки вхідних/вихідних опорів атенюаторів.

Однією з поширених помилок для побудови такого є використання схеми підсилювача на ОП, наприклад, інвертуючого (рисунок 2.1) та вибір у ньому опорів резисторів R_{in} та R_f таким чином, щоб $R_f/R_{in} < 1$, тобто $R_{in} > R_f$.

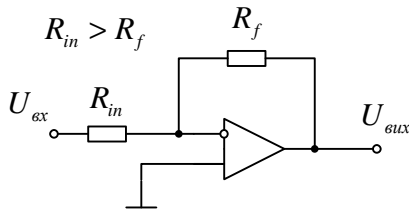


Рисунок 2.1 – Помилкова схема атенюатора на ОП

Суть цієї помилки у тому, що при практичній реалізації такої схеми на типовому ОП останній втратить стійкість та перейде у режим самозбудження.

Отже, умова відсутності самозбудження такої схеми

$$R_{in} < R_f.$$

Одним з належних варіантів схемного рішення атенюатора на ОП є інвертуючий атенюатора без зміщення нуля (рисунок 2.2) [1].

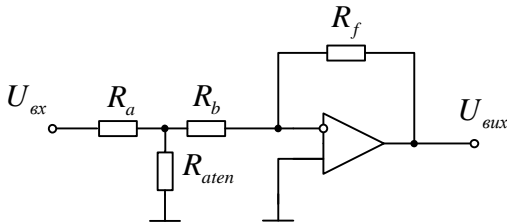


Рисунок 2.2 – Інвертуючий атенюатор без зміщення нуля

Більшість практичних задач потребують використання неінвертованого сигналу, тому вихід такого атенюатора доцільно доповнити інвертуючим підсилювачем з одиничним підсиленням (рисунок 2.3).

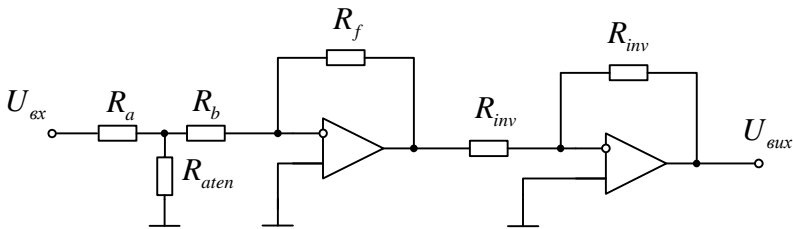


Рисунок 2.3 – Неінвертуючий атенюатор без зміщення нуля

Опори резистора R_f та резисторів вхідного дільника напруги R_a та R_{aten} пов'язані між собою строгою залежністю. Тому при виборі малих значень опоры R_f (~ 1 кОм) вхідний опір такого дільника може виявитись замалим, що спричиняє ризик шунтування ним попереднього каскаду. З метою уникнення такої ситуації на вхід

такого дільника доцільно підключити повторювач напруги, як буферний елемент (рисунок 2.3). При цьому також потрібно уникати ситуації, щоб вихід повторювача напруги не був зашунтований дільником на резисторах R_a та R_{aten} .

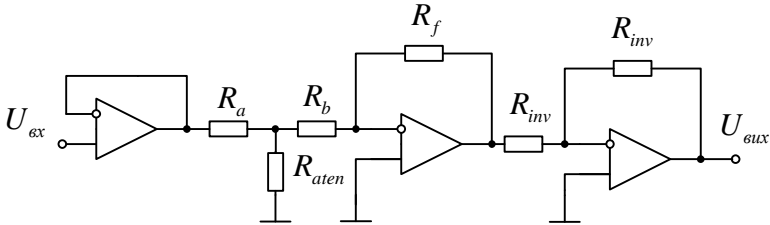


Рисунок 2.4 – Неінвертуючий атенуатор без зміщення нуля з буферним елементом

Вхідний дільник напруги атенуатора зібрано на резисторах R_a , R_b та R_{aten} . Умова відсутності самозбудження (2.1) у цьому випадку має вигляд [1]:

$$R_a + R_b \leq R_f.$$

Алгоритм розрахунку номіналів резисторів атенуатора такий [1]:

- 1) вибрати базовий номінал резисторів R_f та R_{in} , зазвичай у діапазоні 10...100 кОм;
- 2) розбити резистор R_{in} на два резистори R_a та R_b :

$$R_a = R_b = \frac{R_f}{2}.$$

- 3) у таблиці 2.1 знайти потрібний коефіцієнт для розрахунку R_{aten} та розрахувати R_{aten} , помноживши номінал R_a на цей коефіцієнт.

Для значень послаблень, не вказаних у таблиці 2.1, номінал резистора R_{aten} можна обчислити таким чином:

$$R_{aten} = \frac{U_{вих}/U_{вх}}{2 - 2(U_{вих}/U_{вх})}.$$

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти для розрахунку R_{aten} залежно від потрібного коефіцієнта послаблення атенюатора

Коефіцієнт послаблення, дБ	$U_{вих}/U_{вх}$	Коефіцієнт для розрахунку R_{aten}
1	2	3
0	1,0000	∞
0,5	0,9441	8,4383
1	0,8913	4,0977
2	0,7943	0,9311
3,01	0,7071	1,2071
3,52	0,6667	1,000
4	0,6310	0,8549
5	0,5623	0,6424
6	0,5012	0,5024
6,02	0,5000	0,5000
7	0,4467	0,4036
8	0,3981	0,3307
9	0,3548	0,2750
9,54	0,3333	0,2500
10	0,3162	0,2312
12	0,2512	0,1677
12,04	0,2500	0,1667
13,98	0,2000	0,1250
15	0,1778	0,1081
15,56	0,1667	0,1000
16,90	0,1429	0,08333
18	0,1259	0,07201
18,06	0,1250	0,07143
19,08	0,1111	0,06250
20	0,1000	0,05556
25	0,0562	0,02979

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
30	0,0316	0,01633
40	0,0100	0,005051
50	0,0032	0,001586
60	0,0010	0,0005005

2 Хід заняття

2.1 Вибираючи опір резистора $R_f=100$ кОм, розрахуйте опори резисторів R_a , R_b та чотири значення опору R_{aten} таким чином, щоб отримати зменшення вихідної напруги атенюатора по відношенню до його вхідної напруги у пропорціях „1:2”, „1:3”, „1:4” та „1:5”.

Рекомендоване значення опору резистора $R_{inv} \in 10...100$ кОм.

2.2 Досліджуваний атенюатор побудовано на ІМС LM324. Тому, попередньо ознайомившись зі специфікацією цієї ІМС, перевірте справність одного екземпляра LM324, використовуючи спеціалізовану випробувальну плату.

2.3 Складіть схему атенюатора (рисунок 2.4).

2.4 Перевірте коефіцієнти послаблення атенюатора, у т.ч. i для випадку, коли всі чотири резистори R_{ateni} ($i = 1, 2, 3, 4$) відключено.

2.5. Виміряйте АЧХ атенюатора у смузі частот 20 Гц ... 20 кГц.

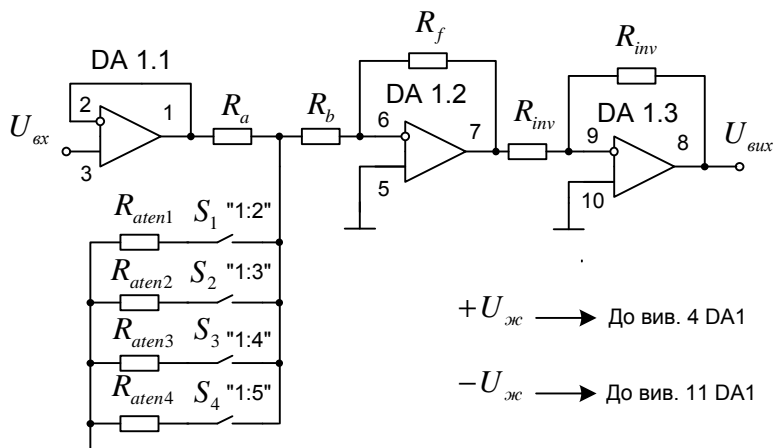


Рисунок 2.4 – Досліджуваний атенюатор

3 Вимоги до звіту

Звіт повинен містити:

1. Розрахунки номіналів резисторів атенюатора.
2. Результатів моделювання.
3. Висновки.

4 Контрольні питання

1. Для чого потрібні атенюатори?
2. Наведіть приклади задач, для розв'язання яких потрібні такі пристрої?
3. Опишіть будову та принцип роботи найпростішого атенюатора.
4. Який алгоритм розрахунку номіналів резисторів досліджуваного у роботі атенюатора?
5. Чи можливе одночасне вмикання кількох ключів у досліджуваного атенюатора?