

# Лекція 4

## Пристрої порівняння аналогових сигналів

**Мета лекції:** вивчення функціонування пристроїв порівняння аналогових сигналів, їх характеристики та похибки.

План лекції:

4.1 Вступ

4.2 Компаратори

4.3 Інтегральні компаратори

4.4 Контрольно-навчальний тест до лекції 4

## 4.1 Вступ

Пристрої порівняння аналогових сигналів (компаратори) виконують функцію порівняння або двох вхідних сигналів між собою, або одного вхідного сигналу з деяким наперед заданим еталонним рівнем. При цьому на виході пристрою формуються тільки два значення вихідного сигналу: якщо один із порівнюваних сигналів більше другого, то вихідний сигнал дорівнює  $A_B$ , у протилежному випадку вихідний сигнал дорівнює  $A_H$ . Частіше під  $A_B$  і  $A_H$  розуміють напруги.

Напруги  $U_B$  і  $U_H$  можуть відрізнитися як за величиною так і за знаком. На практиці отримали застосування пристрої двох типів. У перших – вихідні сигнали  $U_B$  і  $U_H$  різні за знаком і приблизно однакові за модулем, це є характерним для схем в яких для порівняння сигналів використовуються операційні підсилювачі. В других - вихідні напруги  $U_B$  і  $U_H$  компараторів узгоджені за величиною і полярністю з сигналами що використовуються в цифровій техніці.

Тому можна сказати, що вхідний сигнал компараторів має аналоговий характер, а вихідний цифровий. Внаслідок цього компаратори виконують роль елементів зв'язку між аналоговими і цифровими пристроями, тобто виконують роль простих аналогово-цифрових перетворювачів.

## 4.2 Компаратори

Для високоточного порівняння сигналів використовуються операційні підсилювачі (ОП). Розглянемо ряд таких схем.

### 4.2.1 Проста схема компаратора

Якщо включити ОП без зворотного зв'язку, так як показано на рис. 4.1, то він буде представляти собою компаратор. Його вихідна напруга:

$$U_{\text{вих}} = \begin{cases} U_B & \text{для } U_1 > U_2 \\ U_H & \text{для } U_1 < U_2 \end{cases}$$

Завдячуючи високому коефіцієнту підсилення – схема перемикається при дуже малій різниці напруг  $U_1 - U_2$ , тому вона придатна для порівняння

двох напруг з високою точністю. При нульових внутрішніх опорах джерел напруги  $U_1$ ,  $U_2$  похибка порівняння  $\delta$  визначається напругою зміщення  $\Delta U_{3M}$  “нуля” ОП:

$$\frac{U_1 + \Delta U_{3M}}{U_2} = \frac{U_1}{U_2} \left(1 + \frac{\Delta U_{3M}}{U_2}\right) = \frac{U_1}{U_2} (1 + \delta);$$

$$\delta = \frac{\Delta U_{3M}}{U_1}.$$

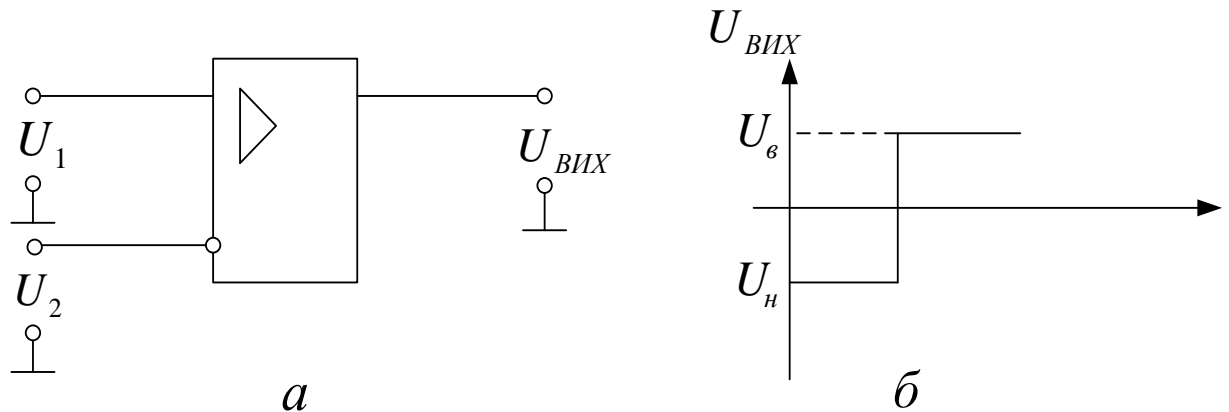


Рис. 4.1 Компаратор: а – схема, б – передаточна характеристика компаратора

При зміні знака різниці вхідних напруг, вихідна напруга ОП не може миттєво перейти з одного рівня на інший, тому що величина швидкості зростання вихідної напруги обмежена. Так для деяких типів ОП вона складає 2 В/мкс. Перехід з рівня -10 В на рівень +10 В продовжується, таким чином, 10 мкс. Якщо врахувати кінцевий час відновлення ОП при його виході з стану насичення – затримка перемикавання компаратора збільшиться ще.

Описана схема компаратора (рис. 4.1) має обмежений діапазон вхідних напруг. Якщо необхідно порівнювати великі напруги, можна скористатись схемою, наведеною на рис. 4.2.

Компаратор спрацьовує при переході різницевої напруги  $U_p$  через нуль.

При цьому  $\frac{U_1}{R_1} = -\frac{U_2}{R_2}$ . Таким чином, порівнювані напруги повинні бути

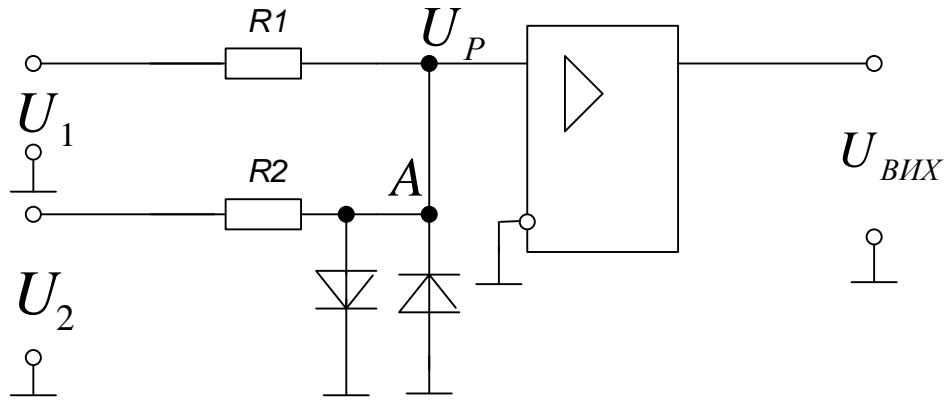


Рис. 4.2 Суматорний компаратор

протилежних знаків. Таку схему можна розширити якщо до точки  $A$  під'єднати декілька резисторів. При цьому компаратор буде спрацьовувати, коли зведена до точки  $A$  алгебраїчна сума вхідних напруг буде більшою або меншою від нуля. Завдячуючи включеним діодам напруга в точці  $A$  не може перевищувати  $\pm 0,6$  В.

#### 4.2.2 Компаратор з прецизійною вихідною напругою

Для багатьох застосувань необхідні компаратори, вихідна напруга яких приймає фіксовані і високоточні значення  $U_B$  і  $U_H$ .

Таким вимогам відповідає схема рис. 4.3.

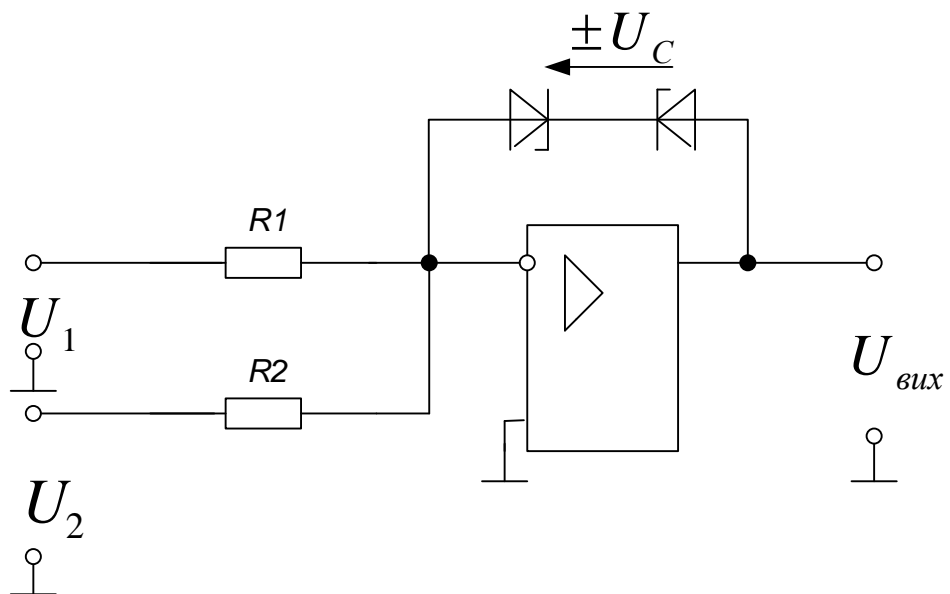


Рис. 4.3 Компаратор з прецизійною вихідною напругою

Коли вихідна напруга досягає значення  $\pm(U_c + 0,6)$  В, ОП буде охоплено від'ємним зворотним зв'язком через ланцюг стабілітронів з напругою стабілізації  $U_c$ . При цьому подальше зростання вихідної напруги припиняється. Через те що ОП не насичується із загального часу затримки компаратора вираховується час відновлення підсилювача.

#### 4.2.3 Двохпороговий компаратор

Двохпороговий компаратор (рис. 4.4) фіксує, чи знаходиться вхідна напруга між двома опорними напругами, чи за їх межами.

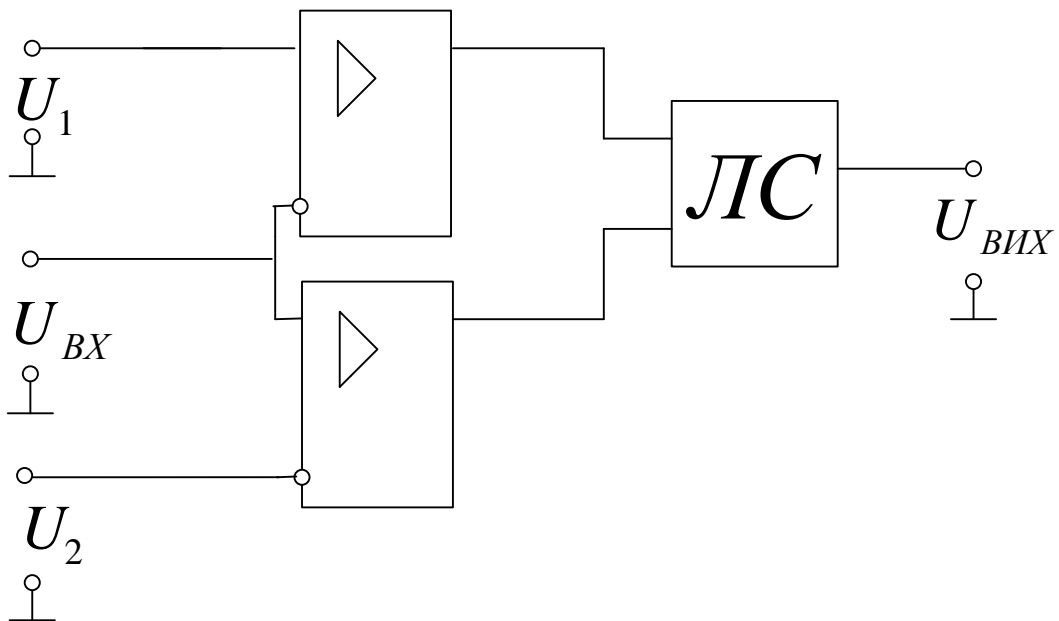


Рис. 4.4 Двохпороговий компаратор

Якщо виконується умова  $U_1 > U_{BX} > U_2$ , то обидва ОП знаходяться в позитивному насиченому стані і логічна схема (ЛС) генерує  $U_{ВИХ}$ , що відповідає логічній “одиниці”. Якщо попередня умова не виконується – ЛС генерує сигнал логічного “нуля”.

#### 4.3 Інтегральні компаратори

Компаратори на ОП можуть забезпечити високу точність порівняння вхідних напруг, але, на жаль, не можуть забезпечити високу швидкодію. Для розв'язання цієї проблеми розроблені спеціальні інтегральні компаратори сигналів. На відміну від звичайних компараторів на ОП, в інтегральних

компараторах схемотехнічними методами не допускається насичення транзисторів, не застосовуються корегуючі елементи для стійкості схеми і т.п. Такі рішення дозволяють знизити час відновлення до десятків наносекунд.

У таблиці 4.1 наведені типові параметри деяких компараторів напруги.

Таблиця 4.1 Параметри інтегральних компараторів

Параметри	Тип компаратора		
	521CA1	521CA4	ADCMР533
Напруга зміщення, мВ	3,5	4	5
Час затримки, нс	110	26	0,17
Напруга живлення, В	6	± 9	3,15 ÷ 6,5
Струм живлення, мА	6,5	7,5	52

Як висновок можна зробити такий: компаратори на ОП використовуються при розробці високоточних схем порівняння для низькочастотних сигналів, а інтегральні компаратори застосовують тоді, коли необхідно забезпечити високу швидкодію розроблюваних пристроїв.

#### 4.4 Контрольно-навчальний тест до лекції 4

<p>Питання 4.1</p> <p>Яку функцію виконують компаратори?</p>	<p>Вибір правильної відповіді:</p> <p>1 – порівняння двох сигналів за модулем;</p> <p>2 – порівняння двох аналогових сигналів і перетворення їх у цифровий код;</p>
--	---

<p>Питання 4.2</p> <p>Чим визначається похибка порівняння у компаратора?</p>	<p>Вибір правильної відповіді:</p> <p>1 – зміщенням і дрейфом “нуля” операційного підсилювача, або інтегрального компаратора;</p> <p>2 - вхідним опором компаратора;</p>
<p>Питання 4.3</p> <p>При порівнянні великих напруг додатково застосовують:</p>	<p>Вибір правильної відповіді:</p> <p>1 – резистори;</p> <p>2 – діоди;</p> <p>3 – конденсатори;</p>
<p>Питання 4.4</p> <p>Що застосовують для отримання високоточної напруги на виході компаратора?</p>	<p>Вибір правильної відповіді:</p> <p>1 – діоди;</p> <p>2 – стабілітрони;</p> <p>3 – ключі і операційні підсилювачі;</p>
<p>Питання 4.5</p> <p>Як побудувати двохпороговий компаратор?</p>	<p>Вибір правильної відповіді:</p> <p>1 – застосувати схему віднімання на операційних підсилювачах;</p> <p>2 – застосувати два операційні підсилювачі і дві опорні напруги;</p>
<p>Питання 4.6</p> <p>Які переваги мають інтегральні компаратори порівняно з компараторами на операційних підсилювачах?</p>	<p>Вибір правильної відповіді:</p> <p>1 – більш високу точність;</p> <p>2 – більшу швидкодію;</p> <p>3 – більш економічні;</p>