

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №7

### Тема роботи. Розрахунок імпульсних пристроїв

**Мета роботи:** опрацювання розрахунку параметрів елементів одновібратора на операційному підсилювачі.

### Теоретичні відомості

Мультивібратор на ОП може працювати і в очікувальному режимі, що має назву одновібратора – пристрій, що здатний почергово знаходитися в двох станах: довготривалому стійкому стані і короткочасному (квазістійкому) стані. Для переведення з стійкого стану у квазістійкий на вхід схеми треба подати зовнішній запускаючий імпульс, після якого вона формує одне переключення, а потім постійно повертається в початковий стан.

Якщо використовувати тільки момент закінчення квазістійкого стану, який може мати регульовану довжину, довжина вихідного імпульсу, тобто визначить затримку вихідного сигналу за відношенням до фронту вхідного імпульсу і одновібратор працює як схема регульованої затримки сигналу.

Одновібратори широко використовуються в пристроях автоматики та системах управління різноманітних модифікацій. Вони можуть бути реалізовані на дискретних елементах, логічних мікросхемах або операційних підсилювачах, рисунок 12.1.

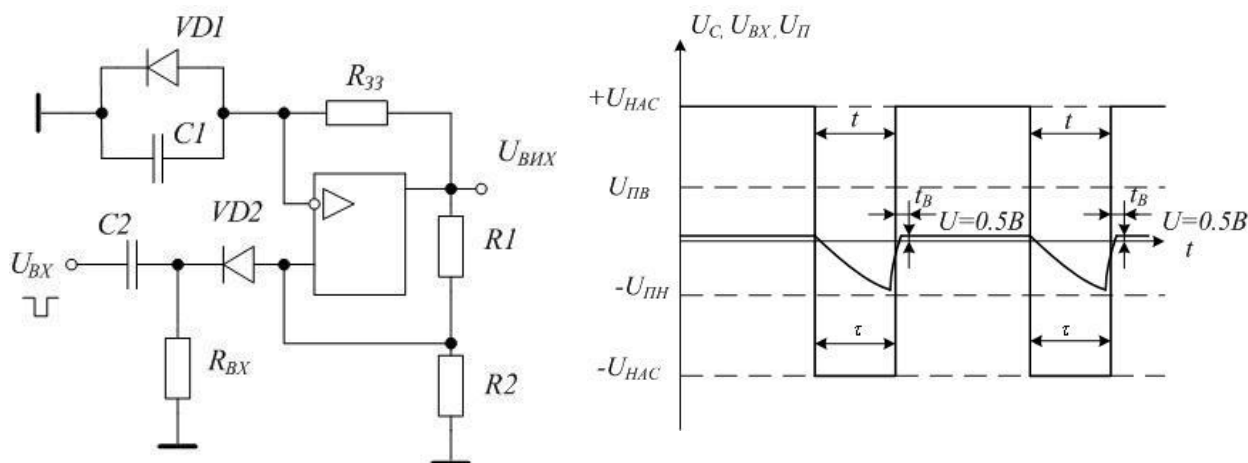


Рисунок 12.1 – Схема одновібратора на операційному підсилювачі і часові діаграми його роботи

Тривалість імпульсу одновібратора залежить тільки від зовнішніх елементів, підключених до ОП. Одновібратор спрацьовує за негативним фронтом вхідного імпульсу  $T_{ВХ}$ , тривалість якого може бути, більшою або меншою власної тривалості вихідного імпульсу одновібратора.

Розглянемо режими роботи одновібратора. На неінвертуючий вхід ОП з дільника  $R1$  і  $R2$  потрапляє напруга зворотного зв'язку  $U_{П.В}$ , значення якої визначається рівнянням (11.1). Діод  $VD1$  фіксує на вході (-) позитивну напругу на рівні  $0,5В$  (рис.12.1). При цьому напруга на неінвертуючому вході позитивна за відношенням до напруги на інвертуючому вході і ОП підсилює цю диференційну вхідну напругу,  $U_{ВИХ} = +U_{НАС}$ . Якщо вхідний сигнал являє собою постійну напругу з встановленим значенням, то на неінвертуючому вході зберігається позитивний відносно інвертуючого входу потенціал:  $U_{ВИХ} = +U_{НАС}$ . Якщо ж  $E_{ВХ}$  стрибкоподібно стає негативною і приймає пікове значення  $E_{ВХ}$  і  $|E_{ВХПІК}| > U_{П.В}$ , то напруга на неінвертуючому вході спадає нижче рівня напруги на інвертуючому вході. Вихід схеми переключається  $U_{ВИХ} = -U_{НАС}$ , і переходить у режим очікування.

Режим очікування – нестійкий стан, у якому одновібратор не може довго перебувати. Розглянемо особливості цього режиму. З дільника  $R1$  і  $R2$  на неінвертуючий вхід потрапляє від'ємна напруга  $U_{П.В}$ , схема переключається в стан  $U_{ВИХ} = -U_{НАС}$ . Це момент закінчення циклу роботи одновібратора; вихідний імпульс закінчився і схема повернулася до стійкого стану. Діод  $VD2$  від'єднав коло запуску від одновібратора на час генерування імпульсу. Щоб отримати одновібратор, що генерує позитивний імпульс при збудженні позитивним вхідним сигналом, достатньо змінити полярність підключення діодів.

Для визначення тривалості імпульсу і часу відновлення скористаємося формулою для визначення часу переривання експоненційного процесу. За час генерування імпульсу напруга на конденсаторі  $C1$  змінюється від  $0,5В$  до  $U_{П.Н}$  тоді:

$$t_{П} = C1R_{33} \ln\left(1 + \frac{2R2}{R1}\right); \quad (12.1)$$

$$t_{ВИДН} = C1R_{33} \ln\left(1 + \frac{R2}{R1 + R2}\right) \quad (12.2)$$

#### Основні формули та рівняння

Тривалість імпульсів транзисторного одновібратора  $t_I$ :

$$t_I = 0,7C_{Б1}R_{Б1}, \quad (12.2)$$

де  $C_{Б1}$ ,  $C_{Б2}$  – ємність конденсаторів в колах бази транзисторів,  $R_{Б1}$ ,  $R_{Б2}$  – опори резисторів в колах бази транзисторів.

Шпаруватість імпульсних сигналів:

$$Q = \frac{T}{t_i}, \quad (12.2)$$

де  $T$  – період слідування імпульсних сигналів,  $t_i$  – тривалість імпульсів.

Добротність коливального контуру:

$$D = \frac{Z_B}{r_K}, \quad (12.4)$$

де  $Z_B = \sqrt{L_K C_K}$  - хвильовий опір контуру,  $r_K$  – опір втрат контуру.

Резонансний опір паралельного коливального контуру:

$$Z_K = DZ_B. \quad (12.5)$$

### Практичне завдання

*Задача 12.1.* . Розрахувати мультівібратор на ОП в очікувальному режимі (рисунок 12.1). Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 12.1. Наведіть повну принципову схему розрахованого одновібратора з урахуванням визначених параметрів .

Таблиця 12.1- Вихідні дані для розрахунку задачі

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	Тип ОП	140 УД1А	140 УД1Б	140 УД2А	140 УД2Б	140 УД12	140 УД5	140 УД6	140 УД7	140 УД8	140 УД9
	$\beta$	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55
	$t_I$ , мс	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	$\kappa$	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,8	1,2
	$T$ , мс	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55

У таблиці 12.1 наведені позначення:  $\beta$  - коефіцієнт порогової напруги  $U_{п} = \beta U_{нас}$ ;  $t_I$ , мс – тривалість імпульсів;  $\kappa$  – розрахунковий коефіцієнт допустимого співвідношення опорів

Примітка. Вибір варіанту задачі здійснюється за двома останніми цифрами залікової книжки студента.

*Приклад 12.1.* Розрахувати мультівібратор на ОП в автоколивальному режимі за таких вихідних даних: тип ОП – 140УД8, значення порогової напруги  $U_{п} = \beta U_{нас}$ , де  $\beta = 0,1$  - коефіцієнт порогової напруги, тривалість імпульсу;  $\kappa=1$ ;  $t_I = 2$  мс.

Розв'язування

Визначаємо відношення опорів резисторів  $R1$  та  $R2$ :  $R1 + R2 = (1....5) R_{н.мін}$ , для нашого випадку скористаємося формулою:

$$R1 + R2 = \kappa \cdot R_{н.мін} = 1 \cdot 2000 = 2000 \text{ Ом}$$

Величина  $R_{н.мін}$  вибирається згідно із заданим типом ОП, приймаємо  $R_{н.мін} = 2$  кОм (табл. Д13, (E48)).

Сума опорів  $R1$  і  $R2$  повинна задовольняти співвідношення:

$$\frac{R1}{R2} = \frac{U_{нас}}{U_n} - 1 = \frac{U_{нас}}{0,1U_{нас}} - 1 = 9$$

Тоді, з формули (11.1 і 11.2) одержимо співвідношення:

$$10R2 = R1 + R2 = 2000 \text{ Ом, тоді } R2 = 2000/10=200\text{Ом}$$

Користуючись рядом стандартних значень опорів (таблиця Д1) одержимо:  $R2 = 200$  Ом,  $R1 = 9 \cdot 200 = 1800$  Ом, приймаємо за табл. Д1 (E48), стандартне значення опору  $R1 = 1800$  Ом.

Розраховуємо величину опору зворотного зв'язку  $R_{33}$  відповідно із діапазону:

$$5 R_{н.мін} \leq R_{33} \leq 100 \text{ кОм,} \quad (12.6)$$

$$5 \cdot 2000 = 10000\text{Ом, або } 10\text{кОм} \leq R_{33} \leq 100 \text{ кОм.}$$

Із визначеного діапазону знаходимо середнє значення:

$$R_{33} = (10+100)/2 = 55 \text{ кОм.}$$

Із табл. Д1 (E48), приймаємо стандартне значення  $R_{33} = 56$  кОм.

Визначаємо ємність конденсатора  $C$ :

$$C1 \geq \frac{t_I}{R_{33} \ln\left(1 + \frac{R2}{R1}\right)} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{56000 \ln\left(1 + \frac{200}{2000}\right)} = 64,34 \cdot 10^{-6} \Phi$$

Із табл. Д1 (E24), вибираємо стандартне значення  $C = 68$  мкФ .

Напруга на конденсаторі  $C$ :

$$U = 1.5U_{вх.макс}$$

де  $U_{вх.макс}$  – приймається з табл.Д13, для заданого типу ОП.

За табл. Д10 вибираємо конденсатор  $C1$ .

Визначається час відновлення схеми за формулою (8.4):

$$t_{ВДН} = C1R_{33} \ln\left(1 + \frac{R2}{R1 + R2}\right) = 68 \cdot 10^{-6} \cdot 33000 \ln\left(1 + \frac{220}{2000 + 220}\right) = 0,195c$$

Мінімальна величина довжини вхідних запускаючих імпульсів  $\tau_{min}$  визначається за формулою:

$$\tau_{min} = \frac{(1,1 \dots 1,5)U_{нас}}{V_{U \max}} = \frac{(1,1 \dots 1,5) \cdot 0,9U_{Ж}}{V_{U \max}} = \frac{(1,1 \dots 1,5) \cdot 15 \cdot 0,9}{2,5} = (5,94 \dots 8,1) \text{ мкс}$$

де  $V_{U \max}$  – максимальна швидкість зростання вихідної напруги 2,5 В/мкс,

$U_{Ж} = U_{дж.н}$  – напруга живлення 15В, згідно з типом ОП, таблиця Д.13.

Приймаємо для подальших обчислень  $\tau_{min} = (5,94+8,1)/2=7,05$  мкс.

Опір резистора  $R_{BX}$  визначається з умови:

$$R_{BX} = (5 \div 10)R2 = 1000 \div 2000 \text{ (Ом),}$$

приймаємо для розрахунку середнє значення:  $R_{BX} = (1000 + 2000)/2=1500$  Ом.

Вибираємо стандартне значення  $R_{BX} = 1,5$  кОм, табл. Д1 (E48)..

Значення ємності конденсатора  $C_{BX}$  розраховується за формулою:

$$C_{BX} = C2 = \frac{(10...20) \tau_{\min}}{R_{BX}} = \frac{(10...20) \cdot 7,05 \cdot 10^{-6}}{1500} = 50...100 \text{ нФ}$$

Визначаємо середнє значення  $C_{BX} = (50+100)/2 = 75 \text{ нФ}$ .

З ряду стандартних значень, табл. Д1 (Е24), вибираємо  $C_{BX} = 75 \text{ нФ}$ .

Діоди  $VD1$  і  $VD2$  потрібно вибрати імпульсні і високочастотні (вибрати не потрібно).

Отримані параметри елементів схеми наносимо на схему рис. 11.1

Таблиця Д1 - Ряди номінальних значень

Індекс ряду	Позиції ряду	Допустиме відхилення від номінальної величини, %
Е24	1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1	± 5
Е48	1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,21; 1,27; 1,33; 1,4; 1,47; 1,54; 1,62; 1,69; 1,78; 1,87; 1,96; 2,05; 2,15; 2,26; 2,37; 2,49; 2,61; 2,74; 2,87; 3,01; 3,16; 3,32; 3,48; 3,65; 3,83; 4,02; 4,22; 4,42; 4,64; 4,87; 5,11; 5,36; 5,62; 5,9; 6,19; 6,49; 6,81; 7,15; 7,5; 7,87; 8,25; 8,66; 9,09; 9,53	± 2

Таблиця Д10 - Конденсатори постійної ємності

Номінальна напруга, В	Номінальна ємність, мкФ				
	К50-7	К 50-35	К 50-18	К10-17	К73-17
6,3		20; 30; 50; 100; 200; 500	220000		
10		10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000	100000		
16		5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 300; 1000; 2000; 5000	22000 68000 100000		
25		2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 000; 2000; 5000	15000 33000 100000		
50		2; 5; 10; 20; 30; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	4700 10000 15000	0,001; 0,01; 0,022.	
100		0,5; 1; 2,5; 10; 20; 30; 50	2200 4700 10000		

160	2; 50; 100; 200; 500	1,2; 5; 10; 20			1,5; 2,2
250	10; 20; 50; 100 200		1000 4700		0,047; 0,068; 0,1; 0,15; 0,22; 0,33; 0,47; 0,68; 1
300	5; 10; 20; 50; 100; 200				
350	10; 20; 50; 100				
450	10; 20; 50; 100				

Таблиця Д13 – Основні параметри мікросхем операційних підсилювачів

Тип	$U_{дж.н}, В$	$I_{сп.}, мА$	$U_{вх.макс}, В$	$U_{вих.макс}, В$	$R_{н.мін}, кОм$	$R_{ех}, кОм$	$I_{ех}, мкА$	$K_U$						
К1УТ401А (К140УД1А)	±6,3	4,2	±3*	±2,8	5*	0,004	7	500						
К1УТ401Б (К140УД1Б)	±12,6	8	±6*	±5,7				1350						
К140УД1В	±12,6	10	±6*	±5,7				8000						
К1УТ402А (К140УД2А)	±12,6	16	±6	±10	1	0,3	0,7	35000						
К1УТ402Б (К140УД2Б)	±6,3	10	±3	±3				3000						
К140УД5А (К140УД5Б)	±12	12	±6	±6,5 -4,5	5*	0,05 0,03	5 10	500 1000						
К140УД6	±15	4	±15	±11	1	1	0,1	30000						
К140УД7	±15	3,5	±12	±10,5	2	0,4	0,4	30000						
К140УД8А К140УД8Б К140УД8В	±15	3 5 5	±10	±10	2	1000	0,000 2	50000 20000 20000						
К140УД9		±12,6						8	±6	±10	1	0,3	0,35	35000
К140УД11		±15						10	±11,5*	±12	2*	1000	0,5	25000
К140УД12	±15	0,02	±10	±10	5	50	0,01	200						