

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1

### Тема: Розрахунок параметрів резисторів та їх вибір

**Мета роботи:** ознайомлення з елементами параметрів резисторів, методикою розрахунку та вибору цих елементів.

#### Теоретичні відомості

Резистор або опір (від лат. *resisto* — опираюся) — елемент електричного кола, призначений для використання його електричного опору [1].

Резистори характеризують номінальним значенням електричного опору, прийнятним відхиленням від нього, максимальною потужністю розсіювання, граничною електричною напругою та температурним коефіцієнтом електричного опору (визначається зміною величини опору резистора при зміні його температури на 1°C). Для випадку лінійної характеристики значення електричного струму через резистор у залежності від електричної напруги описується законом Ома.

Умовні графічні позначення резисторів на принципових електричних схемах регламентуються у [3].



Таблиця 1 – Розмірності резистора

Назва розмірності	Позначення українське	Позначення міжнародне	Величина, Ом
мікроОм	мкОм	$\mu\Omega$	$1 * 10^{-6}$
міліОм	мОм	mΩ	$1 * 10^{-3}$
Ом	Ом	Ω	1
кілоОм	кОм	kΩ	$1 * 10^3$
МегаОм	МОм	MΩ	$1 * 10^6$
ГігаОм	ГОм	GΩ	$1 * 10^9$

За [3] буквенний код постійного резистора, змінного резистора, потенціометра, варистора, терморезистора на електричних схемах позначається *R*.

Промислові резистори одного і того ж номіналу мають розкид опорів. Значення можливого розкиду визначається точністю резистора. Випускають резистори з точністю 20%, 10%, 5%, і т. д. аж до 0,01%. Номінали резисторів не

довільні: їх значення вибираються зі спеціальних номінальних рядів за ГОСТ 28884-90 (IEC 63-63), найчастіше з номінальних рядів E6 ( $\pm 20\%$ ), E12 ( $\pm 10\%$ ) або E24 (для резисторів з точністю до  $\pm 5\%$ ), для точніших резисторів використовуються точніші ряди (наприклад, E48), (див. додаток Д.1).

Резистори, що випускаються промисловістю характеризуються також певним значенням максимальної розсіюваної потужності (випускаються резистори потужністю 0,01Вт; 0,025Вт; 0,05Вт; 0,125Вт; 0,25Вт; 0,5Вт; 1Вт; 2Вт; 5Вт; 8Вт; 10Вт; 16Вт; 25Вт; 50Вт; 75Вт; 100Вт; 150Вт; 200Вт; 500Вт), (див. додаток Д.1).

Система позначень резисторів, що відповідає Дерстандарту:

- перший елемент позначення – буква (або дві букви), що означають тип резистора:

С – постійні; різновид МЛТ – металоплівковий резистор;

СП – змінні.

- другий елемент – цифра, що означає різновид провідного елемента:

1 – не дротові тонкошарові вуглецеві і боровуглецеві;

2 – не дротові тонкошарові металоплівкові, металооксидні;

3 – не дротові композиційні плівкові;

4 – не дротові об'ємні;

5 – не дротові;

6 – не дротові тонкошарові металізовані.

- третій елемент – цифра, що вказує на конструктивний різновид резисторів.

Позначенні номіналу, номінальної потужності і допустимого відхилення від номіналу звичайних резисторів наносять на корпус резистора.

Приклад позначень резисторів: С2-33 – резистор постійний, непровідниковий, металоплівковий, номер конструктивного різновиду (модифікації) 33.

Промисловість випускає такі типи провідникових резисторів:

- з одношаровим намотуванням:

ПЕ – дротові (провідникові) емальовані;

ПЕВ – дротові емальовані вологостійкі;

ПЕВТ – дротові емальовані і волого- і термостійкі;

ПЕВР – дротові емальовані вологостійкі регульовані, що мають латунний рухливий з затискаючим гвинтом хомут, який має можливість переміщуватися вздовж корпусу резистора по витках дроту, вільних від ізоляції;

- регульовані з багатошаровим намотуванням:

ПТ – дротові (провідникові) точні;

ПТН, ПТМ, ПТК – дротові точні, відповідно з ніхромового, магнанинового чи константанового дроту;

ПТМН, ПТММ, ПТМК – дротові точні малогабаритні, відповідно з ніхрому, манганину чи константану.

Резистори з одношаровим намотуванням мають допустимі відхилення від номіналу  $\pm 5$ ;  $\pm 10\%$ , а резистори з багатшаровим намотуванням –  $\pm 0,25$ ;  $\pm 0,5$ ;  $\pm 1\%$ .

Для визначення допустимого відхилення від номіналу резистора вводять додатково у кінці позначення букву. Допустимі відхилення від номіналу наведені у табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Допустимі відхилення від номіналу резисторів.

Доп. відх. %	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 20$	$\pm 30$
Умовн. позн.	Ж	У	Д	Р	Л	И	С	В	Ф

Відповідно до ДСТ175-72 і вимог Публікації 62 ІЕС (Міжнародної Електротехнічної Комісії) опір резистора може бути вказаний трьома, чотирма, п'ятьма чи шістьма кольоровими смугами. Як правило, перша смуга розташована ближче до одного з виводів резистора, іноді вона ширша за інші (на практиці спостерігається не завжди).

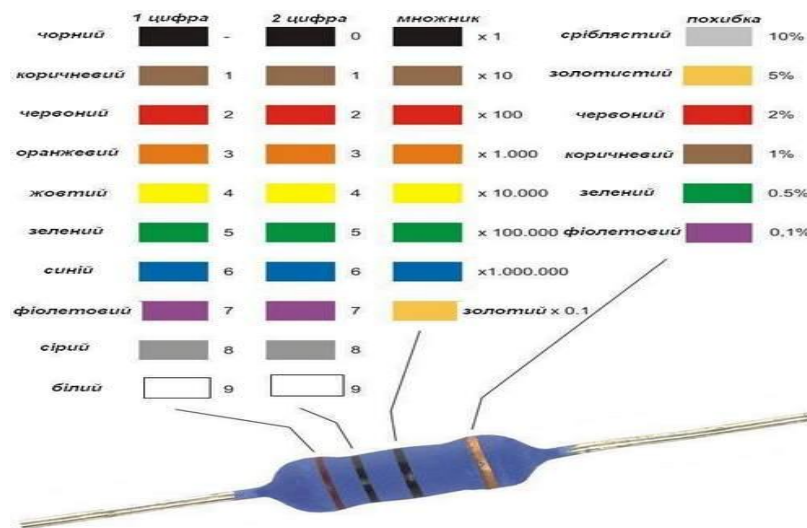


Рис. 1.1 – Визначення опору резистора за кольором смуг

Маркування 3-ма цифрами:

Перші дві цифри значення в омах, а остання – кількість нулів. Застосовується для номінального ряду E24 у межі допуску 1% та 5% типорозмірів 0603, 0805 та 1206. Буква R грає роль десяткової коми.

Приклад:

$$220 = 22 \times 10^0 = 22\Omega;$$

$$471 = 47 \times 10^1 = 470\Omega;$$

$$102 = 10 \times 10^2 = 1000\Omega;$$

$$3R3 = 3.3\Omega;$$

Маркування 4-ма цифрами:

Перші три цифри вказують значення в омах, остання — число нулів.

Поширюється на резистори з ряду номіналів E96 з допуском 1 % типорозмірів 0805 та 1206. Буква R має значення десяткової коми.

Приклад:

$$4700 = 470 \times 10^0 = 470\Omega;$$

$$2001 = 200 \times 10^1 = 2000\Omega;$$

$$1002 = 100 \times 10^2 = 10000\Omega;$$

$$15R0 = 15.0\Omega;$$

У випадку п'ятисмугового позначення три перші смуги відповідають опору, четверта - множник, а п'ята - допуск. Коли на резисторі лише три смуги, його допуск - 20%, а всі смуги означають лише опір. Шоста смуга, якщо вона є, вказує температурний коефіцієнт опору (ТКС).

### Основні формули та рівняння

Опір резистора за постійним струмом:

$$R = \frac{U}{I} \quad (1.1)$$

Потужність резистора:

$$P = IU = I^2 R \quad (1.2)$$

### Практичне завдання

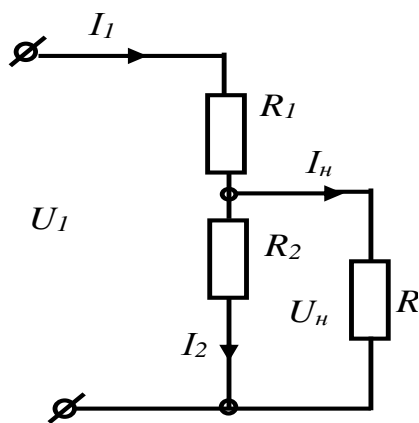


Рис. 1.2

Розрахувати і вибрати стандартні значення параметрів електричної схеми дільника напруги (рис. 1.2) для живлення навантаження  $R=R_H$  напругою  $U_H = (10 + 3 \cdot N_{\text{№}})$  за списком), В та струмом  $I_H = (100 + 5 \cdot N_{\text{№}})$  за списком), мА.

Вхідна напруга дільника  $U_1 = (30 + 5 \cdot N_{\text{№}})$  за списком), В.

Приклад. Дано:  $U_H = 10\text{В}$ ;  $I_H = 10\text{мА}$ ;  $U_1 = 100\text{В}$ .

### Розрахунок

Приймаємо, що струм дільника  $I_{1,2} = I_1 = I_2$  дорівнює заданому значенню струму  $I_{1,2} = I_H = 10\text{мА}$ , тоді опори дільника  $R_1 + R_2$  дорівнюють:

$$R_1 + R_2 = \frac{U_1}{I_{1,2}} = \frac{100}{10 \cdot 10^{-3}} = 10 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

Для забезпечення напруги  $U_2 = U_H = 10\text{В}$  опір дільника приймається:

$$R_2 = \frac{U_2}{I_{1,2}} = \frac{10}{10 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^3 \text{ Ом}, \text{ а опір } R_1 = \frac{U_1 - U_2}{I_{1,2}} = \frac{100 - 10}{10 \cdot 10^{-3}} = 9 \cdot 10^3 \text{ Ом}.$$

Користуючись рядом номінальних значень резисторів з допустимими відхиленнями від номінальної величини  $\Delta=5\%$ , вибираємо резистори ряду E24 за табл. Д1:  $R_1 = 9,1\text{кОм}$  і  $R_2 = 1\text{кОм}$ , які і використовуємо для подальших обчислень.

Визначимо опори дільника з урахуванням струму навантаження  $I_H = 10\text{мА}$ .

Струм при підключенні навантаження буде рівний:

$$I'_1 = I_H + I_2 = (10 + 10) \cdot 10^{-3} = 20\text{мА}.$$

$$R'_1 = \frac{U_1 - U_2}{I'_1} = \frac{90}{20 \cdot 10^{-3}} = 4,5\text{кОм}.$$

Тобто, для забезпечення стабільної напруги на навантаженні при зростанні струму за включеного навантаження опір  $R_1$  треба зменшити до значення  $R'_1$ . За табл. Д1 визначаємо стандартне значення опору:  $R'_1 = 4,7\text{кОм}$ .

За напруги  $U_H = 10\text{В}$  і струму  $I_H = 10\text{мА}$  опір навантаження

$$R_H = \frac{U_H}{I_H} = \frac{10}{10 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 1\text{кОм}.$$

Опір паралельно включених резисторів  $R_2$  і  $R_H$  буде рівний:

$$R_{2,H} = \frac{R_2 \cdot R_H}{R_2 + R_H} = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^3} = 0,5 \cdot 10^3 \text{ Ом}.$$

Спад напруги на навантаженні визначається за формулою:

$$U_H = I'_1 \cdot R_{2,H} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^3 = 10 \text{ В}.$$

Визначимо потужності, що виділяються у вигляді тепла на опорах дільника напруги:

$$P_{R_1} = I_1'^2 \cdot R_1 = (20 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 4,7 \cdot 10^3 = 1,88\text{Вт}.$$

$$P_{R_2} = I_2^2 \cdot R_2 = (10 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 \cdot 10^3 = 0,1\text{Вт}.$$

За значенням  $R_1 = 4,7\text{кОм}$  за табл. Д3., вибираємо резистори:

$R_1$  типу МЛТ-2 4,7кОм 5% (МЛТ - металоплівковий резистор, потужністю 2Вт з опором 4,7кОм з допустимою похибкою  $\pm 5\%$ );

$R_2$  типу МЛТ-0,125 1кОм 5% (МЛТ - металоплівковий резистор, потужністю 0,125Вт з опором 1кОм з допустимою похибкою  $\pm 5\%$ ).

### Контрольні запитання

1. Що називають резистором? Умовне графічне та буквене позначення на електричних схемах? Одиниці вимірювання опору?
2. Поясніть, які резистори відносяться до лінійних, нелінійних?
3. За якими номінальними параметрами вибираються лінійні резистори?
4. Як визначається потужність резистора?

5. Що таке стандартний номінальний ряд? Які є види стандартних номінальних рядів та як їх класифікують залежно від похибки (точності)?
6. Розшифруйте умовне позначення резистора, вказане викладачем?
7. Наведіть формулу для визначення опору резистора за постійним струмом?
8. Що таке дільник напруги, застосування в пристроях електроніки?
9. Які є типи нелінійних резисторів?
10. Наведіть умовне графічне позначення потенціометру?

## Д О Д А Т К И

Таблиця Д1 - Ряди номінальних значень

Індекс ряду	Позиції ряду	Допустиме відхилення від номінальної величини, %
E6	1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8	±20
E 12	1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 8,2	± 10
E24	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
E48	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

Числу в індексі знаменника ряду відповідає кількість позицій ряду: так, ряд E24 має 24 номінальних значення у проміжку від 1 до 10 (більша кількість при допустимому відхиленні ± 5 % не потрібна).

Будь-яке номінальне значення ряду може бути помножене на множник  $10^n$ . Множники та їх позначення наведені в табл. Д2 (може бути, наприклад: 6,8Ом; 680Ом; 6,8кОм; 68кОм; 6,8мкФ; 0,68нФ; 6800пФ та ін.).

Таблиця Д2 - Множники для утворення десяткових часткових та кратних одиниць

Множник $10^n$	Пристав- ка	Параметр елемента							
		Опір (R)		Ємність (C)					
		назва	позначення	назва	позначення				
$10^9$	гіга	гігаом	ГОм	фарада	Ф				
$10^6$	мега	мегаом	МОм						
$10^3$	кіло	кілоом	кОм						
1	-	-	Ом						
$10^{-3}$	мілі	міліом	мОм			мікрофарада	мкФ		
$10^{-6}$	мікро								
$10^{-9}$	нано							нанофарада	нФ
$10^{-12}$	піко							пікофарада	пФ

Таблиця Д3 - Постійні резистори

Тип резистора	Діапазон опорів	Номінальна потужність, Вт
МЛТ	1 Ом ÷ 3,01 МОм	0,01; 0,025; 0,05; 0,125
	1 Ом ÷ 5,1 МОм	0,25; 0,5
	1 Ом ÷ 10 МОм	1; 2
С2-33	1 Ом ÷ 3 МОм	0,125
	1 Ом ÷ 5,1 МОм	0,25
	0,1 Ом ÷ 5,1 МОм	0,5
	1 Ом ÷ 10 МОм	1
	1 Ом ÷ 22 МОм	2
ПЕВ-5	45 Ом ÷ 430 Ом	5
ПЕВ-8	5 Ом ÷ 33 кОм	8
ПЕВ-10; ПЕВ-16; ПЕВ-25; ПЕВ-50	5 Ом ÷ 10 кОм	10; 16; 25; 50