

Практичне заняття № 1

Параметри постійних резисторів

Постановка задачі

Необхідно ознайомитись з властивостями, маркуванням і конструкцією основних типів постійних резисторів, які використовуються в РЕА, а також методикою розрахунку резисторних подільників напруги.

Домашнє завдання

1. Вивчити основні параметри і маркування постійних резисторів.
2. Вивчити методику розрахунку резистивних подільників напруги.
3. Підготувати необхідні таблиці для результатів практичної роботи.

Загальні відомості

Класифікація резисторів

Резистором називають пасивний елемент РЕА, призначений для створення в електричному колі необхідної величини опору, що забезпечує перерозподіл і регулювання електричної енергії між елементами електричної схеми.

Резистори класифікуються за такими ознаками:

1. *В залежності від характеру зміни опору* резистори ділять на **постійні** (з фіксованим значенням опору), **зміні** (опір може змінюватися в будь-який час в певних межах багаторазово), **підстроювальні** (опір може змінюватися в будь-який час в певних межах, але обмежене число раз), **фоторезистори** (опір змінюється під впливом світла), **терморезистори** (опір змінюється під впливом тепла), **варисторі** (опір залежить від прикладеної напруги), **тензорезистори** (опір залежить від прикладених механічних напруг).

2. *В залежності від призначення* резистори поділяють на **резистори загального призначення** (діапазон опору від 10 Ом до 10 МОм, потужність

розсіювання від 65 мВт до 100 Вт, допустиме відхилення від номінального від $\pm 1\%$ до $\pm 20\%$), **прецизійні** (які мають значну стабільність параметрів і значну точність від $\pm 0,0005\%$ до $\pm 0,5\%$), **високочастотні** (мають малу індуктивність і ємність), **високовольтні** (робоча напруга від 1 кВ до 50 кВ), **високоомні** (номінальний опір від 10 МОм до 5 ТОм), **низькоомні** (номінальний опір від 0,01 Ом до 10 Ом).

3. *В залежності від способу захисту від зовнішніх факторів* резистори поділяються на **неізольовані** (які не допускають контакту з корпусом РЕА), **ізольовані** (які допускають контакт з корпусом РЕА), **герметичні** (мають герметичну конструкцію корпусу), **вакуумні** (мають резистивний елемент у скляної вакуумної колбі).

4. *За матеріалом резистивного елемента* резистори поділяються на **дротяні**, **недротяні** та **металофольгові**. У **дротяних** резисторів матеріалом резистивного елемента служить дріт з високим питомим опором: манганін, константан, ніхром, нікелін. У **недротяних** резисторів резистивним матеріалом є тонкі металеві або металоокисні плівки, або об'ємна композиція з високим питомим опором. У **металофольгових** матеріалом резистивного елемента є металева фольга. Матеріалом для недротяних резисторів є металодіелектрик, окисли металів, тонкі металеві плівки, плівки вуглецю.

Параметри постійних резисторів

До них відносять:

1. **Номінальне значення опору**, яке вказується на корпусі резистора. Згідно ГОСТ 2825-67 резистори мають шість рядів номінального опору: Е6, Е12, Е24, Е48, Е96, Е192. числа вказують кількість номінальних значень в кожній декаді. Так ряд Е6 має 6 значень опору в межах декади: 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8; а ряд Е24 - 24 значення опору в межах декади: 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.

2. **Допуск** – максимально допустиме відхилення номінального опору в %. Згідно ГОСТ 9664-74 ряд допусків для резисторів в % : $\pm 0,001$; $\pm 0,002$; $\pm 0,005$; $\pm 0,01$; $\pm 0,02$; $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; ± 1 ; ± 2 ; ± 5 ; ± 10 ; ± 20 ; ± 30 .

3. **Номінальна потужність розсіювання**. Це максимальна потужність, яку може розсіяти резистор протягом гарантованого терміну служби. Згідно ГОСТ 24013-80 і ГОСТ 10318-8 значення номінальної потужності розсіювання, в Вт: 0,01; 0,025; 0,05; 0,062; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 160; 250; 500.

4. **Максимальна напруга** – це максимальна напруга, при якій може працювати резистор.

5. **Температурний коефіцієнт опору (ТКО)** – це відносна зміна опору резистора при зміні температури на 1 градус. Для прецизійних резисторів ТКС знаходиться в межах від (1 до 100) 10^{-6} К⁻¹. Для резисторів загального призначення він знаходиться в межах від (10 до 2000) 10^{-6} К⁻¹. Для вуглецевих резисторів ТКО негативний, для інших позитивний.

6. **Напруга шумів**. Це значення е.р.с. шумів резисторів внаслідок теплового або струмового шуму. Значення напруги шумів для недротяних резисторів змінюється від 0,1 до 100 мкВ/В.

Позначення та маркування постійних резисторів

Згідно з чинною системою позначень скорочена назва резистора складається з букви і двох цифр, які пишуться через дефіс. Наприклад: **P1-4**.

Перша літера показує підклас резистора: Р – постійні, РП – змінні і підстроювальні, НР – набір резисторів.

Другий елемент (цифра) показує групу резисторів за матеріалом: 1 – недротяні, 2 – дрові.

Третій елемент (цифра) – реєстраційний номер розробки.

Таким чином, повне позначення резистора має вигляд:

P1-4-0,5-10 кОм \pm 1% А-Б-В ОЖО.467.157ТУ

і позначає наступне: резистор постійний, недротяний, реєстраційний номер 4, потужність розсіювання 0,5 Вт, номінальний опір 10 кОм, допуск $\pm 1\%$, група шумів – А, група ТКО – Б, усекліматичне виконання – В, технічні умови – ОЖО.467.157.

До діючої зараз системи позначень, позначення резисторів згідно ГОСТ 13453-68 виглядали як: **С2-33**.

Перший елемент (буква) означає тип резистора (С – постійний, СП – змінний).

Другий елемент (цифра) означає матеріал резистора (1 – недротяні тонкоплівкові вуглецеві, 2 – недротяні тонкоплівкові металодіелектричні і металоокисні, 3 – недротяні плівкові композиційні, 4 – недротяні об'ємні композиційні, 5 – дротяні, 6 – недротяні тонкоплівкові металиві).

Третій елемент (цифра) означає порядковий номер розробки.

Резистори, що розроблені до 1968 р. і випускаються до теперішнього часу позначаються трьома (двома) буквами і цифрами. Наприклад: МЛТ–0,125.

Перша буква позначає матеріал резистора (У – вуглецевий, К – композиційний, М – металоплівковий, П – дротяний, Б – боровуглецевий і т.д.).

Друга літера позначає тип захисту резистора (Л – лакований, Э – емальований, В – вакуумний і т.д.).

Третя буква позначає особливі властивості резистора (Т – теплостійкий, П – прецизійний, В - високовольтний і т. д.).

Після букв слідували через дефіс цифри, які вказували на потужність розсіювання резистора у Вт.

На корпус постійного резистора виносять у вигляді маркування кодоване позначення номінального значення опору, допуску, потужності розсіювання, типу резистора і дата виготовлення. Через малі габаритні розміри не всі зазначені параметри можуть перебувати в маркуванні резистора.

Кодоване позначення номінального опору складається з цифр (від 2 до 4) і букви, яка означає множник і положення десяткової точки. Наприклад: 5R1 – 5,1 Ом; 150 K – 150 кОм; 2M2 – 2,2 МОм, M22 – 220 кОм.

Букви R або E, K, M, G, T відповідно позначають множники 1, 10^3 , 10^6 , 10^9 , 10^{12} .

Кодове позначення допуску позначається буквами, які слідують після позначення номінального опору відповідно до наступного:

± 0,1% – буква **B** або **J**; ± 0,25% – буква **C** або **U**; ± 0,5% – буква **D** або **D**;
± 1% – буква **F** або **P**; ± 2% – буква **G** або **L**; ± 5% – буква **J** або **I**; ± 10% –
буква **K** або **S**; ± 20% – буква **M** або **V**; ± 30% – буква **N** або **Φ**. Жирним шрифтом виділені букви латинського алфавіту.

На резисторах малого розміру кодоване позначення номінального опору в Ом складається з 3 або 4 цифр, причому остання цифра позначає порядок множника (10^n). Наприклад: 361 відповідає номінальному опору $3,6 \times 10^1 = 360$ Ом.

Згідно ГОСТ 175-72 (МЭК62) допускається маркування резисторів кольорним кодом. Його наносять знаками у вигляді кілець або смуг. Відповідно до цих вимог кольорові смуги на резисторі зрушені до одного з виводів і розташовуються зліва направо в наступному порядку:

- перша смуга – перша цифра;
- друга смуга – друга цифра;
- третя смуга – множник;
- четверта смуга – допуск.

Перша смуга – найближча до виводу резистора. Якщо габарити резистора не дозволяють зрушити маркування ближче до одного з виводів, перша смуга робиться ширше інших. Кольори знаків маркування номінального опору і допуску відповідають кольорам, зазначеним в таблиці 1.1. Приклад кольорового маркування приведений на рис.1.1.

Таблиця 1.1 – Кольори знаків маркування номінального опору і допуску

Колір знака	Номінальний опір, Ом				Допуск, %
	1 цифра	2 цифра	3 цифра	Множник	
Сріблястий	-	-	-	10^{-2}	± 10
Золотистий	-	-	-	10^{-1}	± 5
Чорний	-	0	-	1	-
Коричневий	1	1	1	10	± 1
Червоний	2	2	2	10^2	± 2
Помаранчевий	3	3	3	10^3	-
Жовтий	4	4	4	10^4	-
Зелений	5	5	5	10^5	$\pm 0,5$
Блакитний	6	6	6	10^6	$\pm 0,25$
Фіолетовий	7	7	7	10^7	$\pm 0,1$
Сірий	8	8	8	10^8	$\pm 0,05$
Білий	9	9	9	10^9	-

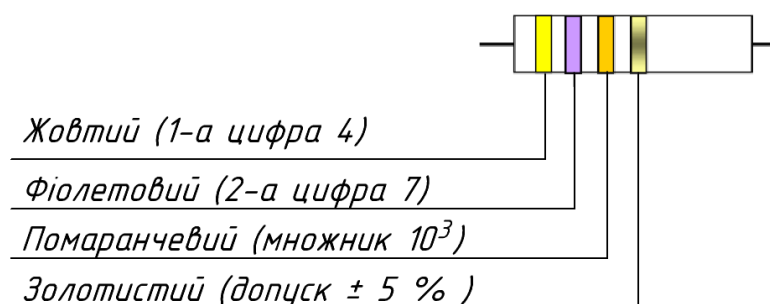


Рис.1.1 – Маркування резистора з номінальним опором 47 кОм і допуском $\pm 5\%$

Основні конструкції постійних резисторів

Найпоширеніша конструкція постійних резисторів – спіральна. На керамічний циліндр з внутрішнім отвором розпорошується тонка плівка резистивного елемента (ніхром, константан, сплави типу МЛТ). Потім на поверхні циліндра виготовляють спіралеподібну канавку, після чого з торців циліндра запаюють контактні кришки (рис.1.2 а). Безіндуктивні резистори виготовляють аналогічно, але спіральну канавку не прорізають, це зменшує індуктивність конструкції (рис.1.2 б).

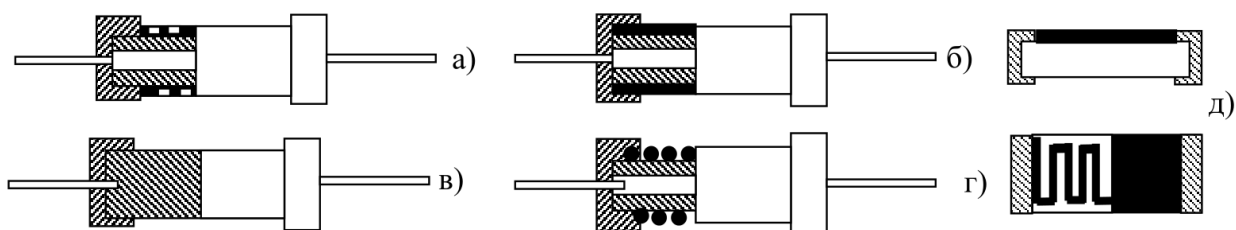


Рис.1.2 – Основні конструкції постійних резисторів:

а – спіральна; б – безіндуктивна; в – об’ємна; г – дротяна, г – SMD резистори

Об’ємні композитні резистори виготовляють з об’ємних матеріалів, а контакти виводять з торців резистора (рис.1.2 в).

Дротяні резистори виготовляють намотуванням високоомним проводом на керамічному циліндрі. Кінці дроту закріплюють чашками або запаюють на виводах резистора (рис.1.2 г).

Резистори для поверхневого монтажу виготовляють запиленням плоскої спіралі з високоомного матеріалу на поверхню керамічної пластини, а торці такої пластини металізують для створення контактів (рис.1.2 д).

Вивідні резистори встановлюють в отвори друкованих плат з подальшою пайкою виводів. SMD-резистори (для поверхневого монтажу) припаюють до контактних площадок на поверхні друкованої плати.

Завдання до практичної роботи

Для виконання практичної роботи пропонується стенд, який включає в себе набір дискретних резисторів та резисторних збірок. Наведені радіокомпоненти є основними типами, що використовують в РЕА, як для об’ємного, так і для поверхневого монтажу.

1. Змалювати маркування, яке нанесене на корпусі кожного резистора.
2. Розшифрувати значення номінального опору R_n , допуску ΔR_n , а також додаткові відомості, які зазначені в маркуванні резистора.
3. Заміряти омметром значення опору R_e кожного резистора. Для резистивних збірок необхідно заміряти опір кожного резистора, що входить в збірку.

Методика розрахунку резистивного подільника напруги

Розглянемо методику розрахунку резистивного подільника напруги, схема якого наведена на рис.1.3.

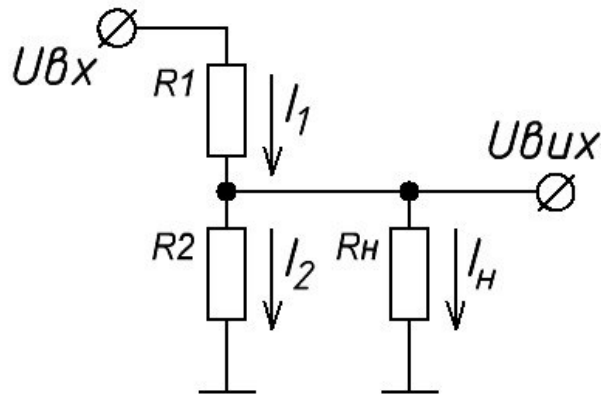


Рис.1.3 – Резистивний подільник напруги

Вхідними даними є вхідна напруга $U_{вх}$, вихідна напруга $U_{вих}$ і струм навантаження I_H . Необхідно визначити номінали опорів подільника і потужності розсіювання резисторів R_1 і R_2 , а також необхідний струм джерела вхідної напруги I_1 .

Розрахунок проводять в наступному порядку.

1. Визначають опір навантаження:

$$R_H = \frac{U_{вих}}{I_H}. \quad (1.1)$$

2. Значення опору резистора R_2 вибирають з ряду значень номінального опору, так щоб його номінал був 5 ... 10 разів менше опору навантаження R_H .

3. Значення опору резистора R_1 знаходять із співвідношення:

$$U_{вих} = U_{вх} \cdot \frac{(R_2 \uparrow\uparrow R_H)}{R_1 + (R_2 \uparrow\uparrow R_H)}, \quad (1.2)$$

де $(R_2 \uparrow\uparrow R_H)$ – позначає опір при паралельному з'єднанні даних резисторів.

4. Знаходять струм джерела вхідної напруги:

$$I_1 = \frac{U_{вх} - U_{вих}}{R_1} \quad (1.3)$$

5. Значення струму через резистор R_2 знаходять із співвідношення:

$$I_2 = I_1 - I_H \quad (1.4)$$

6. Потужність розсіювання резисторів R_1 і R_2 знаходять зі співвідношень:

$$P_R = \frac{U_R^2}{R} \text{ або } P_R = I_R^2 \cdot R, \quad (1.5)$$

де P_R , U_R , I_R , R – потужність розсіювання, напруга, струм і опір конкретного резистора, відповідно.

7. Відповідно до розрахованим значенням опорів вибирають найближче номінальне значення опорів резисторів R_1 і R_2 з відповідного ряду номінальних значень E24, E48 або E96. Аналогічно потужність резисторів вибирають найближче з ряду рекомендованих потужностей.

8. Перевіряють отримані розрахунки підстановкою обраних значень номінальних опорів резисторів R_1 і R_2 в співвідношення (1.1).

Контрольні питання

1. Наведіть класифікацію резисторів.
2. Назвіть основні параметри резисторів.
3. Як позначаються і маркуються постійні резистори?
4. Наведіть конструкції постійних резисторів.
5. Наведіть методику розрахунку резистивних дільників напруги.