

ЛЕКЦІЯ 1 ПАСИВНІ ЕЛЕМЕНТИ

- 1. Основні поняття, визначення, будова та класифікація резисторів.
- 2. Резистори постійного опору (параметри, характеристики та область застосування).
- 3. Резистори змінного опору (параметри, характеристики та область застосування).

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ВИЗНАЧЕННЯ, БУДОВА ТА КЛАСИФІКАЦІЯ РЕЗИСТОРІВ

- Опір резистора R залежить від властивостей резистивного матеріалу та його геометричних параметрів. Наприклад, для дротяного резистора

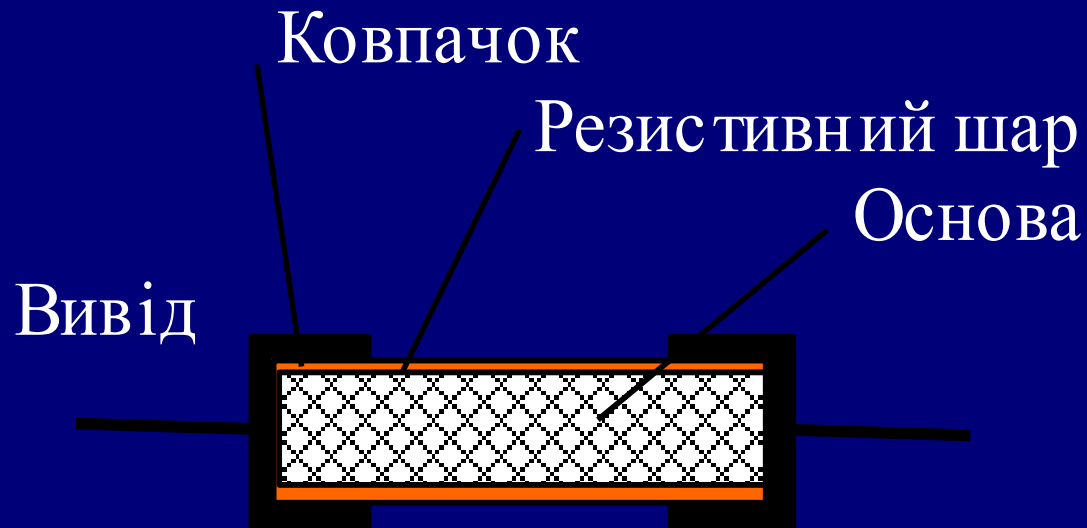
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

де ρ – питомий опір резистивного матеріалу;

S – площа перерізу резистивного матеріалу;

l – довжина резистивного матеріалу.

КОНСТРУКЦІЯ РЕЗИСТОРІВ



Типова конструкція плівкового
резистора постійного опору

КЛАСИФІКАЦІЯ РЕЗИСТОРІВ

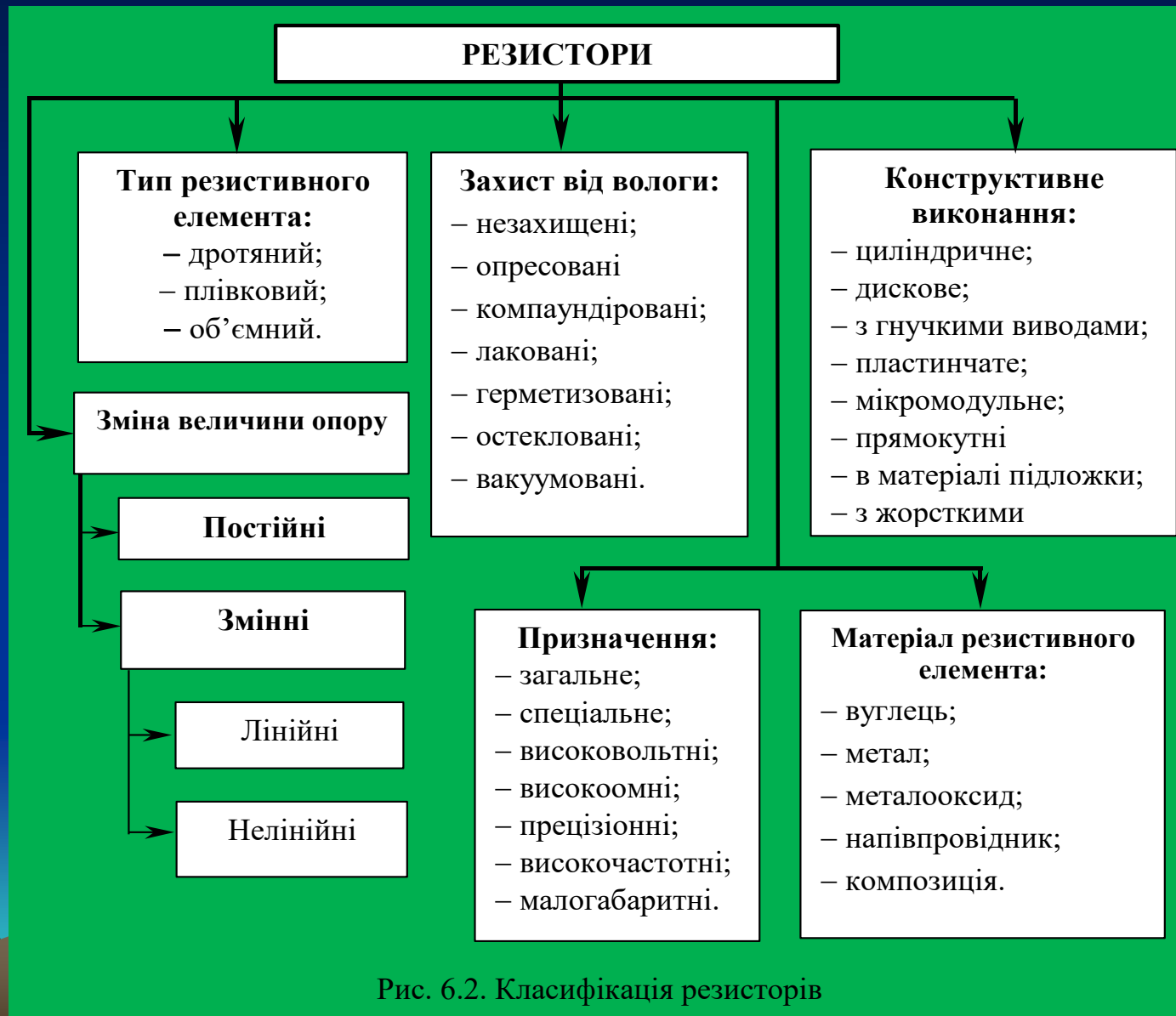


Рис. 6.2. Класифікація резисторів

2. РЕЗИСТОРИ ПОСТІЙНОГО ОПОРУ (ПАРАМЕТРИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ).

Властивості резисторів визначаються їх параметрами:

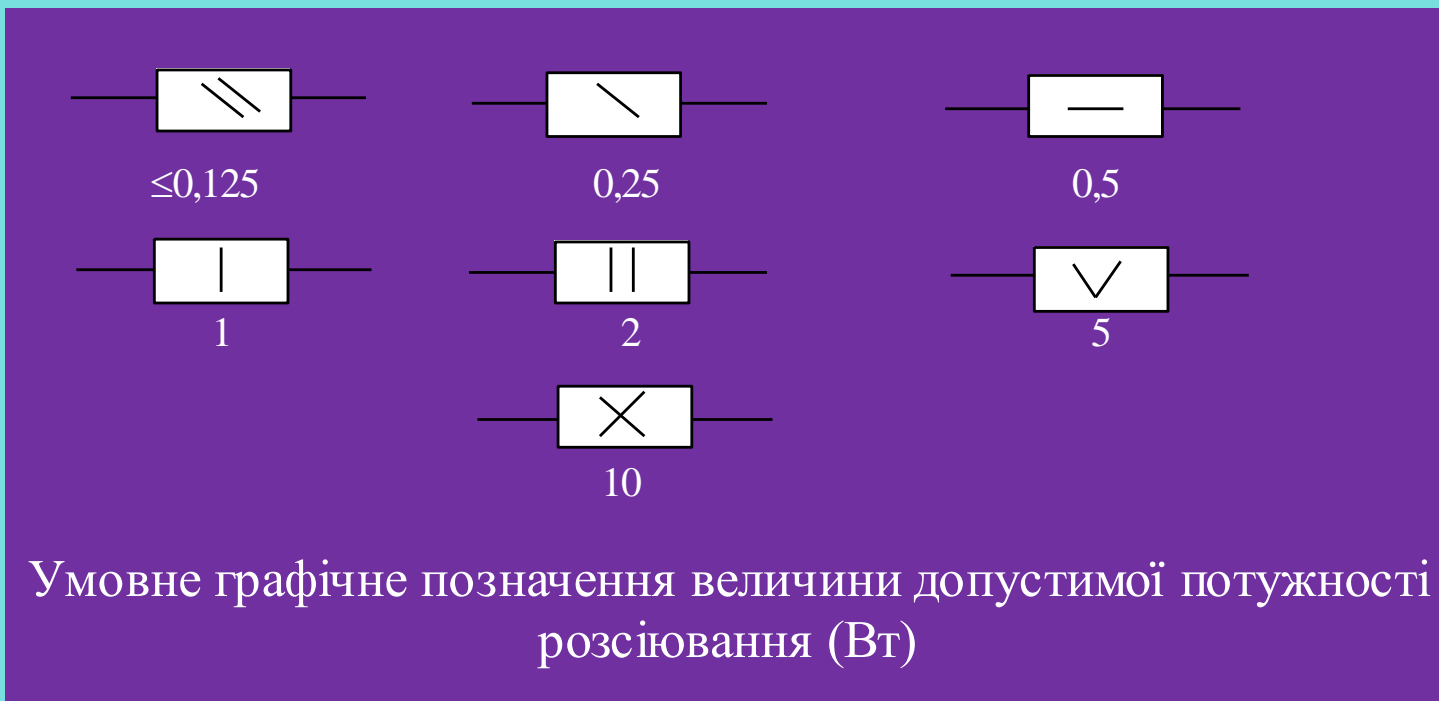
- номінальний опір;
- допуск;
- номінальна потужність розсіювання;
- температурний коефіцієнт опору;
- рівень власних шумів;
- повний опір

ПАРАМЕТРИ РЕЗИСТОРІВ

Допуск - максимальна різниця між фактичним опором резистора

$$\Delta = \pm \frac{R_{\phi} - R_{\text{НОМ}}}{R_{\text{НОМ}}} \cdot 100\%$$

Номинальна потужність розсіювання



ПАРАМЕТРИ РЕЗИСТОРІВ ПОСТІЙНОГО ОПОРУ

- Температурний коефіцієнт опору

$$\text{ТКО} = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \cdot \frac{1}{T_2 - T_1} = \frac{\Delta R}{R_1 \cdot \Delta T}$$

- Рівень власних шумів

$$U^2 = 4kTR\Delta f$$

де k – стала Больцмана,

T – абсолютна температура,

R – електричний опір,

Δf – смуга частот.

група А – $E_{\text{ш}} \leq 1$ мкВ/В;

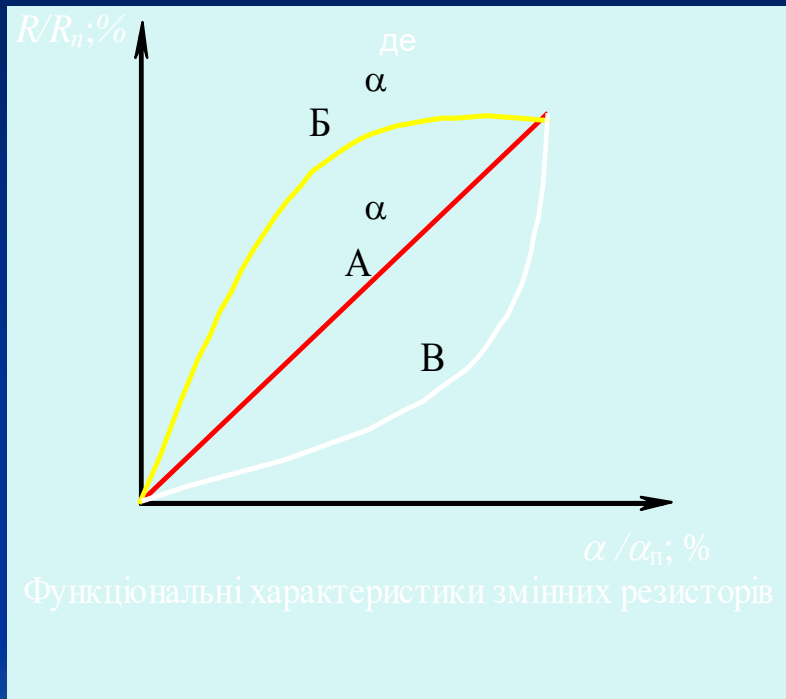
група В – $E_{\text{ш}} > 1$ мкВ/В;

3. РЕЗИСТОРИ ЗМІННОГО ОПОРУ (ПАРАМЕТРИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ)



ФУНКЦІОНАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

- Залежність опору або вихідної напруги (струму) від переміщення (кута повороту) рухомої системи:



$$\frac{R}{R_{\Pi}} = f\left(\frac{\alpha}{\alpha_{\Pi}}\right)$$

α та R – кут повороту рухомої системи і відповідний йому опір резистора;

α_{Π} та R_{Π} – повний кут повороту рухомої системи та повний опір резистора.

Резистори випускаються з трьома видами функціональних характеристик:

A – з лінійною

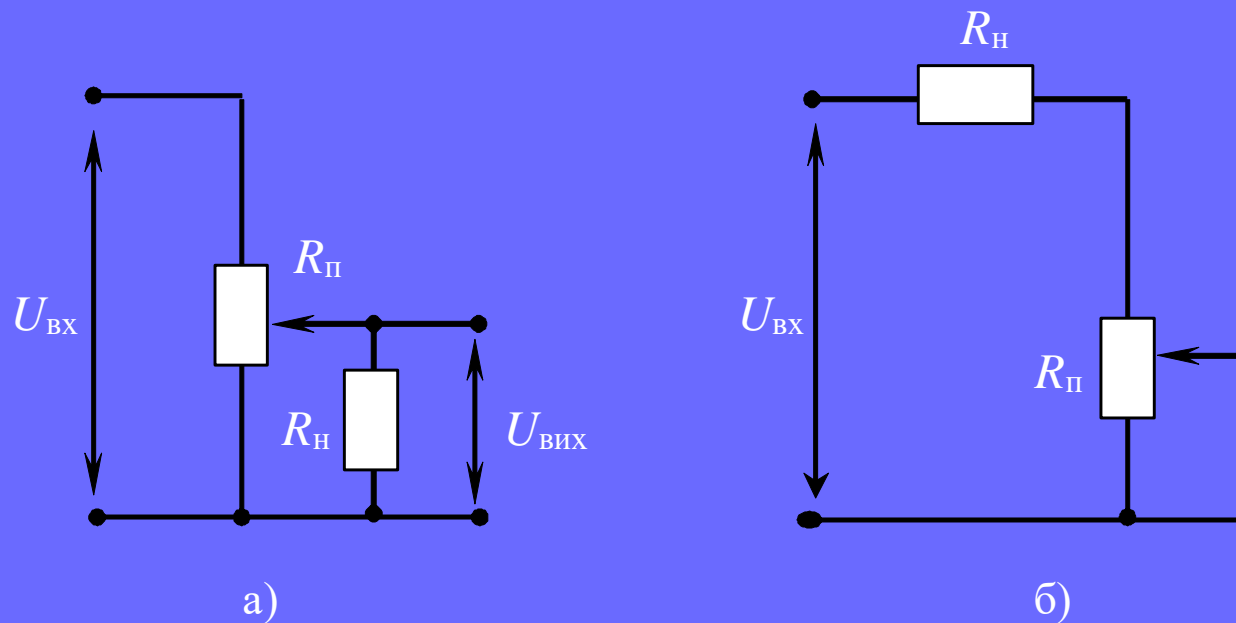
$$R = r_0 + \varphi R_{\max}$$

B – із логарифмічною $R = r_0 e^{K\varphi}$

B – із зворотно-логіфімічною

Специфічні параметри змінних резисторів

- межі зміни опору;
 - максимальний кут повороту рухомої системи;
 - шуми руху;
 - сталість до зносу.
- Схеми включення змінних резисторів



Схеми включення змінних резисторів

МАРКУВАННЯ РЕЗИСТОРІВ

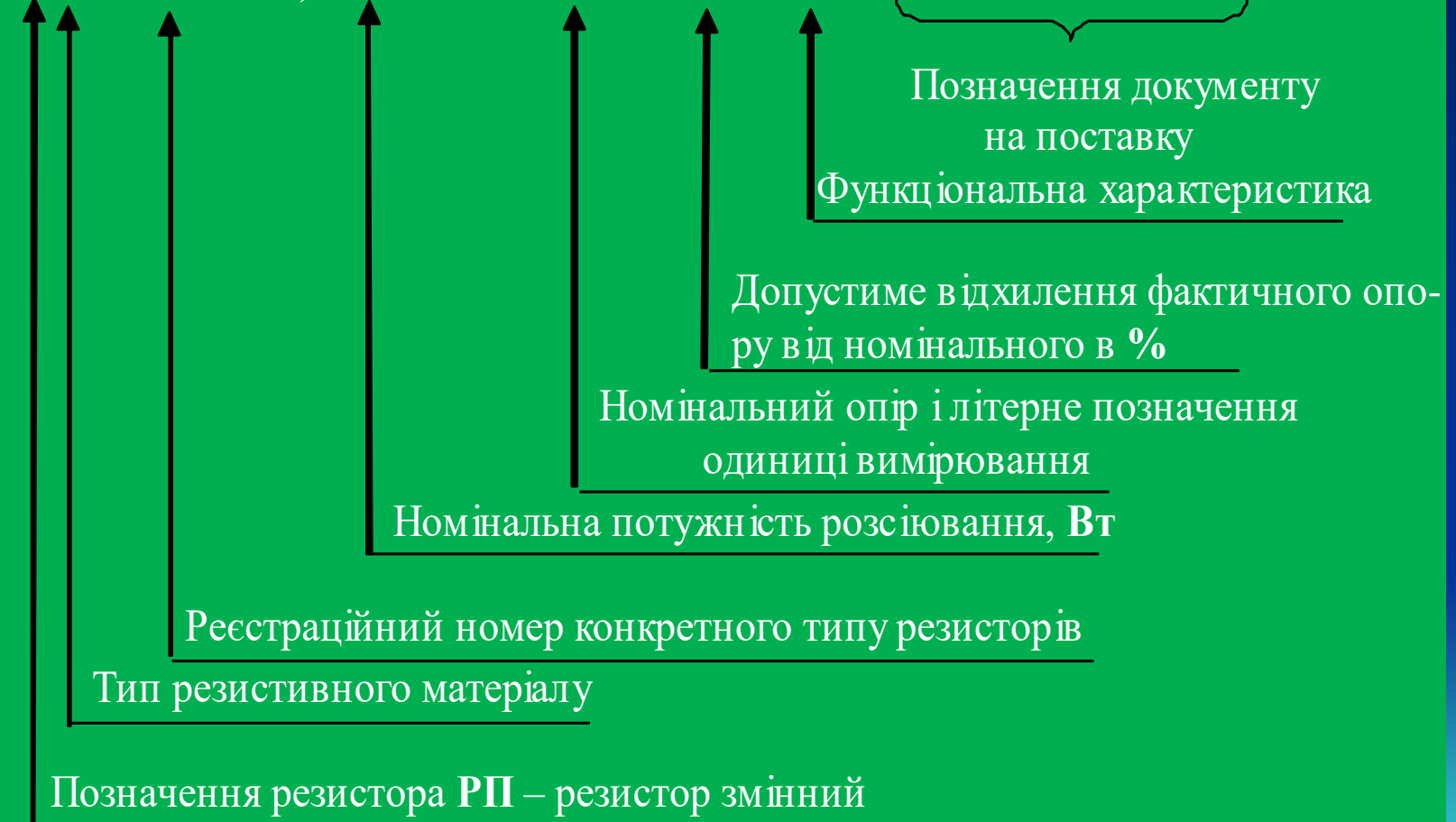
Система повних умовних позначень резисторів складається з таких елементів:

- **1-й елемент** (одна або дві літери) – позначає підклас резистора
- (Р – резистор постійний, РП – резистор змінний, НР – набір резисторів, Б – блоки резисторів).
- **2-й елемент (цифра)** – позначає групу резисторів за матеріалом резистивного шару (1 – недротові, 2 – дротові та металофольгові)
- **3-й елемент (цифра)**, через дефіс, позначає реєстраційний номер .
- Наприклад: РП1-46 – резистор змінний, недротовий з реєстраційним номером 46.
- До системи умовних позначень наборів резисторів входять такі елементи:
- 1-й елемент – літери НР;
- 2-й елемент – (цифра) – варіант конструктивного виконання;
- 3-й елемент – (число) – номер за порядком розробки;
- 4-й елемент – (цифра) – типова схема побудови набору.

Повне умовне позначення резисторів змінного опору

- Наприклад:

РП1 – 33Б – 0,25 Вт – 100 кОм ± 2% – А – ОЖ0. 467. 027. ТУ



Скорочене умовне позначення резисторів

- Наприклад:

С 2 – 0,5 – 5к6С

Допустиме відхилення фактичного опору від
номінального $\pm 10\%$.

Номінальний опір $R_{\text{ном}} = 5,6 \text{ кОм}$

Номінальна потужність розсіювання $P_{\text{ном.}} = 0,5 \text{ Вт}$

Матеріал резистивного шару:

- 1 – вуглецеві
- 2 – металоплівкові та металоокисні
- 3 – плівкові, композиційні
- 4 – об'ємні композиційні
- 5 – дротяні

С – постійні

СП – змінні

НЕЛІНІЙНІ РЕЗИСТОРИ

- **Варистори** – напівпровідникові резистори, які мають різку залежність електричного опору від напруги.

До **основних параметрів варистора** відносяться:

– статичний опір

$$R_{\text{ст}} = \frac{U}{I}$$

– динамічний опір

$$R_{\text{дин}} = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

- коефіцієнт нелінійності $\beta = R_{\text{ст}}/R_{\text{дин}}$
- класифікаційна напруга $U_{\text{кл}}$ – напруга на варисторі при даному струмі $I_{\text{кл}}$ (знаходиться в межах від 2 до 20 мА);
- номінальна потужність.

Фоторезистори

- **Фоторезистори** – це напівпровідниковий пристрій, опір якого зменшується при дії на нього енергії світлового потоку.
- **Світлова (люкс – амперна) характеристика** – це залежність фотоструму від падаючого світлового потоку або від освітлення. Фоторезистори мають нелінійну світлову характеристику.
- **Частотна характеристика** – залежність фотоструму від частоти модуляції падаючого світлового потоку

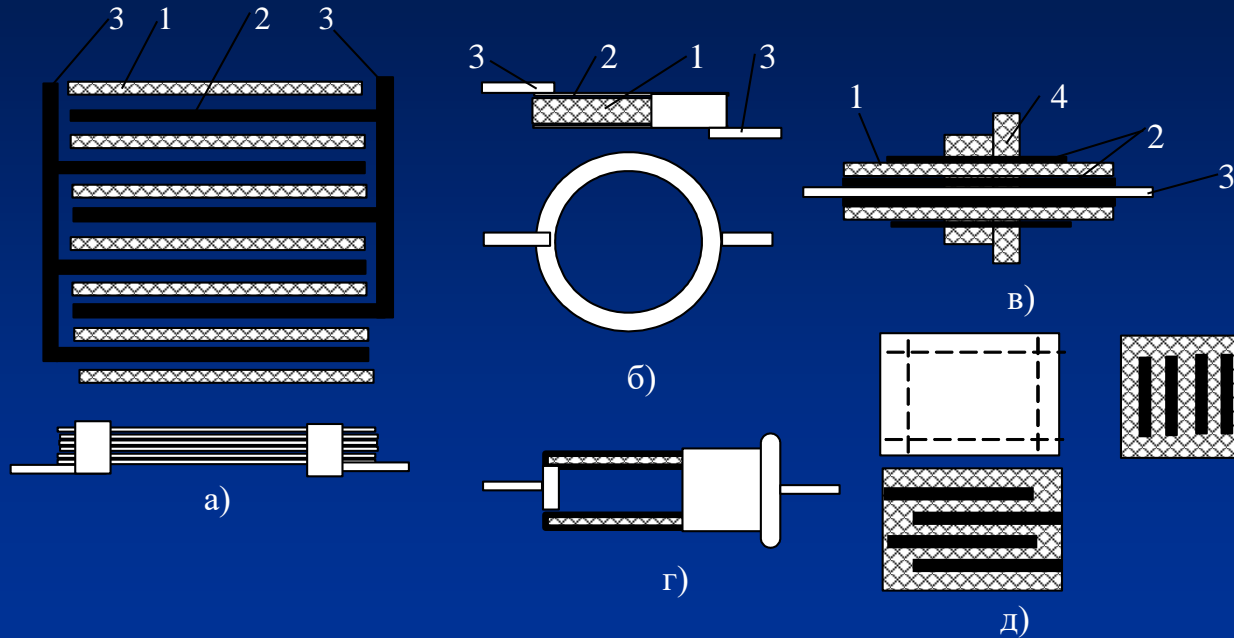
- 1. Основні поняття, визначення, будова та класифікація конденсаторів.
- 2. Конденсатори постійної ємності (параметри, характеристики та область застосування).
- 3. Конденсатори змінної ємності (параметри, характеристики та область застосування).



Загальні відомості про конденсатори

- Конденсатори, так як і резистори, відносяться до пасивних елементів радіоелектронної апаратури. Вони відносяться до найбільш масових елементів електричних кіл. Разом з резисторами, конденсатори складають близько 60 – 70% від усіх електрорадіоелементів, тому знання властивостей та параметрів конденсаторів являється важливим для подальшого розуміння процесів, які проходять в електричних колах.
- **Електричний конденсатор** – це радіодеталь радіоелектронної апаратури, в якій використовують її ємність.
- Основним призначенням конденсатора є накопичення електричного заряду.
- Конденсатори широко застосовуються в апаратурі зв'язку, управління, обчислювальної техніки, автоматики, в коливальних контурах, електричних фільтрах, розподілюючих контурах, імпульсних вузлах, в контурах інтегрування та диференціювання.

- Основні типи конструктивного виконання конденсаторів:



Основні типи конструктивного виконання конденсаторів:

а – пакетний; б – дисковий; в – трубчатий спеціальний; г – трубчатий; д – литий секційний

(1 – діелектрик; 2 – обкладки; 3 – виводи; 4 – металева втулка з різьбою)

• КЛАСИФІКАЦІЯ КОНДЕНСАТОРІВ



Конденсатори класифікуються за різними ознаками

- – за можливістю регулювання ємності (постійні, змінні, та напівзмінні);
- – за залежністю ємності від напруги та температури (лінійні та нелінійні);
- – за матеріалом діелектрика (органічні, неорганічні, оксидні, та газоподібні);
- – за областями застосування (низьковольтні, високовольтні, низькочастотні, високочастотні, імпульсні, полярні, неполярні, дозиметричні та ті, що придушують заваду та т. ін.);
- – за конструктивним виготовленням (пакетні, дискові, багатопластинчаті, литі секційні, трубчаті, рулонні, резервуарні);
- – за захистом від вологи (незахищені, опресовані, вакуумні, лаковані, герметичні);
- – за фазовим станом діелектрика (газоподібні, рідкі, тверді);
- Ємність конденсатора змінної ємності можна змінювати при його роботі у відповідному пристрої. Управління ємністю здійснюється механічно, електричною напругою (варіконди) або температурою (термоконденсатори). Конденсатори змінної ємності застосовують для плавного настроювання коливальних контурів, в ланцюгах автоматики та т. ін.
- Напівзмінні конденсатори застосовуються для регулювання ємності в невеликих межах. Їх застосовують для рівняння початкової ємності контурів, для періодичного регулювання контурів, де необхідна незначна зміна ємності.



Параметри постійних конденсаторів

- До основних параметрів конденсаторів відносяться:
- – номінальна ємність, $C_{\text{НОМ}}$;
- – допуск;
- – номінальна напруга, $U_{\text{НОМ}}$;
- – температурний коефіцієнт ємності, ТКЕ;
- – опір ізоляції та струм витоку $R_{\text{із}}$, $I_{\text{вт}}$;
- – повний опір, Z .

НОМІНАЛЬНА ЄМНІСТЬ ТА ДОПУСК

- **Номинальна ємність та допуск**
- Номинальна ємність $C_{ном}$ є основним параметром конденсатора. Це ємність, значення якої марковано на корпусі конденсатора (або вказано в нормативній документації) в мікрофарадах (мкФ), нанофарадах (нФ) або в пікофарадах (пФ).
- Номинальна ємність в повному та умовному позначенні характеризується цифрою та буквою, які вказують на одиниці вимірювання і представляють собою множник на який необхідно перемножати числове значення ємності

- Величина ємності конденсатора плоскої конструкції визначається виразом:

$$C = 0,0884 \frac{\varepsilon \cdot S}{d},$$

- де ε – відносна діелектрична проникність діелектрика конденсатора;
- S – площа обкладки, см²;
- d – товщина діелектрика, см.

Для трубчатих конденсаторів ємність розраховується за виразом:

$$C = 0,241 \frac{\varepsilon \cdot l}{\left[\lg \frac{D_2}{D_1} \right]},$$

Для багатопластинчатих, литих секційних та пакетних ємність конденсатора визначається за формулою:

$$C = 0,0884 \frac{\varepsilon \cdot S}{d} \cdot (n - 1),$$

де n – число обкладок конденсатора.

Для конденсаторів рулонного типу ємність визначається:

b – ширина обкладки, см;

l – довжина обкладки на стрічці, см.

$$C = 0,1768 \frac{\varepsilon \cdot b \cdot l}{d},$$

Номінальна напруга

- Номінальна напруга – це максимальна напруга, при якій конденсатор може працювати в заданих умовах на протязі гарантованого терміну із збереженням параметрів у заданих межах.
- Величина номінальної напруги залежить від виду робочої напруги (постійна, змінна, імпульсна), температури та вологості оточуючого середовища, оточування площі обкладок.
- Наприклад, надпис на корпусі: **22nJZB7** – конденсатор постійної ємності, номінальна ємність 22 наноФаради, номінальна робоча напруга – 200В, варіант кліматичного виготовлення – всекліматичний, 1997 року випуску.

ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ЄМНОСТІ

- Температурний коефіцієнт ємності (ТКЄ) – це відносна зміна ємності при зміні температури на 1°C .

$$TK\epsilon = \frac{C_2 - C_1}{C_1} \cdot \frac{1}{T_2 - T_1}; \left[\frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right]$$

де C_1 та C_2 – значення ємності при відповідних температурах.

Безповоротні температурні зміни ємності конденсатора враховують коефіцієнтом температурної нестабільності (КТНЕ) у %:

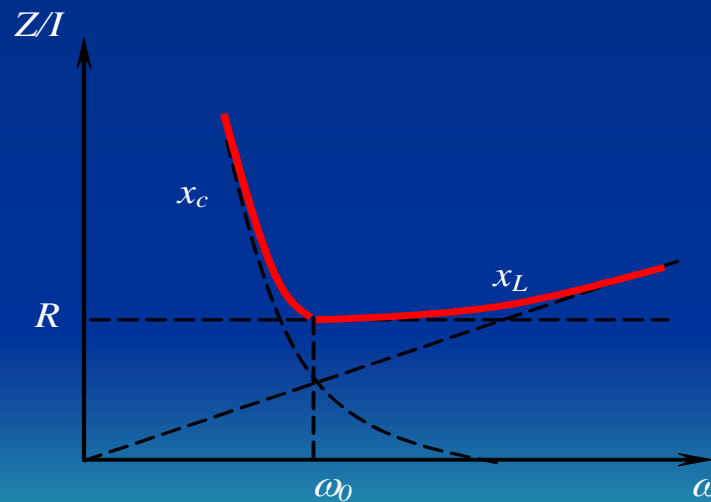
Графік зміни опору конденсатора від частоти

Якщо частота ω зростає, то ємнісна складова опору конденсатора зменшується, а індуктивна зростає. Частота $\omega = \omega_0$, за якої реактивні складові опору дорівнюють одна одній $X_C = X_L$, а повний опір, мінімальний та активний, знаходяться із співвідношення

$$1/\omega_0 C = \omega_0 L$$

З цієї формули визначимо ω_0

де ω_0 (f_0) – власна резонансна частота конденсатора.



Характер зміни повного опору конденсатора в залежності від частоти

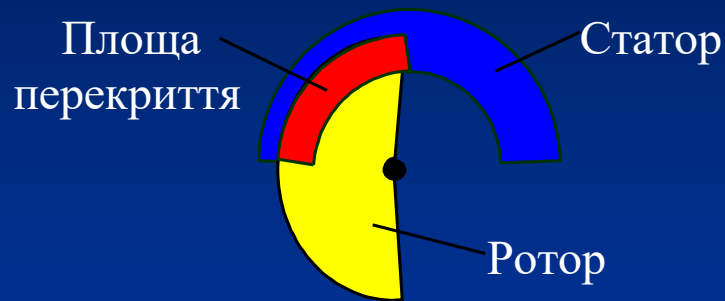
Змінні конденсатори

- Ємність цих конденсаторів можна змінювати при роботі пристроїв. Їх застосовують для настроювання коливальних контурів радіопередавачів та радіоприймачів, приладах автоматики, в вимірювальній техніці.
- Управління ємністю здійснюється механічно або температурою (термоконденсатори) та електричною напругою (варіконди та варікани). В останньому випадку конденсатори називаються нелінійними



Конденсатори з механічним управлінням

- Конструкція змінного конденсатора



При повороті роторних пластин відносно статорних змінюється площа перекриття S і тому змінюється ємність. Можливо змінювати ємність зміною зазору між пластинами. Конденсатори змінної ємності крім загальних параметрів мають специфічні, які враховують особливості їх функціонального призначення та конструкцію. До цих параметрів належать – **найбільша та найменша ємність, момент повороту, зносостійкість.**

- Важливою характеристикою повітряних конденсаторів є залежність ємності C від кута повороту θ рухомих пластин.

$$C=f(\theta).$$

- Для різних типів конденсаторів ця залежність різна.
- Відповідно до цього і конденсатори можуть бути:
 - – лінійні (прямоємносні);
 - – квадратичні (прямохвильові);
 - – зворотньокуватичні (прямочастотні);
 - – логарифмічні.
- Прямоємносні конденсатори мають напівкруглу форму пластин та лінійну залежність $C=f(\theta)C=a\theta+b$,
- де a та b – постійні коефіцієнти.

ПОВНЕ УМОВНЕ ПОЗНАЧЕННЯ КОНДЕНСАТОРА

К10П – 23 – 16 В – 100пФ ±10% – М47 – НМ – В – ОЖО 460.106 ТУ

Позначення документу на поставку
Позначення варіанту кліматичного виконання
В – всекліматичний
Т – тропічний

НМ – з відсутністю мерехтіння ємності (мерехтіння – один з видів електричних шумів – стрибкоподібна зміна ємності при прикладенні напруги та такі, що мають випадковий характер)

М47 – група за температурною стабільністю (температурний коефіцієнт ємності)

±10 – допустиме відхилення фактичної ємності від номінальної (може бути в цифровій формі або позначатися літерою)

100 пФ – номінальне значення ємності

16 В – номінальна робоча напруга (не маркується, якщо конденсатори даного типу випускаються тільки на одну напругу)

25 – порядковий номер розробки

Вид робочого струму

10 – тип конденсатора (вид діелектрика)

Підклас конденсатора:

- К** – постійної ємності;
- КТ** – підстроєчні;
- КП** – змінної ємності;
- КС** – конденсаторні збірки

СКОРОЧЕНЕ УМОВНЕ ПОЗНАЧЕННЯ КОНДЕНСАТОРА

К 10 – 160 В – 590р Ф

Допустиме відхилення фактичної ємності від
номінальної $\pm 30\%$.

Номінальна ємність $C_{\text{НОМ}} = 590 \text{ пФ}$








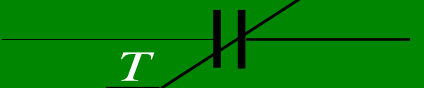
Номінальна робоча напруга $U_{\text{НОМ}} = 160 \text{ В}$

Підклас конденсатора в залежності від типу діелектрика

К – постійні

КП – змінні

ГРАФІЧНЕ ПОЗНАЧЕННЯ КОНДЕНСАТОРІВ

	– конденсатор постійної ємності
	– полярний електролітичний конденсатор
	– неполярний електролітичний конденсатор
	– прохідний конденсатор
	– опорний конденсатор
	– конденсатор змінної ємності
	– підстроєчний конденсатор
	– варіконд
	– термоконденсатор