

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №1
«Дослідження характеристик транзисторів та одиночних каскадів
підсилювання»
з дисципліни «Схемотехніка зварювального обладнання» для
студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм
навчання

2018

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 1
«Дослідження характеристик транзисторів та одиночних каскадів
підсилювання» з дисципліни «Схемотехніка зварювального
обладнання» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»
всіх форм навчання /Укл.:Ю.М. Савонов, О.Є.Капустян. – Запоріжжя:
ЗНТУ, 2018 – 10 с.

Укладачі: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент

О.Є.Капустян, старш. викладач,

Рецензент: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 6

від 30.01.2018

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 6

від 13.02.2018

1 МЕТА РОБОТИ

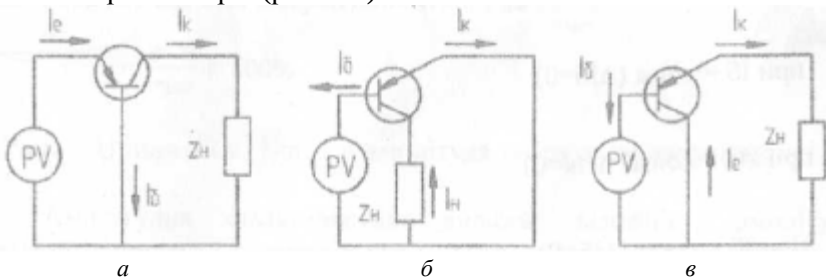
Дослідження характеристик транзистора та визначення його статичних характеристик; одиничного каскада підсилювання на напівпровідниковому тріоді.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1. Робота напівпровідникового тріода

Напівпровідниковий тріод (транзистор) – це пристрій, який має два $p-n$ переходи та призначений для підсилювання та генерування електричних коливань. Зміна струму у вхідному ланцюгу транзистора викликає зміну опору у його вихідному ланцюгу.

Транзистори поділяються на два типи: $p-n-p$ та $n-p-n$. У напівпровідникових тріодах центральний шар називається базою (Б). Один із зовнішніх шарів, який є джерелом зарядів (електронів або дірок), називається емітером (Е), а інший зовнішній шар – колектором (К). Він приймає заряди, які постачаються емітером. Як елемент електричної мережі транзистор звичайно використовується таким чином, що один з його електродів є вхідним, другий – вихідним, а третій загальним, відносно входу та виходу. До мережі вхідного електрода вмикається джерело вхідного змінного сигналу, а до мережі вихідного – навантаження. У зв'язку з цим відрізняють три схеми вмикання транзисторів (рис. 2.1):



a – із загальною базою (ЗБ); $б$ – із загальним колектором (ЗК); $в$ – із загальним емітером (ЗЕ)

Рисунок 2.1 – Схеми вмикання транзисторів

У схемі із ЗБ вхідним струмом є струм емітера I_e , а вихідним – струм колектора I_k .

У схемі із ЗЕ струм бази $I_б$ є вхідним, а струм колектора I_k – вихідним.

У схемі із ЗК вхідним є струм бази $I_б$, а вихідним – струм емітера I_e .

Сімейства вхідних і вихідних характеристик використовують для аналізу роботи транзистора та для визначення його параметрів.

Якщо вважати робочі ділянки вольт-амперних характеристик транзистора лінійними, зручно для визначення параметрів транзистора уявити його у вигляді лінійного чотириполюсника. Якщо з чотирьох величин, які характеризують тріод як чотириполюсник, виміряні вхідний струм I_1 та вихідна напруга U_2 , то дві інші величини, залежні від U_2 та I_1 можуть бути знайдені з рівнянь:

$$U_1 = h_{11}I_1 + h_{12}U_2;$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}U_2,$$

де h_{11} , h_{12} , h_{21} , h_{22} – є так звані h -параметри чотириполюсника.

Зв'язок, між h -параметрами тріода, як чотириполюсника та його фізичними параметрами при вмиканні тріода по схемі із ЗЕ можливо уявити наступним чином:

$$h_{11} = \frac{\Delta U_б}{\Delta I_б}, \text{ при } U_k = \text{const } (\Delta U_k = 0);$$

$$h_{12} = \frac{\Delta U_б}{\Delta I_k}, \text{ при } I_б = \text{const } (\Delta I_б = 0);$$

$$h_{21} = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_б}, \text{ при } U_k = \text{const } (\Delta U_k = 0);$$

$$h_{22} = \frac{\Delta I_k}{\Delta U_k}, \text{ при } I_б = \text{const } (\Delta I_б = 0);$$

де h_{11} – вхідний опір тріода, $h_{11} = 100 \text{ Ом} \dots 1000 \text{ Ом}$;

h_{12} – безрозмірний параметр внутрішнього зворотного зв'язку, $h_{12} = 0,02 \dots 0,0002$;

h_{21} – безрозмірний параметр, який характеризує підсилювальні (по струму) властивості тріода, $h_{21} = \beta$;

h_{22} – характеризує вихідну провідність транзистора, $h_{22} = 10^{-4} \dots 10^{-6} \text{ A/V}$.

Знаходити h -параметри необхідно на лінійних ділянках вольт-амперних характеристик тріода поблизу робочої точки, використовуючи метод характеристичного трикутника.

2.2. Одиничний каскад підсилювання на транзисторі

Підсилювачем називають пристрої, за допомогою яких підсилюють потужність електричних сигналів при встановленому рівні викривлень.

Потужність підсилюються за рахунок енергії джерела живлення підсилювача за допомогою управляючих елементів транзистора, який має підсилюючі властивості. По використанню відрізняють підсилювачі напруги, струму та потужності.

На рис. 2.2 показано схему підсилюючого каскаду із ЗЕ.

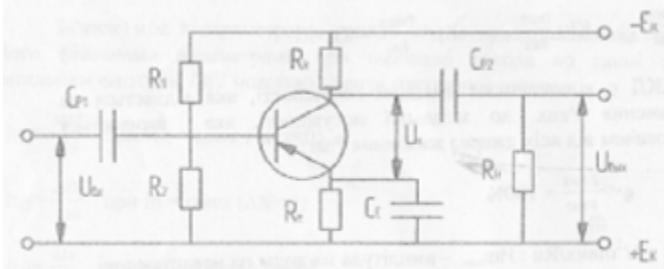


Рисунок 2.2 – Схема підсилюючого каскаду із ЗЕ

—;

—;

—

.

ККД є відношенням вихідної потужності, яка віддається на навантаження $P_{вих}$, до загальної потужності, яка вживається підсилювачем від всіх джерел живлення $P_{заг}$:

$$\eta = \frac{P_{вих}}{P_{заг}} \cdot 100\%,$$

$$P_{вих} = U^2 \cdot m_{вих} / R_H,$$

де $Um_{вих}$ – амплітуда напруги на навантаженні.

Амплітудна характеристика виражає залежність амплітуди вихідної напруги підсилювача від амплітуди його вхідної напруги на деякій постійній частоті.

Таблиця 2.1 – Порівняння різних схем підсилювання

Параметри	Схема напівпровідникового підсилювача		
	ЗЕ	ЗБ	ЗК
Вхідний опір, Ом	100–1000	10–100	0,0005–0,001
Вихідний опір, Ом	10–100	0,1–1	10–100
Коефіцієнт підсилення по U	10–200	10–200	1
Коефіцієнт підсилення по I	30–100	1	30–100
Коефіцієнт підсилення по P	1000–10000	10–20	10–100

2.2.1 Призначення елементів схеми

Резистори $R1$ та $R2$ у ланцюгу бази служать для створення первинної напруги зміщення U_o , яка визначає положення робочої точки на вхідних та вихідних характеристиках транзистора, а також режим роботи підсилювача (клас А, В та С). Колекторний резистор R_K служить для обмеження струму колектора, а також на ньому може виділятися вихідна змінна напруга $U_{вих} = I \cdot R_K$.

Конденсатори C_{p1} та C_{p2} забезпечують відділення змінної складової напруги від постійної складової колекторної напруги.

Введення резистора R_e утворює у схемі негативний зворотний зв'язок, який забезпечує температурну стабілізацію режиму роботи транзистора. Для того, щоб зворотний негативний зв'язок не знижував коефіцієнт підсилювання підсилювача, резистор R_e шунтується

конденсатором C_e достатньо великої ємності.

Схема з загальним емітером найбільш поширена. Вона забезпечує підсилення напруги, струму та потужності та внаслідок малої різниці між значеннями, вхідного та вихідного опорів дозволяє легко узгодити каскади підсилювачів.

Великий вхідний та малий вихідний опір схеми (емітерного повторювача) дозволяють використовувати її для узгодження високо- та низькоомних ланок електричної, мережі.

Схема із ЗБ відрізняється гарними частотними властивостями, характеризується високою температурною стабілізацією. Але через малий вхідний та великий вихідний опір, та відсутність підсилення по струму, схема із ЗБ використовується рідко.

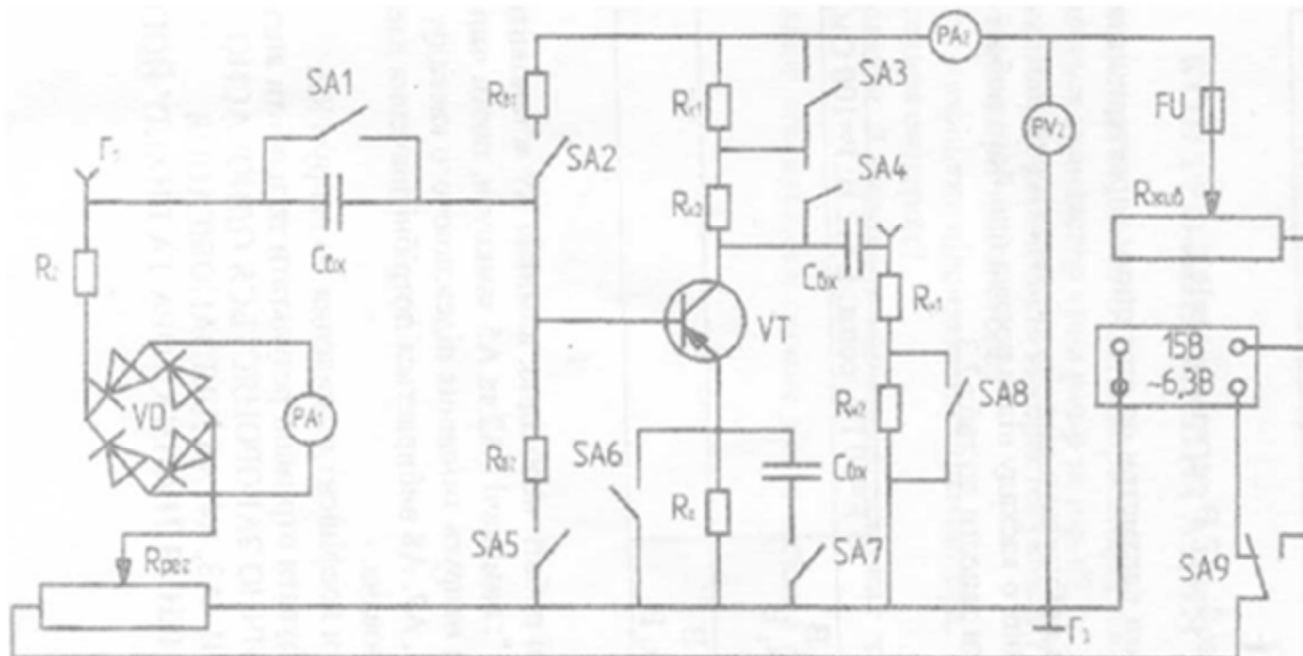
Коефіцієнт підсилювання та ККД є головними показниками всіх схем підсилювання.

В залежності від параметра, що підсилюється, розрізняють коефіцієнти підсилювання по напрузі K_U , струму K_I та потужності K_P .

2.3 Опис лабораторного стенду

Принципова схема лабораторного стенду зображена на рис. 2.3. Прилад РА1 призначений для вимірювання струму бази. У випадку вивчення одиничного каскаду підсилювання у ланцюгу бази тече змінний струм. Випрямляч Д призначений для випрямлення струму, який протікає крізь вимірювальний прилад РА1, а резистор R_2 – для обмеження струму ланцюга бази. Резистори $R_{\delta 1}$ та $R_{\delta 2}$ призначені для вибору робочої точки транзистора. Резистори R_{k1} та R_{k2} за допомогою вимикачів A_3 та A_4 дозволяють змінювати опір у ланцюгу колектора від 0 кОм до 3 кОм. Опір R ввімкнено до емітерного ланцюга та разом з конденсатором C призначений для автоматичного зміщення транзистора при дослідженні схеми із ЗЕ. Резистори R_{n1} та R_{n2} є опорами навантаження для одиничного каскаду.

Напруга вхідного сигналу регулюється потенціометром $P_{\text{рег}}$. Пристрій РА2 вимірює струм колектора, а PV1 – напругу джерела живлення, яку можливо регулювати потенціометром $R_{\text{живл}}$.



∞

Рисунок 2.3 – Принципова схема лабораторного стенду для дослідження напівпровідникових тріодів та одиничних каскадів підсилювання

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Що таке транзистор та для чого він використовується?
2. Чим відрізняється транзистор типу $p-n-p$ та $n-p-n$?
3. Які схеми вмикання транзисторів використовуються?
4. Що таке h -параметри транзистора?
5. Як визначити коефіцієнт підсилювання транзистора, по струму (h_{21}) в схемі із загальним емітером?
6. Назвіть переваги й недоліки напівпровідникових та електронних підсилювачів.
7. Чому найбільше поширення в схемах дістав каскад із ЗЕ?

4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Підключити шнур живлення до мережі змінного струму. Тумблером «Мережа» ввімкнути стенд, при цьому загорасться сигнальна лампа.

2. Зняти та побудувати характеристики напівпровідникового триода у статичному режимі (схема з ЗЕ): $I_{\bar{o}} = f(E_{\bar{o}})$, при $E_K = 0 \text{ В}; -5 \text{ В}$.

Для зняття характеристик потрібно перемикач А9 встановити в положення вх. «-». Вмикачі А1, А3, А4, А6 – в положення «Ввімк.», вимикачі А2 та А5 – в положення «Вимк.». Регулювання вхідної напруги здійснюється за допомогою потенціометра $R_{\text{рег}}$ та контролюється ламповим вольтметром, ввімкнутим до Г1–Г3. $E_{\bar{o}}$ задається в межах 0 В – 0,3 В. Результати занести до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

$E_K = 0$		$E_K = 5 \text{ В}$	
$E_{\bar{o}}, \text{ В}$	$I_{\bar{o}}, \text{ мкА}$	$E_{\bar{o}}, \text{ В}$	$I_{\bar{o}}, \text{ мкА}$

3. Зняти та побудувати вхідні характеристики транзистора $I_K = f(E_K)$ при $I_{\bar{o}} = 40 \text{ мкА}; 80 \text{ мкА}; 120 \text{ мкА}; 160 \text{ мкА}$. Результати занести до табл. 4.2. E_K задається в межах 0 В – 12 В регулятором $P_{\text{жив.}}$.

4. Визначити параметри по статичним характеристикам транзистора.

5. Зняти та побудувати амплітудні характеристики $U_{\text{вих}} = f(U_{\text{вх}})$

одиночного каскаду підсилювача при його роботі по схемі із ЗЕ. Результати занести до таблиці 4.3.

Таблиця 4.2

$I_{\bar{o}} = 40 \text{ мкА}$		$I_{\bar{o}} = 80 \text{ мкА}$		$I_{\bar{o}} = 120 \text{ мкА}$		$I_{\bar{o}} = 160 \text{ мкА}$	
$E_{\kappa}, \text{ В}$	$I_{\kappa}, \text{ мА}$	$E_{\kappa}, \text{ В}$	$I_{\kappa}, \text{ мА}$	$E_{\kappa}, \text{ В}$	$I_{\kappa}, \text{ мА}$	$E_{\kappa}, \text{ В}$	$I_{\kappa}, \text{ мА}$

Таблиця 4.3

	$F = 50 \text{ Гц} = \text{const}; E = 12 \text{ В}; P = 100 \text{ Ом}$
$P_K = 2 \text{ кОм } U_{\text{вх}}, \text{ В}$ $P_H = 4,3 \text{ кОм } U_{\text{вих}}, \text{ В}$	
$P_K = 1 \text{ кОм } U_{\text{вх}}, \text{ В}$ $P_H = 1 \text{ кОм } U_{\text{вих}}, \text{ В}$	

У цьому режимі роботи необхідно: вимикач А9 встановити у положення «вх.»; вимикачі А2 та А5 замкнути, таким чином вибирається потрібна напруга зміщення підсилюючого каскаду. Вимикачами А3, А4, А7, А8 вибираються потрібні значення елементів навантаження підсилювача.

6. Визначити коефіцієнт підсилення по напрузі K_U .

7. Проаналізувати отримані результати та зробити висновки.

Категорично забороняється одночасно вмикати вмикачі А3, А4, А6 для запобігання короткого замкнення транзистора.

5 ЗМІСТ ЗВІТУ

Назва, мета, методика проведення, результати дослідів, оформленні у виді графіків, схема лабораторного стенду та загальні висновки.

6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Мелешкина Л.П., Алексеева Г.Г., Фраткина М. Л. Руководство к лабораторным работам по основам промышленной электроники. - М.: Высшая школа. 1977. – 225 с.

2. Руденко В. С., Ромашко В. Я., Трифонюк В. В. Промислова електроніка: Підручник / В. С. Руденко, В. Я. Ромашко, В. В. Трифонюк. - К.: Либідь, 1993. - 432 с.

3 Основы промышленной электроники / Под ред. И.Г. Герасимова. – М.: Высшая школа, 1978.–336с.