

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Київський національний університет будівництва і**  
**архітектури**

ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ І МІКРОСХЕМОТЕХНІКИ

ПРОЕКТУВАННЯ КАСКАДА ТРАНЗИСТОРНОГО  
ПІДСИЛЮВАЧА НИЗЬКОЇ ЧАСТОТИ

Методичні вказівки  
до виконання курсової роботи для студентів  
напряму підготовки 6.050202 “Автоматизація  
та комп’ютерно-інтегровані технології”

Київ 2018

**ББК 31.264**

**E45**

Укладачі: О.П. Алимов, канд. техн. наук, доцент  
В.Ю. Луценко, канд. техн. наук, доцент  
Т.Ю. Пристайло, асистент

Рецензент В.М. Іносов, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.М. Скіданов, доктор техн. наук,  
зав. кафедри

*Затверджено на засіданні кафедри автоматизації  
технологічних процесів, протокол №13 від 19 березня 2018 р.*

Видається в авторській редакції.

Електроніка і мікросхемотехніка: методичні вказівки до виконання курсової роботи / уклад.: О.П. Алимов, В.Ю. Луценко, Т.Ю. Пристайло – К.: КНУБА, 2018. – 20 с. укр. мовою.

Розглянута методологія та методика написання курсової роботи, яка є однією з форм індивідуального завдання та виконується студентом самостійно при консультуванні викладачем. Вказані типові недоліки курсових робіт. Сформульовано завдання на курсову роботу за темою «Проектування транзисторного підсилюючого каскаду низької частоти».

Призначено для самостійної роботи студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

@ КНУБА, 2018

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Виходячи із “ПОЛОЖЕННЯ ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ” слід зазначити що, **курсорова робота** - це, перш за все, дослідницька робота, що проводиться студентами *самостійно* під керівництвом викладача - наукового керівника, тематика яких пропонується і затверджується на засіданні кафедри.

**В курсовій роботі студент повинен показати своє вміння в наступних питаннях:**

1. Формулюванні завдань дослідження.
2. Розробці плану дослідження.
3. Проведенні бібліографічного пошуку із залученням сучасних інформаційних технологій.
4. Виборі необхідних методів дослідження, модифікації існуючих та розробці нових методів, виходячи із завдань конкретного дослідження.
5. Обробці отриманих результатів, аналізі та осмисленні їх з урахуванням наявних літературних даних.
6. Поданні підсумків зробленого в письмовій формі, оформлених у відповідності з наявними вимогами, з залученням наукового апарату та використанням сучасних засобів редагування та друку.
7. Захисті результатів виконаної роботи.

**Основними вимогами, що пред'являються до курсової роботи, є :**

1. Актуальність і високий теоретичний рівень дослідження конкретної наукової проблеми.
2. Наявність елементів самостійного творчого науково-практичного дослідження, яке містить конкретний і точний виклад розглянутої проблеми, обґрунтування власних підходів і висновків.

3. Використання елементів збору, обробки і критичного аналізу спеціальної наукової, аналітичної інформації, оригінальних закордонних джерел; застосування відповідного понятійного і термінологічного апарату, а також діючих нормативних актів.
4. Грамотність, акуратність і якість оформлення , включаючи володіння функціональним стилем наукового викладу з використанням сучасних засобів комп'ютерного набору тексту.

**Джерелами інформаційного матеріалу для виконання курсової роботи слугують:**

- 1) вітчизняна та зарубіжна література (монографії, брошури, навчальні посібники), нормативно-правові акти (закони, укази, постанови, інструкції тощо), періодичні видання, статистичні звіти та збірки, матеріали виробничої та переддипломної практики;
- 2) бібліографічні покажчики з різних тем, що випускаються бібліотекою КНУБА;
- 3) матеріали провідних газет, наукових конференцій та семінарів;
- 4) наукові праці НДІ АНУ, огляди та аналітичні дані науково – дослідних центрів;
- 5) матеріали мережі Інтернет, електронних видань.

Існує кілька варіантів послідовності написання дослідницьких робіт. Перший - за планом (структурі) роботи, а другий - більш доцільний - по тим розділам , які студенту легше написати, а потім - по інших.

### **Структура та обсяг курсової роботи**

Основними обов'язковими елементами курсової роботи є:

- титульний лист;
- зміст;
- вступ;
- основна частина;

- список використаної літератури;
- додатки;
- графічна частина.

*Обсяг курсової роботи* не повинен перевищувати 25 - 30 машинописних сторінок ( без списку використаної літератури та додатків), надрукованих через 1,5 інтервали з використанням 12 шрифту з дотриманням полів: ліве - 3,0 см , праве - 1,5 см; верхнє - 2,5 см, нижнє - 2,5 см. Обсяг додатків та іншої супровідної інформації не обмежується. Обсяг окремих глав і параграфів роботи може бути неоднаковим.

### **Вимоги до структурних елементів курсової роботи, загальні вказівки щодо її змісту та оформлення**

#### ***Титульний аркуш.***

Титульний лист курсової роботи є її першою сторінкою і слугує джерелом інформації, необхідної для пошуку документа. Ця сторінка роботи не нумерується, але включається в загальну нумерацію сторінок.

#### ***Зміст.***

Зміст розміщується на наступній після титульного аркуша сторінці курсової роботи. Він включає вступ, найменування всіх розділів, параграфів і підрозділів (якщо вони мають найменування), висновок, список літератури, додатки із зазначенням номерів сторінок, з якої починаються ці розділи курсової роботи.

У **Вступі** має бути відображено наступне:

- актуальність теми;
- предмет дослідження;
- об'єкт дослідження;
- задачі дослідження;
- структура роботи ;
- методологія і методика дослідження.

**Основна дослідна частина курсової роботи** повинна:

- ділитися на глави і параграфи;
- в достатній мірі розкривати назву роботи;
- показати глибоке знання студентом досліджуваної проблеми та містити її теоретичне обґрунтування , а також самостійно проведені студентом роботи і результати;
- недоцільно в главі мати багато дрібних параграфів;
- всі параграфи доцільно будувати в залежності від однієї обраної ознаки, щоб уникнути дублювання;
- в кінці кожного розділу можна дати коротке узагальнення її змісту.

Неприпустимо, коли назва якої-небудь глави повністю збігається з назвою курсової роботи , а назва якогось параграфа дублює назву глави.

Як вже зазначалося, головна вимога до написання і оформлення основного тексту роботи - це повне розкриття теми. Число розділів, параграфів, пунктів не регламентовано. Це залежить від обсягу та змісту роботи. У кінці кожної глави можна дати коротке узагальнення її змісту. В основній частині роботи необхідно розглянути теоретичне обґрунтування досліджуваної проблеми, а також зміст проведених студентом робіт і результатів.

Перед тим , як прийти до написання чистового варіанту роботи, слід ще раз продумати логіку викладу, систему аргументів для доказу головної думки. Важливі рекомендації тут можна отримати, консультуючись з науковим керівником.

Чистовий варіант тесту є підсумковим. Він повинен бути акуратно і вірно оформленим.

#### *Вимоги до основної частини.*

1. Кожна глава повинна мати свій номер і заголовок.
2. Текст кожної глави роботи слід розбити на параграфи, кожен з яких повинен мати свій номер і назву.
3. Для організації посилань на деякі ділянки тексту параграф можна розбивати на пункти. У цьому випадку їх зручно нумерувати всередині параграфа, кожен пункт повинен мати назву, яку необхідно виділити .
4. Кожен пункт повинен містити закінчену інформацію.

5. Кожну главу слід починати з нової сторінки. Кожен наступний параграф і пункт починають на тій же сторінці, де закінчений попередній параграф або пункт. Між пунктами проміжки не залишають. Для виділення параграфів між ними залишають деякий проміжок .
6. Відстань між назвою глави і текстом має дорівнювати трьом інтервалам. Таку ж відстань роблять між назвою глави і параграфа.
7. Не рекомендується в тексті використовувати надмірно великі або дуже малі абзаци. Абзац - це синтаксичне ціле, завершена думка, певна смислова частина тексту. Його починають з нового рядка з відступом, рівним п'яти інтервалам.
8. Забороняється внесення скорочення слів крім загальноприйнятих (КНУБА, ККР тощо).
9. Стиль курсової роботи повинен бути діловим, без зайвого емоційного забарвлення. Не рекомендується використовувати займенники та дієслова в першій особі. Так , наприклад , замість виразу "я вважаю", "на мою думку" , слід писати: "автор вважає", "на думку автора", "вважаємо", "на наш погляд" і т.д.
10. Сторінки тексту слід пронумерувати , а потім відповідно до них вказати сторінки глав і параграфів у "Змісті" курсової роботи.
11. Крім титульного аркуша всі сторінки роботи нумеруються арабськими цифрами, які ставляться вгорі в центрі сторінки. Першою сторінкою є титульний аркуш .
12. Робота брошурується в стандартній папці.
13. На кафедру здається дискета з комп'ютерною версією курсової роботи.

### ***Висновок.***

У «висновку» повинні мати місце:

- короткі висновки за результатами виконаної роботи;
- оцінка повноти рішень, поставлених при написанні роботи задач;
- розробка рекомендацій з конкретного використання результатів виконаного дослідження;
- оцінка можливостей застосування результатів, отриманих в курсовій роботі.

Таким чином, головне завдання цього розділу в курсовій роботі - розкрити основні висновки теоретичного та пропозиції практичного характеру, які отримані в результаті виконання дослідження з обраної теми, а також намітити програму подальших досліджень з обраної теми.

### ***Список використаної літератури.***

Список використаної літератури при написанні курсової роботи складається ще до безпосереднього дослідження, а по ходу написання - поповнюється. Його основу складають інформаційні матеріали з обраної теми дослідження.

1. У курсовій роботі можна використовувати впорядкування літературних джерел за алфавітом або в такому порядку , як вони згадані в тексті. При алфавітному впорядкуванні матеріал дають в алфавітній послідовності за прізвищем авторів і назв робіт. Спочатку дається література українською та російською мовами, а потім на іноземній.
2. У список використаної літератури та джерел повинні бути включені всі джерела, на які є посилання в курсовій роботі.
3. У список включаються праці, прямо пов'язані з темою курсової роботи, і праці загального характеру, в яких є розділи з теми дослідження.
4. Особливу цінність представляють зарубіжні видання, переклад на українську мову яких виконав сам студент. Їх слід привести в кінці "Списку літератури" на відповідній іноземній мові і вказати в дужках - "переклад автора".

### ***Оформлення додатків в курсовій роботі.***

Додаток включає в основному великі таблиці , цінні виписки з методичних документів , застосовних до теми дослідження . Додатки нумеруються послідовно арабськими цифрами. Додаток може мати заголовок. Кожний додаток починають з нової сторінки.



## Теоретичні відомості

### Включення транзистора за схемою зі спільним емітером.

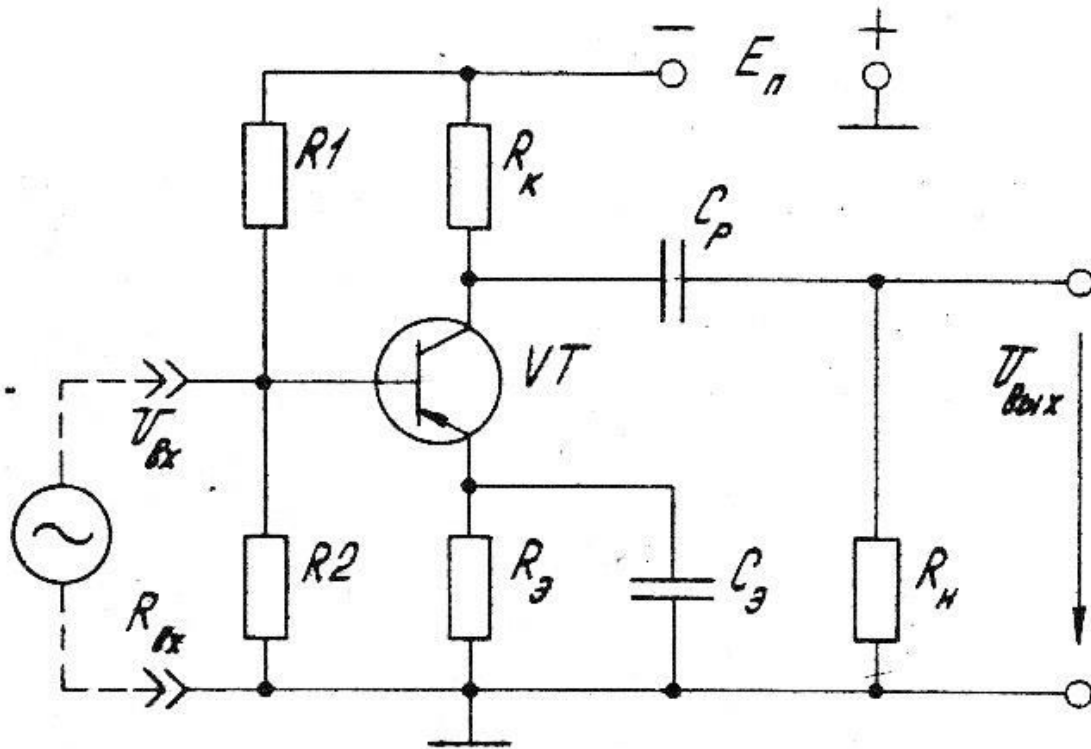


Рис. 1. Ввімкнення транзистора за схемою зі спільним емітером.

Залежно від того, якій вивід транзистора під'єднаний одночасно до входу та виходу схеми, розрізняють три схеми включення транзистора – з загальним емітером (ЗЕ), загальною базою (ЗБ) та загальним колектором (ЗК). Найбільшого застосування знайшла схема з загальним емітером (рис. 1).

Робота транзистора характеризується сім'ями вхідних та вихідних характеристик (рис. 2). Характеристики існують для всіх схем ввімкнення та для схеми ЗЕ наводяться в довідниках (наприклад [3]).

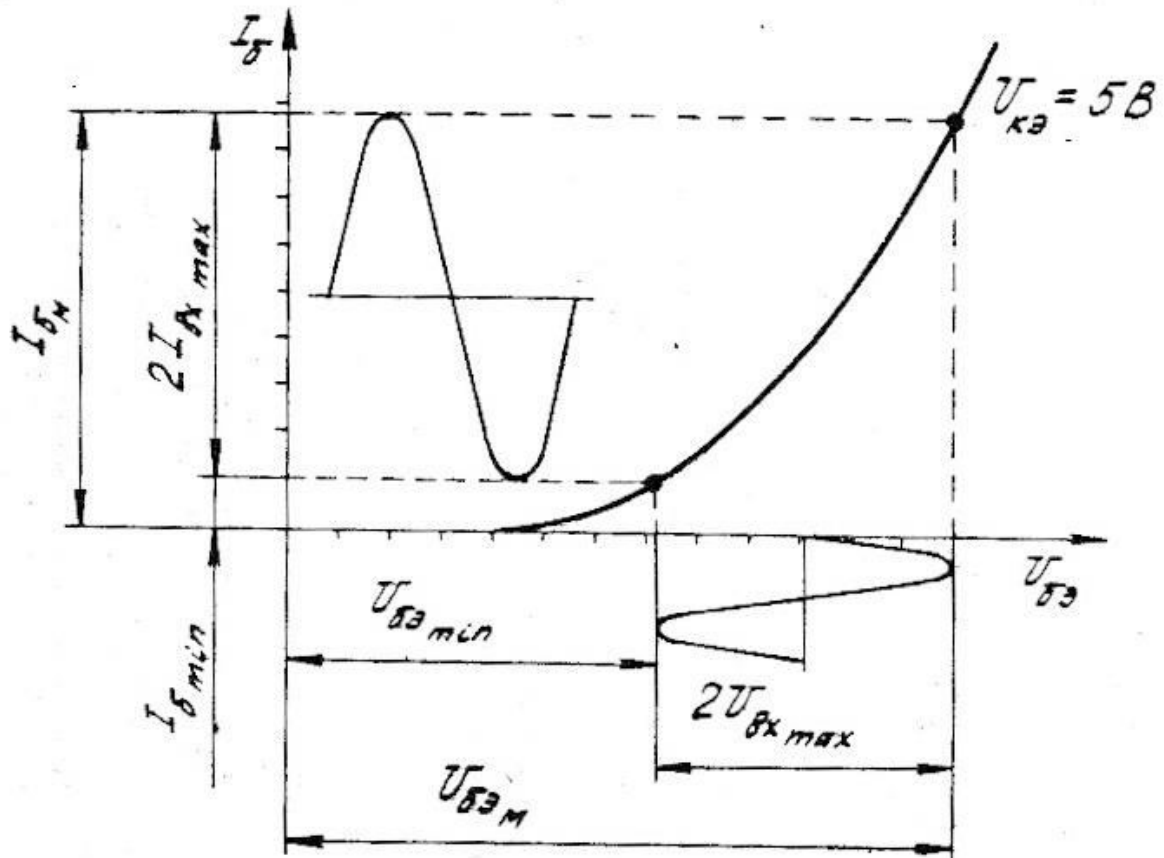


Рис. 2. Вхідна характеристика транзистора за схемою зі спільним емітером.

**Вхідні характеристики** (рис. 2) показують залежність струму бази ( $I_B$ ) від напруги між базою та емітером ( $U_{BE}$ ), при постійній нарузі між колектором та емітером ( $U_{CE}$ ). Вхідні характеристики слабо залежать від напруги на колекторі, тому зазвичай наводять дві залежності (наприклад, в довіднику [3] наводять вхідні характеристики транзисторів при  $U_{CE} = 0$  и  $5V$ ).

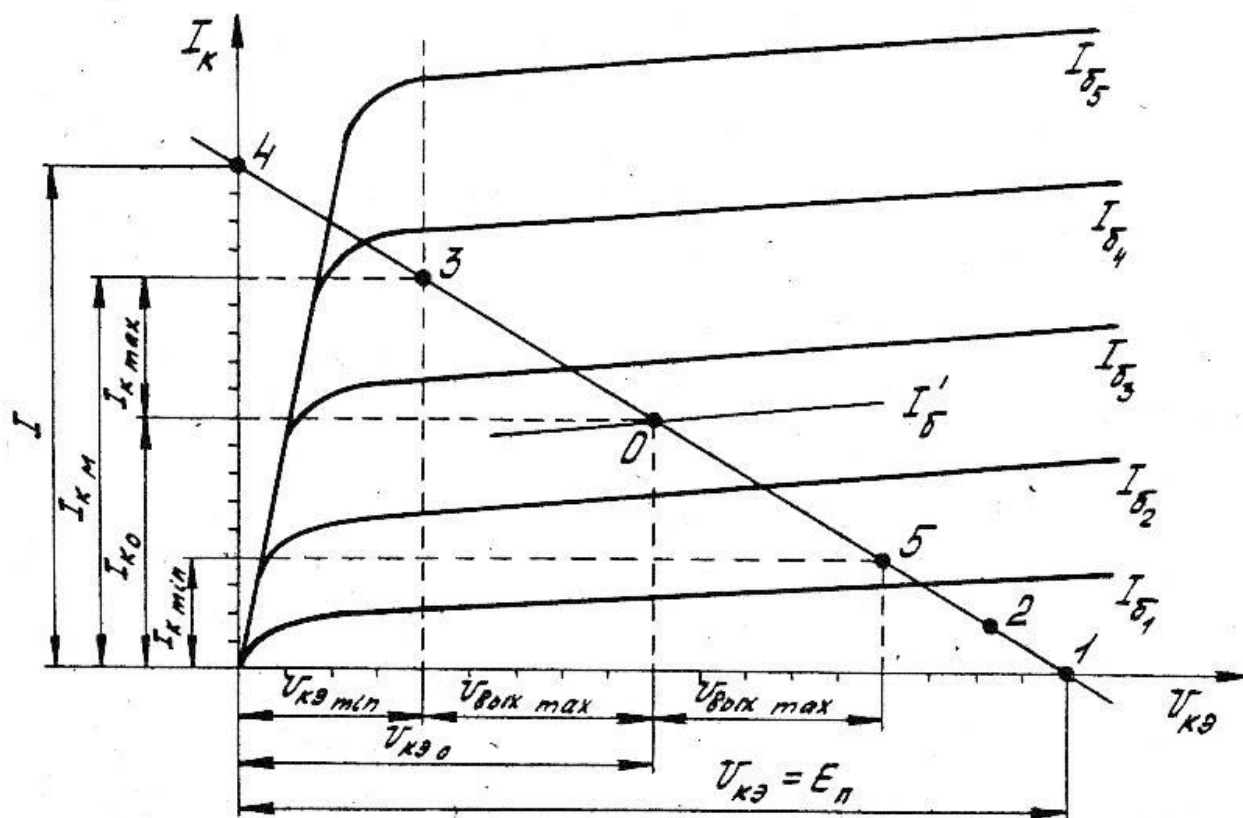


Рис. 3. Вихідні характеристики транзистора зі спільним емітером.

**Вихідні характеристики** (рис. 3) показують залежність струму колектора ( $I_K$ ) від напруги між колектором та емітером ( $U_{KE}$ ), при постійному значенні струму бази ( $I_B$ ). Вихідні характеристики наводять для достатньо великій кількості значень (5 і більше) струмів бази ( $I_{B1}$ ,  $I_{B2}$ ,  $I_{B3}$ , та. т.і.), які відрізняються на фіксоване значення  $\Delta I_B$ .

## **Розрахунок каскаду транзисторного підсилювача напруги низької частоти з реостатно-ємністним зв'язком.**

На рис. 1 надана схема підсилювача на транзисторі, ввімкненого за схемою зі спільним емітером (СЕ).

*Початкові данні /табл.П.1.1/:*

$V_{\text{вих max}}$  – максимальне значення напруги на виході каскада;

$R_{\text{н}}$  – опір навантаження;

$f_{\text{н}}$  – нижня гранична частота;

$M_{\text{н}}$  – допустиме значення коефіцієнта частотних спотворень каскада в області нижніх частот;

$E_{\text{ж}}$  – напруга джерела живлення.

*За результатом розрахунку необхідно визначити:*

тип транзистора та режим його роботи;

$R_{\text{к}}$  – опір в колі колектора;

$R_{\text{е}}, C_{\text{е}}$  – опір та ємність в колі емітера відповідно;

$R_1, R_2$  – опори подільника;

$C_{\text{р}}$  – ємність роздільного конденсатора;

$K_{\text{v}}$  – коефіцієнт підсилення каскаду за напругою.

### **Порядок розрахунку**

1. Обираємо тип транзистора за довідником [3], табл. П.1.2 та додатком 2, враховуючи наступні обмеження:

$$V_{\text{КЕдоп}} \geq (1,1 \dots 1,3)E_{\text{ж}},$$

де  $V_{\text{КЕдоп}}$  – допустима напруга між колектором та емітером;

$$I_{\text{Кдоп}} > 2I_{\text{нmax}},$$

$I_{\text{Кдоп}}$  – допустимий струм колектора,  $I_{\text{нmax}}$  – амплітуда струму навантаження;

$$I_{\text{нmax}} = V_{\text{вихmax}} / R_{\text{н}}$$

2. Для обраного типу транзистора виписати з табл.П.1.2 значення коефіцієнтів підсилення по струму  $\beta_{\text{min}}$  та  $\beta_{\text{max}}$  для схеми з ЗЕ.

3. Режим роботи транзистора визначаємо за прямою навантаження, побудованої на сім'ї вихідних статичних (колекторних) характеристик для схеми з ЗЕ. Побудова навантажувальної прямої надана на рис. 3. Навантажувальна пряма будується по двом точкам: точці спокою (робочій) 0 та точці 1.

Координати точки 1:  $I_K = 0$  та  $V_{KE} = E_{Ж}$ .

Координати точці 0: струм спокою  $I_{K0}$  та напруга спокою  $V_{KE0}$  (тобто струм та напруга, відповідні  $V_{ВХ}=0$ ).

Можна прийняти

$$I_{K0} = (1,05 \dots 1,2) I_{Hmax},$$

де  $I_{Hmax}$  - амплітуда струму навантаження;

$$I_{Hmax} = V_{ВИХmax} / R_H,$$

$$V_{KE0} = V_{ВИХmax} + V_{min},$$

де  $V_{min}$  – мінімальна напруга між колектором та емітером.

При  $V_{KE} < V_{min}$  з'являються значні нелінійні спотворення, тому що в робочу зону попадають частини характеристик, які мають велику кривизну. Для малопотужних транзисторів можна прийняти  $V_{min} = 0.5 \dots 1$  В.

4. Визначаємо опори  $R_K$  та  $R_E$ . Загальний опір в колі емітер-колектор  $R_{заг} = R_K + R_E$  знаходимо за формулою

$$R_{заг} = E_{Ж} / I,$$

де  $I$  – струм, визначений в точці 4 (рис. 3), тобто в точці перетину прямої навантаження с віссю струмів.

Прийнявши  $R_E = 10,15 \dots 0,25 / R_K$ , отримуємо

$$R_K = \frac{R_{заг}}{1,15 \dots 1,25}$$

,тоді

$$R_E = R_{заг} - R_K$$

5. Визначаємо найбільше значення струму в колі колектора (ордината точки 3, рис.3):

$$I_{KM} = I_{K0} + I_{Kmax},$$

де  $I_{Kmax}$  – максимальне значення змінної складової струму колектора.

6. Визначаємо найбільше значення струму в колі бази  $I_{БМ}$  та напруги  $V_{БЕМ}$  (рис.2), а також значення амплітуди змінної складової вхідного сигналу  $I_{ВХmax}$  та  $V_{ВХmax}$ .

Враховуючи найменше значення коефіцієнта підсилення за струмом  $\beta_{min}$ , отримаємо

$$I_{БМ} = I_{КМ} / \beta_{min}.$$

Тоді

$$I_{ВХmax} = \frac{I_{БМ} - I_{Бmin}}{2}$$

де  $I_{Бmin}$  – найменше значення струму в колі бази.

За вхідній статичній характеристиці (при  $V_{КЕ} = 5В$ ) (рис. 2) та отриманим значенням  $I_{БМ}$  та  $I_{Бmin}$  визначаємо значення  $V_{БЕМ}$  та  $V_{ВХmax}$ .

7. Визначаємо вхідний опір каскаду змінному струму (без врахування опорів подільника напруги  $R_1$  та  $R_2$ ):

$$R_{ВХ\sim} = \frac{V_{ВХmax}}{I_{ВХmax}}$$

8. Визначаємо опір подільника  $R_1$  та  $R_2$ . Заради зменшення шунтуючої дії подільника на вхідне коло каскаду за змінним струмом приймаємо

$$R_{1,2} \geq 8 \dots 12 / R_{ВХМ},$$

де

$$R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Тепер зможемо визначити  $R_1$  та  $R_2$ :

$$R_1 = \frac{E_{ж} R_{1,2}}{R_E I_{К0}}$$

$$R_2 = \frac{R_1 R_{1,2}}{R_1 - R_{1,2}}$$

Ємність роздільного конденсатора  $C_p$  обираємо зі співвідношення

$$X_{Cp} \leq (R_K + R_H) \sqrt{M_H^2 - 1}$$

Тоді

$$C_p \geq \frac{1}{2\pi f_H (R_K + R_H) \sqrt{M_H^2 - 1}}$$

9. Визначаємо ємність конденсатора  $C_E$  зі співвідношення

$$X_{Ce} \leq 10R_E$$

Звідси

$$C_E = \frac{10}{2\pi f_H R_E}$$

10. Визначаємо коефіцієнт підсилення каскаду за напругою

$$K_V = V_{ВИХmax} / V_{ВХmax}$$

Приклад рішення.

Завдання. Розрахувати каскад транзисторного підсилювача напруги для схеми з загальним емітером (рис. 1):

$$V_{ВИХmax} = 4 \text{ В} ; f_H = 100 \text{ Гц} ; R_H = 500 \text{ Ом} ; M_H = 1,2 ; E_{ж} = 12 \text{ В} .$$

Рішення.

$$1. V_{КЕдоп} \geq (1,2)E_{ж} = 1,2 * 12 = 14,4 \text{ (В)} ;$$

$$I_{Hmax} = V_{ВИХmax} / R_H = 4 / 500 = 8 \text{ (мА)} ;$$

$$I_{Кдоп} > 2I_{Hmax} = 16 \text{ мА} .$$

2. Обираємо транзистор МП42А, для якого  $I_{Кдоп} = 30 \text{ мА} ; V_{КЕдоп} = 15 \text{ В} ; \beta_{min} = 30 ; \beta_{max} = 50$ .

3. На сім'ї вихідних статичних характеристик для обраного типу транзистора будуємо навантажувальну пряму (див. рис. 3). Знаходимо координати точки спокою (точки 0):

$$I_{К0} = 1,2 I_{Hmax} = 1,2 * 8 = 9,6 \text{ (мА)} ; V_{КЕ} = V_{ВИХmax} + V_{min} = 4 + 1 = 5 \text{ В} .$$

Координати другої точки навантажувальної прямої (точки 1):

$$I_K = 0, V_{КЕ} = E_{ж} = 12 \text{ В} .$$

За отриманими значеннями будуємо навантажувальну пряму. Побудова навантажувальної прямої надана на рис. 3.

4. Визначаємо опори  $R_K$  та  $R_E$ . За статичними вихідними характеристиками та навантажувальній прямій знаходимо  $I = 18$  мА (див. рис. 3, точка 4).

Тоді

$$R_{\text{заг}} = E_{\text{ж}}/I = 12/18 * 10^{-3} = 670 \text{ (Ом)}$$

$$R_K = \frac{R_{\text{заг}}}{1,2} = \frac{670}{1,2} = 560 \text{ (Ом)}$$

$$R_E = R_{\text{заг}} - R_K = 670 - 560 = 110 \text{ (Ом)}$$

Увага! Кінцеві значення опорів резисторів та ємностей конденсаторів необхідно обирати з довідника згідно існуючих типів та номіналів.

5. Визначаємо найбільше значення струму в колі колектора (ордината точки 3, рис.3). На вісі абсцис відкладаємо значення  $V_{\text{КЕ}min} = 1$  В та встановлюємо перпендикуляр до перетину з прямою в точці 3. Визначаємо  $I_{\text{КМ}} = 14$  мА .
6. Визначаємо найбільше значення струму в колі бази  $I_{\text{БМ}}$  та напруги  $V_{\text{БЕМ}}$  (рис.2), а також значення амплітуди змінної складової вхідного сигналу  $I_{\text{ВХ}max}$  та  $V_{\text{ВХ}max}$ .

Найменше значення коефіцієнта підсилення за струмом для транзистора МП42А  $\beta_{min} = 30$  , тоді отримаємо

$$I_{\text{БМ}} = I_{\text{КМ}}/\beta_{min} = 14/30 = 0,47 \text{ (мА)} .$$

Струм  $I_{\text{Б}min}$  приймаємо рівним 0,05 мА, щоб обрати прямолінійний відрізок вхідної характеристики  $I_{\text{Б}min} = 0,05$  мА .

Амплітуда змінного струму в колі бази

$$I_{\text{ВХ}max} = \frac{I_{\text{БМ}} - I_{\text{Б}min}}{2} = \frac{0,47 - 0,05}{2} = 0,21 \text{ (мА)}$$

За вхідній статичній характеристиці (при  $V_{\text{КЕ}} = 5$ В) (рис. 2) та отриманим значенням  $I_{\text{БМ}}$  та  $I_{\text{Б}min}$  визначаємо значення  $V_{\text{БЕМ}}$  та  $V_{\text{ВХ}max}$ :

при  $I_{\text{Б}min} = 0,05$  мА  $V_{\text{БЕМ}min} = 0,11$  В ;



при  $I_{БМ} = 0,47$  мА  $V_{БЕМ} = 0,31$  В ;

$$2V_{ВХmax} = V_{БЕМ} - V_{БЕmin} = 0,31 - 0,11 = 0,20 \text{ (В)} .$$

Амплітуда напруги вхідного сигналу  $V_{БЕmax} = 0,10$  В .

7. Знаходимо вхідний опір каскаду змінному струму (без врахування опорів подільника напруги  $R_1$  та  $R_2$ ):

$$R_{ВХ\sim} = \frac{V_{ВХmax}}{I_{ВХmax}} = \frac{0,10}{0,21 * 10^{-3}} \approx 470 \text{ (Ом)}$$

8. Визначаємо опір подільника  $R_1$  та  $R_2$ .

$$R_{1,2} \geq 8 R_{ВХ\sim} = 8 * 470 = 3800 \text{ (Ом)},$$

$$R_1 = \frac{E_{ж} R_{1,2}}{R_E I_{К0}} = \frac{12 * 3800}{110 * 9,6 * 10^{-3}} \approx 43000 \text{ (Ом)}$$

$$R_2 = \frac{R_1 R_{1,2}}{R_1 - R_{1,2}} = \frac{43 * 10^{-3} * 3,8 * 10^{-3}}{43 * 10^{-3} - 3,8 * 10^{-3}} = 4,2 * 10^{-3} \text{ (Ом)}$$

9. Визначаємо ємність роздільного конденсатора  $C_p$  :

$$C_p \geq \frac{1}{2\pi f_H (R_K + R_H) \sqrt{M_H^2 - 1}}$$
$$C_p \geq \frac{1}{2 * 3,14 * 100 * (560 + 500) \sqrt{1,2^2 - 1}} = 2,28 * 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

Приймаємо  $C_p = 3,0$  мкФ .

10. Визначаємо ємність конденсатора  $C_E$  :

$$C_E \geq \frac{10}{2\pi f_H R_E} = \frac{10}{2 * 3,14 * 100 * 110} = 159 * 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

Приймаємо ємність  $C_E = 200$  мкФ

11. Визначаємо коефіцієнт підсилення каскаду за напругою

$$K_V = \frac{V_{Вихmax}}{V_{ВХmax}} = 4/0,1 = 40 .$$

## Література.

1. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник / Под ред. Б.Д.Перельмана. – М.: Радио и связь, 1981. – 656 с.
2. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. – М: Энергия, 1977. – 672 с.
3. ГОСТ 2825-67 (СТСЭВ 1076-78) Резисторы постоянные. Ряды номинальных сопротивлений.
4. Дсту 3120-95. Електротехніка. Літерні позначення основних величин.
5. ДСТУ 2449-94. Прилади напівпровідникові. Терміни та визначення.
6. ДСТУ 2307-93. Транзистори біполярні. Терміни, визначення та буквені позначення електричних параметрів.
7. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.
8. ГОСТ 7.1-84. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.
9. СТП-ХПП-4-90. Стандарт предприятия. Пояснительные записки курсовых и дипломных проектов.
10. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 326 с.
11. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. – М.: “Горячая Линия – Телеком”, 2002.-768 с.

Таблиця П.1.1

Варіант	Данні для розрахунку				
	$V_{Вихmax}$ , В	$R_H$ , Ом	$f_H$ , Гц	$E_{Ж}$ , В	$M_H$
1	2	3	4	5	6
0	3,0	600	100	12	1,10
1	2,0	400	90	6	1,15
2	1,0	250	120	9	1,20
3	5,0	450	200	27	1,25
4	8,0	350	150	12	1,30
5	2,4	500	180	9	1,35
6	3,4	550	140	12	1,40
7	1,6	280	160	6	1,10
8	4,0	590	170	27	1,15
9	2,2	440	110	9	1,20
10	3,4	600	150	12	1,25
11	1,5	200	60	5	1,30
12	1,7	250	70	6	1,35
13	1,8	300	80	9	1,40
14	2,0	350	90	12	1,10
15	2,1	400	120	15	1,15
16	2,3	450	140	18	1,20
17	2,5	480	150	24	1,25
18	2,7	500	160	27	1,30
19	2,8	520	170	24	1,35
20	3,0	540	180	20	1,40
21	3,1	550	200	18	1,10
22	3,2	580	220	15	1,15
23	3,5	560	230	12	1,20
24	3,6	480	250	9	1,25
25	1,8	320	270	6	1,30
26	3,0	400	100	15	1,35
27	2,7	300	200	9	1,40
28	2,5	250	150	18	1,10
29	2,2	220	180	6	1,15
30	2,0	600	150	12	1,20

