

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ТЕ20

Дослідження статичних і динамічних характеристик біполярних транзисторів.

20.1. Мета роботи

Вивчення статичних і динамічних характеристик напівпровідникових транзисторів.

20.2. Основні теоретичні положення

1. Статичні ВАХ транзистора.

Використання транзисторів без знання залежностей між їх струмами і напругами неможливо. Тому для проектування транзисторних схем і умілого користування ними застосовуються сімейства вхідних і вихідних вольт-амперних характеристик. При моделюванні транзисторних схем використовують аналітичні залежності між струмами і напругами, а в решті випадків, простіше, зрозуміліше і наглядніше використовувати статичні ВАХ.

Особливість транзисторів полягає в тому, що вони як трьохелектродні елементи використовуються при трьох різних способах включення, в залежності від того, який з електродів є загальним для вхідних і вихідних кіл.:

- з загальною базою (ЗБ);
- з загальним емітером (ЗЕ);
- з загальним колектором (ЗК).

а) Включення з загальною базою (Рис. 20.1).

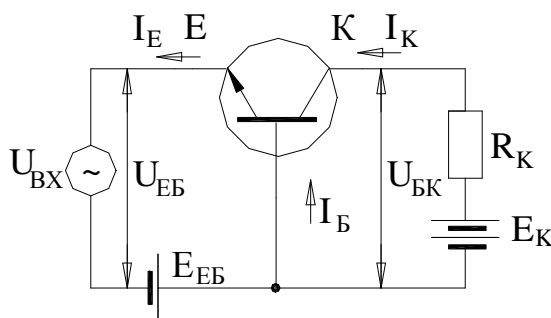


Рис. 20.1.

Схема приведена для транзистора n-p-n структури з відповідним включенням джерел живлення і напрямками протікання струмів. Вихідні характеристики пояснюють залежність вихідного струму (струму колектора I_K) від напруги U_{BK} при постійному вхідному струмі емітера. Вхідні статичні характеристики відображають залежність емітерного

струму I_E від напруги U_{EB} при постійній напрузі U_{BK} . На рис.20.2 приводиться сімейство статичних вихідних характеристик, що відображають залежність:

$$I_K = f(U_{BK}), \text{ при } I_E = \text{const.}$$

Особливість цих характеристик полягає в тому, що при $U_{BK}=0$ струм колектора визначається емітерним струмом, який задається вхідним колом. Незважаючи на відсутність колекторної напруги, транзитна складова

емітерного струму переноситься в колекторну область лише за рахунок величини потенційного бар'єру колекторного р-п переходу. Зменшення

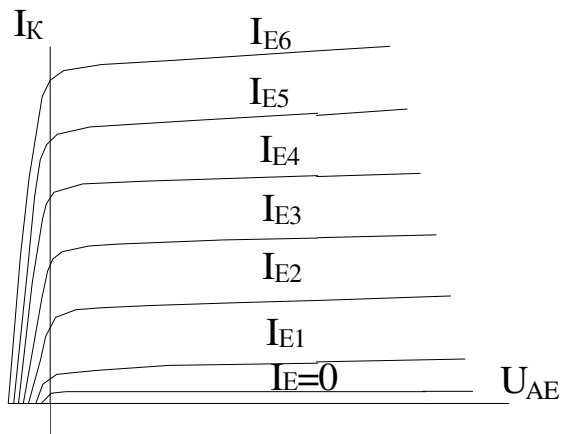


Рис. 20.2.

колекторного струму можна досягти лише шляхом зміщення колекторного переходу в прямому напрямку (Рис.20.2) – ділянка від'ємної колекторної напруги в другому квадранті. В результаті цього з'являється зустрічний струм основних носіїв колекторної області, який компенсує транзитну складову емітерного струму. При зростанні напруги $U_{КБ}$ струм колектора I_K залишається практично незмінним, тобто при такому включенні

транзистор веде себе подібно ідеальному джерелу струму. Для широкого діапазону напруг використовується рівняння $I_K = \alpha I_E + I_{K0}$. Лише при досить високих колекторних напругах має місце зростання струму, яке обумовлене одним з видів пробою колекторного р-п переходу. При зростанні колекторної напруги має місце майже непомітне зростання колекторного струму, яке обумовлене зменшенням ширини базової області і деяким підвищенням коефіцієнта α .

Слід зазначити, що для широкого діапазону емітерних струмів має місце пропорційність між зміною I_E і I_K , що забезпечується стабільністю коефіцієнта передачі струму α (α – диференційний коефіцієнт передачі емітерного струму $\alpha = d I_K / d I_E$, при $U_{БК} = \text{const}$ в схемі з ЗБ, який змінюється від 0.95 до 0.99). Лише при малих значеннях I_E має місце значне зниження коефіцієнта α .

Вхідні характеристики транзистора, які відображають залежність $I_E = f(U_{БЕ})$, при $U_{КБ} = \text{const}$, практично співпадають з ВАХ р-п переходу, зміщеного в прямому напрямку (Рис.20.3).

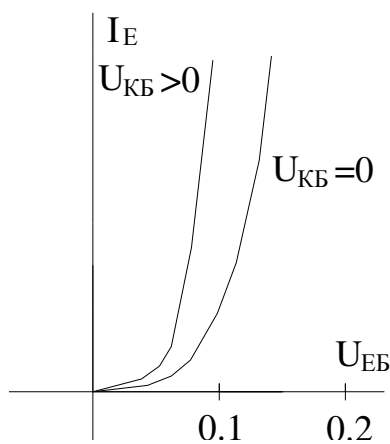


Рис. 20.3.

Характеристики, які визначаються при $U_{КБ} \neq 0$ дещо зміщені вправо, але всі вони мало відрізняються одна від іншої. Вказане зміщення пояснюється тим, що при $U_{КБ} > 0$ колекторний р-п перехід розширюється за рахунок базової області. В результаті в базі зростає градієнт концентрації дірок, з однієї сторони і зменшується кількість актів рекомбінації дірок з електронами, з іншої, що приводить до зростання коефіцієнта α і струму I_K . Це еквівалентно зростанню струму I_E .

Враховуючи властивості транзистора,

включеного по схемі ЗБ, можна визначити області її переважного використання. До них відносяться підсилювачі потужності без підсилення струму, а також схеми перетворення джерела напруги в джерело струму.

б) Включення з загальним емітером (Рис.20.4).

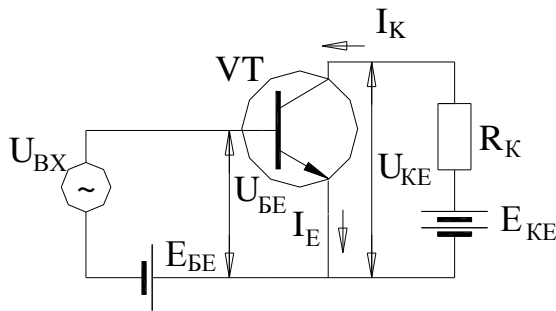


Рис. 20.4.

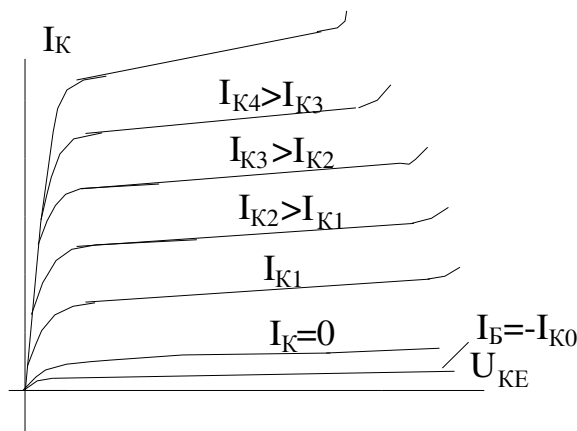


Рис. 20.5.

запирання колекторного р-п переходу, що відображається на сімействі характеристик переходом на більш похилі ділянки ВАХ при визначеній величині струму бази.

Так як для даної схеми включення вхідним струмом є струм бази, то замінивши в формулі $I_K = \alpha I_E + I_{K0}$, емітерний струм I_E виразом $I_K + I_B$, одержуємо:

$$I_K = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{1}{1 - \alpha} I_{K0} = I_B \beta + (1 + \beta) I_{K0}, \quad (1)$$

де $\beta = \alpha / (1 - \alpha) = I_K / I_B$, (при $U_{KE} = \text{const}$) – коефіцієнт передачі струму бази в схемі з ЗЕ.

Враховуючи, що $\alpha \approx 0.95 - 0.99$, знаходимо $\beta \approx 20 - 100$, а реально β приймає значення до 1000 одиниць.

На відміну від характеристик, приведених на рис.20.5, де з ростом колекторної напруги колекторний струм майже не зростає, рис.20.6 демонструє помітне зростання струму I_K . Це пояснюється тим, що відповідно до формули $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$ незначні зміни коефіцієнта α будуть приводити до значних змін β , так як в знаменнику маємо різницю близьких чисел. Це впливає на нерівномірність характеристик транзистора при пропорційних змінах I_B .

Для такої схеми емітерний електрод є загальним як для вхідного кола, так і для вихідного (Рис.20.4).

Розглянемо вихідні характеристики транзистора, які відображають залежність $I_K = f(U_{KE})$ при $I_B = \text{const}$. Вони розміщуються повністю в першому квадранті і починаються з початку координатних осей. При відсутності колекторної напруги, тобто при $U_{KE} = 0$, напруга на колекторному, а також емітерному електродах задається джерелом E_{BE} . Завдяки цьому, обидва р-п переходи зміщуються в прямому напрямку. В результаті основні носії емітера і колектора будуть переходити в область бази, компенсуючи один одного. Зростання напруги колекторного джерела E_{KE} приведе до

В той же час формула (1) відображає як позитивні, так і негативні моменти схеми з ЗБ. До позитивних слід віднести той факт, що $\beta \gg 1$, тобто схема забезпечує високий коефіцієнт підсилення струму. До негативних – значна залежність колекторного струму від зворотного струму колекторного переходу, який в $\beta+1$ разів більше, ніж в схемі з ЗБ. Як результат, схема з ЗЕ

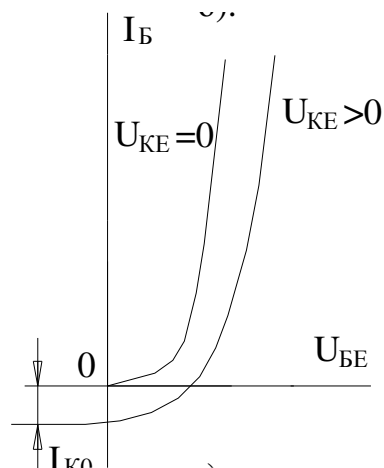


Рис. 20.6.

має значно більшу чутливість до зміни температури, ніж схема з ЗБ.

Вхідні характеристики відображають залежність $I_B = f(U_{BE})$, при $U_{CE} = \text{const}$.

При $U_{CE} = 0$ вхідна характеристика відображає ВАХ паралельно з'єднаних колекторного і емітерного р-п переходів. При $U_{CE} \neq 0$ через базовий електрод протікає лише рекомбінаційна складова емітерного р-п переходу, а зростання колекторної напруги буде приводити до зменшення рекомбінаційної складової і, відповідно, струму бази. Так як в базовому струмі присутній зворотній струм колекторного

переходу, то при $U_{CE} \neq 0$ і $U_{BE} = 0$ будемо мати значення базового струму $I_B = -I_{K0}$.

Розглянута схема включення знаходить здебільшого використання в підсилювачах напруги, струму, потужності. Порівнюючи зі схемою з ЗБ, схема з ЗЕ має значно більший вхідний опір, так як при одній і тій же напрузі U_{BE} вхідний струм в $\beta+1$ разів менший. Вихідний опір схеми також менше в $\beta+1$ разів, що видно з нахилу сімейства вихідних характеристик.

в) Включення з загальним колектором (Рис. 20.7.).

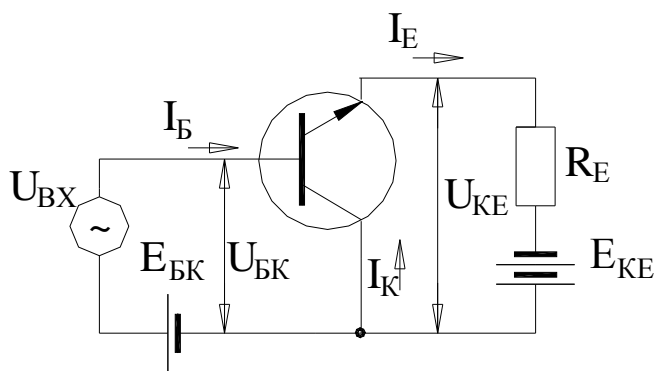


Рис. 20.7.

За своїми властивостями і характеристиками схема з ЗК близька до схеми з ЗЕ. Єдине, що її суттєво відрізняє від схеми з ЗЕ – це низький вихідний і високий вхідний опір, що дає можливість використовувати її для узгодження опорів високоомного джерела і низькоомного споживача, а також у якості регулюючого вузла в схемах

стабілізаторів напруги.

г) Схема заміщення транзистора в h-параметрах.

Оскільки транзистор є нелінійним елементом, то його використання як підсилювача електричних сигналів можливо лише в околиці робочої точки, яка вибрана за допомогою джерел постійного струму. В такому разі він може розглядатись як лінійний активний чотирьохполюсник, диференційні характеристики якого можна визначити за допомогою сімейства вхідних і вихідних характеристик. Для транзистора, як чотирьохполюсника,

найчастіше в якості незалежних змінних вибирають вхідний струм I_1 , вихідну напругу U_2 (Рис.20.8а); залежними змінними є вхідна напруга U_1 і вихідний струм I_2 , а в якості поєднуючих коефіцієнтів вибирають h -параметри. Для незначних приростів незалежних параметрів в околиці вибраної робочої точки А (Рис.20.8б) рівняння, які поєднують h -параметри з вхідними та вихідними змінними приймуть вигляд:

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

$$\Delta I_2 = h_{21} \Delta I_1 + h_{22} \Delta U_2.$$

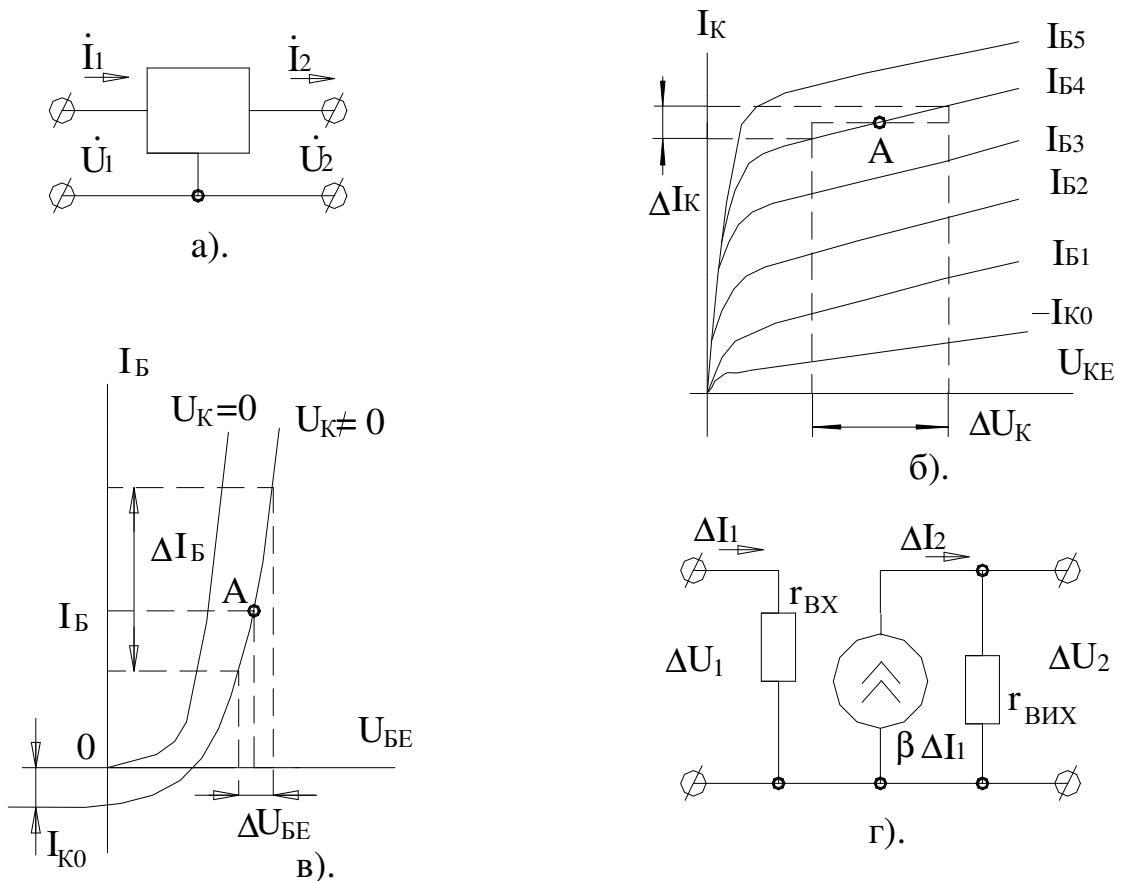


Рис. 20.8.

Ці h -параметри можуть бути визначені за допомогою графіків вхідних і вихідних ВАХ транзистора (Рис.20.8б,в):

$$h_{11} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I_1} \Big|_{\Delta U_2=0} = r_{\text{вх.}};$$

$$h_{21} = \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1} \Big|_{\Delta U_2=0} = \beta;$$

$$h_{12} = \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} \Big|_{\Delta I_2=0} \approx 0;$$

$$h_{22} = \frac{\Delta I_2}{\Delta U_2} \Big|_{\Delta I_1=0} = (r_{\text{вих.}})^{-1}.$$

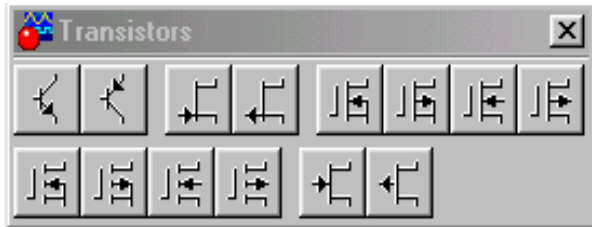
Відповідна схема заміщення транзистора приведена на рис.20.8г. Вона характеризує транзистор, як електричну схему, в якій відбувається перетворення приростів вхідних змінних в вихідні в околиці вибраної робочої точки.

Фактично це означає, що в транзисторній схемі підсилення за допомогою зовнішніх елементів встановлюється робоча точка транзистора, а потім подається вхідний змінний сигнал або невеликі відхилення постійного

для них підсилення. В такій схемі транзистор буде працювати з параметрами, які визначені для схеми заміщення.

20.3. Використання віртуальної лабораторії EWB для виконання роботи

Для виконання роботи по визначенню характеристик біполярного транзистора необхідно спочатку побудувати схему досліджень. Вибір



транзисторів забезпечується за допомогою опції *Transistors* (Рис.20.9). На рис.20.10 приведена схема досліджень ВАХ біполярного транзистора, яка складається з вхідної і вихідної частин. Вхідна частина дає

Рис. 20.9.

можливість виконувати вимірювання вхідних характеристик транзистора при постійній напрузі вихідного джерела. При використанні приладів – вольтметра і амперметра – для зменшення впливу їх внутрішніх опорів на характеристики транзистора необхідно в установках приладу задати внутрішній опір вольтметра максимально великим, амперметра, навпаки, близьким до нуля.

Для визначення характеристик транзистора, який ввімкнули по схемі з загальною базою будемо використовувати схему, що приведена на рис.20.10,

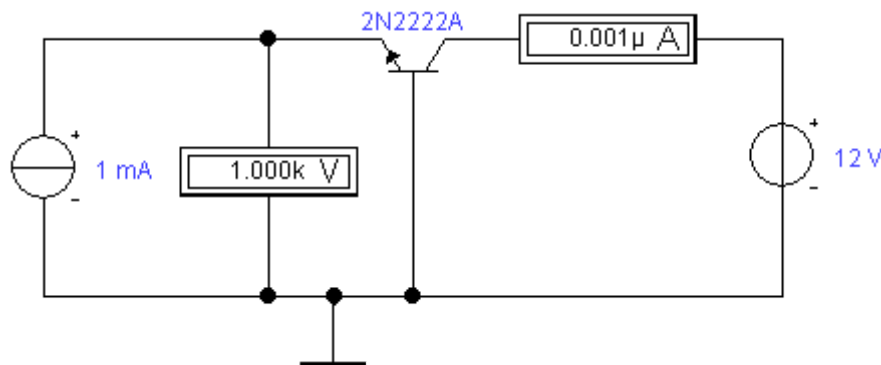


Рис. 20.10.

а для схеми з загальним емітером – схему на рис.20.11.

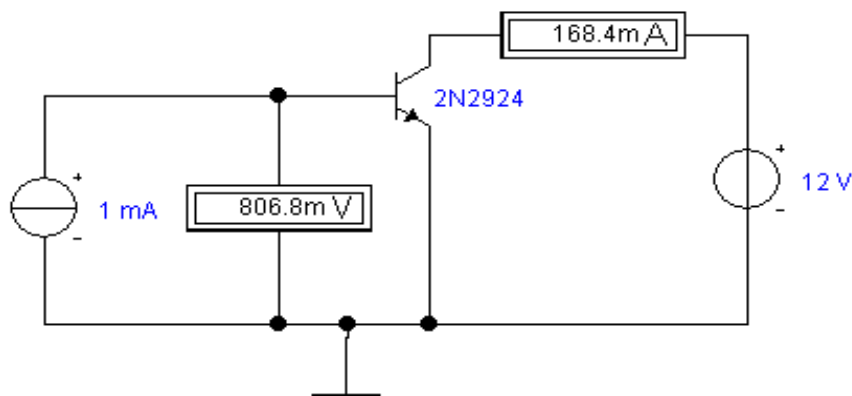


Рис. 20.11.

При проведенні вимірів необхідно в якості вхідного джерела використовувати джерело струму, яке повинно забезпечувати протікання струму, величина якого задається, через перехід база-емітер і за допомогою вольтметра заміряти падіння напруги на приладі. Результати вимірів заносяться в електронну таблицю за допомогою якої будуються відповідні графіки. Приклад побудови таблиці знаходиться на рис.20.13. На рис.20.12 можна побачити сімейство ВАХ транзистора, що побудовано за допомогою електронних таблиць, відповідно до заміряних характеристик.

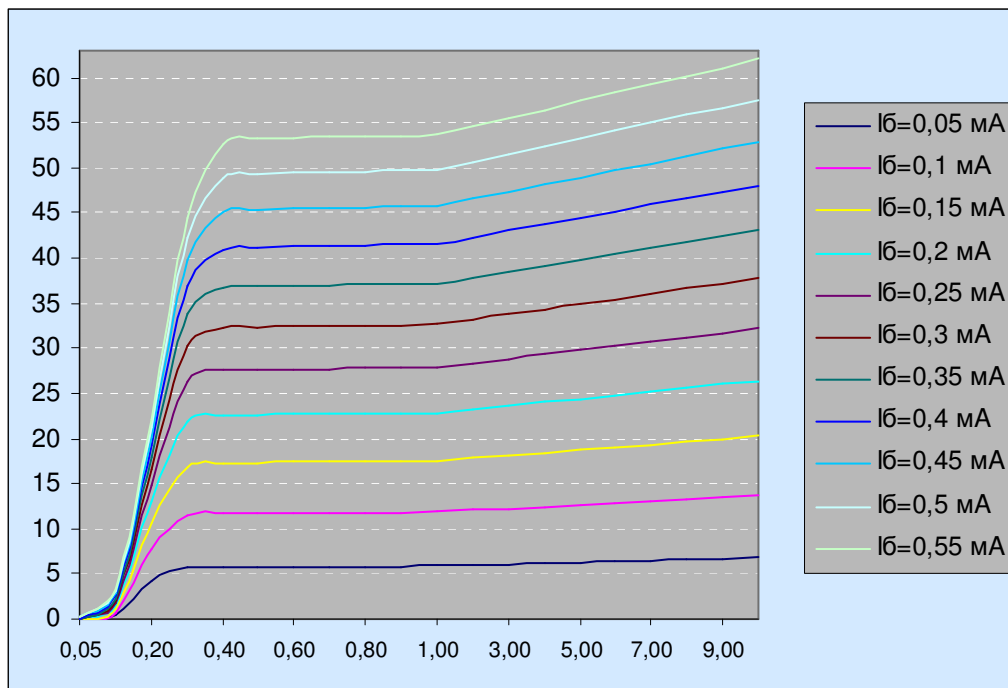


Рис. 20.12.

Uкe, В	I _б =0,05 мА	I _б =0,1 мА	I _б =0,15 мА	I _б =0,2 мА	I _б =0,25 мА
0.05	0.0135	0.02676	0.03977	0.05253	0.065
0.10	0.3940	0.765	1.1119	1.4372	1.7434
0.20	4.2296	7.8067	10.65	12.96	14.88
0.30	5.7431	11.54	16.91	21.83	26.29
0.40	5.8026	11.72	17.31	22.57	27.54
0.50	5.8138	11.74	17.35	22.62	27.61
0.60	5.8241	11.76	17.38	22.66	27.66
0.70	5.8342	11.78	17.41	22.7	27.71
0.80	5.8443	11.8	17.44	22.74	27.76
0.90	5.8545	11.82	17.47	22.78	27.81
1.00	5.8646	11.85	17.5	22.82	27.86
2.00	5.9661	12.05	17.8	23.22	28.34
3.00	6.0676	12.26	18.1	23.61	28.82
4.00	6.1693	12.46	18.41	24.01	29.3
5.00	6.2714	12.67	18.71	24.4	29.79
6.00	6.3727	12.87	19.01	24.8	30.27
7.00	6.4739	13.08	19.32	25.2	30.75
8.00	6.5752	13.28	19.62	25.59	31.24
9.00	6.6773	13.49	19.92	25.99	31.72
10.00	6.7786	13.69	20.23	26.38	32.2

Рис. 20.13.

20.4. Порядок виконання роботи

20.4.1. Тип транзистора, що досліджується, задається викладачем з того пакету, який міститься в бібліотеці EWB (Див. Додаток).

20.4.2. Проводяться дослідження характеристик транзистора при включенні по схемі з загальним емітером (Рис.20.11).

а) При нульовій напрузі колекторного джерела задається струм бази і для заданої величини заміряється падіння напруги на переході емітер-база. Величина початкового струму вибирається такою, щоб величина падіння напруги не перевищувала 0.05 В. Діодна характеристика, як відомо, може бути апроксимована двома відрізками. Перший з них близький до горизонтальної лінії, а другий – до вертикальної. Тому при проведенні вимірювань необхідно зафіксувати значення струму умовної точки злому. Після приблизного визначення вказаного струму проводиться 4-5 вимірів в межах десятикратного значення струму умовної точки злому. Кількість точок вимірювань вибирається автором самостійно.

б) Повторно знімається вхідна характеристика при колекторній напрузі 10 В.

в) Проводиться дослід по вимірюванню вихідних характеристик транзистора. Перша характеристика знімається при відсутності джерела струму і закороченій базі на емітер. Знімаються 4-5 точок в інтервалі напруг 0 – 10 В. Решта вихідних характеристик, в кількості 4-6 графіків, заміряється при струмах бази, які вибираються в межах, що заміряні в досліді а).

г) Проводяться дослід по вимірюванню характеристик транзистора, що включено по схемі з загальною базою, в послідовності, яка була описана в пп. а) – в).

20.5. Вимоги до звіту

20.5.1. Привести результати проведених дослідів – вхідні і вихідні характеристики біполярних транзисторів.

20.5.2. Привести результати обчислення h -параметрів біполярного транзистора для самостійно вибраної точки.

20.5.3. За обчисленими h -параметрами обчислити фізичні параметри біполярного транзистора. Результати занести в звіт.

20.5.4. Побудувати схеми заміщення біполярного транзистора в фізичних та h -параметрах.

20.5.5. Сформулювати алгоритм і розробити програму, яка б відображала модель транзистора в активному режимі роботи для заданої робочої точки, тобто побудувати схему заміщення транзистора, задати координати робочої точки та через h -параметри обчислити значення опорів всіх трьох електродів транзистора.

20.6. Питання до атестації

20.6.1 Дати пояснення терміну „біполярний транзистор”.

20.6.2. Пояснити фізичні явища, що протікають в біполярних транзисторах.

20.6.3. Які існують схеми включення біполярних транзисторів.

20.6.4. Пояснити вигляд вхідної і вихідної характеристик біполярного транзистора.

20.6.5. Дати фізичне розуміння h -параметрів біполярних транзисторів.

20.6.6. Пояснити, як за допомогою вхідних і вихідних характеристик біполярного транзистора можуть бути визначені h -параметри.

20.6.7. Пояснити взаємозв'язок між фізичними параметрами біполярного транзистора і його h -параметрами.

20.6.8. Обґрунтувати схему заміщення біполярного транзистора в фізичних параметрах.

20.7. Задачі

20.7.1. В транзисторі КТ315А, що ввімкнено по схемі з загальним емітером, струм бази змінився на 0,1мА. Визначити зміну струму бази, якщо коефіцієнт передачі струму бази $h_{21Б}=0,975$.

20.7.2. По сімейству вихідних характеристик транзистора КТ339А в схемі з загальним емітером (Рис.20.14) визначити струм бази I_B і напругу на колекторі U_K в робочій точці А, в якій струм колектора $I_K=6\text{мА}$, а потужність, що розсіюється на колекторі, $P_K=72\text{мВт}$.

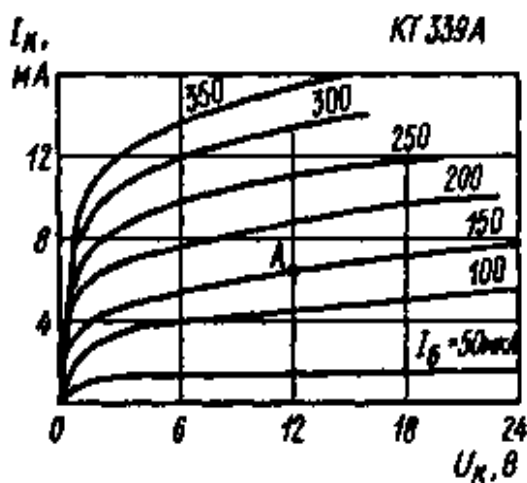


Рис. 20.14.

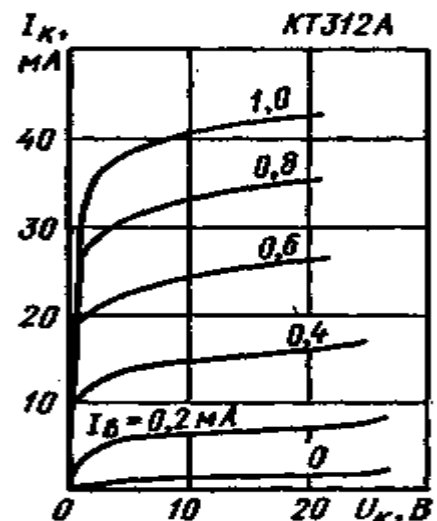


Рис. 20.15.

20.7.3. Використовуючи сімейство вихідних характеристик транзистора КТ339А в схемі з загальним емітером (Рис.20.14), визначити струм бази I_B і напругу на колекторі U_K в робочій точці А, якщо струм колектора $I_K=12\text{мА}$, а опір постійному струму $R_0=333\ \Omega$.

20.7.4. Для транзистора КТ312А потужність, що розсіюється на колекторі, $P_K=225\text{мВт}$. Використовуючи сімейство вихідних характеристик транзистора в схемі з загальним емітером (Рис.20.15), визначити робочу область, враховуючи, що найбільша допустима напруга на колекторі $U_K=20\text{В}$.

20.7.5. Використовуючи сімейство вихідних характеристик транзистора КТ312А в схемі з загальним емітером (Рис.20.15), визначити значення струму колектора I_K при напрузі на колекторі $U_K=15\text{В}$ для значень струму бази $I_B=0,2; 0,4; 0,6; 0,8\ \text{мА}$. Побудувати графік залежності $I_K=f(I_B)$.

20.7.6. По сімейству вихідних характеристик транзистора КТ312А в схемі с загальним емітером (Рис.20.15) визначити значення коефіцієнтів підсилення струму бази $h_{21\text{ E}}$ при напругах на колекторі $U_{\text{K}}=5; 10; 15\text{В}$ і струму бази $I_{\text{B}}=0,4\text{мА}$. Побудувати залежність $h_{21\text{ E}}=f(U_{\text{K}})$.

20.7.7. По сімейству вихідних характеристик транзистора КТ312А в схемі с загальним емітером (Рис.20.15) визначити значення коефіцієнтів підсилення струму бази $h_{21\text{ E}}$ при напрузі на колекторі $U_{\text{K}}=15\text{В}$ для струмів бази $I_{\text{B}}=0,2; 0,4; 0,6; 0,8\text{мА}$. Побудувати графік залежності $h_{21\text{ E}}=f(U_{\text{K}})$.

20.7.8. Для транзистора КТ339А, сімейство вихідних характеристик якого в схемі с загальним емітером приведено на рис.20.14, визначити струми колектора I_{K} і бази I_{B} в робочий точці А, якщо напруга на колекторі $U_{\text{K}}=10\text{В}$, а опір постійному струму $R_{\text{o}}=1,25\text{кОм}$.

20.7.9. Використовуючи сімейство вихідних характеристик транзистора КТ312А в схемі з загальним емітером (Рис.20.15), визначити вихідний опір транзистора при струмі бази $I_{\text{B}}=0,6\text{мА}$ і напругах на колекторі $U_{\text{K}}=5; 10; 15\text{В}$. Побудувати графік залежності $R_{\text{вих}}=f(U_{\text{K}})$.

20.7.10. По сімейству вихідних характеристик транзистора КТ312а в схемі с загальним емітером (Рис.20.15) визначити вихідний опір транзистора при напрузі на колекторі $U_{\text{K}}=10\text{В}$ і струмах бази $I_{\text{B}}=0,2; 0,4; 0,6; 0,8\text{мА}$. Побудувати графік залежності $R_{\text{вих}}=f(I_{\text{B}})$.

20.7.11. По сімейству вихідних характеристик транзистора КТ312а в схемі с загальним емітером (Рис.20.15) визначити напругу на колекторі U_{K} , при якому проходить струм колектора $I_{\text{K}}=31,5\text{мА}$, а струм бази $I_{\text{B}}=0,8\text{мА}$. Оцініть потужність, що розсіюється колектором в даному режимі.

20.7.12. Для транзистора КТ339А, який ввімкнули по схемі с загальною базою, при зміні струму емітера на 10мА струм колектора зміниться на $9,7\text{мА}$. Визначити коефіцієнт підсилення по струму для транзистора в схемі с загальним емітером.

20.7.13. Для транзистора КТ312А зворотний струм колектора $I_{\text{K}}=10\text{мА}$ при напрузі $U_{\text{K}}=15\text{В}$. Визначити зворотний опір колекторного переходу постійному струму.

20.7.14. Для транзистора КТ312А статичний коефіцієнт підсилення струму бази $h_{21\text{ E}}=10-100$. Визначити, в яких межах може змінюватись коефіцієнт передачі струму емітера $h_{21\text{ Б}}$.

20.7.15. Для транзистора ГТ109А коефіцієнт передачі струму емітера дорівнює $h_{21\text{ Б}}=0,95-0,98$. Треба визначити, в яких межах може змінюватись коефіцієнт підсилення струму бази.

20.7.16. За яких умов вхідний струм транзистора не підсилюється?

20.7.17. По вхідній характеристиці транзистора КТ312А в схемі с загальним емітером визначити вхідний опір змінному струму $R_{\text{вх}}$ при напрузі на колекторі $U_{\text{K}}=5\text{В}$ і напругах на базі $U_{\text{Б}}=0,3; 0,4; 0,5\text{В}$. Побудувати залежність $R_{\text{вх}}=f(U_{\text{Б}})$.

20.7.18. За якою причиною вхідні характеристики транзисторів приводяться тільки для двох значень напруг колектора?

20.7.19. На рис.20.16 – сімейство вихідних характеристик транзистора ГТ403А в схемі с загальною базою. Визначити коефіцієнт передачі струму емітера $h_{21Б}$ для напруги на колекторі $U_K=8В$ і струмів емітера $I_E=0,2; 0,4; 0,6; 0,8А$. Побудувати графік залежності $h_{21Б}=f(I_E)$.

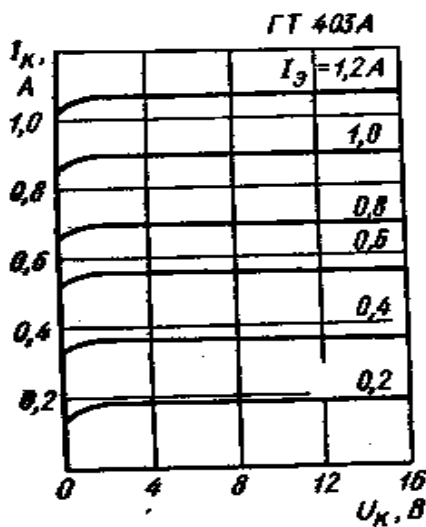


Рис. 20.16.

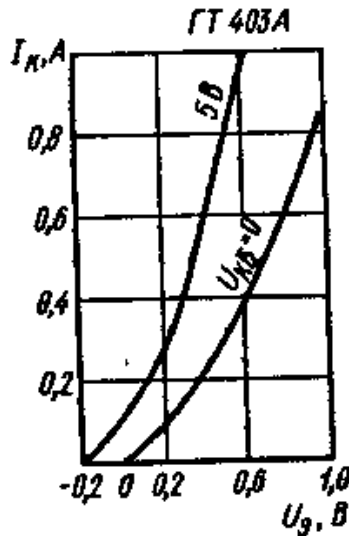


Рис. 20.17.

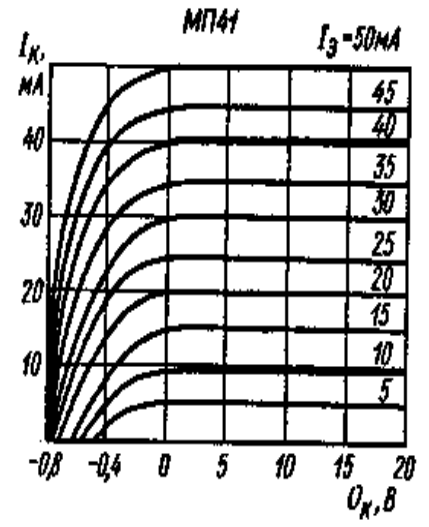


Рис. 20.18.

20.7.20. По вхідній характеристиці транзистора ГТ403А в схемі с загальною базою (Рис.20.17) визначити вхідний опір змінному струму, якщо відомо, що струм емітера змінюється в межах від 0,15 до 0,35А.

20.7.21. Використовую вхідну характеристику транзистора ГТ403А в схемі с загальною базою (Рис.20.17), визначити вхідний опір постійному струму для напруг $U_E=0,2; 0,4; 0,6В$.

20.7.22. Використовую вхідну характеристику транзистора ГТ403А в схемі с загальною базою (Рис.20.17), визначити вхідний опір змінному струму для напруг $U_E=0,2; 0,4; 0,6В$.

20.7.23. По сімейству вихідних характеристик транзистора МП41 в схемі с загальною базою (Рис.20.18) визначити зміну струму колектора, якщо при колекторній напрузі $U_K=10В$ струм емітера змінюється від 15 до 35мА.

20.7.24. Для транзистора МП41 в схемі с загальною базою, сімейство вихідних характеристик якого приведено на рис.20.18, визначити в робочій точці А струм емітера I_E , струм колектора I_K і напругу на колекторі U_K , якщо потужність втрат на колекторі $P_K=150мВт$, а опір постійному струму дорівнює $R_o=402 Ом$.

20.7.25. Використовую сімейство вихідних характеристик транзистора МП41 в схемі с загальною базою (Рис.20.18), визначити потужність, що розсіюється на колекторі, при напрузі $U_E=5В$ і струмі колектора $I_E=30мА$.

20.7.26. Для транзистора ГТ403А, який ввімкнули по схемі с загальним емітером, струм колектора змінюється на 140мА, а струм емітера – на 145мА. Визначити коефіцієнт підсилення струму бази.

20.7.27. Для транзистора КТ315А, який ввімкнули по схемі с загальним емітером, вхідний опір змінному струму $R_{вх}=160 Ом$. Визначити вхідний опір транзистора по схемі с загальною базою, якщо коефіцієнт передачі струму емітера $h_{21Б}=0,96$.

20.7.28. Побудувати лінію навантаження на сімействі вихідних характеристик при $E=10\text{В}$ та $R_K=2\text{кОм}$ (Рис.20.14, 20.15). Як зміниться положення лінії навантаження, якщо R_K зменшиться

20.7.29. Побудувати лінію навантаження для $R_K=0$; $R_K=\infty$ (Рис.20.19).

20.7.30. Розглядаємо транзистор як чотирьохполюсник з вхідною напругою U_B і вихідною U_K . Записати для нього рівняння в h -параметрах.

20.7.31. Розглядаємо транзистор як чотирьохполюсник з вхідною напругою U_B і вихідною U_K . Записати для нього рівняння в Z -параметрах.

20.7.32. Для точки на сімействі вихідних характеристик (Рис.20.14, 20.15), що задана $U_K=6\text{В}$, $I_B=30\text{мкА}$, обчислити h -параметри транзистора. Побудувати схему заміщення транзистора в h -параметрах.

20.7.33. Для точки на сімействі вихідних характеристик (Рис.20.14, 20.15), що задана $U_K=6\text{В}$, $I_B=30\text{мкА}$, обчислити Z -параметри транзистора. Побудувати схему заміщення транзистора в Z -параметрах.

20.7.34. Побудувати залежність $I_K=f(I_B)$ при $U_K=6\text{В}$ і $R=0$ (Рис.20.19б,в).

20.7.35. Для точки А (Рис.20.19а), що зображена на вхідній характеристиці транзистора, який ввімкнули відповідно до схеми на рис.20.19в, обчислити опір для постійного струму.

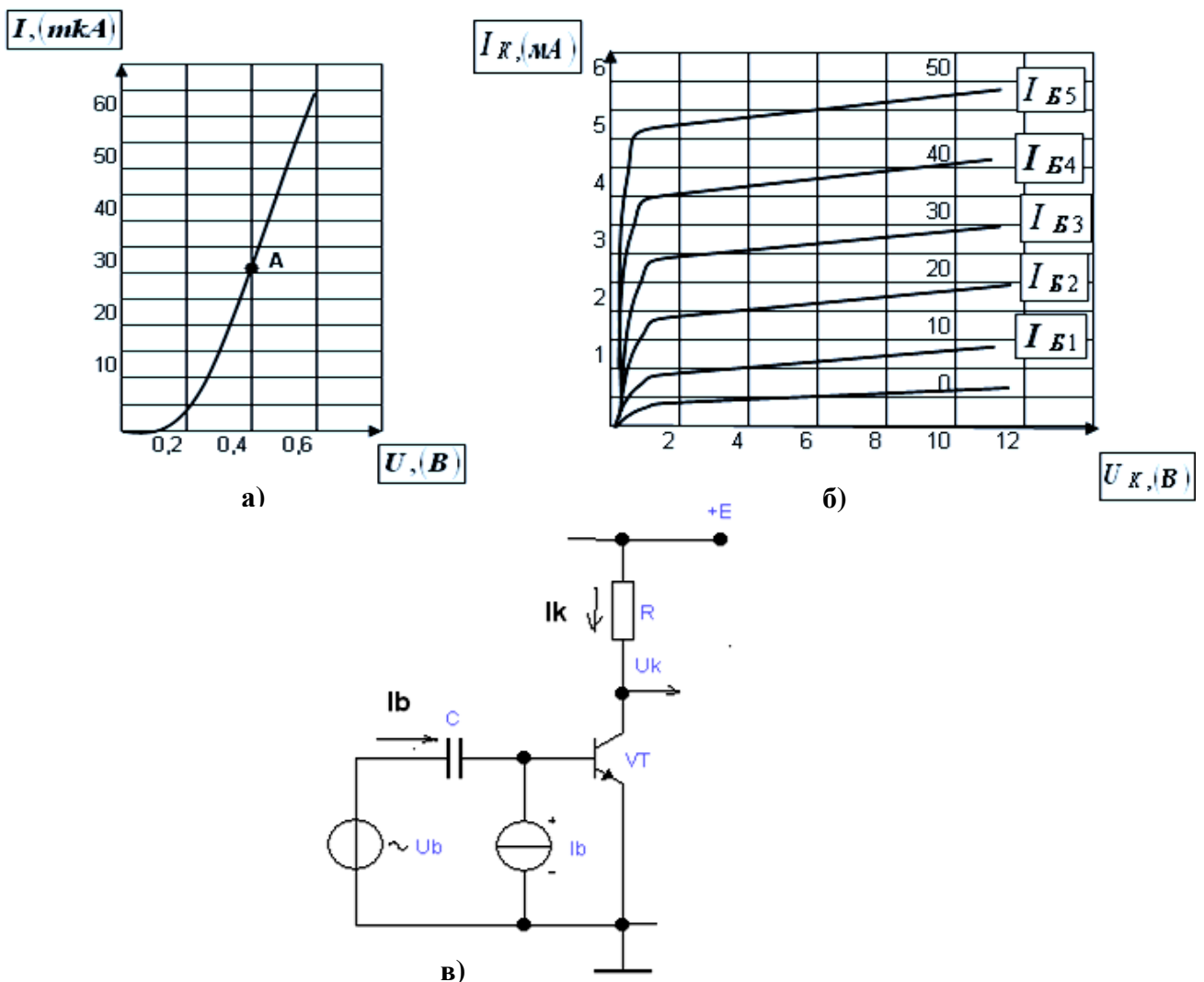


Рис. 20.19.

20.7.36. Яка величина падіння напруги буде на переході база-емітер, якщо струм від джерела $I_B=20\text{мА}$ (Рис.20.19).

20.7.37. Джерело U_B має амплітуду синусоїдальної напруги $0,1\text{В}$. Який струм буде споживатись від нього, якщо $I_B=30\text{мА}$ (Рис.20.19).

20.7.38. Побудувати лінію навантаження на входній характеристиці транзистора, якщо $I_B=0$, а опір джерела $U_B - r_B=20\text{кОм}$ (Рис.20.19).

20.7.39. Побудувати лінію навантаження на сімействі вихідних характеристик транзистора при $E=10\text{В}$ та $R_K=2\text{кОм}$. Як зміниться положення лінії навантаження, якщо R_K зросте/зменшиться (Рис.20.19).

20.7.40. Розглядаємо транзистор як чотирьохполюсник з входною напругою U_B і вихідною U_K (Рис.20.19). Записати для нього рівняння в h -параметрах.

20.7.41. Розглядаємо транзистор як чотирьохполюсник з входною напругою U_B і вихідною U_K (Рис.20.19). Записати для нього рівняння в Z -параметрах.

20.8. Додаток

Таблиця варіантів до схеми, що приведена на рис.20.11.

Номер варіанту	Модель транзистора
1	2N2712
2	2N2714
3	2N2923
4	2N2924
5	2N2925
6	2N3390
7	2N3391
8	2N3392
9	2N3393
10	2N3394
11	2N3414
12	2N3415
13	2N3416
14	2N3417
15	2N3711