

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ «ГОРЛОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И ЭКОНОМИКИ»

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора УВР

\_\_\_\_\_ О.Ю.Цыба

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.2019

ИНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

к выполнению практической работы

по дисциплине «Электронная техника»

Специальность: 27.02.04 «Автоматические системы управления»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии  
профессиональной электромеханической  
подготовки рекомендовано к утверждению  
Протокол № 1 от «30» 08. 2019 г.

Председатель комиссии

\_\_\_\_\_ Е. П. Бондаренко

Подготовил преподаватель  
В.В.Доценко

г. Горловка, 2019

Инструктивно-методические материалы к выполнению практической работы по дисциплине «Электронная техника» по теме «Полупроводниковые биполярные транзистры». Разработал преподаватель высшей категории В. В. Доценко – Горловка: ГПОУ «Горловский колледж промышленных технологий и экономики», 2019. - 14 с.

Представлены практические задания и методические рекомендации к их выполнению, вопросы для самоконтроля для студентов дневной формы обучения специальности 27.02.04 «Автоматические системы управления».

Предназначены для использования при проведении практической работы по дисциплине «Электронная техника», используется как методическое обеспечение занятия.

Для преподавателей и студентов

## ТРЕБОВАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ И ИХ ЗАЩИТЕ

1 Отчет по практической работе оформляется на листы писчей бумаги формата А 4 ГОСТ 2.105-79 и подшивается в скоросшиватель.

2 Отчет может быть выполнен как в рукописном виде так и на специальных бланках.

3 Отчет должен быть оформлен аккуратно, четко, без ошибок и исправлений.

4 Отчет по практической работе должен включать: тему; цель; задание; необходимые рисунки; схемы; описания; расчеты; таблицы; графики; вывод о выполнении работы.

5 Тема, цель, задача, должны быть выполнены при подготовке к практической работе.

### ВНИМАНИЕ!

СТУДЕНТЫ, КОТОРЫЕ НЕ ВЫПОЛНИЛИ ТРЕБОВАНИЯ ПУНКТА 5К  
ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ НЕ ДОПУСКАЮТСЯ

6 Защита практической работы осуществляется непосредственно во время ее проведения.

7 Студентам, которые не выполнили или не защитили работу по уважительным причинам, разрешается сделать это на протяжении недели во время дополнительного занятия, назначенное преподавателем.

8 Сборник отчетов сдается преподавателю на итоговом занятии.

9 Критерия оценивания учебных достижений студентов на практических занятиях приведенные в приложении А.

### ВНИМАНИЕ!

СТУДЕНТЫ, КОТОРЫЕ НЕ ВЫПОЛНИЛИ ПРАКТИЧЕСКУЮ РАБОТУ, НЕ ЗАЩИТИЛИ ЕЕ, ИЛИ НЕ СДАЛИ СБОРНИК ОТЧЕТОВ В

# ПОЛНОМ ОБЪЕМЕ, НЕ МОГУТ БЫТЬ ДОПУЩЕННЫ К ЭКЗАМЕНУ ИЛИ ЗАЧЕТУ С ДИСЦИПЛИНЫ

## Практическая работа № 1

Тема: Полупроводниковые биполярные транзисторы.

Цель: Научиться вычислять параметры биполярных транзисторов для схемы включения с общим эмиттером.

Задание: расчетно – графическое решение задач по определению параметров биполярных транзисторов

### Краткие теоретические сведения

Полупроводниковые транзисторы

Транзисторы подразделяются на биполярные и униполярные.

Биполярные транзисторы (или просто транзисторы) — это приборы, в которых ток обусловленный движением носителей зарядов обеих знаков (электронов и дырок).

В униполярных (или полевых) транзисторах ток обусловлен движением носителей зарядов лишь одного знака (электронами или дырками).

Транзистор — это полупроводниковый прибор, который имеет два p-n переходы и три электрода. Средний электрод называется базой, два крайних - эмиттером ( со стрелкой) и коллектором (рис. 1). Надо помнить, что всегда стрелка направленная из p - области в n - область. Различают два типа транзисторов: p- n- p- типа и n-p-n-типа. Всегда эмиттерный переход включен прямо, а коллекторный - обратно.

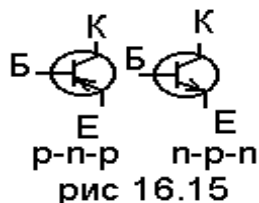


Рисунок 1 – Условное обозначение биполярного транзистора

Транзистор p – n – p - типа имеет общие закономерности:

- эмиттер имеет высший потенциал, чем потенциал коллектора;
- цепь база-эмиттер и база-коллектор работают как диоды (первый всегда открыт, второй — закрыт);
- каждый транзистор характеризуется максимальными значениями токов коллектора, базы ( $I_K$ ,  $I_B$ ) и напряжением между коллектором и эмиттером ( $U_{KE}$ );
- ток коллектора пропорциональный току базы, то есть  $I_K = \beta \cdot I_B$ , где  $\beta$  - коэффициент усиления по току;
- относительно транзистора n - p - n - типа, то правила остаются в силе, но полярность меняется на противоположную.

Из-за того, что эмиттерный переход включается прямо, то он имеет малое сопротивление. Коллекторный переход включается обратно и имеет очень большое сопротивление. К эмиттеру прикладывается небольшое напряжение, а к коллектору очень большое (десятки вольт). Малым изменением тока эмиттерного перехода можно управлять большими изменениями тока в цепи коллектора, то есть нагрузкой. Таким образом, транзистор усиливает мощность.

Различают три схемы включения транзисторов: с общей базой; с общим эмиттером; с общим коллектором.

Название схемы показывает, какой электрод есть общим для входного и выходного контуров. Схемы отмечаются своими особенностями, но принцип включения подчиняется общим правилам транзистора (эмиттерный переход открыт, а коллекторный — закрыт).

Схема с общей базой (рис. 2) в усилителях используется очень редко. Эта схема имеет коэффициент усиления тока близкий к единице.

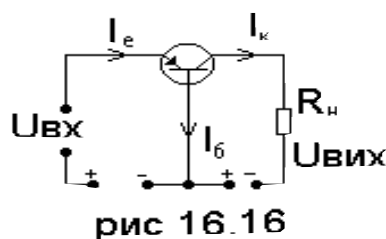


Рисунок 2 – Схема включения с общей базой

Схема с общим коллектором (рис. 3) имеет коэффициент усиления напряжения близкий к единице и очень большое сопротивление входной цепи (обратно включен р-п-переход). Входная цепь имеет малое сопротивление (прямо включен эмиттерный переход). Поэтому схема с общим коллектором используется для согласования сопротивления высокоомного преобразователя с низкоомной нагрузкой. Эта схема имеет специальное название — эмиттерный повторитель. Входное сопротивление эмиттерного повторителя может достигать 500 кОм, а выходное 50...100 Ом.

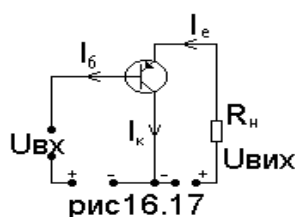


Рисунок 3 – Схема включения с общим коллектором

Самое большое распространение имеет схема с общим эмиттером (рис. 4). Коэффициент усиления тока этой схемы достигает 10...200. Небольшой ток базы (входного сигнала) управляет большим током выходного контура (выходный сигнал на сопротивлении нагрузки).

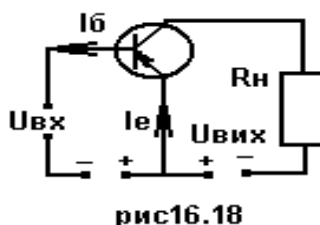


Рисунок 4 – Схема включения с общим эмиттером

На рис. 5, а приведены входные статические характеристики транзистора р – n – р типа, который включен по схеме с общим эмиттером. Входная характеристика (вольтамперная характеристика эмиттерного перехода) представляет собой обычную правую ветвь вольтамперной характеристики диода. Полупроводниковый транзистор нельзя чисто механически представлять в виде двух диодов, потому что процессы в одном переходе влияют на процессы в другом. Вид входной характеристики зависит

от напряжения между эмиттером и коллектором. Выходная характеристика напоминает вольт-амперную характеристику диода, который включен обратно (рис. 5, б). На ток коллектора в значительной мере влияет ток базы.

В рабочей области ток коллектора незначительно зависит от напряжения между коллектором и эмиттером.

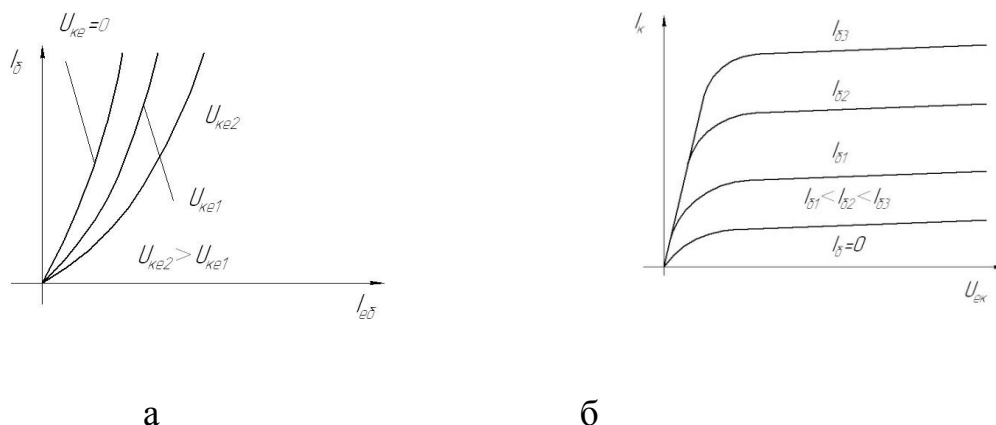


Рисунок 5 – Статические характеристики биполярного транзистора.

### Характеристики и параметры транзисторов

Статической называется характеристика транзистора, который описывает взаимосвязь между входными и выходными токами и напряжениями, когда в выходном контуре нет нагрузки.

Применяются такие статические характеристики биполярных транзисторов: входные, выходные, переходные.

Входная характеристика — это зависимость  $I_{ВХ} = f ( U_{ВХ} )$  при постоянном напряжении на выходе ( $U_{ВЫХ} = \text{const}$ ).

Выходная характеристика — это зависимость  $I_{ВЫХ} = f ( U_{ВЫХ} )$  при постоянном входном токе ( $I_{ВХ} = \text{const}$ ).

Переходная характеристика (характеристика усиления) — это зависимость  $I_{ВЫХ} = f ( I_{ВХ} )$  при постоянном напряжении на выходе ( $U_{ВЫХ} = \text{const}$ ).

Входные и выходные характеристики строят экспериментально, а переходные можно построить с помощью семейства выходных характеристик. Статические характеристики биполярных транзисторов разные для каждой из схем включения транзисторов. На рисунке 6

приведены статические переходные характеристики транзисторов, которые включены по схеме с общим эмиттером.

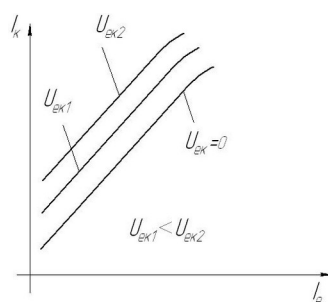


Рисунок 6 – Переходная характеристика

При расчетах схем с биполярными транзисторами применяют  $h$ -параметры транзистора. Эти параметры характеризуют свойства транзистора при малых изменениях токов и напряжений,  $h$ -параметры транзистора разные для каждой схемы включения транзистора, но в справках есть формулы перерасчета параметров одной схемы в другие.

Для схемы с общим эмиттером  $h$ -параметры с помощью входных и выходных токов и напряжений имеют такой вид:

Параметр  $h_{11}$  -это входное сопротивление транзистора

$$h_{11} = \Delta U_{БЭ} / \Delta I_{Б} \quad \text{при } U_{КЭ} = \text{const}$$

Параметр  $h_{12}$  это коэффициент обратной связи по напряжению

$$h_{12} = \Delta U_{БЭ} / \Delta U_{КЭ} \quad \text{при } I_{Б} = \text{const}$$

Параметр  $h_{21}$  коэффициент усиления по току

$$h_{21} = \Delta I_{К} / \Delta I_{Б} \quad \text{при } U_{КЭ} = \text{const}$$

Параметр  $h_{22}$  характеризует исходную проводимость транзистора

$$h_{22} = \Delta I_{К} / \Delta U_{КЭ} \quad \text{при } I_{Б} = \text{const}$$

Существенными есть три ограничения использования транзистора.

Ограничение по мощности, которая выделяется на коллекторном переходе ( $P_{km}$ ), не дает возможности перегрева перехода.

Ограничение по напряжению между коллектором и эмиттером ( $U_{кем}$ ) обеспечивает отсутствие пробоя коллекторного перехода.



Ограничение по коллекторному току ( $I_{km}$ ) также сохраняет работоспособность перехода.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Эта работа относится к расчету параметров и характеристик полупроводниковых триодов — транзисторов. При включении транзистора с общим эмиттером управляющим является ток базы  $I_б$ , а при включении с общей базой — ток эмиттера  $I_э$ .

В схеме с общей базой связь между приращениями тока эмиттера  $\Delta I_э$  и тока коллектора  $\Delta I_к$  характеризуется коэффициентом передачи тока  $h_{21б}$ :

$$h_{21б} = \Delta I_к / \Delta I_э \text{ при } U_{кб} = \text{const},$$

где  $U_{кб}$  — напряжение между коллектором и базой.

Коэффициент передачи всегда меньше единицы. Для современных биполярных транзисторов  $h_{21б} = 0,94-0,995$ . При включении с общей базой ток коллектора  $I_к = h_{21б} I_э$ .

Коэффициент усиления по току  $h_{21э}$ , в схеме включения транзистора с общим эмиттером определяется как отношение приращения тока коллектора  $\Delta I_к$  к приращению тока базы  $\Delta I_б$ . Для современных транзисторов  $h_{21э}$  имеет значение 20—200.

$$h_{21э} = \Delta I_к / \Delta I_б \text{ при } U_{кэ} = \text{const},$$

где  $U_{кэ}$  - напряжение между коллектором и эмиттером.

Ток коллектора при включении с общим эмиттером  $I_к = h_{21э} I_б$ . Между коэффициентами  $h_{21б}$  и  $h_{21э}$  существует следующая связь:

$$h_{21б} = h_{21э} / (1 + h_{21э}) \text{ или } h_{21э} = h_{21б} / (1 - h_{21б}).$$

Мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора,  $P_к = U_{кэ} I_к$ .

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем оценивается эффективность эмиттера? Найдите правильный вариант ответа:
  - 1) общим током эмиттера;
  - 2) концентрацией основных носителей заряда в эмиттере;
  - 3) отношением дырочной составляющей эмиттерного тока к общему току эмиттера ( для транзистора pnp);
  - 4) отношением тока эмиттера к току базы;
  - 5) отношением дырочной составляющей эмиттерного тока к общему току эмиттера ( для транзистора pnp).
2. Чем обусловлено появление обратного тока коллектора? Найдите правильный вариант ответа:
  - 1) основными носителями заряда в области коллектора;
  - 2) неосновными носителями заряда базы и коллектора;
  - 3) основными носителями заряда базы;
  - 4) правильного ответа нет.
3. Коэффициент передачи тока  $\beta = 97$ . Найдите величину коэффициента передачи тока  $\alpha$ .
4. Как объяснить название транзистора — «биполярный?»

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берикашвили В.Ш., Черепанов А.К. Электронная техника. М.: Академия, 2009.
2. Горошков Б.И., Горошков А.Б. Электронная техника. М.: Академия, 2008.

3. Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники: Учебн.- 4-е изд., перераб. и доп.- К.: Выща шк., 1989-423с., ил.

5. Березкина Т.Ф. Задачник по общей электротехнике с основами электроники: Учеб.пособие.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. школа, 1991.-380с.:ил.

### Практическая работа № 1

Тема: Полупроводниковые биполярные транзисторы.

Цель: Научиться вычислять параметры биполярных транзисторов для схемы включения с общим эмиттером.

Задание: расчетно – графическое решение задач по определению параметров биполярных транзисторов

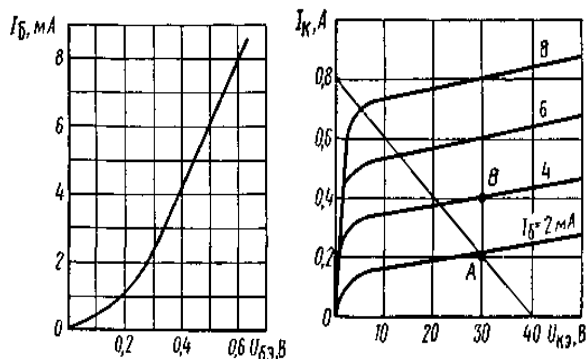
#### Порядок выполнения работы

1. Вычислить параметров биполярных транзисторов, данные в таблице

№ варианта	№ рисунка	$U_{бэ}, В$	$U_{кэ1}, В$	$U_{кэ2}, В$	$E_k, В$
1	1.1; 1.2	0,3	20	30	40

Определить:  $h_{21э}$ ,  $R_{к1}$  и  $R_{к2}$ ,  $P_{к1}$  и  $P_{к2}$

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

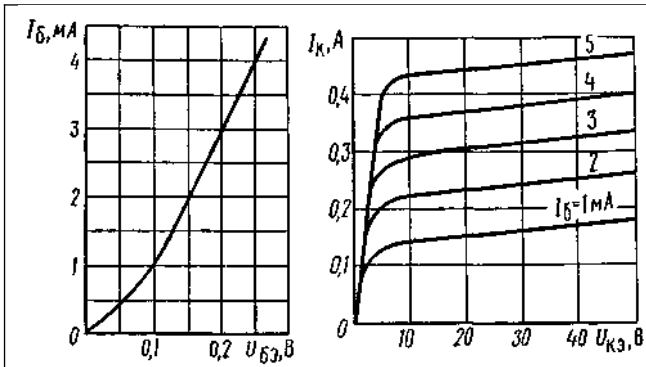


2

№ варианта	№ рисунка	$U_{бэ}, В$	$R_k, кОм$	$E_k, В$
2	1.3; 1.4	0,2	0,1	40

Определить:  $h_{21э}$ ,  $U_{кэ}$ ,  $I_k$ ,  $P_k$ .

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

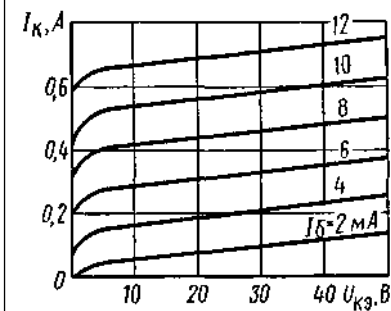


3

№ варианта	№ рисунка	$I_B$	$R_{K1}$ , кОм	$R_{K2}$ , кОм	$E_K$ , В
3	1.6	6	0,05	0,1	40

Определить:  $h_{21э}$ ,  $U_{KЭ1}$ ,  $U_{KЭ2}$ ,  $P_{K1}$  и  $P_{K2}$

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

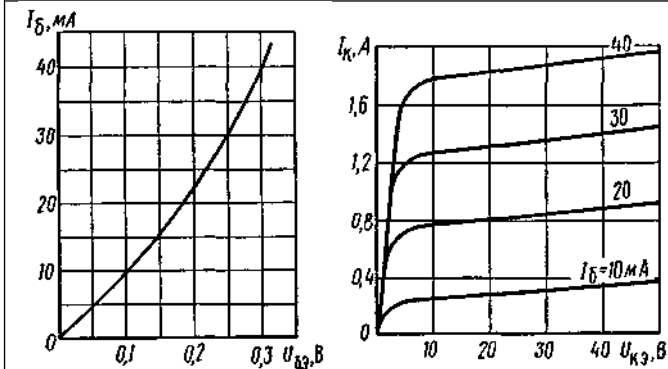


4

№ варианта	№ рисунка	$U_{БЭ}$ , В	$R_{K1}$ , кОм	$R_{K2}$ , кОм	$E_K$ , В
4	1.7; 1.8	0,1	0,025	0,05	40

Определить:  $h_{21э}$ ,  $U_{KЭ1}$ ,  $U_{KЭ2}$ ,  $P_{K1}$  и  $P_{K2}$ ,  $I_{K1}$  и  $I_{K2}$

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

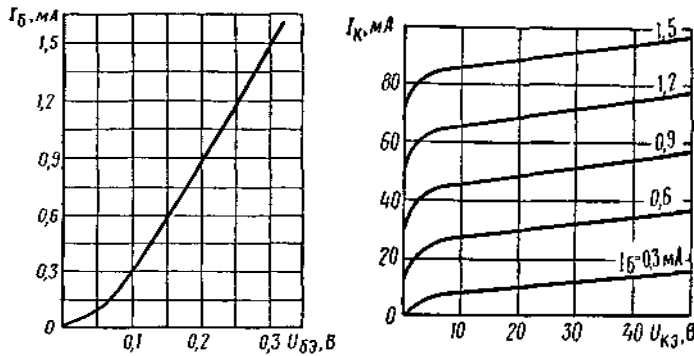


5

№ варианта	№ рисунка	$U_{бэ}, В$	$U_{кэ}, В$	$E_{к}, В$
5	1.9; 1.10	0,2	15	40

Определить:  $h_{21э}, U_{кэ}, I_{к}, P_{к}, R_{к}$

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

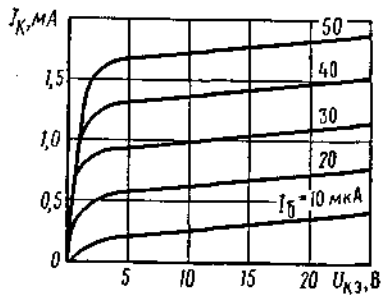


6

№ варианта	№ рисунка	$U_{кэ}, В$	$I_{б}$	$E_{к}, В$
6	1.12	7,5	20	20

Определить:  $h_{21э}, U_{кэ}, I_{к}, R_{к}, P_{к}, h_{21б}$ .

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

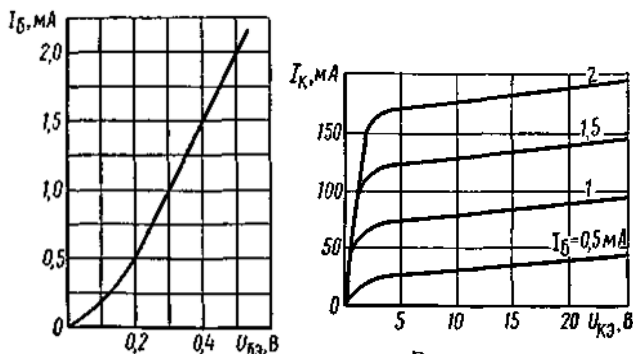


7

№ варианта	№ рисунка	$I_{к}$	$U_{бэ}, В$	$E_{к}, В$
7	1.13; 1.14	70	0,3	20

Определить:  $h_{21э}, U_{кэ}, I_{к}, R_{к}, P_{к}, h_{21б}$ .

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

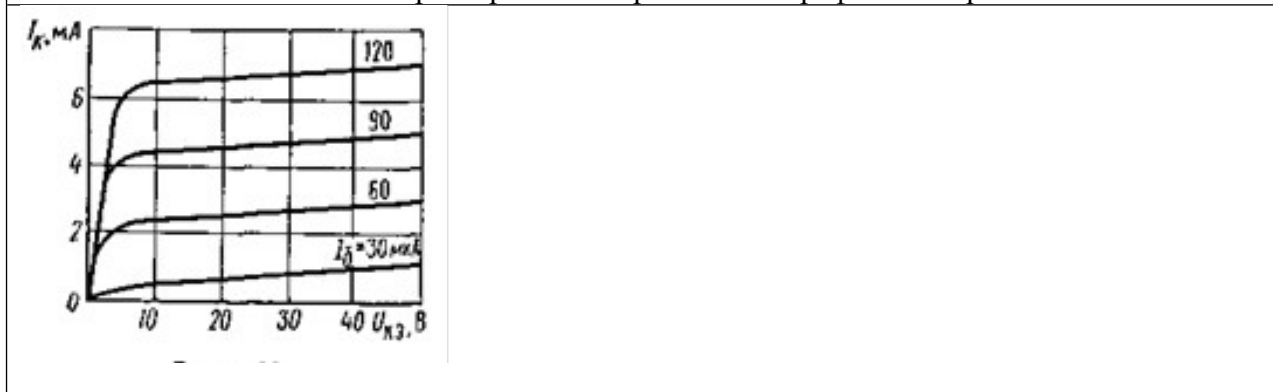


8

№ варианта	№ рисунка	$U_{кэ}, В$	$I_{б1}$	$I_{б2}$	$E_{к}, В$
8	1.16	15	60	90	40

Определить:  $h_{21э}$ ,  $R_{к1}$  и  $R_{к2}$ ,  $P_{к1}$  и  $P_{к2}$

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

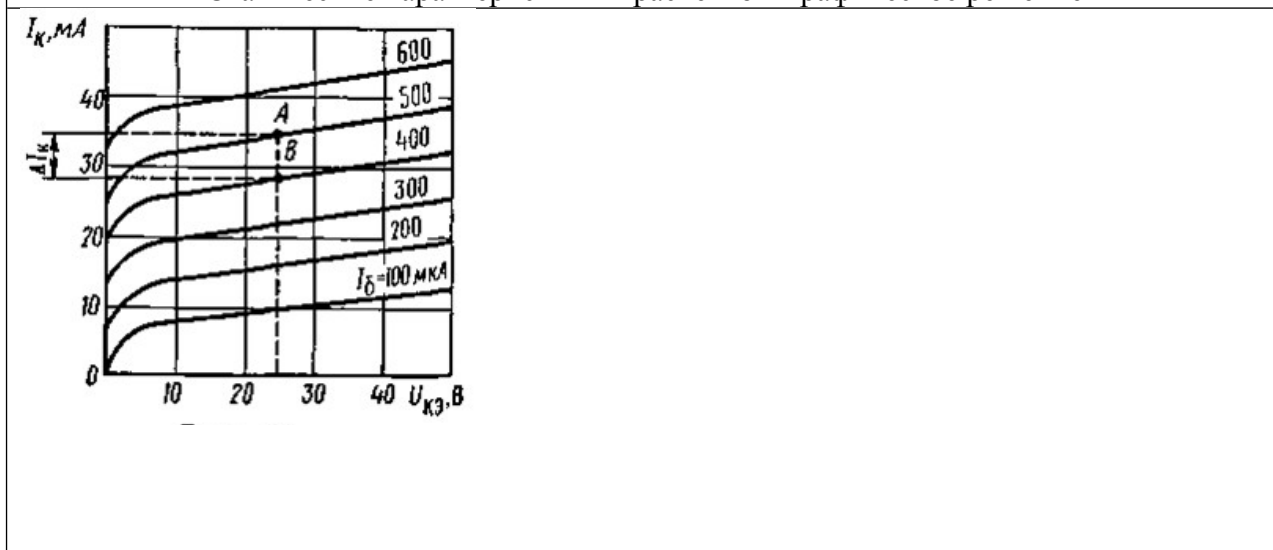


9

№ варианта	№ рисунка	$I_{б1}$	$I_{б2}$	$R_{к}, кОм$	$E_{к}, В$
9	1.18	200	300	1,0	40

Определить:  $h_{21э}$ ,  $U_{кэ1}$ ,  $U_{кэ2}$ ,  $I_{к1}$  и  $I_{к2}$ ,  $P_{к1}$  и  $P_{к2}$

Статические характеристики и расчетно – графическое решение

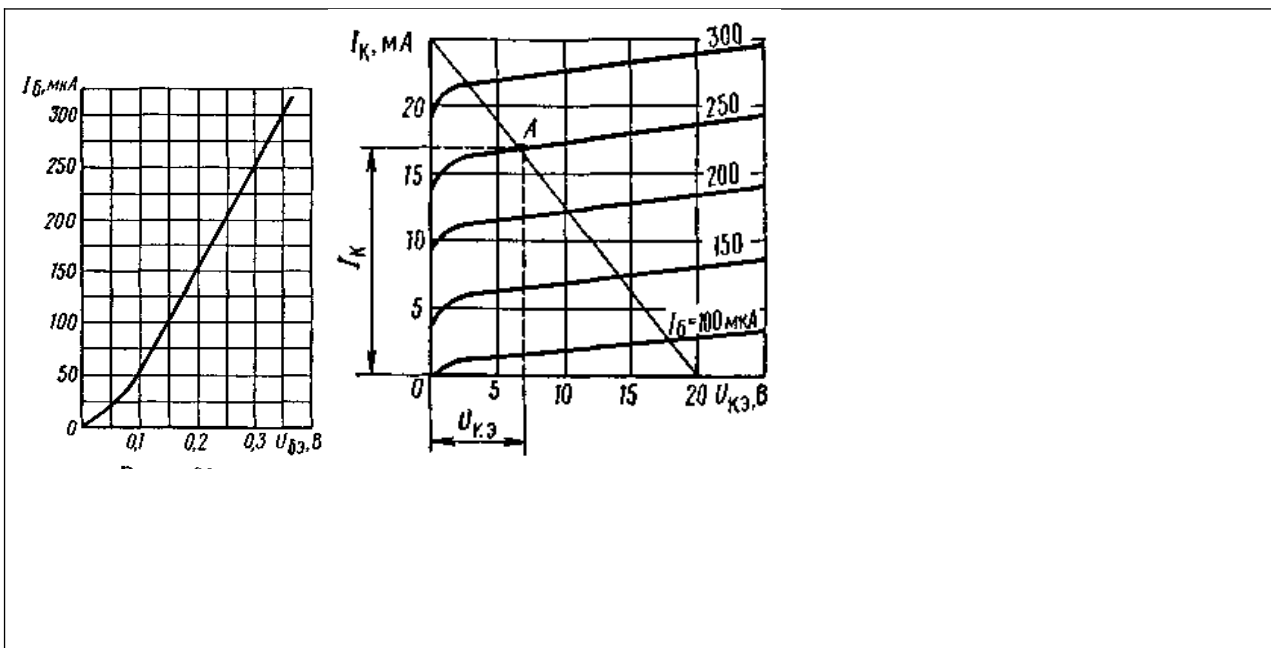


10

№ варианта	№ рисунка	$U_{бэ1}, В$	$U_{бэ2}, В$	$R_{к}, кОм$	$E_{к}, В$
10	1.19; 1.20	0,25	0,3	1	20

Определить:  $h_{21э}$ ,  $U_{кэ}$ ,  $I_{к}$ ,  $P_{к}$ ,  $h_{21б}$ .

расчетно – графическое решение



Вывод: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_