



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»**  
**(ФГБОУ ВО «НГУЭУ», НГУЭУ)**

Кафедра информационной безопасности

Пер. № 4187-17/02

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

**ЭЛЕКТРОНИКА И СХЕМОТЕХНИКА**

Направление:

10.03.01 Информационная безопасность

Направленность (профиль):

Организация и технология защиты информации (в государственном и частном секторе)

Новосибирск 2017

Методические указания по выполнению курсовой работы разработаны  
Рыжовым Владимиром Анатольевичем – канд. техн. наук, доцентом кафедры  
информационной безопасности

Методические указания по выполнению курсовой работы (проекта) прошли экспертизу УМУ

Утверждено на заседании кафедры информационной безопасности  
(протокол от «30» августа 2017 г. № 1).

## СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	4
РАЗДЕЛ 2С ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	4
РАЗДЕЛ 3 ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ И СОДЕРЖАНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	8
РАЗДЕЛ 4 ПОКАЗАТЕЛИ, КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	9
Приложения	11

## РАЗДЕЛ 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является приобретение практических навыков расчета транзисторных схем.

Задачи:

- расчет  $h$  – параметров биполярного транзистора, его входного и выходного сопротивления, коэффициента передачи по току;
- графоаналитический расчет усилительного каскада на заданном типе транзистора, включенного по схеме с ОЭ, с одним источником питания  $E_K$  и с температурной стабилизацией рабочего режима;
- определение параметров элементов схемы усилительного каскада:
  - 1) коэффициенты усиления по току ( $K_i$ );
  - 2) напряжению ( $K_u$ );
  - 3) мощности ( $K_p$ );
  - 4) токи и напряжения в режиме покоя  $I_{б0}$ ,  $I_{к0}$ ,  $U_{бэ0}$ ,  $U_{кэ0}$ ;
  - 5) амплитудные значения входных и выходных переменных токов и напряжений в линейном режиме работы усилителя;
  - 6) полезную выходную мощность каскада и его КПД;
  - 7) верхнюю и нижнюю граничные частоты полосы пропускания.

## РАЗДЕЛ 2 ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тип транзистора задается номером в журнале группы и проверяется преподавателем.

Базовая схема включения транзистора с общим эмиттером (ОЭ) представлена на рис. 1.

Условные обозначения являются одинаковыми для всех студентов.

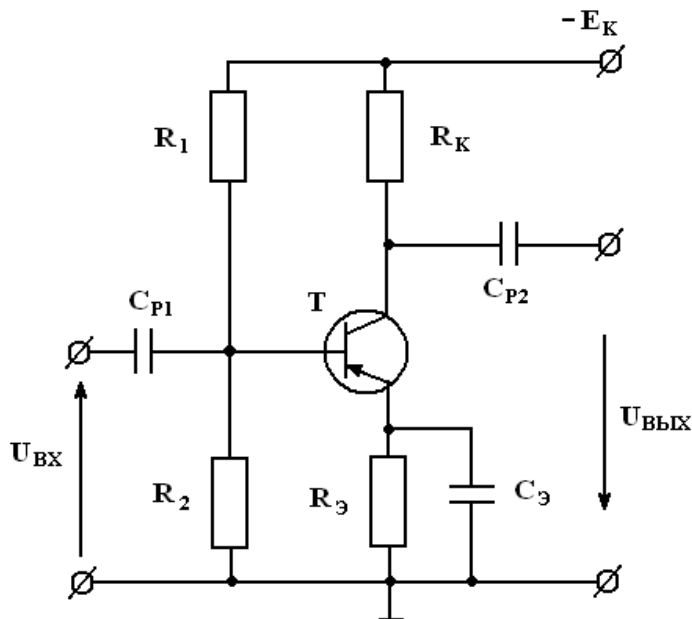


Рис. 1 Усилитель с общим эмиттером.

Ниже приводится рекомендуемая последовательность расчета усилителя на базе транзистора p-n-p типа проводимости (рис. 2). Расчет усилителя с n-p-n типа транзистором аналогичен (в этом случае следует правильно выбрать полярность источника питания  $E_K$ ).

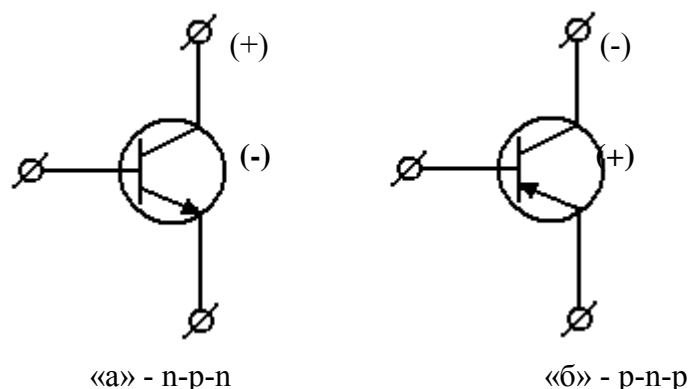


Рис. 2. Типы транзисторов.

### 1. Расчет параметров транзистора.

На данном этапе определяются  $h$  параметры биполярного транзистора.

1.1. Изобразить семейство статических входных и выходных характеристик заданного транзистора, соответствующих схеме с ОЭ.

1.2. Определить  $h$  – параметры транзистора, соответствующие схеме с ОЭ, пользуясь входными и выходными характеристиками транзистора:

по входным характеристикам определить

$$h_{11} = \frac{\Delta U_{\text{бэ}}}{\Delta I_{\text{б}}} / U_{\text{кэ}} = \text{const}, \quad h_{12} = \frac{\Delta U_{\text{бэ}}}{\Delta U_{\text{кэ}}} / I_{\text{б}} = \text{const};$$

по выходным характеристикам определить

$$h_{21} = \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta I_{\text{б}}} / U_{\text{кэ}} = \text{const}, \quad h_{22} = \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta U_{\text{к}}} / I_{\text{б}} = \text{const}.$$

1.3. Найти входное и выходное сопротивление транзистора:

$$R_{\text{вхТ}} = h_{11} \quad R_{\text{выхТ}} = \frac{1}{h_{22}}$$

1.4. Определить коэффициент передачи по току транзистора  $\beta$ :

$$\beta = h_{21}.$$

### 2. Расчет усилительного каскада по постоянному току графоаналитическим методом.

Графоаналитический метод позволяет наглядно определить рабочие токи и напряжения каскада.

2.1. Изобразить семейство выходных и входных (при  $U_{\text{кэ}} = 5\text{В}$ ) характеристики заданного транзистора как показано на рис. 2.

2.2. На выходных характеристиках нанести кривую допустимой мощности  $P_{\text{к max}}$ , рассеиваемой на коллекторе,  $P_{\text{к max}} = U_{\text{кэ}} I_{\text{к}} = \text{const}$ .

2.3. Выбрать значение напряжения источника питания  $E_K$  в пределах  $(0.7 - 0.9) U_{\text{к max}}$ . (Следует учитывать, что  $E_K \approx 3U_{\text{м вых}}$  и  $E_K \approx U_{\text{кэ0}} + I_{\text{к0}}(R_{\text{к}} + R_{\text{э}})$ ). Эту величину в дальнейшем, после выбора  $R_{\text{к}}$ ,  $R_{\text{э}}$ , и  $U_{\text{м вых}}$  следует скорректировать.

2.4. Из условия передачи максимальной мощности от источника энергии к потребителю (согласованный режим) выбрать  $R_{\text{к}} \approx R_{\text{вых. Т}}$ , однако на выход усилителя

обычно включается нагрузка  $R_H \leq R_K$  поэтому рекомендуется выбирать  $R_K = (0.3 - 1)R_{\text{вых. т.}}$  так чтобы его величина лежала в диапазоне  $R_K = (0.5 - 10) \text{ кОм}$ .

2.5. Построить нагрузочную линию усилительного каскада, согласно уравнению

$$U_{кэ} = E_K - I_K R_K$$

Для этого использовать две точки (“d” и “c”) на выходных характеристиках транзистора (рис. 2):

$$U_{кэ} = 0, I_K = \frac{E_K}{R_K} \text{ (т.ч. “d”); } I_K = 0, U_{кэ} = E_K \text{ (т.ч. “c”).}$$

При этом линия нагрузки должна проходить левее и ниже допустимых значений  $U_K$  max,

$I_K$  max, и  $R_K$  max и обеспечить достаточно протяженный линейный участок переходной характеристики (см. рис. 2)

2.6. По точкам пересечения линии нагрузки с выходными характеристиками построить переходную характеристику транзистора  $I_K = f(I_B)$  (см. рис. 2)

2.7. На переходной характеристике транзистора (с учетом входной характеристики) выбрать линейный участок “a - в”, в диапазоне которого усилитель усиливает без искажения. На середине участка “a - в” нанести рабочую точку “А”, соответствующую режиму работы транзистора по постоянному току.

2.8. По координатам рабочей точки “А” определить токи и напряжения транзистора в режиме покоя (по постоянному току):  $I_{B0}, I_{K0}, U_{BЭ0}, U_{KЭ0}$ .

### 3. Расчет усилительного каскада по переменному току.

Каскад должен обеспечивать усиление амплитуды переменного тока.

3.1. Определить пределы изменения амплитуд входного тока и напряжения, выходного тока и напряжения в линейном режиме работы усилителя. Найти:  $I_{Bм}, I_{Kм}, U_{BЭм}, U_{KЭм}$

(см. рис. 2)

3.2. Рядом с графиками входных и выходных характеристик транзистора показать характер изменения токов и напряжений во времени в виде кривых:

$$\begin{aligned} i_B &= I_{B0} + I_{Bм} \sin \omega t; & u_{BЭ} &= U_{BЭ0} + U_{BЭм} \sin \omega t; \\ i_K &= I_{K0} + I_{Kм} \sin \omega t; & u_{KЭ} &= U_{KЭ0} + U_{KЭм} \sin \omega t; \end{aligned}$$

соответствующих рабочим участкам этих характеристик.

### 4. Расчет параметров элементов усилителя ОЭ.

Элементы каскада определяют режимы работы на постоянном и переменном токе.

4.1. Рассчитать элементы цепи термостабилизации  $R_Э$  и  $C_Э$ .

4.1.1. Увеличение  $R_Э$  с одной стороны повышает глубину отрицательной обратной связи во входной цепи усилителя (улучшает термостабилизацию), с другой стороны при этом падает КПД усилителя из – за дополнительных потерь мощности на этом сопротивлении. Обычно выбирают величину падения напряжения на  $R_Э$  порядка  $(0,1 - 0,3)E_K$ , что равносильно выбору  $R_Э \approx (0,05 - 0,15)R_K$  в согласованном режиме работы транзистора. Используя последнее соотношение - выбираем величину  $R_Э$ .

4.1.2. Для коллекторно – эмиттерной цепи усилительного каскада в соответствии со вторым законом Кирхгофа можно записать уравнение электрического состояния по постоянному току

$$E_K = U_{кэ0} + (R_K + R_Э)I_{к0}.$$

Используя это уравнение необходимо скорректировать выбранные по п.п. 2.3 и 2.4 значение  $E_K$  или величину  $R_K$ .

4.13. Определить емкость в цепи эмиттера  $C_3$  из условия  $R_3 = (5 - 10)X_3$ , где  $X_3$  – емкостное сопротивление элемента  $C_3$ . При этом

$$C_3 = \frac{10^7}{(1-2)2\pi f_n R_3} \text{ мкФ, выбрав } f_n = 50 - 100 \text{ Гц.}$$

4.2. Для исключения шунтирующего действия делителя  $R_1, R_2$  на входную цепь транзистора задается сопротивление  $R_6$ .

$$R_6 = R_1 \parallel R_2 = (2 - 5)R_{exT}$$

и ток делителя  $I_D = (2 - 5)I_{60}$ , что повышает температурную стабильность  $U_{60}$ . Исходя из этого определить сопротивления  $R_1, R_2, R_6$ :

$$R_2 = \frac{U_{60}}{I_D} = \frac{R_3 I_{к0} + U_{630}}{I_D} ; \quad R_1 = \frac{E_k - U_{60}}{I_D + I_{60}} ; \quad R_6 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

4.3. Определить емкость разделительного конденсатора из условия  $R_{вх} = (5 - 10)X_p$ , где  $X_p$  – емкостное сопротивление разделительного конденсатора,  $R_{вх}$  – входное сопротивление каскада. При этом

$$C_p \approx \frac{10^7}{(1-2)2\pi f_n R_{ex}} \text{ мкФ, а } R_{ex} = R_6 \parallel R_{exT}$$

## 5. Определить параметры усилительного каскада.

На данном этапе определяются схемные характеристики каскада, как четырехполюсника.

5.1. Коэффициент усиления каскада по току  $K_i$

$$K_i = i_{вых} / i_{ex} \approx \beta$$

5.2. Входное сопротивление каскада  $R_{вх}$

$$R_{ex} = R_6 \parallel R_{exT}, \text{ если } R_6 \gg R_{exT}, \text{ то } R_{ex} \approx R_{exT}$$

5.3. Выходное сопротивление каскада  $R_{вых}$

$$R_{вых} = \frac{R_k}{1 + h_{22} R_k} \approx R_k$$

5.4. Коэффициент усиления по напряжению  $K_u$

$$K_u = -\frac{U_{твых}}{U_{твх}} = -\frac{\beta R_k}{R_{ex}}$$

5.5. Коэффициент усиления по мощности  $K_p$

$$K_p = K_i K_u$$

5.6. Полезную выходную мощность каскада

$$P_{вых} = 0,5 U_{твы}^2 / R_k$$

5.7. Полную мощность, расходуемую источником питания

$$P_{ист} = I_{к0} E_k + I_D^2 (R_1 + R_2) + I_{60}^2 R_1$$

5.8. КПД каскада

$$\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{ИСТ}}} 100\%$$

5.9. Верхняя и нижняя граничные частоты определяются из соотношения для коэффициента частотных искажений:

на нижней частоте 
$$M_n = \frac{K_o}{K_n} = \sqrt{1 + \frac{1}{(\omega_n \tau_n)^2}};$$

и верхней частоте 
$$M_v = \frac{K_o}{K_n} = \sqrt{1 + (\omega_B \tau_B)^2}.$$

Обычно выбирается  $M_n = M_B = \sqrt{2}$ , тогда  $\frac{1}{\omega_n \tau_n} = 1$  и  $\omega_B \tau_B = 1$ ,

где  $\tau_n \approx C_p (R_{\text{ex}} + R_{\text{вых}})$ ,  $\tau_B \approx C_k \frac{R_{\text{ex}} R_{\text{вых}}}{R_{\text{ex}} + R_{\text{вых}}}$ ,  $C_k$  – емкость коллекторного перехода.

При выполнении курсовой работы следует руководствоваться литературой, приведённой в рабочей программе дисциплины, а также информационно-справочными изданиями. Кроме того, могут быть полезными следующие информационные ресурсы интернет.

1. Электронный ресурс. <http://wiki.amperka.ru>
2. Электронный ресурс. <http://hamlab.net/taxonomy/term/21>
3. Электронный ресурс. <http://www.ngpedia.ru/id516382p1.html>

### РАЗДЕЛ 3. ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ И СОДЕРЖАНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Настоящим порядком устанавливается следующая структура курсовой работы (проекта), которая должна быть предложена студенту:

- титульный лист (оформляется в соответствии с приложением Б);
- заявление о самостоятельном характере выполненной работы; (Приложение Г)
- задание на курсовую работу (Приложение В)
- содержание;
- введение;
- основная часть, состоящая из разделов (глав) и подразделов (параграфов);
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

#### Титульный лист и задание

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением Б. Заполнить, распечатать и подписать у преподавателя задание на курсовую работу (Приложение В). Содержание включает порядковые номера и наименования основных разделов (при необходимости подразделов) работы, приложений с указанием их обозначения и заголовков, номера страниц. Рекомендуется создавать автоматически, корректируя при необходимости шрифты.

#### Списки сокращений, терминов и определений

Размещают перед введением. Для англоязычных терминов указывают также и их русскоязычные эквиваленты. Для англоязычных аббревиатур указывают их расшифровку на английском языке, и пояснение на русском. В список терминов и определений (глоссарий)



включают основополагающие термины, используемые в работе, особенно те, относительно которых имеются различные толкования в нормативно-правовой и учебно-методической литературе (термины, не используемые в работе, в глоссарий не включаются). При необходимости следует проконсультироваться у преподавателя. Сокращения, внесенные в список сокращений, далее по тексту не раскрываются. При наличии списка сокращений в него должны быть включены все сокращения, встречающиеся в работе.

### **Введение**

Введение размещают на отдельном листе. Во введении формулируется цель курсовой работы, даётся краткое описание объекта исследования, определяются решаемые задачи. Объем введения не менее одного полного листа, не более 2 листов. Если на листе концовка введения (или другого раздела) занимает всего несколько строчек, и далее – пустой лист, то текст надо либо сократить до полной странице либо дополнить не менее, чем до половины страницы.

### **Основная часть**

Основная часть содержит описание выполнения всех заданий курсовой работы в соответствии с полученным вариантом. Структура основной части соответствует основным этапам работы и может включать до 5 параграфов (каждому из пяти типов заданий соответствует свой параграф).

При написании курсовой работы необходимо придерживаться стиля научно-технической работы, особенности которого приведены во внутреннем стандарте НГУЭУ по оформлению письменных работ.

Все заимствования в тексте курсовой работы (цитирования) должны быть корректно оформлены и иметь ссылки на соответствующие источники. Перед передачей работы на проверку преподавателю текст должен быть проверен с использованием системы «Антиплагиат» и заполнено заявление о самостоятельном характере выполненной работы. Соответствующий протокол представляется вместе с работой. В сомнительных случаях преподаватель может провести дополнительную проверку работы на предмет наличия плагиата.

### **Заключение**

Как и введение, заключение не нумеруют. Его объем должен составлять не менее одной полной страницы и не более двух страниц. В заключении даётся сжатое резюме выполненной работы (методы и особенности решения поставленных задач), перечисляются полученные результаты и формулируются выводы по итогам проделанной работы.

### **Список литературы**

В список литературы включают все использованные при выполнении курсовой работы источники. Список дают в соответствии с ГОСТ 7.1.84. Примеры оформления списка литературы приведены во внутреннем стандарте НГУЭУ по оформлению письменных работ.

Список литературы должен включать необходимые законы и другие нормативно-правовые акты, ГОСТЫ и иные стандарты, источники данных о прикладной области (объекте и предмете исследования), учебную, методическую и научную литературу для моделирования бизнес-процессов, формирования перечня защищаемой информации, модели угроз и мер по защите информации.

На все источники должны быть ссылки из текста.

### **Приложения**

Материал, дополняющий содержание курсового проекта размещают в приложениях. Это могут быть аналитические таблицы большого формата, графические и справочные материалы, описания алгоритмов и тексты программ, структурные и функциональные диаграммы, другая документация. На все приложения должны быть ссылки из текста курсовой работы.

## **РАЗДЕЛ 4. ПОКАЗАТЕЛИ, КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Шкала оценивания.

Количество баллов по 100-балльной системе оценивания знаний	Итоговая оценка	Критерии итоговой оценки
90 ... 100	«Отлично»	1) содержание ответа соответствует теме задания; 2) продемонстрировано уверенное владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, отсутствуют ошибки в употреблении терминов 3) Расчёты выполнены без ошибок.
76 ... 89	«Хорошо»	1) содержание ответа в целом соответствует теме задания, встречаются несущественные фактические ошибки; 2) продемонстрировано владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, отсутствуют ошибки в употреблении терминов 3) Имеются отдельные несущественные ошибки вычислительного характера, не влияющие на итоговые выводы.
60 ... 75	«Удовлетворительно»	1) содержание ответа в целом соответствует теме задания, есть фактические ошибки (25–30%); 2) продемонстрировано достаточное владение понятийно-терминологическим аппаратом дисциплины, есть ошибки в употреблении и трактовке терминов 3) Имеются ошибки в расчётах, которые обуславливают отдельные некорректные выводы и противоречия. Студент в ходе защиты способен с подсказкой преподавателя исправить допущенные ошибки и скорректировать выводы в соответствии с полученными результатами.
0 ... 59	«Неудовлетворительно»	1) содержание ответа не соответствует теме задания или соответствует ему в очень малой степени, много фактических ошибок; 2) продемонстрировано крайне слабое владение понятийно - терминологическим аппаратом дисциплины, присутствуют многочисленные ошибки в употреблении терминов 3) Большая часть расчётов выполнена с ошибками, выводы некорректные. Затрудняется в исправлении ошибок даже при подсказке преподавателя.

Примерные варианты для выполнения курсовой работы

Вариант определяется наименованием исследуемого элемента.

МП21Г	КТ201Г
МП21Д	КТ208А
МП39	КТ209Б
МП40	ГТ310А
МП41А	ГТ310Б
МП42А	П416
МП42Б	П416А
ГТ108Б	П416Б
ГТ108Г	КТ3107А
МП114	КТ3107Б
МП116	КТ3107К
КТ104А	КТ313А
КТ104Б	КТ313Б
КТ104В	КТ345А
КТ201Б	КТ345Б



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»  
(ФГБОУ ВО «НГУЭУ», НГУЭУ)**

Кафедра .....  
(наименование кафедры)

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

По дисциплине \_\_\_\_\_  
(Наименование дисциплины)

\_\_\_\_\_  
(Наименование темы)

Ф.И.О студента \_\_\_\_\_  
Направление/специальность \_\_\_\_\_  
Направленность (профиль)/специализация \_\_\_\_\_  
Номер группы \_\_\_\_\_  
Номер зачетной книжки \_\_\_\_\_  
Дата регистрации курсовой работы (проекта) кафедрой \_\_\_\_\_  
Проверил \_\_\_\_\_

Новосибирск [год]



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»**  
**(ФГБОУ ВО «НГУЭУ», НГУЭУ)**

Кафедра информационной безопасности

**ЗАДАНИЕ**  
**на курсовую работу**

Тема \_\_\_\_\_

ФИО студента \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Перечень подлежащих разработке вопросов и календарный график

№ п/п	Наименование вопросов, подлежащих разработке (этапы работы)	Срок выполнения <sup>1</sup>
1	Распределение и утверждение темы курсовой работы.	Через 6 недель от начала семестра
2	Изучение теоретического материала по теме	2-3 недели после получения задания
3	Выполнение расчётов и оформление работы	4-6 недель после получения задания
4	Сдача оформленной работы на проверку	За 3-4 недели до конца семестра
5	Защита работы	В течение зачётной сессии

Дата выдачи задания « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ года

Срок сдачи работы « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ года

Преподаватель \_\_\_\_\_  
 (фамилия и инициалы преподавателя)

\_\_\_\_\_ (подпись)

Задание получил студент \_\_\_\_\_  
 (фамилия и инициалы студента)

\_\_\_\_\_ (подпись)



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»  
(ФГБОУ ВО «НГУЭУ», НГУЭУ)**

Кафедра .....  
(наименование кафедры)

**ЗАЯВЛЕНИЕ  
о самостоятельном характере выполненной работы**

Я, \_\_\_\_\_  
(Фамилия, имя, отчество)

Студент(ка) группы \_\_\_\_\_, направления подготовки \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

направленности (профиля) \_\_\_\_\_

заявляю, что в моей курсовой работе (проекте), выполненной на тему:

\_\_\_\_\_

не содержится элементов плагиата.

Все заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее письменных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

И.О. Фамилия

Результаты проверки в системе «Антиплагиат»

Доля авторского текста (оригинальности) в результате автоматизированной проверки составила \_\_\_\_\_ %.

Руководитель курсовой работой \_\_\_\_\_  
(уч. степень, должность, Фамилия И.О.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

(подпись)



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»**  
**(ФГБОУ ВО «НГУЭУ», НГУЭУ)**

Кафедра Информационной безопасности

**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на курсовую работу (проект)**

ФИО студента \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Дисциплина Электроники и схемотехника \_\_\_\_\_

№ п/п	Критерии оценки	Оценочные баллы	Баллы по результатам работы
	Обоснование актуальности; корректность постановки цели и задач; соответствие результатов цели и задачам; логичность структуры и изложения, корректность расчётов, отсутствие противоречий; полнота охвата материала в пределах поставленных задач; аргументированность выводов; обоснованность используемых методов и технологических решений; корректность применения профессиональных знаний и методов; качество графического материала (схемы, рисунки) и его соответствие тексту; обоснованность подбора учебно-научной литературы и информационных источников (кол-во источников – не менее 10); корректность цитирований и соблюдение требований по антиплагиату.	40 баллов	
	Качество устного сообщения (доклада и презентации), полнота и профессионализм ответов на вопросы, в т.ч. по замечаниям к тексту курсового проекта.	20 баллов	
	Соблюдение стиля научно-технического текста, грамотность, правильное оформление ссылок на используемую литературу и другие информационные источники, аккуратное форматирование, соответствие требованиям стандарта оформления письменных работ.	20 баллов	
	Соблюдение календарного плана, баллы снижаются при предоставлении КР с задержкой более 5 дней от календарного графика.	20 баллов	
<b>Итого</b>		<b>100</b>	

Шкала итоговой оценки:

Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
0-40	41-60	61-80	81-100

Оценочное заключение: \_\_\_\_\_  
(неудовлетворительно/удовлетворительно/хорошо/отлично)

Преподаватель \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



**Пошаговая инструкция**  
(методические комментарии к выполнению работы)

**1. По п. «Задача работы».**

Различают по конструктивному выполнению биполярные транзисторы р-п-р и п-р-п типов. Включение их в электрическую цепь представлены на рис. 2 а,б (обратить внимание на полярность источника питания!).

Для определения проводимости Вашего транзистора и правильности включения его в электрическую цепь следует по справочникам определить тип транзистора.

**2. По п. 1.2.**

Определяем  $h$  параметры транзистора методом треугольников, как показано на рис. 4. Точки для треугольника выбирают на линейных участках вольт - амперных характеристик рис. 4. (Например: точки. 1,2,3 - для параметров  $h_{11}$  и  $h_{12}$ ; и точки 4,5,6,7 – для параметров  $h_{21}$  и  $h_{22}$ .)

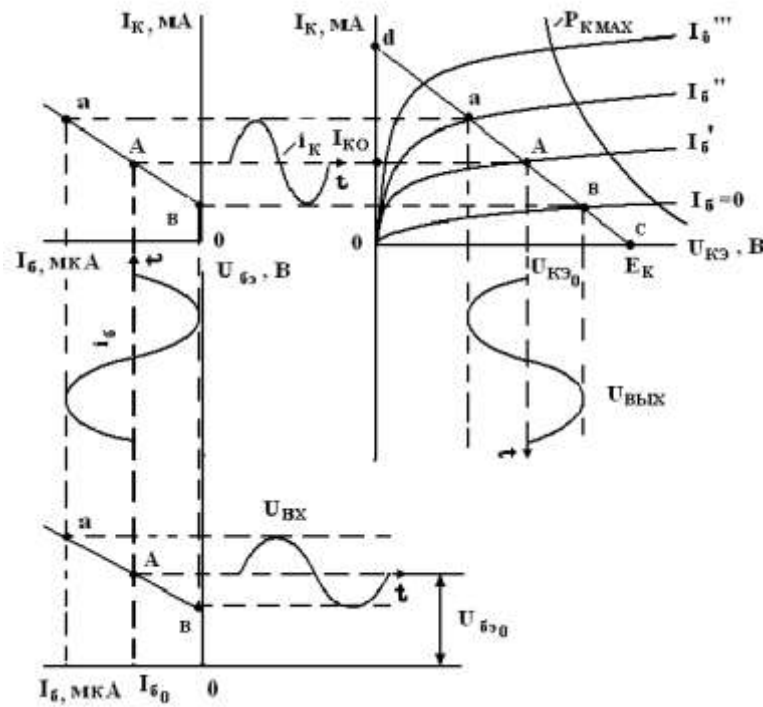


Рис. 3. Выбор рабочей точки.

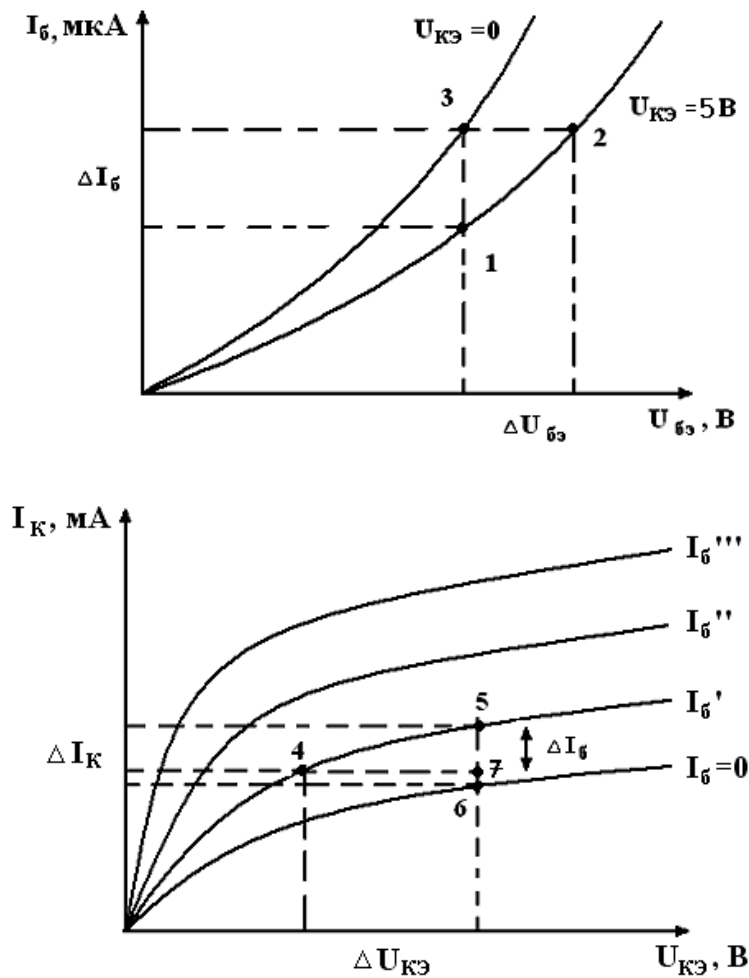


Рис. 4. Вольт - амперные входные и выходные характеристики транзистора.

$$h_{11} = \frac{\Delta_{32} U_{\text{бэ}}}{\Delta_{13} I_{\text{б}}} / U_{\text{кэ}} = \text{const},$$

$$h_{12} = \frac{\Delta_{32} U_{\text{бэ}}}{\Delta_{32} U_{\text{кэ}}} / I_{\text{б}} = \text{const};$$

$$h_{21} = \frac{\Delta_{56} I_{\text{к}}}{\Delta_{56} I_{\text{б}}} / U_{\text{кэ}} = \text{const},$$

$$h_{22} = \frac{\Delta_{57} I_{\text{к}}}{\Delta_{74} U_{\text{к}}} / I_{\text{б}} = \text{const}.$$

Пределы изменения  $h$  параметров для современных биполярных транзисторов малой и средней мощности:

$h_{11} = R_{\text{б}} \approx n$  ( $10 \div 100$ ) Ом – входное сопротивление транзистора, где  $n \approx (1 \div 10)$ ;

$h_{21} = \beta$  - коэффициент усиления по току;  $h_{21} = (20 \div 1000)$ ;

$K_U = \frac{1}{h_{12}}$  - коэффициент усиления по напряжению ( $K_U \leq 200$ );  $R_{\text{вых}} = \frac{1}{h_{22}} \approx n(1 \div 10)$

– выходное сопротивление транзистора,

где  $n \approx (1 \div 10)$ .

### 3. По п.2.2.

Кривую допустимой мощности вы также можете нанести по справочным данным транзистора

### 4. По п. 2.6.

Переходные характеристики транзистора  $I_k = f(I_б)$  строят по пересечению линии нагрузки с выходными характеристиками транзистора. Для Вашего транзистора этих пересечений будет более 3-х.

#### 5. По 5.4.

Коэффициент усиления усилительного каскада с ОЭ обычно лежит в пределах до 100, но не может превышать  $K_U \leq 200$ .

#### 6. По 5.8.

Усилительный каскад с ОЭ работает в линейном режиме и КПД не может превышать  $\eta \leq 50\%$ .

#### 8. Пример выполнения задания по п.б.

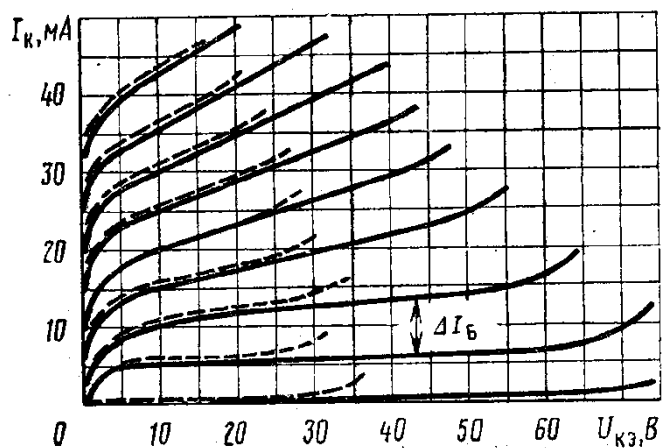
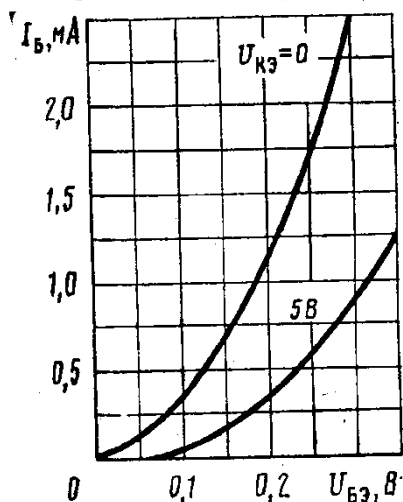
1) Назначение элементов схемы:

- транзистор Т – усилительный элемент;
- резисторы  $R_1, R_2$  представляют собой делитель напряжения, устанавливающий потенциал базы (по постоянному току) необходимый для работы каскада в линейном режиме;
- резистор  $R_э$  – цепь термостабилизации каскада, за счет падения напряжения на этом резисторе, превышающем напряжение на базовом переходе транзистора, уменьшает влияние изменения напряжения  $U_{бэ0}$  при изменении температуры;
- $R_k$  – сопротивление нагрузки по постоянному току, служит для получения нужного потенциала на коллекторе и позволяет получить амплитуду выходного напряжения необходимой величины;
- $C_{P1}, C_{P2}$  – разделительные конденсаторы, служат для разделения (защиты) транзисторов по постоянному току;
- $C_э$  – служит для уменьшения нижней границы частоты усилителя и увеличения коэффициента усиления по переменному току на низких частотах;

Выбираемые номинальные значения всех элементов по справочникам, при этом берем ближайшие номинальные значения для резисторов и конденсаторов;

2) Данный тип транзистора можно применять в каскадах предварительного усиления сигналов низкой и высокой частот, т.к. верхняя граница частоты превышает \_\_\_\_\_ МГц, а нижняя граничная частота лежит в звуковом диапазоне. Выходная мощность каскада составляет \_\_\_\_\_ мВт.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРОВ МП21Д, МП21Г

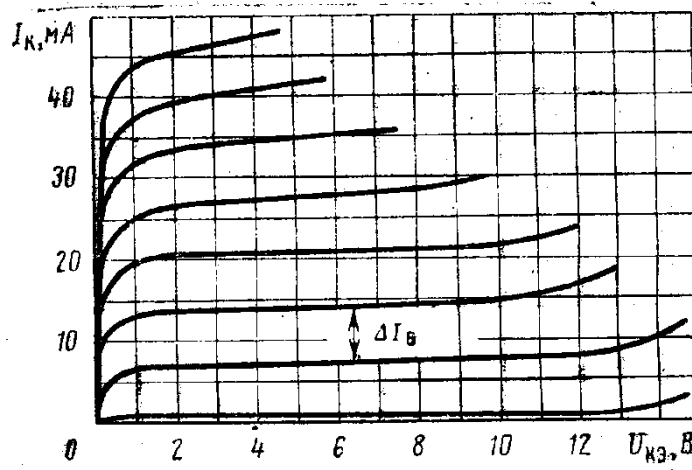
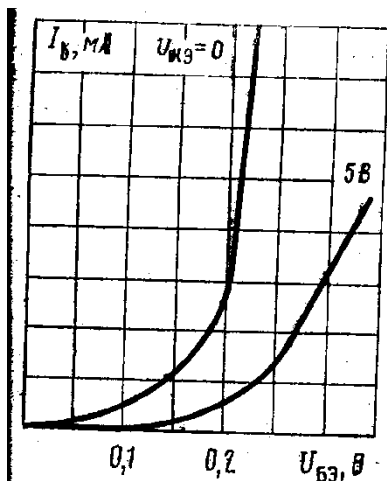


МП21Д –  $\Delta I_{\phi} = 40 \text{ мкА}$       МП21Г –  $\Delta I_{\phi} = 100 \text{ мкА}$

$U_{КЭ\text{max}} = 35 \text{ В}$

$I_{К\text{max}} = 50 \text{ мА}$        $P_{К\text{max}} = 150 \text{ мВт}$        $C_{\kappa} = 30 \text{ пФ}$

## МП39, МП40, МП41А

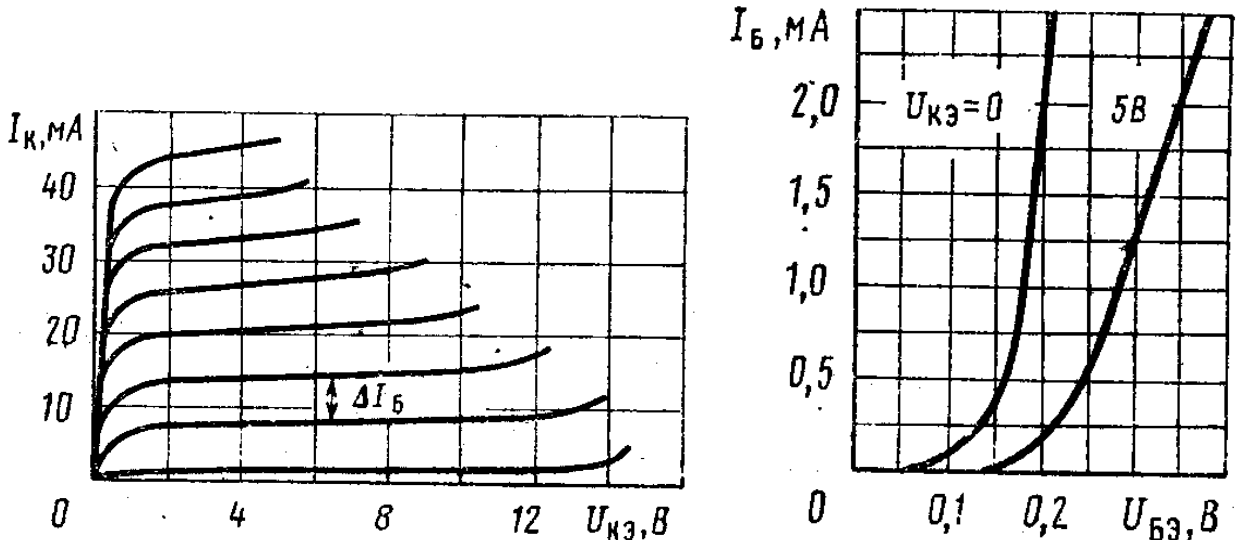


МП39 –  $\Delta I_{\phi} = 400 \text{ мкА}$       МП40 –  $\Delta I_{\phi} = 200 \text{ мкА}$       МП41А –  $\Delta I_{\phi} = 100 \text{ мкА}$

$U_{КЭ\text{max}} = 15 \text{ В}$

$I_{К\text{max}} = 20 \text{ мА}$        $P_{К\text{max}} = 150 \text{ мВт}$        $C_{\kappa} = 50 \text{ пФ}$

МП42А, МП42Б



МП42А –  $\Delta I_{б} = 100$  мкА      МП42Б –  $\Delta I_{б} = 150$  мкА

$U_{кэ\max} = 15$  В

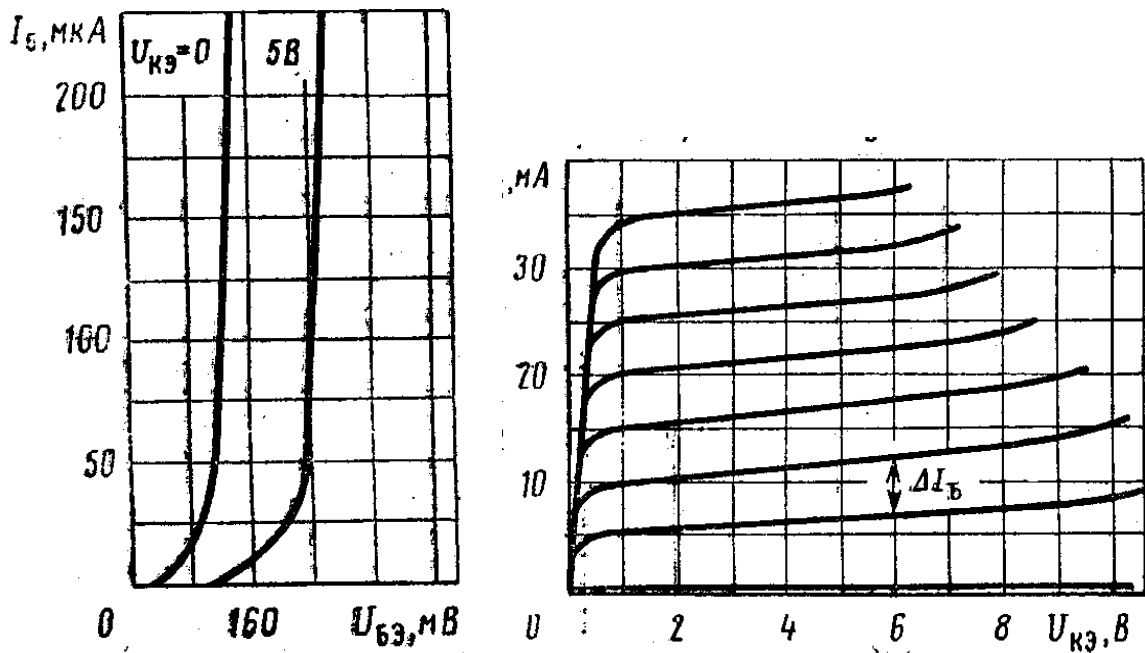
$I_{к\max} = 150$  мА

$P_{к\max} = 200$  мВт

$C_{к} = 50$  пФ

$f_{гр} = 1$  МГц

ГТ108Б, ГТ108Г



ГТ108Б –  $\Delta I_{б} = 100$  мкА      ГТ108Г –  $\Delta I_{б} = 50$  мкА

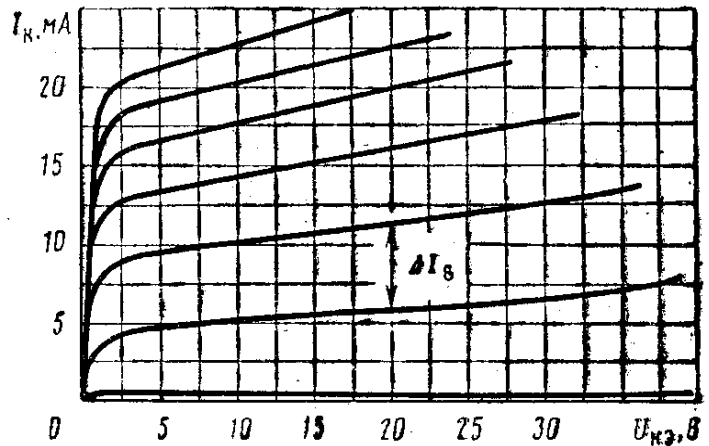
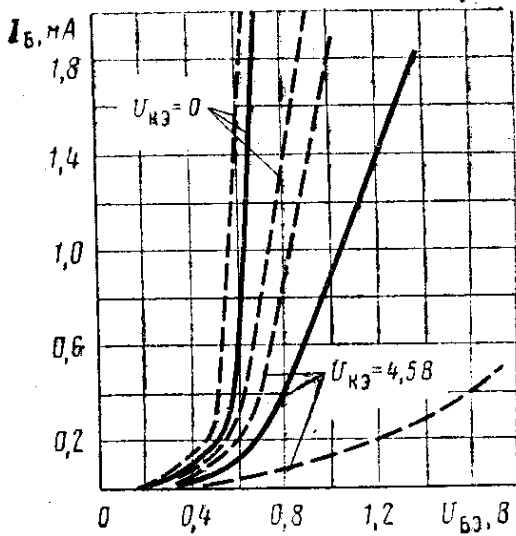
$U_{кэ\max} = 6$  В

$I_{к\max} = 50$  мА

$P_{к\max} = 75$  мВт

$C_{к} = 50$  пФ

### МП114, МП115, МП116



МП114 –  $\Delta I_{\sigma} = 0,3 \text{ mA}$

МП115 –  $\Delta I_{\sigma} = 0,3 \text{ mA}$

МП116 –  $\Delta I_{\sigma} = 0,1 \text{ mA}$

МП114 –  $U_{KЭ \text{ max}} = 60 \text{ B}$

МП115 –  $U_{KЭ \text{ max}} = 30 \text{ B}$

МП116 –  $U_{KЭ \text{ max}} = 15 \text{ B}$

$I_{K \text{ max}} = 10 \text{ mA}$

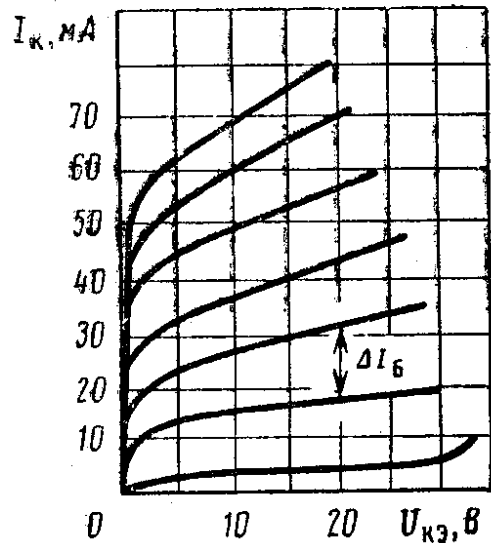
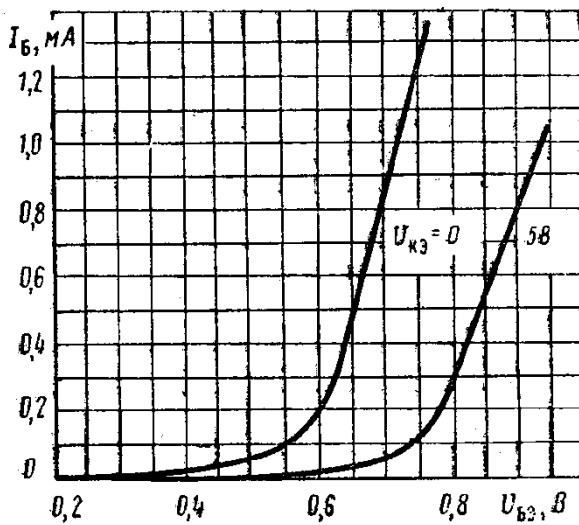
$P_{K \text{ max}} = 150 \text{ мВт}$

$C_K = 50 \text{ пФ}$

МП114 –  $f_{TP} = 0,92 \text{ МГц}$

МП116 –  $f_{TP} = 2,0 \text{ МГц}$

### КТ104А, КТ104Б, КТ104В



КТ104А –  $\Delta I_{\sigma} = 1,5 \text{ mA}$

КТ104Б –  $\Delta I_{\sigma} = 0,4 \text{ mA}$

КТ104В –  $\Delta I_{\sigma} = 0,2 \text{ mA}$

КТ104А –  $U_{KЭ \text{ max}} = 30 \text{ B}$

КТ104Б –  $U_{KЭ \text{ max}} = 15 \text{ B}$

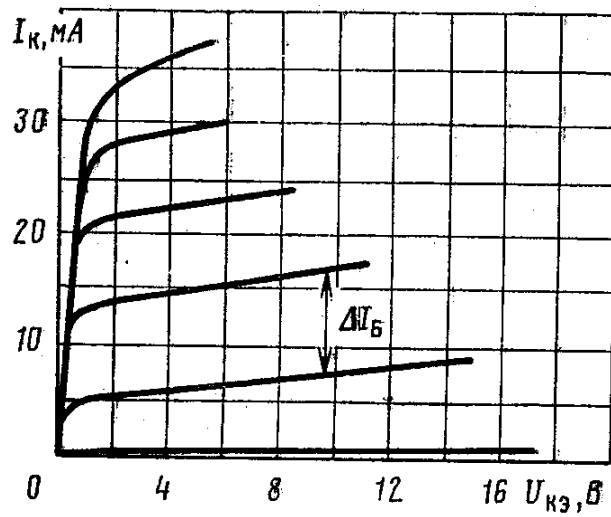
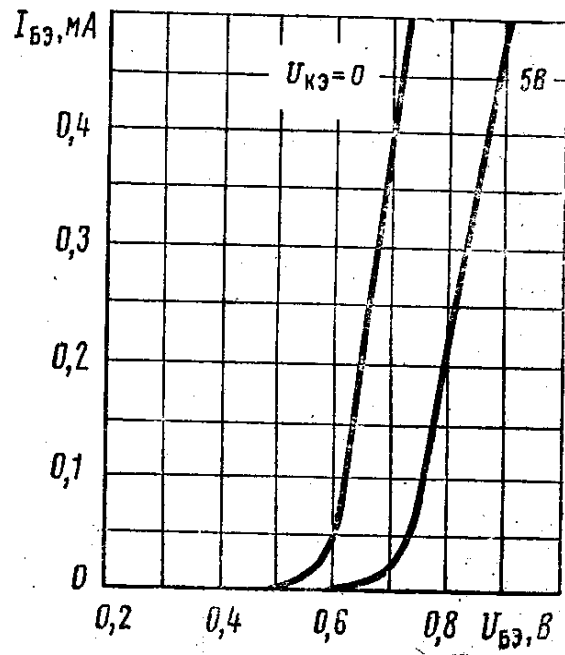
КТ104В –  $U_{KЭ \text{ max}} = 15 \text{ B}$

$I_{K \text{ max}} = 50 \text{ mA}$

$P_{K \text{ max}} = 150 \text{ мВт}$

$C_K = 50 \text{ пФ}$

КТ201Г, КТ201Б



КТ201Б -  $\Delta I_{\sigma} = 0,1 \text{ mA}$

КТ201Г -  $\Delta I_{\sigma} = 0,05 \text{ mA}$

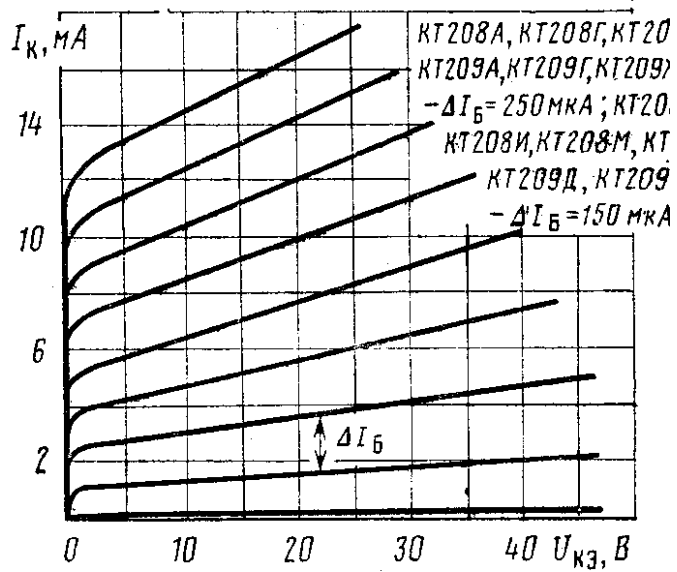
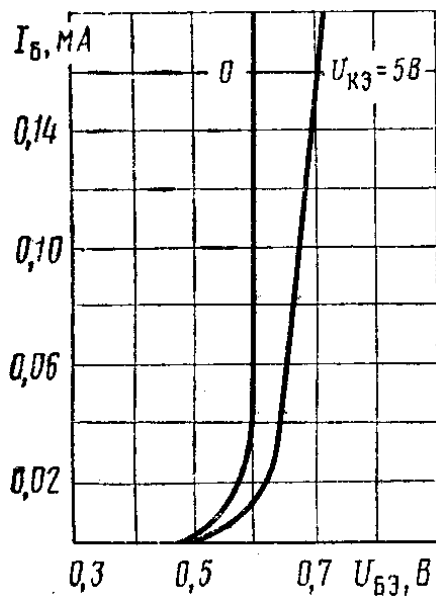
КТ201Б -  $U_{K3 \text{ max}} = 20 \text{ B}$

КТ201Г -  $U_{K3 \text{ max}} = 10 \text{ B}$

$I_{K \text{ max}} = 30 \text{ mA}$

$P_{K \text{ max}} = 150 \text{ мВт}$        $C_{K} = 20 \text{ пФ}$

КТ208А, КТ209Б



KT208A –  $\Delta I_B = 150 \text{ мкА}$

KT209Б –  $\Delta I_B = 250 \text{ мкА}$

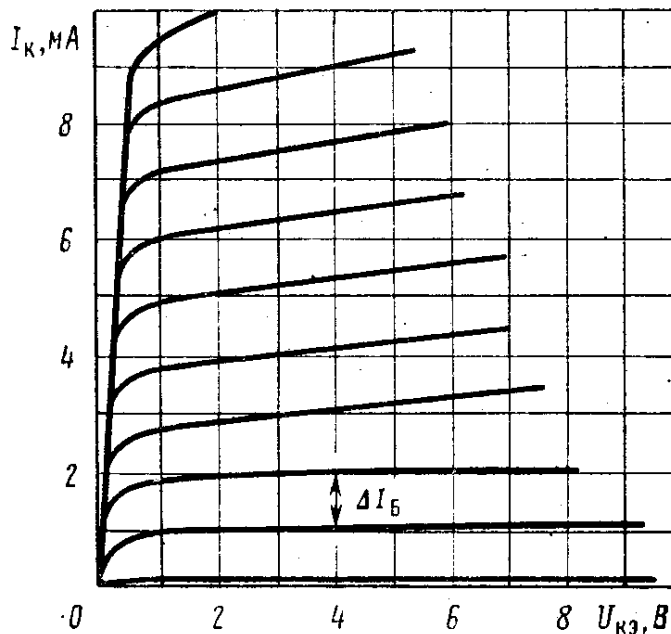
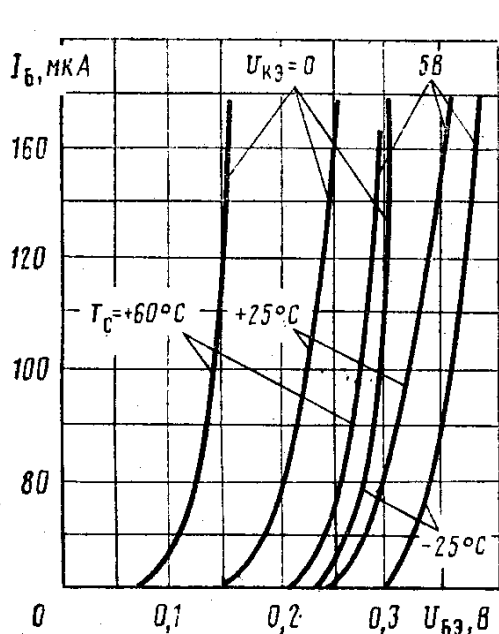
$U_{KЭ \text{ max}} = 15 \text{ В}$

$I_{K \text{ max}} = 300 \text{ мА}$

$P_{K \text{ max}} = 200 \text{ мВт}$      $C_K = 20 \text{ пФ}$



### ГТ310А, ГТ31Б

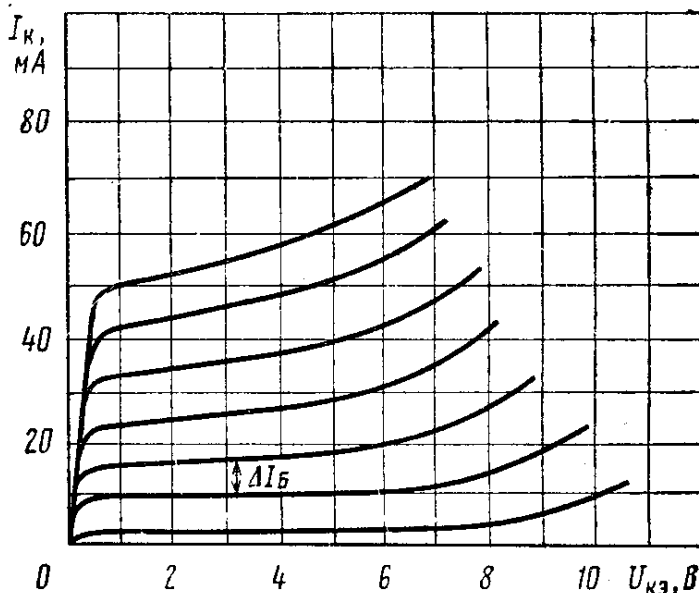
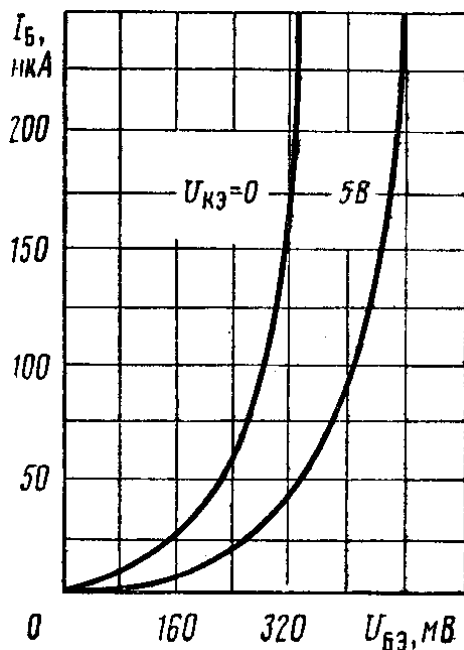


ГТ310А –  $\Delta I_{\sigma} = 20$  мкА      ГТ310Б –  $\Delta I_{\sigma} = 10$  мкА

$U_{кэ\max}$  (при  $R_{\sigma} = 10$  кОм) = 10 В       $U_{кэ\max}$  (при  $R_{\sigma} = 200$  кОм) = 6 В

$I_{к\max} = 10$  мА       $P_{к\max} = 20$  мВт       $C_{к} = 20$  пФ

### П416, П416А, П416Б



П416 –  $\Delta I_{\sigma} = 0,1$  мА

П416А –  $\Delta I_{\sigma} = 0,05$  мА

П416Б –  $\Delta I_{\sigma} = 0,03$  мА

$U_{кэ\max}$  (при  $R_{\sigma} = 0$ ) = 15 В

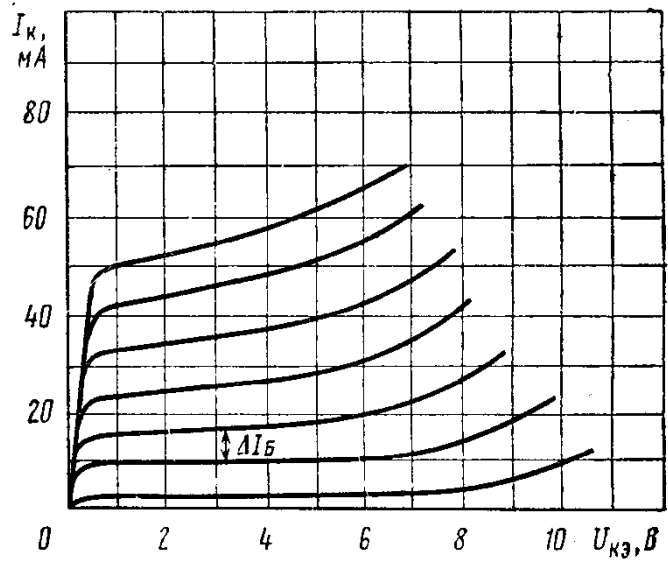
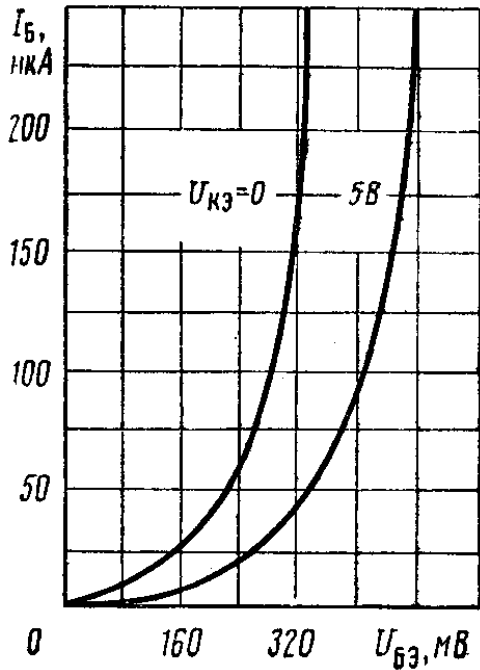
$U_{кэ\max}$  (при  $R_{\sigma} \leq 1$  кОм) = 12 В

$I_{к\max} = 25$  мА

$P_{к\max} = 100$  мВт

$C_{к} = 20$  пФ

### КТ3107А, КТ3107Б, КТ3107К



КТ3107А –  $\Delta I_{\sigma} = 0,2 \text{ мА}$

КТ3107Б –  $\Delta I_{\sigma} = 0,1 \text{ мА}$

КТ3107К –  $\Delta I_{\sigma} = 0,04 \text{ мА}$

КТ3107А –  $U_{кэ \text{ max}} = 45 \text{ В}$

КТ3107Б –  $U_{кэ \text{ max}} = 45 \text{ В}$

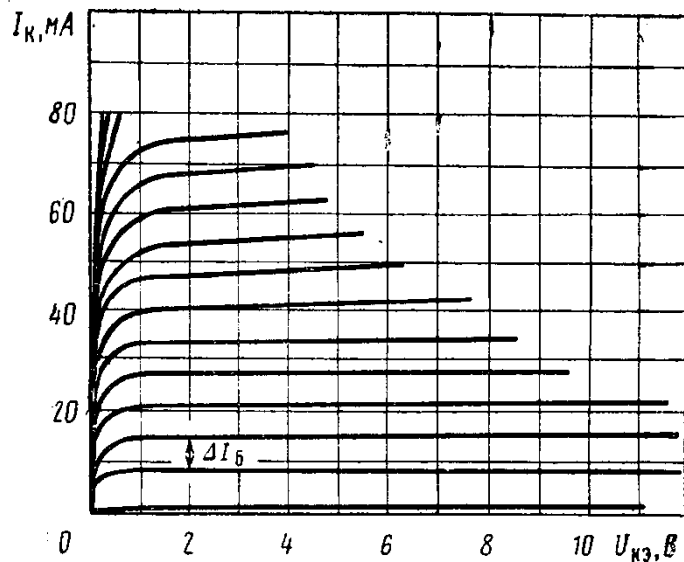
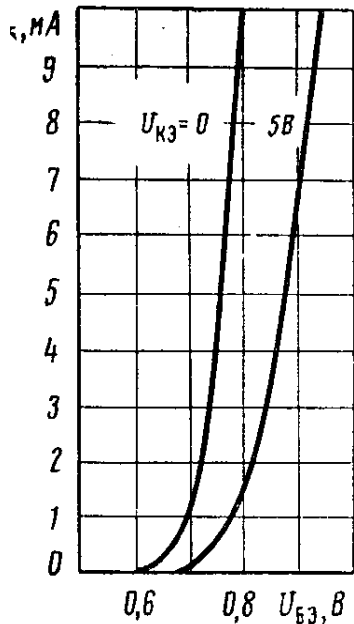
КТ3107К –  $U_{кэ \text{ max}} = 25 \text{ В}$

$I_{к \text{ max}} = 100 \text{ мА}$

$P_{к \text{ max}} = 300 \text{ мВт}$

$C_{к} = 12 \text{ пФ}$

### КТ313А, КТ313Б



КТ313А –  $\Delta I_{\sigma} = 0,1 \text{ мА}$

КТ313Б –  $\Delta I_{\sigma} = 0,05 \text{ мА}$

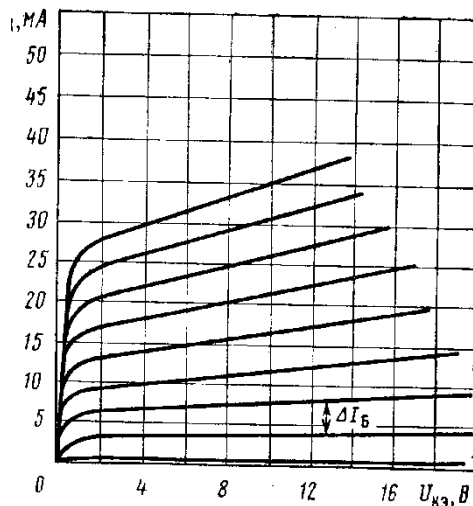
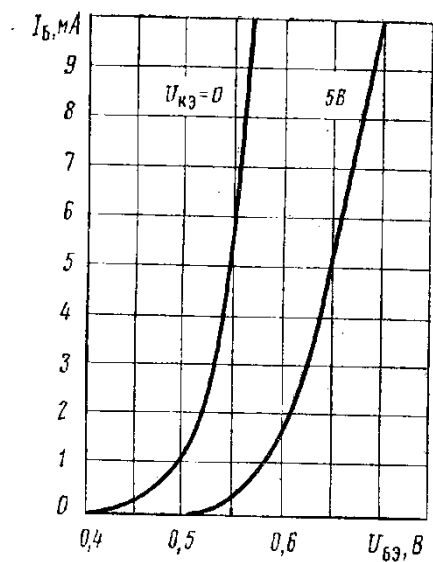
$U_{кэ \text{ max}}$  (при  $R_{\sigma} \leq 1 \text{ кОм}$ ) = 50 В

$I_{к \text{ max}} = 350 \text{ мА}$

$P_{к \text{ max}} = 300 \text{ мВт}$

$C_{к} = 12 \text{ пФ}$

### КТ345А, КТ345Б



КТ345А –  $\Delta I_{\sigma} = 0,075 \text{ мА}$

КТ345Б –  $\Delta I_{\sigma} = 0,05 \text{ мА}$

$U_{кэ \text{ max}}$  (при  $R_{\sigma} \leq 10 \text{ кОм}$ ) = 20В

$I_{к \text{ max}} = 200 \text{ мА}$

$P_{к \text{ max}} = 150 \text{ мВт}$

$C_{к} = 50 \text{ пФ}$