1. Расчет параметров полупроводниковых диодов

ЗАДАНИЕ 1.

Задача 1.1. Рассчитать и сравнить дифференциальное сопротивление RДИФ выпрямительного диода в двух рабочих точках.

Задача 1.2. Рассчитать и сравнить дифференциальное сопротивление RДИФ выпрямительного диода и сопротивление прямому току RПР в заданной рабочей точке.

Задача 1.3. Рассчитать и сравнить сопротивление выпрямительного диода прямому RПР и обратному RОБР току.

Задача 1.4. Определить параметры стабилитрона: напряжение стабилизации *Uст*, минимальный *Iстmin* , максимальный *Iстmax* , номинальный *Iстном* токи стабилизации, дифференциальное сопротивление *RДИФ* , изменение напряжения стабилизации *ΔUст* на участке от *Iстmin* до *Iстmax* .

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ФИО | диод | IПР1,мА | IПР2,мА | UОБР, В | стабилитрон |
| 1 |  | ГД107 | 12 | 4 | 20 | КС175Ж |

Рассчитать и сравнить *Rдиф*, *Rпр.д* для диода ГД107 при *Iпр*= 12 мА.

Дифференциальное сопротивление выпрямительного диода можно найти по приращениям, взятым около заданной точки (рисунок 1.1).

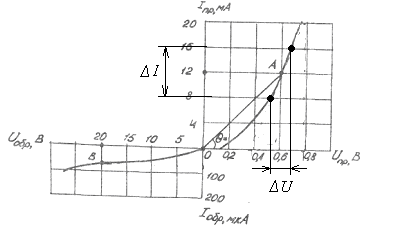


Рисунок 1.1 - Определение дифференциального сопротивления выпрямительного диода

Тогда дифференциальное сопротивление находим как отношение приращения напряжения к приращению тока в заданной рабочей точке

 .

Прямое сопротивление диода находим как отношение постоянного напряжения на диоде *Uпр*=0,6В к соответствующему постоянному току *Iпр*=12мА на прямой ветви ВАХ

 .

Видим, что *Rдиф* < *Rпр.д* . Кроме того, отметим, что значения данных параметров зависят от заданного режима. Например, для этого же диода при *Iпp*=4мА



Рассчитать *Rобр.д* для диода ГД107 при *Uобр* = 20 В и сравнить с рассчитанной величиной *Rпр.д*. На обратной ветви ВАХ ГД107 (рисунок 1.1) находим: *Iобр* = 75мкА при *Uобр* =20В. Следовательно,

 .

Видим, что *Rобр*>>*Rпр.д*, что говорит об односторонней проводимости диода. Вывод об односторонней проводимости можно сделать и непосредственно из анализа ВАХ: прямой ток *Iпp*~мА при *Uпр* <1B, в то время как *Iобp* ~ десятки мкА при *Uобр*~десятки вольт, т.е. прямой ток превышает обратный в сотни- тысячи раз

 .

2. Определение h-параметров биполярных транзисторов

ЗАДАНИЕ 2.

Рассчитать h-параметры h11, h12, h21, h22 биполярного транзистора в заданной исходной рабочей точке.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ФИО | транзистор | Параметры h11, h12, ИРТ | | Параметры h21, h22, ИРТ | |
| IБ, мА | UКЭ, В | IБ, мА | UКЭ, В |
| 1 |  | KT201A | 0.3 | 5 | 0.3 | 10 |

Задаем режим работы транзистора по постоянному току (задаём положение исходной рабочей точки):

*Iбо = 300 мкА, Uкэо = 5 В* .

Параметры *h11э* и *h12э* определяют по входным статическим характеристикам. Для того, чтобы нанести положение ИРТ, возьмем характеристику *Uкэ=* 5 В и на ней отметим точку, соответствующую *Iб*= 0,3 мА. После этого можем для ИРТ найти

*Uбэо = 0,84 В .*

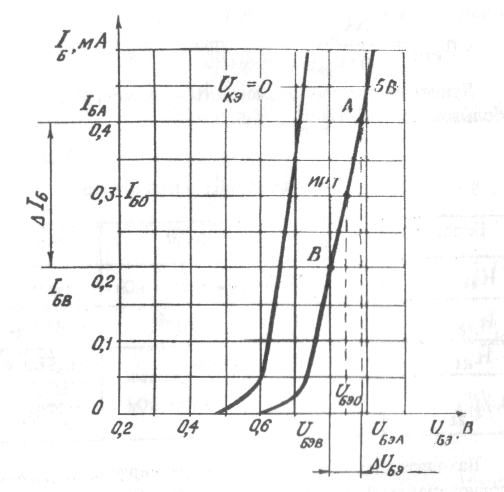


Рисунок 2.1 - Определение параметра *h11э*

Определение параметра *h11э*

Для выполнения условия *Ukэ = const* выберем две точки на характеристике *Ukэ* = 5 В рядом с ИРТ (рисунок 2.1).

Для точки А: *Uбэа = 0,88 В ; Iба=0,4 мА ; Uкэа = 5 В*

Для точки В: *Uбэв = 0,8 В ; Iбв=0,2 мА ; Uкэв = 5 В*

Для ИРТ: *Uбэо = 0,84 В ;Iбо = 0,3 мА ; Uкэо = 5 В*

Для всех трех точек выполняется условие *Ukэ=5В=const* по графикам (рисунок 2.1) определяем приращения *∆Uбэ и ∆ Iб* точками А и В и находим параметр *h11э.*

*h11Э =ΔuБЭ /ΔiБ* │при *Uкэ=const =(Uбэа–Uбэв)/(Iба–Iбв)=*

*=(0,88В-0,8В)/(0,4мА-0,2мА)=400 Ом*

Определение параметра *h12э*

Для выполнения условия *Iб=сonst* на характеристике *Uкэ =0* выберем точку С, для которой *Iб = 0,3 мА* (рисунок 2.2).

Для точки C*: Uбэc = 0,68 В ; Uкэс = 0 В ; Iбс = 0,3 мА*

Для ИРТ: *Uбэc = 0,84 В ; Uкэо = 5 В ; Iбо = 0,3 мА*

Как видно, для этих двух точек выполняется условие *Iб=0,3 мА = const*. По графикам (рисунок 2.2) определим приращение *∆Uбэ и ∆Uкэ* между точками С и ИРТ и находим параметр *h12э*.

*h12Э=ΔuБЭ/ΔuКЭ*│при*Iб=const=(Uбэ0–Uбэс)/(Uкэ0–Uкэс)=*

*=(0,84В-0,68В)/(5В-0В)=0,032.*

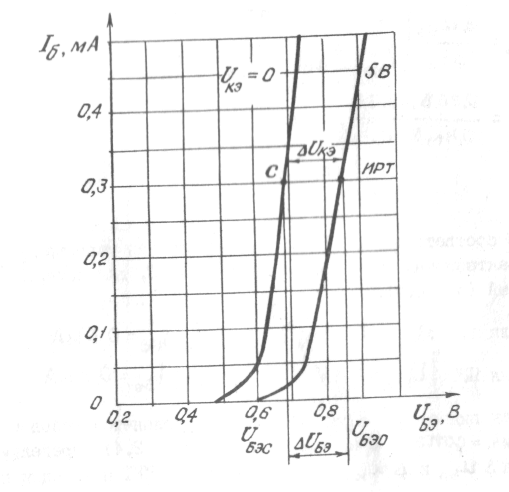


Рисунок 2.2 - Определение параметра *h12э*

Параметры *h21э* и *h22э* определяют, по выходным статическим вольт-амперным характеристикам (рисунок 2.5). Для того чтобы нанести положение ИРТ (2,29): *Iбо = 300 мкА*, *Uкэо=5В*, выходную характеристику при *Iб=300мкА*, и на ней отметим точку, соответствующую *Ukэo = 5 В*. После этого для заданной ИРТ найдём *Iко=15,5мА*

Определение параметра *h21э*

Для выполнения условия *Uкэ=const* выберем две точки т.Д и т.Е выше и ниже ИРТ на характеристиках *Iб = 400 мкА и Iб = 200 мкА*, для которых *Uкэ* = 5В (рисунок 2.3).

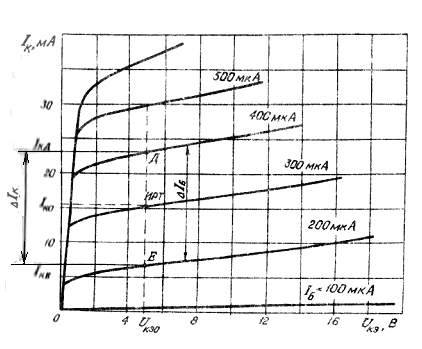


Рисунок 2.3 - Определение параметра *h21э*

Для т.Д: *Iкд = 23мА ; Iбд = 400 мкА ; Ukэд = 5В*

Для т.Е: *Iке = 7мА ; Iбе = 200 мкА ; Ukэе = 5В*

Для ИРТ: *Iко = 15,5мА ; Iбд = 300 мкА ; Ukэо = 5В*

Как видно, для этих трех точек выполняется условие *Uкэ = 5В = const.*

По графикам (рисунок 2.3) определяем приращение *∆Iк и ∆Iб* между точками т.Д и т.Е и находим параметр *h21э*

*h21Э = ΔiК /ΔiБ* │при *Uкэ=const =( Iкд–Iке)/(Iбд–Iбе)=*

*=(23мА-7мА)/(0,4мА-0,2мА)=80*

Определение параметра *h22э*

Для выполнения условия *Iб=const* выберем на характеристике *Iб= 300 мкА* две точки T.F и т.G (рисунок 2.4).

Для т. G: *Ikg = 16 мА ; Ukэg = 7В ; Iбg = 300мкА.*

Для т. F: *Ikf = 14,5 мА ; Ukэf = 3 В ; Iбf = 300 мкА*

Для ИРТ: *Ikо = 15,5 мА ; Ukэо = 5В ; Iбо = 300мкА*

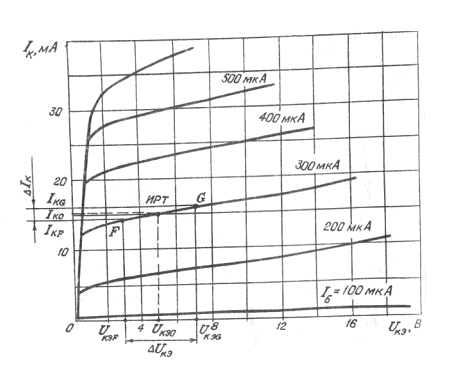


Рисунок 2.4 - Определение параметра *h22э*

Для этих точек выполняется условие *Iб = 300 мкА = const*. По графикам (рисунок 2.4) определяем приращения *∆Ik и ∆Uкэ* между точками T.G и т.F и находим параметр *h22э*

*h22Э=ΔiК/ΔuКЭ*│при*Iб=const=(Ikg-Ikf)/(Uкэg–Uкэf)=*

*=(16,5мА-14,5мА)/(7В-3В)=0,5мСм.*

Отметим важную особенность, что приращения токов и напряжений при определении различных параметров находятся при разных условиях и поэтому не равны между собой. Например, при расчёте *h21э* и *h22э* используется приращение тока коллектора *∆Iк*. Однако, в первом случае оно определяется при *Uкэ = const*, а во втором - при *Iб = const*. Как было показано ранее,

*ΔiК* │при *Uкэ=const  ≠ ΔiК*│при*Iб=const*  .

3. Графоаналитический расчет рабочего режима биполярных транзисторов

ЗАДАНИЕ 3.

По заданным EК, RК на выходных вольтамперных характеристиках биполярного транзистора построить линию нагрузки, определить положение исходной рабочей точки, амплитуды выходных тока ImК и напряжения UmКЭ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ФИО | транзистор | EК, В | RК, Ом | I0Б, мА | ImБ, мА |
| 1 |  | КТ201А | 12 | 300 | 0.2 | 0.2 |

Для заданных исходных данных строим выходную рабочую характеристику (рисунок 3.1)

1. *iК =0, UКЭ = E2 =10 В точка*  *N*

2. *UКЭ =0, iК = E2 / RК = 10 В / 330 Ом = 30 мА точка М*

Рабочую точку ИРТ наносим на пересечении линии нагрузки со статистической характеристикой, соответствующей заданному режиму *Iбо =300мкА =const* (см.рис.3.2). После этого определяем состояние выходной цепи в режиме покоя (при отсутствии входного сигнала).

*Iко = 15 мА, Uкэо = 5 В*

и мощность *Рко*, выделяющуюся в транзисторе в режиме покоя

*Pко = Iко Uкэо ≤ Pк.max*

которая должна быть меньше максимально допустимой рассеиваемой мощности.

Для рассматриваемого примера

*Pko = Iko Ukэо = 15мА 5В =75мВт*

По справочным данным определяем, что для транзистора КТ201А постоянная рассеиваемая мощность коллектора при t = -600С…+900С составляет *Pk.max* =150 мВт, что удовлетворяет расчетам. Следовательно, нет необходимости применять дополнительные меры теплоотвода.

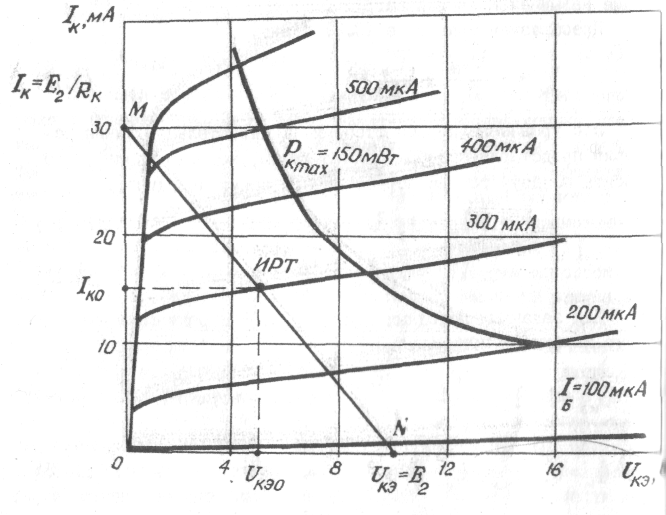


Рисунок 3.1

Часто для проверок режима работы транзистора строят кривую *Pк.max=сonst* , ограничивающую область допустимых режимов транзистора. Из уравнения видно, что эта кривая представляет собой гиперболу.



Построим кривую допустимых режимов работы транзистора КТ201А для *Pк.max=150мВт* (рисунок 3.1). Видно, что выбранный режим работы является допустимым.

По заданной амплитуде входного сигнала *Imб* находим точки находим точки т.А и т.В максимального отклонения от положения ИРТ (рисунок 3.2). Эти точки находим на пересечении линии нагрузки со статистическими характеристиками.

т. А: при *Iба = Iбо+Imб = 400 мкА*

т. В: при *Iбв = Iбо-Imб = 200 мкА*

По проекции рабочего участка на оси координат (на ось коллекторного тока и на ось напряжения коллектор-эмиттер) определяется амплитуды переменных составляющих выходного тока и выходного напряжения

*ImК = (IКа - IКб ) / 2 = ( 22,5 мА –7,5мА ) /2 =7,5 мА*

*UmКЭ = (UКЭб - UКЭа ) /2 = (7,5 В – 2,5 В ) / 2 = 2,5 В*

После этого можно найти выходную мощность

*Pвых = 0.5 Imк Umkэ*

*Pвых = 0,5 7,5 мА 2,5 В = 9,375 мВт*

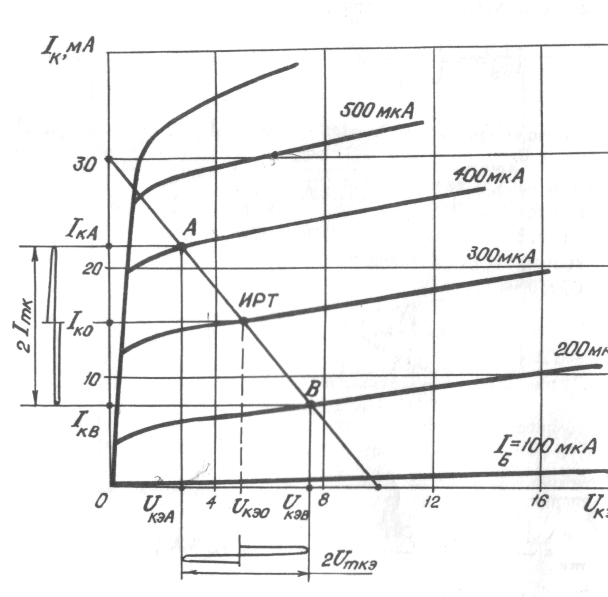


Рисунок 3.2

4. Расчет параметров и характеристик полевых транзисторов

ЗАДАНИЕ 4.

По выходным вольтамперным характеристикам полевого транзистора определить разновидность транзистора и тип канала, рассчитать параметры крутизну S, внутреннее дифференциальное сопротивление RДИФ, коэффициент усиления μ, сопротивление постоянному току RО в заданной исходной рабочей точке.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ФИО | транзистор | UСИ =const, В | Исходная рабочая точка | |  |
| UЗИ, В | UСИ, В |  |
| 1 |  | КП103 | -8В | 0.5В | -8В |  |

Рассмотрим пример определения параметров *S, Ri, μ и Rо* транзистора КП10З по выходным стоковым характеристикам.

Задаем режим работы транзистора по постоянному току (задаем положение исходной рабочей точки).

*Ucио=-8В, Uзио = 1В*

Наносим положение ИРТ на характеристику *Uзи=1В=const* при *Uси =-8В* и определяем ток стока: *Iсо = 0,4 мА*

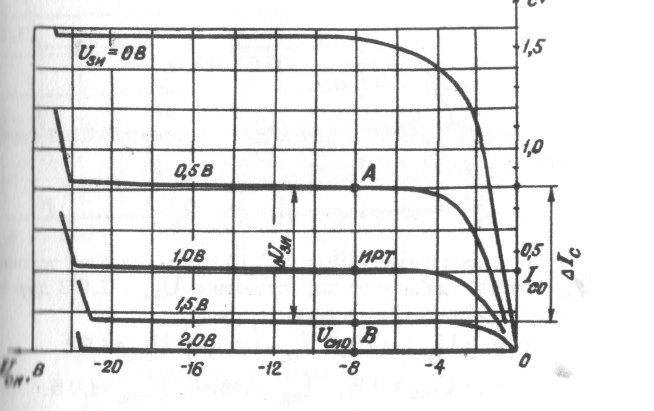


Рисунок 4.1

Определение параметра *S*

В соответствии с формулой для выполнения условия *Ucи = const* выше и ниже ИРТ на характеристике *Uзи = 0,5В и Uзи=1,5 В* выберем две точки, для которых *Uси*=-8В

Для т.А: *Uзиа = 0,5В ; Iса=0,8мА; Ucиа=-8В*.

Для т.В:*Uзив = 1,5В ; Iсв = 0,15 мА; Ucив = -8В*.

Для ИРТ:*Uзио = 1,0В ; Iсо = 0,4 мА; Ucио = -8В*.

Как видно, для всех трех точек выполняется условие *Ucи =-8 В = const*. По графикам определяем приращение *∆Uзи и ∆Ic* между точками т.А и т.В и находим крутизну *S* :

*S=ΔIС/ΔUЗИ*│при*Uси=const*=*(Iса–Iсв)∕(Uзив–Uзиа)=(0,8мА-0,15мА)∕(1,5В-0,5В)=0,65мА∕В.*

Согласно справочным данным для транзистора КП103 крутизна составляет *S=0,4...3,0мА/В.*

Определение параметра *Ri*

В соответствии с формулой для выполнения условия) *Uзи =const* выберем на характеристике *Uзи = 1,0 В* две точки левее и правее ИPT

Для т.С: *Uси с = -12В ; Iсс = 0,42 мА; Uзис=1,0 В*.

Для т.Д:*Uси д = -4В ; Iсд = 0,38 мА; Uзид = 1,0В*.

Для ИРТ:*Uсио = -8В ; Iсо = 0,4 мА; Uзио = 1,0 В*.

Как видно для всех трех точек выполняется условие *Uзи = 1,0 В =const*.

По графикам определяем приращения *∆Ic* и *∆Ucи* и находим параметр *Ri*

*Ri = ΔUСИ / ΔIС* │ при *Uзи = сonst* =*(12В-4В)∕(0,42мА-0,38мА)=200 кОм*

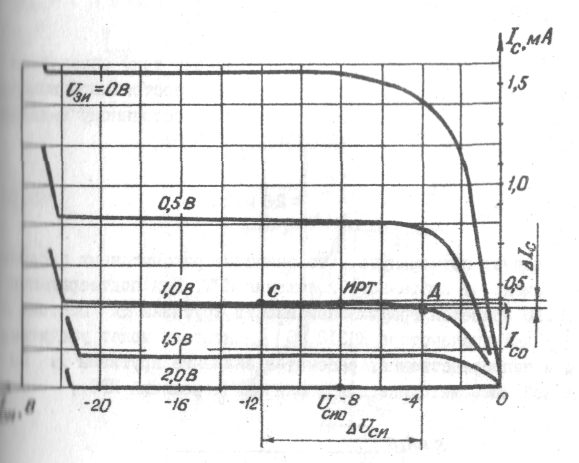


Рисунок 4.2

Определение параметра *μ*

В результате того, что коэффициент усиления*μ* имеет довольно большую величину, то его нередко невозможно измерить в указанной рабочей точке. Тогда коэффициент *μ* находят по формуле после определения параметров *S и Ri*

*μ = S Ri = 0.65мА/в 200 кОм =130*

Действительно, легко проверить, что для такого значения μ изменению напряжения сток-исток на 4 вольта *(∆Uси* = 4 В) соответствует изменение напряжения затвор-исток *∆Uзи = 30 мВ*. По вольт - амперным характеристикам такие вычисления можно выполнять только при малом значении *μ***.**

Определение параметра *Rо*

Сопротивление транзистора постоянному току определяем для заданной рабочей точки как отношение постоянного выходного напряжения *Ucио* к соответствующему постоянному выходному току *Iсо* по формуле (5.6) (см.рис.5.8)

*R0 = UСИ0 / IС0* *= 8В / 0,4 мА = 20 кОм*

Следует подчеркнуть, что значения рассчитанных параметров зависят от выбранного положения ИРT.