

Лабораторная работа № 4

Измерение и исследование ВАХ и параметров стабилизаторов

1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является закрепление теоретических знаний о физических принципах работы и определяемых ими характеристиках и параметрах полупроводниковых стабилизаторов путем их экспериментального исследования с помощью измерительных средств аппаратно-программного комплекса «Электроника».

5. Задание для экспериментального исследования вольт-амперных характеристик и параметров стабилизаторов

С помощью средств АПК УД «Электроника» измерьте вольт-амперную характеристику стабилизатора, а также его нагрузочные характеристики и характеристики стабилизации при заданном балластном сопротивлении и различных сопротивлениях нагрузки. По измеренным характеристикам определите статические и дифференциальные сопротивления стабилизатора в заданных точках ВАХ и значения коэффициентов и границ стабилизации, соответствующих разным сопротивлениям нагрузки.

Порядок выполнения задания

5.1. Выполните соединение с сервером с титульного экрана аппаратно-программного комплекса «Электроника», нажав клавишу «Подключение».

Выберите исследуемый прибор – «Стабилизатор», лабораторную работу – «Измерение и исследование ВАХ», тип стабилизатора и номер индивидуального варианта.

Откройте лицевую панель виртуального лабораторного стенда, нажав клавишу «Начать выполнение».

5.2. Ознакомьтесь с лицевой панелью виртуального лабораторного стенда, с отображаемой на нем схемой измерения.

Проведите измерения в соответствии с ниже приводимыми заданиями (пунктами выполнения лабораторной работы).

5.3. Выполните измерение прямой ветви ВАХ стабилизатора в автоматическом режиме при отключенных внешних сопротивлениях нагрузки.

Указания по проведению измерений и сохранению полученных результатов

Выберите режим измерения «Автоматический». Отключите внешние

сопротивления нагрузки. Установите значения параметров автоматического измерения: $E_{\text{нач}} = 0$, $E_{\text{кон}} = 10 \text{ В}$, $dE = 0,25 \text{ В}$, $I_{\text{изм max}} \approx I_{\text{ст max}} / 2$, но не более 45 мА.

Проведите измерение.

После успешного завершения измерения последовательно просмотрите графики выводимых зависимостей: $U_{\text{ст}} = f(E)$, $I_{\text{ст}} = f(E)$, $I_{\text{ст}} = f(U_{\text{ст}})$ (ВАХ). С помощью курсора определите на прямой ветви ВАХ $I_{\text{ст}} = f(U_{\text{ст}})$ приближенное значение порогового напряжения (напряжения изгиба) $U_{\text{пор}}$.

Проведите курсорные измерения в трех точках ВАХ: в точке порогового напряжения (изгиба), которой соответствует некоторое значение ЭДС $E_{\text{пор}}$, в точке, соответствующей $E_{\text{кон}}$, и в точке, соответствующей $(E_{\text{пор}} + E_{\text{кон}})/2$. Измеренные значения E , $I_{\text{ст}}$, $U_{\text{ст}}$, $R_{\text{ст}}$, $r_{\text{д}}$ запишите в память цифрового индикатора курсорных измерений.

Сохраните для отчета показания цифрового индикатора и график измеренной прямой ветви ВАХ стабилизатора.

5.4. Выполните измерение обратной ветви ВАХ стабилизатора в ручном режиме при отключенных внешних сопротивлениях нагрузки. Измерения проведите для значений ЭДС E от $E_{\text{нач}}$ до нуля с шагом $dE = 1 \text{ В}$. Значение $E_{\text{нач}}$ определите исходя из следующих условий и соотношений: $E_{\text{нач}} = -10 \text{ В}$, если максимальный ток стабилизатора $I_{\text{ст max}} > 25 \text{ мА}$ или $E_{\text{нач}} = -I_{\text{ст max}} R_{\text{б}} - U_{\text{ст max}}$ при $I_{\text{ст max}} < 25 \text{ мА}$; $R_{\text{б}} = 200 \text{ Ом}$.

Указания по проведению измерений и сохранению полученных результатов

Выберите режим измерения «Ручной». Отключите внешние сопротивления нагрузки.

Установите с помощью движка или клавиатуры значение ЭДС источника $E = E_{\text{нач}}$.

Проведите измерение, нажав на клавишу «Измерение».

Убедитесь в появлении измеренной точки ВАХ в окне графики. Полученные значения тока и напряжения зафиксируйте в памяти цифрового индикатора и в окне графики путем нажатия кнопки «Запись». Установите с помощью движка или с клавиатуры значение $E = E_{\text{нач}} + dE$. Проведите измерение.

Убедитесь в появлении второй точки ВАХ в окне графики и второй строки данных на цифровом индикаторе. Результаты измерения зафиксируйте в памяти цифрового индикатора и в окне графики нажатием кнопки «Запись».

Продолжите измерения, уменьшая (по модулю) ЭДС источника E с шагом dE и фиксируя результаты каждого измерения на цифровом и графическом индикаторах.

По графику ВАХ определите минимальное по модулю значение ЭДС $|E|_{\text{min}}$, при котором наблюдается резкий излом ВАХ и быстрое уменьшение (по модулю) тока стабилизатора до нуля. Запишите в рабочую тетрадь (или в

формируемый в процессе выполнения работы электронный отчет) соответствующие этой точке минимальные значения тока стабилизации $I_{\text{ст min}}$ и напряжения стабилизации $U_{\text{ст min}}$ стабилитрона.

Сохраните для отчета показания цифрового индикатора и график измеренной в ручном режиме обратной ветви ВАХ.

Выведите в окно графики зависимость $U_{\text{ст}} = f(E)$, соответствующую характеристике стабилизации стабилитрона при $R_{\text{н}} = \infty$. Определите границы области стабилизации $|E|_{\text{min}}$, $|E|_{\text{max}}$, в которых напряжение стабилитрона изменяется в допустимых пределах $U_{\text{ст min}}$, $U_{\text{ст max}}$ относительно номинального значения $U_{\text{ст.ном}}$. Запишите их значения в рабочую тетрадь (или в формируемый в процессе выполнения работы электронный отчет).

Сохраните для отчета график $U_{\text{ст}} = f(E)$.

5.5. Выполните измерение обратной ветви ВАХ стабилитрона в автоматическом режиме при отключенных внешних сопротивлениях нагрузки. Измерения проведите для значений ЭДС E от $E_{\text{нач}}$, определенного в п. 5.4, до $E_{\text{кон}} = 0$ с шагом $dE = 0,25$ В.

Указания по проведению измерений и сохранению полученных результатов

Выберите режим измерения «Автоматический». Отключите внешние сопротивления нагрузки. Установите значения параметров автоматического измерения: $E_{\text{кон}} = 0$, $E_{\text{нач}}$, определенное в п. 5.4, $dE = 0,25$ В, $I_{\text{изм max}} \approx I_{\text{ст max}} / 2$, но не более 45 мА. Проведите измерение.

После успешного завершения измерения последовательно просмотрите графики выводимых зависимостей: $U_{\text{ст}} = f(E)$, $I_{\text{ст}} = f(E)$, $I_{\text{ст}} = f(U_{\text{ст}})$ (ВАХ). С помощью курсора определите нижнюю границу стабилизации $|E|_{\text{min}}$, соответствующую резкому излому обратной ветви ВАХ.

Проведите курсорные измерения в трех точках ВАХ, соответствующих значениям $E = |E|_{\text{min}}$; $E = E_{\text{нач}}/2$; $E = E_{\text{нач}}$. Измеренные значения E , $I_{\text{ст}}$, $U_{\text{ст}}$, $R_{\text{ст}}$, $r_{\text{д}}$ запишите в память цифрового индикатора курсорных измерений.

Сохраните для отчета показания цифрового индикатора и график автоматически измеренной обратной ветви ВАХ стабилитрона.

Выведите поочередно графики зависимостей статического и дифференциального сопротивлений стабилитрона $R_{\text{ст}} = f(I_{\text{ст}})$, $r_{\text{ст}} = f(I_{\text{ст}})$ от тока стабилитрона $I_{\text{ст}}$.

Сохраните для отчета выводимые графики.

Выведите в окно графики зависимость $U_{\text{ст}} = f(E)$, соответствующую характеристике стабилизации стабилитрона при $R_{\text{н}} = \infty$. Определите с помощью курсора границы области стабилизации $|E|_{\text{min}}$, $|E|_{\text{max}}$, в которых напряжение стабилитрона изменяется в небольших пределах относительно номинального значения $U_{\text{ст.ном}}$. Запишите их значения в рабочую тетрадь или в формируемый в процессе выполнения работы электронный отчет.

Сохраните для отчета график $U_{\text{ст}} = f(E)$.

Задание для обработки результатов измерения по [п. 5.5](#)

По результатам измерения рассчитайте значение коэффициента стабилизации при $R_n = \infty$.

5.6. Выполните измерение характеристик стабилизации $U_{ст} = f(E)$ в автоматическом режиме при различных сопротивлениях нагрузки.

Указания по проведению измерений и сохранению полученных результатов

Выберите режим измерения «Автоматический». Установите значения параметров автоматического измерения те же, что и в [п. 5.5](#).

Проведите измерения характеристик стабилизации при поочередно подключаемых сопротивлениях нагрузки $R_n = 200, 500, 1000 \text{ Ом}$.

Определите с помощью курсора границы области стабилизации $|E|_{\min}$, $|E|_{\max}$, соответствующие различным сопротивлениям нагрузки. Запишите их значения в рабочую тетрадь или в формируемый в процессе выполнения работы электронный отчет.

Сохраните для отчета график $U_{ст} = f(E)$.

5.7. Выполните в ручном режиме измерение нагрузочных характеристик $U_{ст} = f(I_n)$, соответствующих зависимости напряжения на стабилитроне (нагрузке) от тока (сопротивления) нагрузки при постоянном значении ЭДС $E = E_{\text{нач min}}$, определенном в п. 6.4.

Указания по проведению измерений и сохранению полученных результатов

Выберите режим измерения «Ручной». Установите ЭДС источника $E = E_{\text{нач min}}$.

Проведите измерения, поочередно подключая сопротивления нагрузки $R_n = 200, 500, 1000 \text{ Ом}$, $R_n = \infty$ и фиксируя результаты измерения на цифровом и графическом индикаторах.

Сохраните для отчета показания цифрового индикатора и график измеренной нагрузочной характеристики $U_{ст} = f(I_n)$.

Выведите график зависимости $I_{ст} = f(I_n)$ и также сохраните его для отчета.

6. Требования к оформлению отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в виде электронного документа в текстовом редакторе Word.

В отчете должны быть приведены:

1. Цель выполнения лабораторной работы.
2. Вид лицевой панели виртуального лабораторного стенда.
3. Результаты экспериментального исследования по [п. 5](#), включающие все сохраненные графики и рассчитанные значения.

4. Выводы по лабораторной работе о степени соответствия результатов экспериментального исследования теоретическим и физическим представлениям и закономерностям.

Контрольные вопросы

1. Какой полупроводниковый прибор называется стабилитроном?
2. Объяснить физическую суть туннельного, лавинного и теплового пробоев.
3. Что такое напряжение стабилизации?
4. Как напряжение стабилизации зависит от уровня легирования p - и n -областей?
5. Какой материал является основным для производства стабилитронов и почему?
6. Как по вольт-амперной характеристике стабилитрона определить его дифференциальное сопротивление?
7. Какими предельными и номинальными параметрами характеризуются стабилитроны?
8. Что такое рабочая область стабилизации стабилитрона?
9. Как зависят характеристики стабилизации от сопротивления нагрузки?

Лабораторная работа №6

Исследование работы стабилизатора на переменном токе

1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является закрепление теоретических знаний о характеристиках, параметрах и определяемых ими применениях полупроводниковых стабилизаторов путем экспериментального исследования их с помощью измерительных средств аппаратно-программного комплекса «Электроника».

5. Задание для экспериментального исследования работы стабилизатора на переменном токе

С помощью средств АПК УД «Электроника» необходимо измерить *осциллограммы* напряжений и токов в исследуемой схеме полупроводникового параметрического стабилизатора напряжения при заданных сопротивлениях нагрузки, входной постоянной ЭДС и параметрах (амплитуде и частоте) входной переменной ЭДС. Обосновать результаты измерения посредством вольт-амперной характеристики стабилизатора. Определить области стабилизации и соответствующие им значения коэффициентов стабилизации стабилизатора напряжения.

Порядок выполнения задания

5.1. Выполните соединение с сервером с титульного экрана аппаратно-программного комплекса «Электроника», нажав клавишу «Подключение».

Выберите исследуемый прибор – «Стабилизатор», лабораторную работу «Исследование работы прибора на переменном токе», тип стабилизатора и номер индивидуального варианта.

Откройте лицевую панель виртуального лабораторного стенда, нажав клавишу «Начать выполнение».

5.2. Ознакомьтесь по лицевой панели стенда с исследуемой схемой стабилизатора напряжения, лицевой панелью измерителя ВАХ, цифрового осциллографа, схемой подключения каналов осциллографа, с выведенными по умолчанию значениями параметров генераторов ЭДС.

5.3. Выполните измерение осциллограмм напряжений в исследуемой схеме стабилизатора напряжения при отключенной нагрузке ($R_n = \infty$), нулевом значении постоянной составляющей и максимальной амплитуде низкочастотной переменной составляющей ЭДС на входе.

Указания по проведению измерений, сохранению и обработке полученных результатов

5.3.1. Установите параметры настройки осциллографа: входы каналов – открытые, число периодов развертки сигнала – 2. В процессе работы число периодов развертки сигнала можно изменить для лучшей визуализации сигналов и проведения курсорных измерений.

Проведите измерение ВАХ стабилитрона, нажав кнопку включения автоматического измерителя ВАХ. При успешном завершении измерения ознакомьтесь с выведенным графиком измеренной ВАХ.

Установите ЭДС источника постоянной составляющей $E_0 = 0$, частоту колебаний источника переменной ЭДС $F = 100$ Гц, сопротивление нагрузки $R_H = \infty$.

Задайте максимально возможное значение амплитуды источника переменной ЭДС $E_m = E_{m \max}$, при котором максимальный ток стабилитрона не превысит предельное значение $I_{ст \max}$.

Измерьте осциллограммы напряжений в контрольных точках схемы.

5.3.2. Проведите курсорные измерения по выведенным осциллограммам.

Путем перемещения вертикального курсора по осциллограммам напряжений посмотрите, как изменяется положение мгновенной рабочей точки на ВАХ стабилитрона и показания цифровых индикаторов измерителя ВАХ.

Определите нижнюю границу области стабилизации для ЭДС $|E|_{\min}$, которой соответствует точка изгиба обратной ветви ВАХ и нижние измеренные границы стабилизации для модулей тока и напряжения стабилитрона $I_{ст.изм \min}$, $U_{ст.изм \min}$.

Для удобства анализа и курсорных измерений можно одновременно отображать на экране осциллограммы сигналов одного, двух или трех каналов путем выбора их с помощью кнопок «Канал 1», «Канал 2», «Канал 3» лицевой панели осциллографа.

Запишите в рабочую тетрадь полученные результаты курсорных измерений.

Сохраните для отчета лицевую панель виртуального стенда и осциллограммы напряжений совместно с графиками ВАХ и показаниями цифровых курсорных индикаторов и индикаторов измерителя ВАХ.

5.4. Выполните измерение осциллограмм напряжений в исследуемой схеме стабилизатора напряжения при отключенной нагрузке ($R_H = \infty$), заданном (рабочем) значении ЭДС постоянной составляющей и заданной амплитуде и частоте переменной составляющей ЭДС на входе, имитирующей нестабильность или пульсации входного напряжения стабилизатора.

Указания по проведению измерений, сохранению и обработке полученных результатов

5.4.1. Установите параметры настройки осциллографа по п. 5.3.1.

Рассчитайте значения ЭДС источника постоянной составляющей ЭДС $E_0 = -(E_{m \max} + |E|_{\min})/2$ и амплитуду переменной ЭДС $E_m = (E_{m \max} - |E|_{\min})/2$. Например, при $E_{m \max} = 10$ В, $|E|_{\min} = 5$ В получим: $E_0 = -7,5$ В, $E_m = 2,5$ В.

Установите найденные значения параметров ЭДС источников E_0 , E_m , а также значение частоты $F = 100$ Гц и сопротивления нагрузки $R_H = \infty$.

Измерьте осциллограммы напряжений в контрольных точках схемы.

5.4.2. Проведите курсорные измерения по выведенным осциллограммам.

С помощью курсорных измерений определите максимальные и минимальные измеренные значения модулей тока и напряжения стабилизатора $I_{\text{ст.изм min}}$, $U_{\text{ст.изм min}}$, $I_{\text{ст.изм max}}$, $U_{\text{ст.изм max}}$ и номинальные их значения при $E = E_0$: $I_{\text{ст.изм.ном}}$, $U_{\text{ст.изм.ном}}$ (координаты рабочей точки при $R_H = \infty$).

Запишите полученные результаты в рабочую тетрадь.

Сохраните для отчета осциллограммы напряжений совместно с графиками ВАХ и показаниями цифровых курсорных индикаторов и индикаторов измерителя ВАХ.

Задание для обработки результатов измерений по п. 5.4

По результатам измерения рассчитайте:

абсолютную $\Delta U_{\text{ст}} = U_{\text{ст.изм max}} - U_{\text{ст.изм min}}$ и относительную $\delta U_{\text{ст}} = \Delta U_{\text{ст}}/U_{\text{ст.изм.ном}}$ нестабильности выходного напряжения стабилизатора; коэффициент стабилизации напряжения: $K_{\text{ст}} = \Delta U_{\text{ст}}/2E_m$.

5.6. Выполните измерение осциллограмм напряжений в исследуемой схеме стабилизатора напряжения при сопротивлениях нагрузки $R_H = 1000$, 500 и 200 Ом, заданном (рабочем) значении ЭДС постоянной составляющей и заданной амплитуде и частоте переменной составляющей ЭДС на входе, имитирующей нестабильность или пульсации входного напряжения стабилизатора.

Указания по проведению измерений, сохранению и обработке полученных результатов

5.6.1. Установите параметры настройки осциллографа по п. 5.3.1.

Подключите нагрузку $R_H = 1000$ Ом.

Для заданного сопротивления нагрузки по измеренному в п. 5.5.2 значению $|E|_{\min}$ рассчитайте значения ЭДС источника постоянной составляющей ЭДС $E_0 = -(E_{m \max} + |E|_{\min})/2$ и амплитуду переменной ЭДС $E_m = (E_{m \max} - |E|_{\min})/2$.

Установите найденные значения параметров ЭДС источников E_0 , E_m , а также значение частоты $F = 100$ Гц.

Измерьте осциллограммы напряжений в контрольных точках схемы.

5.6.2. Проведите курсорные измерения по выведенным осциллограммам.

С помощью курсорных измерений определите максимальные и

минимальные измеренные значения модулей тока и напряжения стабилизатора $I_{\text{ст.изм min}}, U_{\text{ст.изм min}}, I_{\text{ст.изм max}}, U_{\text{ст.изм max}}$ и номинальные их значения при $E = E_0$: $I_{\text{ст.изм.ном}}, U_{\text{ст.изм.ном}}$ (координаты рабочей точки при $R_{\text{н}} = 1000 \text{ Ом}$).

Запишите полученные результаты в рабочую тетрадь.

Сохраните для отчета осциллограммы напряжений совместно с графиками ВАХ и показаниями цифровых курсорных индикаторов.

5.6.3. Повторите измерения по пп. 5.6.1, 5.6.2 для сопротивлений нагрузки $R_{\text{н}} = 500$ и 200 Ом .

Задание для обработки результатов измерений по п. 5.6

По результатам измерения для каждого сопротивления нагрузки рассчитайте:

абсолютную $\Delta U_{\text{ст}} = U_{\text{ст.изм max}} - U_{\text{ст.изм min}}$ и относительную $\delta U_{\text{ст}} = \Delta U_{\text{ст}} / U_{\text{ст.изм.ном}}$ нестабильности выходного напряжения стабилизатора;

коэффициент стабилизации напряжения $K_{\text{ст}} = \delta U_{\text{ст}} / 2E_{\text{т}}$.

Сделайте вывод о возможных пределах изменения нагрузки для данного стабилизатора.

6. Требования к оформлению отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется в виде электронного документа в текстовом редакторе *Word*.

В отчете должны быть приведены:

1. Цель выполнения лабораторной работы.
2. Вид лицевой панели виртуального лабораторного стенда.
3. Результаты экспериментального исследования по [п. 5](#), включающие все сохраненные графики и рассчитанные значения.
4. Выводы по лабораторной работе о степени соответствия результатов экспериментального исследования теоретическим и физическим представлениям и закономерностям.

Контрольные вопросы

1. Каково основное назначение стабилизатора и какими его свойствами оно обусловлено?
2. Каково назначение балластного резистора в схеме стабилизатора напряжения?
3. Можно ли включать стабилизатор в электрическую цепь без балластного резистора?
4. В чем заключается работа стабилизатора в случае нестабильного источника входного напряжения?
5. Каковы условия выбора рабочей точки стабилизатора на рабочем

участке ВАХ?

6. В чем заключается работа стабилитрона в случае нестабильного сопротивления нагрузки?

7. Можно ли использовать стабилитрон в качестве обычного диода?

8. От чего зависит диапазон стабилизируемых напряжений стабилизатора напряжения?

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Номер варианта	Вид исследования	Тип полупроводникового прибора	Номер прибора
1	2	3	4
СТАБИЛИТРОН			
1	Экспериментальные исследования	KC147A	1
2		KC147A	2
3		KC147A	3
4		KC147A	4
5		KC133A	1
6		KC133A	2
7		KC133A	3
8		KC133A	4