

Лабораторная работа № 2

Стабилитрон

Цель работы: изучить основные свойства и параметры полупроводниковых стабилитронов; освоить методику исследования вольт - амперных характеристик стабилитронов и методику расчета простейших схем стабилизаторов напряжения.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Стабилитроном называется прибор, который предназначен для стабилизации напряжения на присоединенной параллельно ему нагрузке в случае изменения сопротивления этой нагрузки или величины напряжения питания. При этом используется участок пробоя на обратной ветви ВАХ стабилитрона, где значительному изменению тока соответствует очень малое изменение напряжения. Напряжение стабилизации зависит от толщины электронно-дырочного перехода, а толщина – от величины удельного сопротивления материала. Низкоомные материалы используются при изготовлении стабилитронов для стабилизации малых напряжений. При напряжениях ниже ~6 В в электронно-дырочных переходах часто наблюдается только туннельный вид пробоя. В промежутке от 6 до 8 В имеют место процессы как туннельного, так и лавинного механизмов пробоя, а в диапазоне 8...200 В – только лавинного.

Условные обозначения и ВАХ стабилитрона показаны на рис.2.1. Видно, что напряжение стабилизации несколько отличается от напряжения электрического пробоя, так как в реальном стабилитроне переход от области пробоя к рабочей точке происходит не резко, а с некоторым наклоном. Поэтому для конкретного определения напряжения стабилизации нужно задаться необходимой величиной рабочего тока. Определенному изменению тока относительно рабочей точки соответствует определенное изменение напряжения. Чем меньше величина изменения напряжения, тем выше качество стабилизации. Качество стабилизации определяется дифференциальным сопротивлением: $R_{д} = dU/dI \approx \Delta U/\Delta I$.

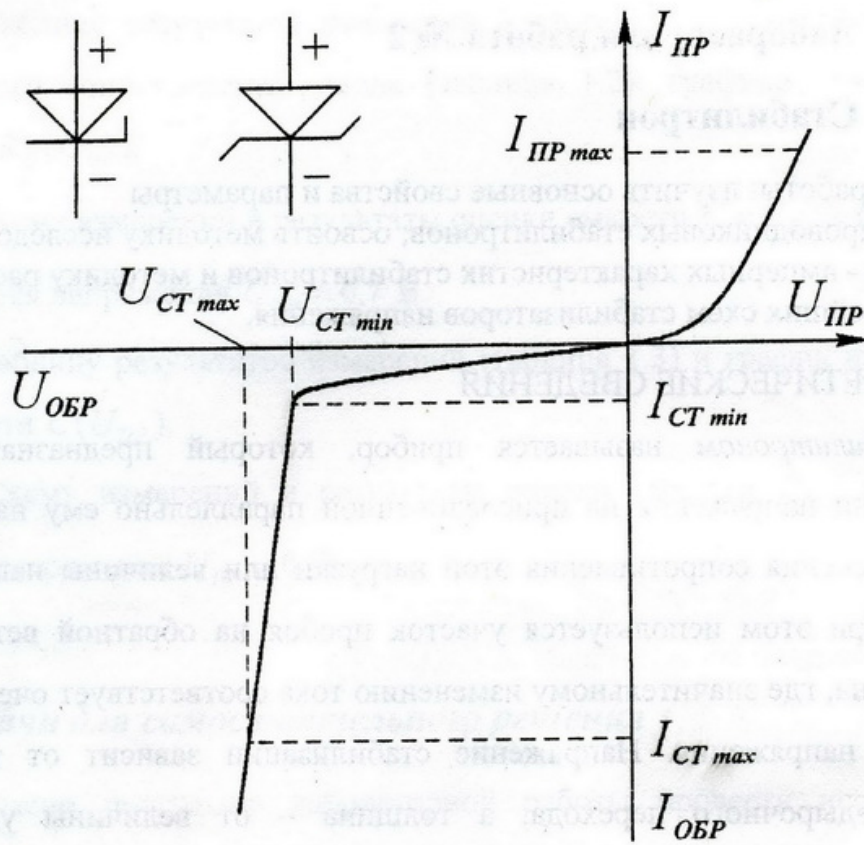


Рис.2.1. Условные обозначения стабилитрона (слева – по ГОСТ), полярность прямого напряжения и вольт-амперная характеристика стабилитрона

Основные параметры стабилитронов:

- минимальное и максимальное напряжения стабилизации $U_{CT\ min}$, $U_{CT\ max}$;
- минимальный и максимальный токи стабилизации $I_{CT\ min}$, $I_{CT\ max}$;
- температурный коэффициент напряжения стабилизации

$$TKH = \frac{\Delta U_{CT}}{\Delta T} \frac{100}{U_{CT}}, \left[\frac{\%}{град} \right];$$

- дифференциальное сопротивление в рабочей точке $R_D \approx \Delta U / \Delta I$;
- статическое сопротивление в рабочей точке $R_C = U / I$, где U и I – напряжение и ток в рабочей точке;
- коэффициент качества $Q = R_D / R_C$.

Стабилитроны используются, например, в источниках питания радиоэлектронной аппаратуры, компьютеров для создания высокостабильных

напряжений питания транзисторов, микропроцессоров, микросхем на материнской плате, устройств внешней памяти и тому подобное. Устройство, поддерживающее с определенной точностью неизменным напряжение на нагрузке, называют *стабилизатором напряжения*. Изменение напряжения на нагрузке может быть вызвано различными причинами: колебаниями напряжения первичного источника питания (сети переменного напряжения, аккумулятора, гальванического элемента), изменением нагрузки, изменением температуры окружающей среды и др.

По принципу работы стабилизаторы подразделяют на параметрические и компенсационные. Параметрические стабилизаторы бывают однокаскадными, многокаскадными и мостовыми. Компенсационные стабилизаторы могут быть с непрерывным или импульсным регулированием; и те и другие могут быть последовательного или параллельного типа. В настоящей лабораторной работе будут рассмотрены только простейшие однокаскадные параметрические стабилизаторы.

Параметрические стабилизаторы осуществляют стабилизацию напряжения за счет изменения параметров полупроводниковых приборов: стабилитронов, стабилитронов, транзисторов и др. Изменяемым параметром полупроводниковых стабилизаторов напряжения является их сопротивление или проводимость.

Схема простейшего стабилизатора с использованием стабилитрона приведена на рис.2.2. Дополнительный резистор $R_{доп}$ является гасящим и одновременно задает рабочую точку. При изменении сопротивления нагрузки R_H или входного напряжения $U_{вх}$ падение напряжения на резисторе $R_{доп}$ происходит таким образом, что напряжение $U_H = U_{ст}$ на нагрузке R_H остается практически постоянным. Отметим, что рабочий режим стабилитрона обеспечивается подачей на стабилитрон не прямого, а обратного напряжения.

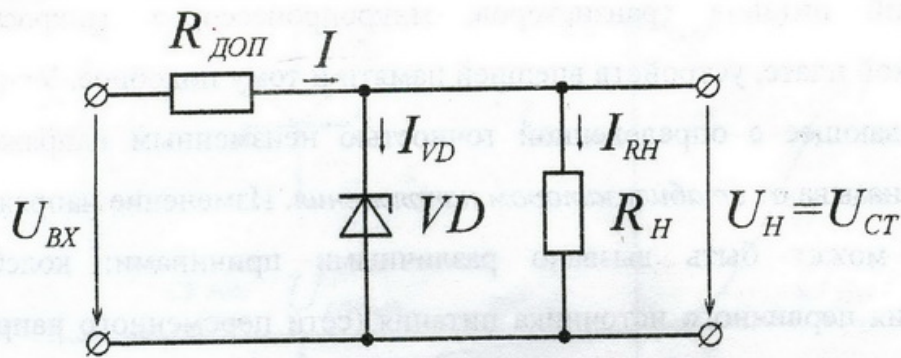


Рис.2.2. Схема параметрического стабилизатора напряжения

Принцип работы параметрического стабилизатора удобно объяснить с помощью рис.2.3. На этом рисунке изображены обратная ветвь ВАХ полупроводникового стабилитрона и ВАХ дополнительного резистора $R_{доп}$ (прямая 1), позволяющие графически решить уравнение электрического состояния цепи параметрического стабилизатора напряжения:

$$U_{BX1} = U_{CT1} + R_{доп} I_{CT1} \text{ при } R_H = \infty.$$

Если напряжение U_{BX1} , подаваемое на вход параметрического стабилизатора, увеличится на величину ΔU_{BX} , то ВАХ дополнительного резистора $R_{доп}$ переместится параллельно самой себе и займет положение прямой 2, что будет соответствовать току I_{CT2} и напряжению на стабилитроне U_{CT2} . Из рис.2.3 видно, что напряжение U_{CT} практически не изменится. Напряжение на стабилитроне практически не изменится также при снижении входного напряжения стабилизатора и при изменениях тока через нагрузку. Для обеспечения нормальной работы параметрического стабилизатора необходимо соблюдать условия, при которых ток стабилитрона не будет выходить за пределы рабочего диапазона $I_{CT \min} \div I_{CT \max}$. Величину сопротивления резистора $R_{доп}$ выбирают так, чтобы его ВАХ (см. рис.2.3) пересекала ВАХ стабилитрона в точке В, соответствующей току

$$I_{CT} = \frac{I_{CT \min} + I_{CT \max}}{2}. \quad (2.1)$$

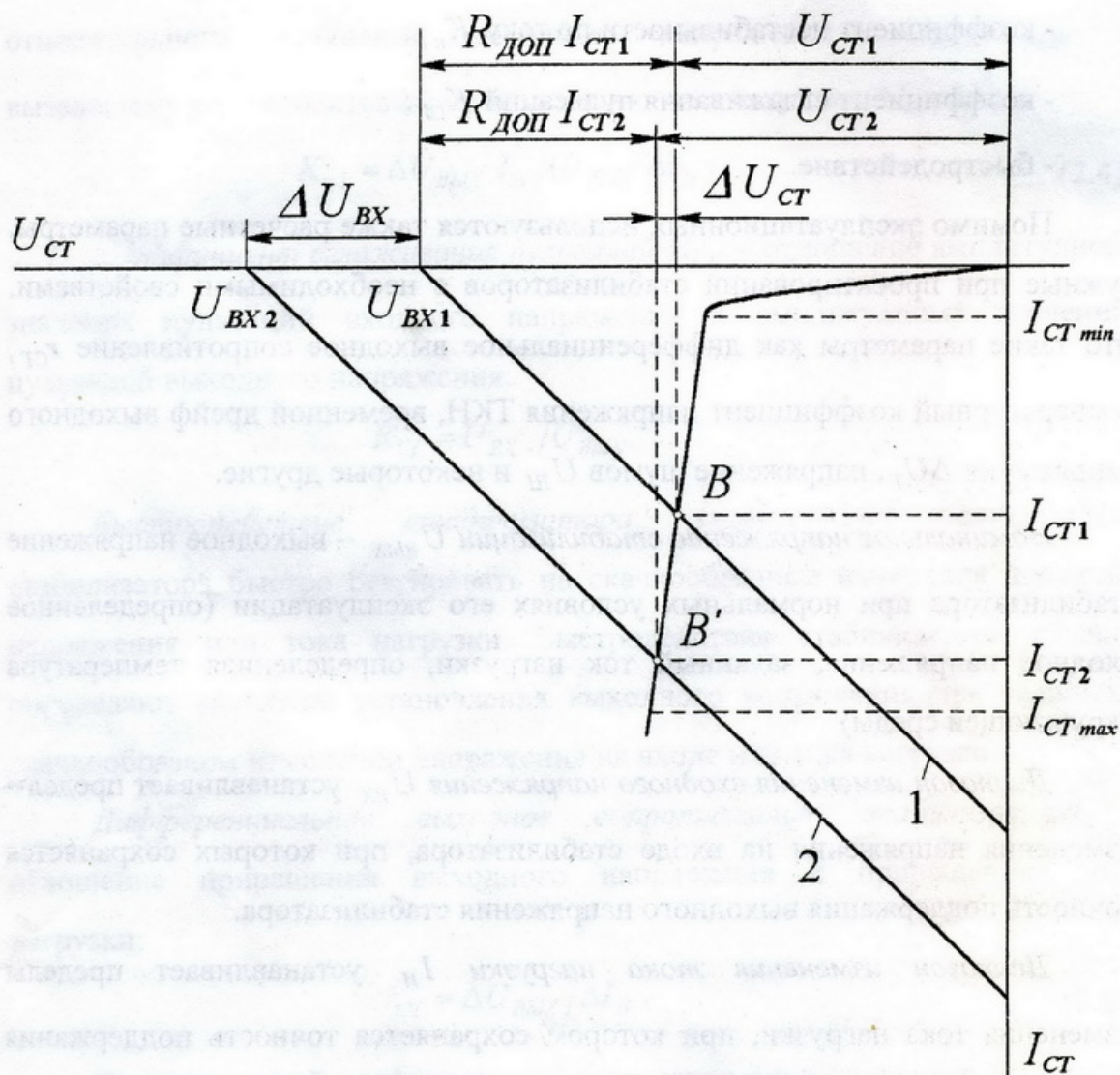


Рис.2.3. К объяснению принципа работы параметрического стабилизатора напряжения

Качество работы стабилизаторов напряжения характеризуется набором определенных параметров. Параметры стабилизаторов позволяют сравнивать их по качеству работы и выбирать те, которые соответствуют требованиям эксплуатации электронных устройств. К таким параметрам относят:

- номинальное выходное напряжение $U_{ВЫХ}$;
- диапазон изменения входного напряжения $U_{ВХ \min}$ и $U_{ВХ \max}$;
- диапазон изменения тока нагрузки $I_{Н \min}$ и $I_{Н \max}$;
- коэффициент полезного действия $\eta_{СТ}$;

- коэффициент неустойчивости по напряжению $K_{нU}$;
- коэффициент неустойчивости по току $K_{нI}$;
- коэффициент сглаживания пульсаций $K_{СТ}$;
- быстродействие.

Помимо эксплуатационных используются также расчетные параметры, нужные при проектировании стабилизаторов с необходимыми свойствами. Это такие параметры как дифференциальное выходное сопротивление $r_{СТ}$, температурный коэффициент напряжения ТКН, временной дрейф выходного напряжения ΔU_T , напряжение шумов $U_{Ш}$ и некоторые другие.

Номинальное напряжение стабилизации $U_{ВЫХ}$ – выходное напряжение стабилизатора при нормальных условиях его эксплуатации (определенное входное напряжение, заданный ток нагрузки, определенная температура окружающей среды)

Диапазон изменения входного напряжения $U_{ВХ}$ устанавливает пределы изменения напряжения на входе стабилизатора, при которых сохраняется точность поддержания выходного напряжения стабилизатора.

Диапазон изменения тока нагрузки I_H устанавливает пределы изменения тока нагрузки, при котором сохраняется точность поддержания выходного напряжения стабилизатора.

Коэффициент полезного действия стабилизатора $\eta_{СТ}$ – отношение мощности, отдаваемой в нагрузку P_H , к мощности $P_{ПОТ}$, потребляемой от первичного источника питания:

$$\eta_{СТ} = P_H / P_{ПОТ}. \quad (2.2)$$

Коэффициент неустойчивости по напряжению $K_{нU}$ – отношение относительного изменения напряжения на выходе стабилизатора $\Delta U_{ВЫХ} / U_{ВЫХ}$ к вызвавшему его изменению входного напряжения $\Delta U_{ВХ}$:

$$K_{нU} = \Delta U_{ВЫХ} / (U_{ВЫХ} \Delta U_{ВХ}). \quad (2.3)$$

Коэффициент неустойчивости по току K_{HI} – отношение относительного изменения выходного напряжения $\Delta U_{ВЫХ}/U_{ВЫХ}$ к вызвавшему его относительному изменению тока нагрузки $\Delta I_H/I_H$:

$$K_{HI} = \Delta U_{ВЫХ} I_H / (U_{ВЫХ} \Delta I_H). \quad (2.4)$$

Коэффициент сглаживания пульсаций $K_{СГ}$ – отношение амплитудного значения пульсаций входного напряжения к амплитудному значению пульсаций выходного напряжения:

$$K_{СГ} = U_{ВХ\sim} / U_{ВЫХ\sim}. \quad (2.5)$$

Быстродействие стабилизатора характеризует способность стабилизатора быстро реагировать на скачкообразные изменения входного напряжения или тока нагрузки. Быстродействие стабилизатора обычно определяют временем установления выходного напряжения при заданном скачкообразном изменении напряжения на входе или тока нагрузки.

Дифференциальное выходное сопротивление стабилизатора – отношение приращения выходного напряжения к приращению тока нагрузки:

$$r_{СТ} = \Delta U_{ВЫХ} / \Delta I_H. \quad (2.6)$$

Температурный коэффициент – отношение относительного изменения выходного напряжения к вызвавшему его изменению температуры окружающей среды:

$$ТКН = 100 \Delta U_{ВЫХ} / (\Delta T U_{ВЫХ}), [\% / \text{град}].$$

Система параметров, приведенная выше, достаточно полно отражает функциональные свойства стабилизатора напряжения любого типа независимо от его схемы и конструкции.

В зависимости от точности поддержания выходного напряжения на нагрузке стабилизаторы бывают:

- прецизионные (изменение напряжения не более 0,005 %);
- точные (изменение напряжения от 0,01 до 0,005 %);

- средней точности (изменение напряжения от 0,1 до 0,01 %);
- низкой точности (изменение напряжения от 1 до 0,1 %).

Для получения наивысшей точности поддержания выходного напряжения в прецизионных стабилизаторах используются специальные устройства, которые исключают влияние изменения температуры окружающей среды (термостаты или криостаты).

По выходной мощности стабилизаторы обычно подразделяются следующим образом:

- маломощные (до 1 Вт);
- средней мощности (до 250 Вт);
- большой мощности (свыше 250 Вт).

Маломощные стабилизаторы используются в цифровой (например, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи) и измерительной технике. Стабилизаторы средней мощности используются для питания, например, малых ЭВМ и маломощных электронных устройств. Мощные стабилизаторы применяются для питания электронных микроскопов, лазерных установок, серверов и др.

Пример 2.

Проведем исследования некоторых из основных параметров стабилизатора 1N4370A, взятого из библиотеки Motor_1n программы EWB. А также рассчитаем рабочий режим параметрического стабилизатора напряжения рис.2.2, где будет использован указанный стабилизатор, и определим некоторые из основных параметров этого стабилизатора напряжения.

Чтобы выполнить поставленную задачу, вначале необходимо провести измерения вольт – амперной характеристики указанного стабилизатора. Затем определить рабочую точку параметрического стабилизатора напряжения. Далее найти статическое и дифференциальное сопротивления стабилизатора в рабочей точке, подсчитать коэффициент качества. И уж только потом можно определять основные параметры стабилизатора напряжения.

Для измерения вольт–амперной характеристики стабилитрона соберем схему как показано на рис. 2.4. Изменяя величину и направление тока источника тока I_1 , так чтобы при прямом токе напряжение на вольтметре V_1 изменялось от нуля до 1,2 вольта, а при обратном токе напряжение на вольтметре V_1 изменялось от нуля до *некоторого отрицательного значения*, проведем измерения ВАХ стабилитрона.

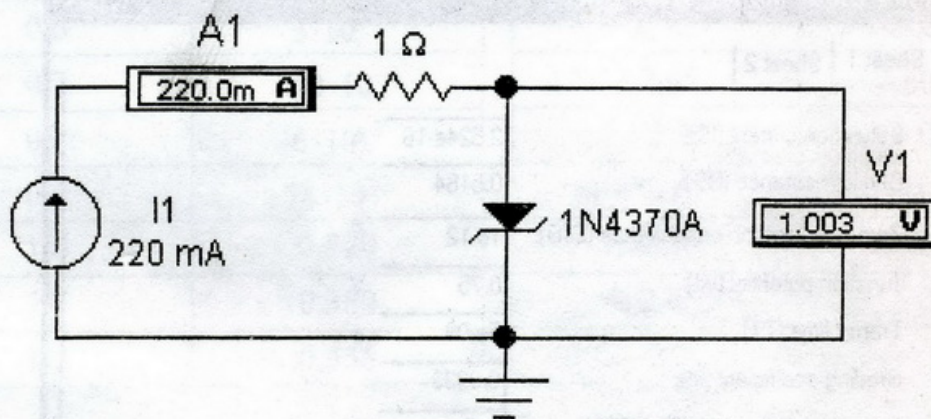


Рис. 2.4. Схема для измерения прямой ветви ВАХ стабилитрона

Поскольку в программе EWB 5.0 в параметрах моделей стабилитронов не предусмотрено значение $I_{CT\max}$ (т.е. стабилитроны не «горят» при превышении определенных значений I_{CT} в зависимости от типа стабилитрона), то под *некоторым отрицательным значением* напряжения, в данном случае, будем подразумевать величину отрицательного напряжения, падающего на стабилитроне, при протекании через него обратного тока равного значению $\sim 10 I_{CT\min}$. На рис.2.5 показано диалоговое окно с параметрами стабилитрона 1N4370A, взятого из библиотеки Motor_1n программы EWB. Здесь «Zener test voltage at IZT (VZT)» – минимальное напряжение стабилизации $U_{CT\min}$, а «Zener test current (IZT)» – минимальный ток стабилизации $I_{CT\min}$.

На рис.2.4 источник тока I_1 обеспечивает протекание прямого тока через стабилитрон. На рис.2.6 источник тока I_1 обеспечивает протекание обратного тока через стабилитрон.

Результаты измерения сведем в таблицу 2.1. ВАХ стабилитрона, построенная по результатам проведенных измерений, изображена на рис. 2.7. Для получения более точной ВАХ стабилитрона (особенно при нахождении параметра $U_{CT\ min}$) на некоторых участках этой ВАХ необходимо использовать более мелкий шаг изменения величины U .

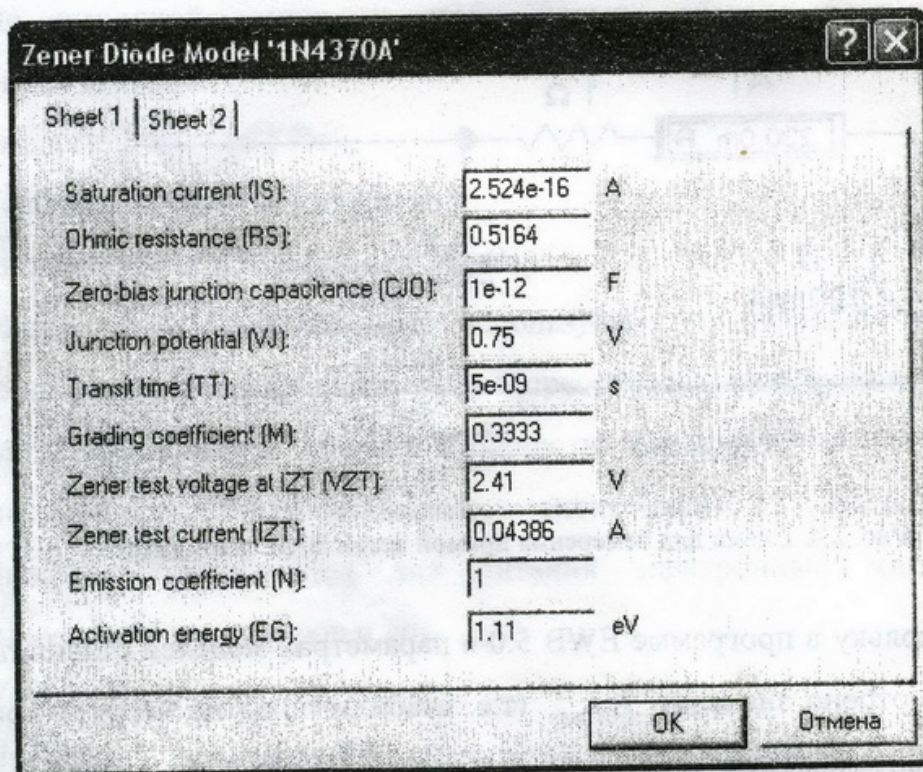


Рис. 2.5. Диалоговое окно параметров модели стабилитрона

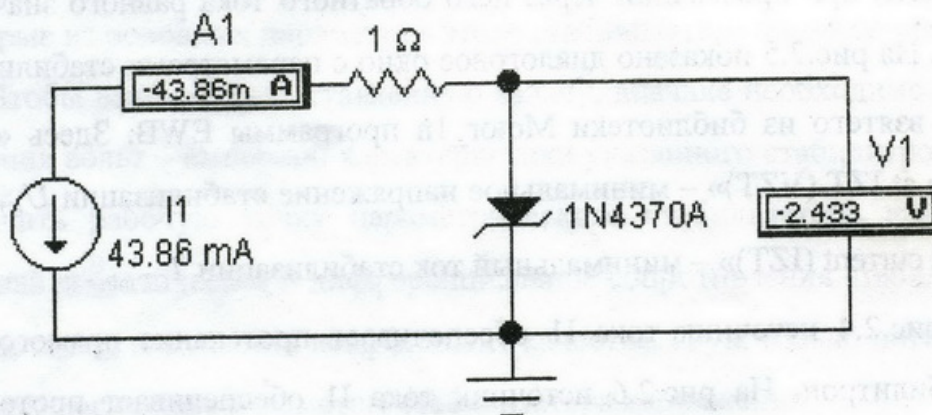


Рис. 2.6. Схема для измерения обратной ветви ВАХ стабилитрона

Таблица 2.1 - Результаты измерения ВАХ стабилитрона

$U_{ПР}, В$	$I_{ПР}, А$	$U_{ОБР}, В$	$I_{ОБР}, А$
0,1	$11,2 \cdot 10^{-9}$	-2,0	$-230 \cdot 10^{-9}$
0,2	$22,4 \cdot 10^{-9}$	-2,1	$-510 \cdot 10^{-9}$
0,3	$33,6 \cdot 10^{-9}$	-2,2	$-14 \cdot 10^{-6}$
0,4	$46,1 \cdot 10^{-9}$	-2,3	$-700 \cdot 10^{-6}$
0,5	$120 \cdot 10^{-9}$	-2,4	$-20 \cdot 10^{-3}$
0,6	$3 \cdot 10^{-6}$	-2,433	$-43,86 \cdot 10^{-3}$
0,7	$140 \cdot 10^{-6}$	-2,45	$-60 \cdot 10^{-3}$
0,8	$6 \cdot 10^{-3}$	-2,5	-0,123
0,9	$74 \cdot 10^{-3}$	-2,55	-0,196
1,0	0,220	-2,6	-0,276
1,1	0,380	-2,65	-0,360
1,2	0,555	-2,7	-0,445

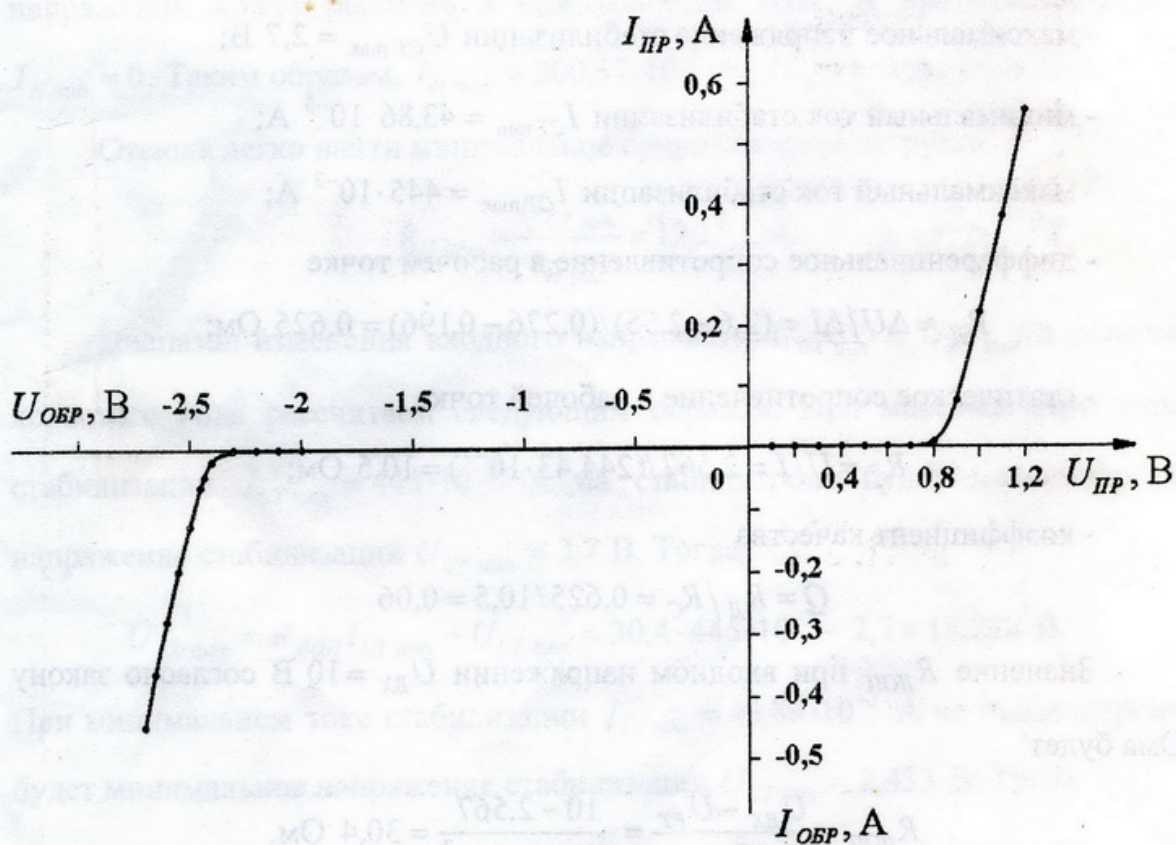


Рис. 2.7. Измеренная ВАХ стабилитрона 1N4370А

Как видно из рис.2.5 и результатов таблицы 2.1, при токе стабилизации $I_{CT} = 43,86 \cdot 10^{-3}$ А напряжение стабилизации, приведенное в диалоговом окне параметров модели стабилитрона, не совпадает точно с напряжением стабилизации, полученным путем измерений. Поэтому в дальнейших вычислениях будем использовать данные, полученные путем измерений.

Согласно данным таблицы 2.1 и формуле (2.1) параметры рабочей точки стабилизатора напряжения будут иметь следующие значения:

$$I_{PT} = \frac{I_{CT \min} + I_{CT \max}}{2} = \frac{(43,86 + 445) \cdot 10^{-3}}{2} = 244,43 \cdot 10^{-3} \text{ А,}$$

$$U_{PT} = \frac{U_{CT \min} + U_{CT \max}}{2} = \frac{2,433 + 2,7}{2} = 2,567 \text{ В.}$$

Исходя из данных таблицы 2.1 и рис.2.7, основные параметры стабилитрона 1N4370A будут иметь следующие значения:

- минимальное напряжение стабилизации $U_{CT \min} = 2,433 \text{ В;}$

- максимальное напряжение стабилизации $U_{CT \max} = 2,7 \text{ В;}$

- минимальный ток стабилизации $I_{CT \min} = 43,86 \cdot 10^{-3} \text{ А;}$

- максимальный ток стабилизации $I_{CT \max} = 445 \cdot 10^{-3} \text{ А;}$

- дифференциальное сопротивление в рабочей точке

$$R_d \approx \Delta U / \Delta I = (2,6 - 2,55) / (0,276 - 0,196) = 0,625 \text{ Ом;}$$

- статическое сопротивление в рабочей точке

$$R_C = U / I = 2,567 / (244,43 \cdot 10^{-3}) = 10,5 \text{ Ом;}$$

- коэффициент качества

$$Q = R_d / R_C = 0,625 / 10,5 = 0,06.$$

Значение $R_{доп}$ при входном напряжении $U_{вх} = 10 \text{ В}$ согласно закону

Ома будет

$$R_{доп} = \frac{U_{вх} - U_{PT}}{I_{PT}} = \frac{10 - 2,567}{244,43 \cdot 10^{-3}} = 30,4 \text{ Ом.}$$

Рассмотрим теперь некоторые из основных параметров стабилизатора напряжения рис.2.2, где используется стабилитрон 1N4370A. Согласно сказанному выше, номинальное выходное напряжение стабилизатора равно напряжению на стабилитроне в рабочей точке, т.е.

$$U_{ВЫХ} = U_{РТ} = 2,567 \text{ В.}$$

Диапазон изменения тока нагрузки $I_{H \min}$ и $I_{H \max}$ определим исходя из следующих соображений. Чтобы стабилизатор напряжения поддерживал напряжение на выходе с требуемой точностью необходимо всегда обеспечивать протекание через стабилитрон минимального тока стабилизации $I_{СТ \min}$. Следовательно, максимальный ток, который может протекать через нагрузку будет

$$I_{H \max} = I_{РТ} - I_{СТ \min} = (244,43 - 43,86) \cdot 10^{-3} = 200,57 \cdot 10^{-3} \text{ А.}$$

Как следует из электрической схемы рис.2.2, параметрический стабилизатор напряжения может работать и при холостом ходе. А это означает, что $I_{H \min} = 0$. Таким образом, $I_{H \max} = 200,57 \cdot 10^{-3} \text{ А}$, $I_{H \min} = 0 \text{ А}$.

Отсюда легко найти минимальное сопротивление нагрузки

$$R_{H \min} = \frac{U_{СТ \min}}{I_{H \max}} = 12,13 \text{ Ом.}$$

Диапазон изменения входного напряжения $U_{ВХ \min}$ и $U_{ВХ \max}$ в режиме холостого хода рассчитаем следующим образом. При максимальном токе стабилизации $I_{СТ \max} = 445 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ на стабилитроне будет максимальное напряжение стабилизации $U_{СТ \max} = 2,7 \text{ В}$. Тогда

$$U_{ВХ \max} = R_{ДОП} I_{СТ \max} + U_{СТ \max} = 30,4 \cdot 445 \cdot 10^{-3} + 2,7 = 16,228 \text{ В.}$$

При минимальном токе стабилизации $I_{СТ \min} = 43,86 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ на стабилитроне будет минимальное напряжение стабилизации $U_{СТ \min} = 2,433 \text{ В}$. Тогда

$$U_{ВХ \min} = R_{ДОП} I_{СТ \min} + U_{СТ \min} = 30,4 \cdot 43,86 \cdot 10^{-3} + 2,433 = 3,766 \text{ В.}$$

Как видно из рис.2.8, все рассчитанные значения совпадают с результатами моделирования в программной среде EWB.

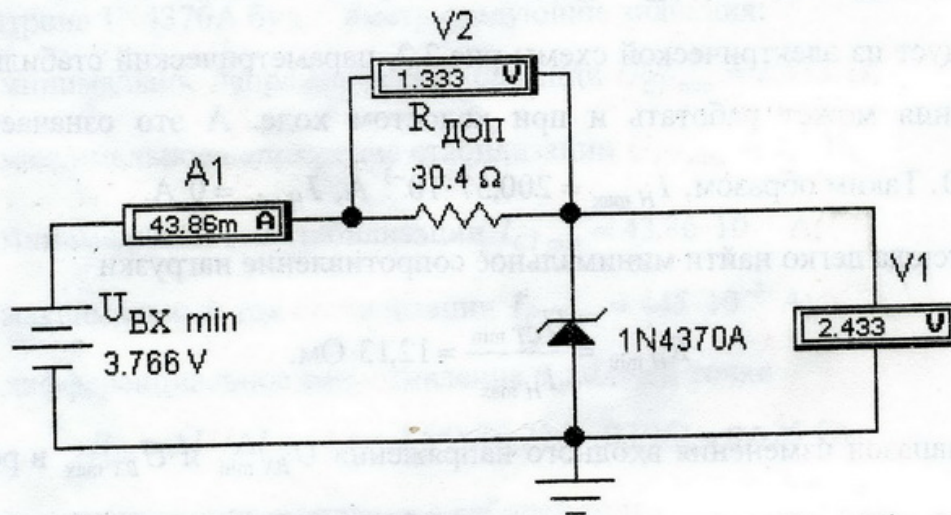
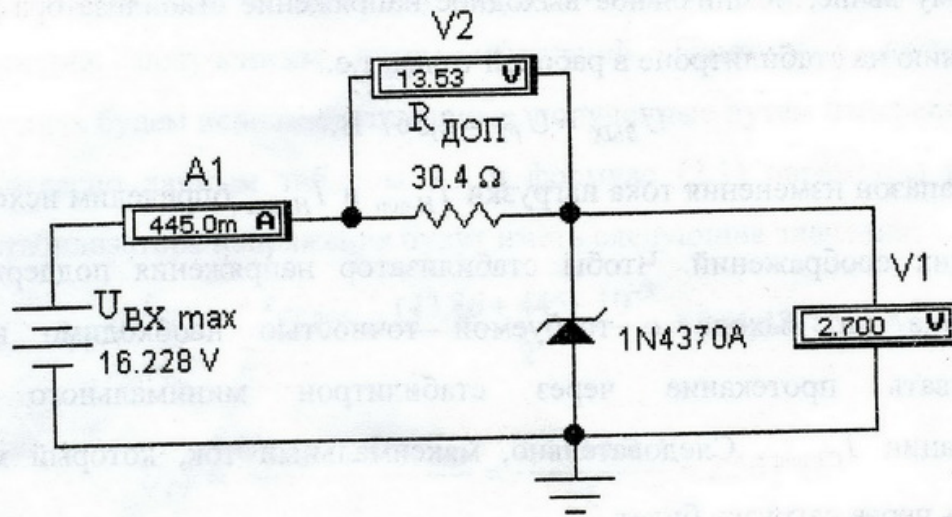


Рис. 2.8. К расчету диапазона изменения входного напряжения $U_{BX \min}$ и $U_{BX \max}$

Согласно формуле (2.2) КПД стабилизатора при минимальном сопротивлении нагрузки $R_{H \min}$ будет

$$\eta_{CT} = \frac{P_H}{P_{ПОГ}} = \frac{U_{CT \min} I_{H \max}}{U_{BX} I_{PT}} = 0,2,$$

где $U_{BX} = 10$ В. Как видим, КПД такого стабилизатора напряжения достаточно низок и составляет всего 20%.

Коэффициент нестабильности по напряжению K_{nU} будем искать в режиме холостого хода стабилизатора напряжения согласно формуле (2.3)

$$K_{nU} = \Delta U_{ВЫХ} / (U_{ВЫХ} \Delta U_{ВХ}),$$

где $\Delta U_{ВЫХ} = U_{СТ \max} - U_{РТ} = 2,7 - 2,567 = 0,133$ В,

$$U_{ВЫХ} = U_{РТ} = 2,567$$
 В,

$$\Delta U_{ВХ} = U_{ВХ \max} - U_{ВХ} = 16,228 - 10 = 6,228$$
 В.

Таким образом $K_{nU} = 0,008$ 1/В или $K_{nU} = 0,8$ %/В.

Коэффициент нестабильности по току K_{nI} будем искать для $R_H = R_{H \min} = 12,13$ Ом согласно формуле (2.4) и результатам измерений, показанных на рис.2.9.

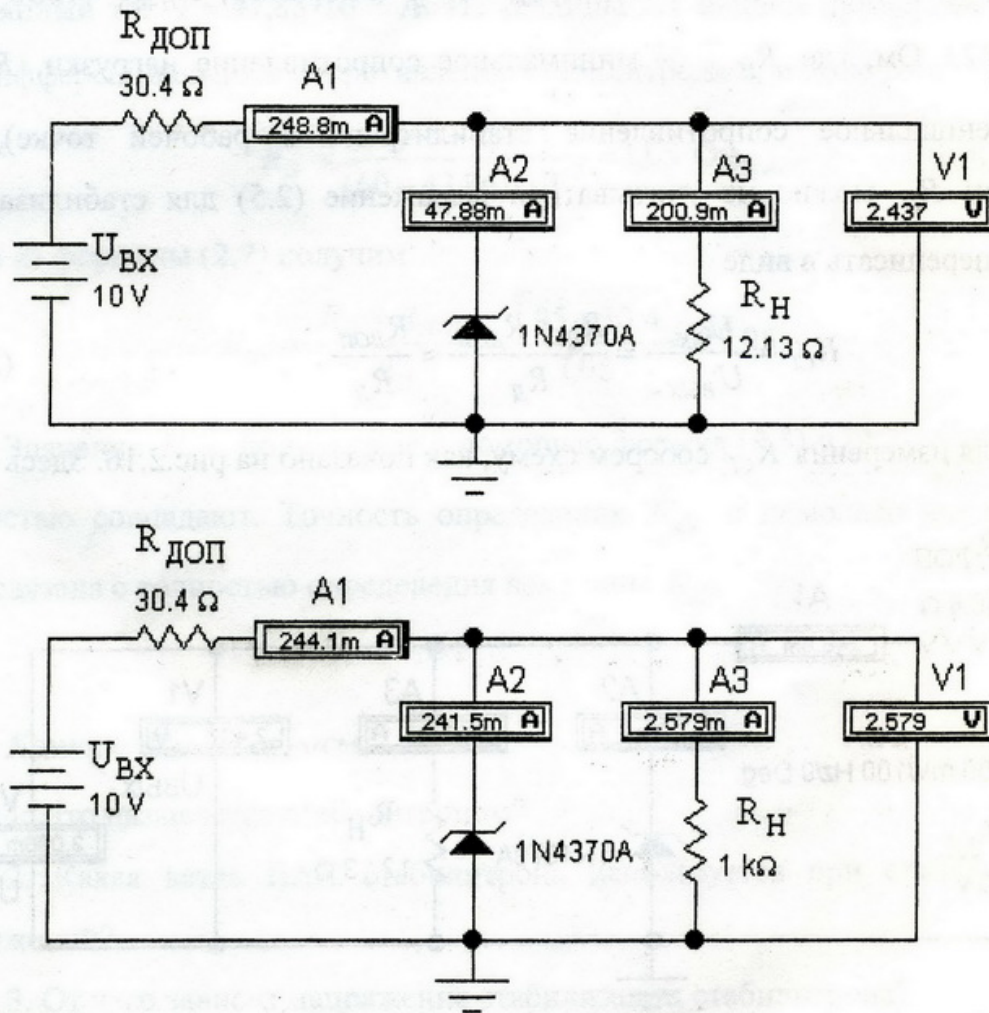


Рис. 2.9. К расчету коэффициента нестабильности по току K_{nI}

Таким образом

$$K_{нI} = \Delta U_{ВЫХ} I_H / (U_{ВЫХ} \Delta I_H) = 0,065,$$

где $\Delta U_{ВЫХ} = 2,579 - 2,437 = 0,142$ В,

$$U_{ВЫХ} = 2,437$$
 В,

$$\Delta I_H = (200,9 - 2,579) \cdot 10^{-3} = 198,321 \cdot 10^{-3}$$
 А,

$$I_H = 200,9 \cdot 10^{-3}$$
 А.

Итак $K_{нI} = 0,065$ или $K_{нI} = 6,5\%$.

Коэффициент сглаживания пульсаций $K_{СГ}$ определим согласно формуле (2.5). Как видно из рис.2.2 параметрический стабилизатор напряжения представляет собой не что иное, как пассивный делитель напряжения. Поскольку обычно $R_{H \min} \gg R_D$ (например, $R_{H \min} = 12,13$ Ом, $R_D \approx 0,625$ Ом, где $R_{H \min}$ – минимальное сопротивление нагрузки, R_D – дифференциальное сопротивление стабилитрона в рабочей точке), то величину R_H можно не учитывать и выражение (2.5) для стабилизатора рис.2.2 переписать в виде

$$K_{СГ} = \frac{U_{ВХ\sim}}{U_{ВЫХ\sim}} = \frac{R_D + R_{ДОП}}{R_D} \approx \frac{R_{ДОП}}{R_D}. \quad (2.7)$$

Для измерения $K_{СГ}$ соберем схему, как показано на рис.2.10. Здесь А1,

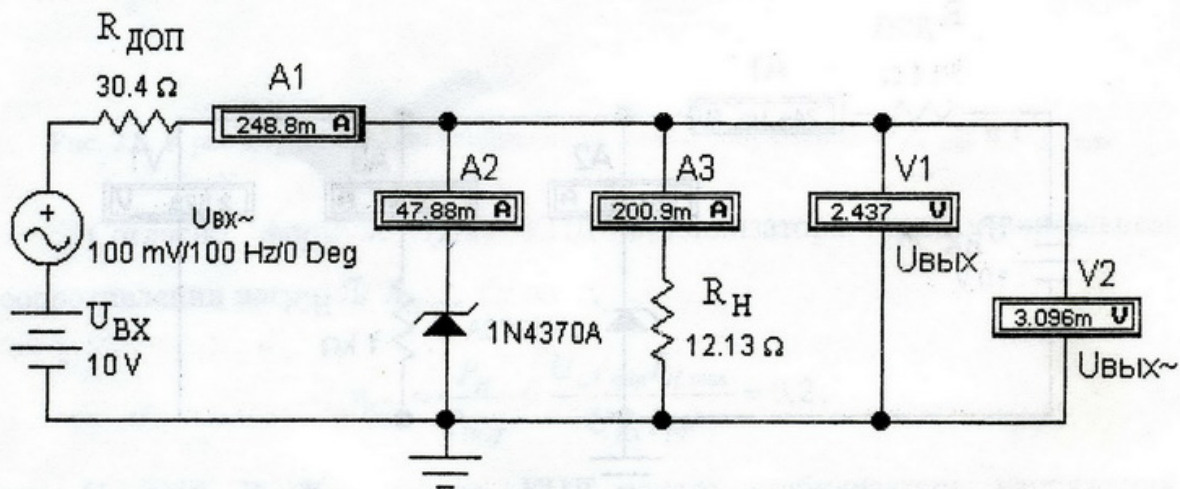


Рис. 2.10. К расчету коэффициента сглаживания пульсаций $K_{СГ}$

A2, A3 – амперметры, измеряющие постоянный ток; V1 – вольтметр, измеряющий постоянное напряжение; V2 – вольтметр, измеряющий действующее значение переменного напряжения. На этом же рисунке возле генератора переменного напряжения указано действующее значение переменного напряжения (100 мВ), которое выдает этот генератор.

Согласно рис.2.10 и формуле (2.5), коэффициент сглаживания пульсаций будет

$$K_{CG} = \frac{100 \cdot 10^{-3}}{3,096 \cdot 10^{-3}} = 32,3.$$

Чтобы определить K_{CG} с помощью формулы (2.7) необходимо вначале найти величину R_D . Как видно из рис.2.10, через стабилитрон протекает постоянный ток $I = 47,88 \cdot 10^{-3}$ А. Из таблицы 2.1 найдем примерное значение дифференциального сопротивления стабилитрона при этом токе

$$R_D = \frac{2,45 - 2,433}{(60 - 43,86) \cdot 10^{-3}} = 1,05 \text{ Ом.}$$

Тогда из формулы (2.7) получим

$$K_{CG} = \frac{R_D + R_{доп}}{R_D} = \frac{1,05 + 30,4}{1,05} = 29,95.$$

Значения K_{CG} , полученные с помощью формул (2.5) и (2.7), с хорошей точностью совпадают. Точность определения K_{CG} с помощью выражения (2.7) связана с точностью определения величины R_D .

Контрольные вопросы

1. Что называется стабилитроном?
2. Какая ветвь ВАХ стабилитрона используется при стабилизации напряжений?
3. От чего зависит напряжение стабилизации стабилитрона?
4. Нарисовать условные обозначения и ВАХ стабилитрона.
5. Перечислить основные параметры стабилитронов.

6. Что называют стабилизатором напряжения?
7. Нарисовать схему простейшего параметрического стабилизатора напряжения.
8. Объяснить принцип работы параметрического стабилизатора напряжения.
9. Перечислить параметры стабилизаторов напряжения.
10. Дать определение номинального напряжения стабилизации.
11. Дать определение диапазона изменения входного напряжения.
12. Дать определение диапазона изменения тока нагрузки.
13. Привести определение коэффициента полезного действия стабилизатора.
14. Привести определение коэффициента неустойчивости по напряжению.
15. Привести определение коэффициента неустойчивости по току.
16. Дать определение коэффициента сглаживания пульсаций.
17. Какие бывают стабилизаторы в зависимости от точности поддержания выходного напряжения на нагрузке?
18. Как подразделяются стабилизаторы по выходной мощности?
19. Как зависит коэффициент неустойчивости по току от величины сопротивления нагрузки?

Программа лабораторной работы

1. Получить у преподавателя стабилизатор для проведения исследований.
2. Собрать в программной среде EWB схемы рис.2.4, рис.2.6 и провести измерения ВАХ полученного стабилизатора. При измерениях необходимо так подбирать величину тока источника тока (см. пример 2), чтобы прямое напряжение на стабилизаторе изменялось в пределах от 0 до 1,2 вольта с шагом 0,1 вольт.

Обратный ток стабилитрона при измерениях обратной ветви ВАХ не должен превышать величины $\sim 10 I_{CT \min}$. Величину $I_{CT \min}$ найти в диалоговом окне параметров полученного стабилитрона (см. рис.2.5 примера 2).

Шаг изменения напряжения при измерении обратной ветви ВАХ выбирается произвольным, но не менее 12 точек. Для получения более точной ВАХ стабилитрона (особенно при нахождении параметра $U_{CT \min}$) на некоторых участках этой ВАХ необходимо использовать более мелкий шаг изменения величины U .

3. Данные измерений занести в таблицу 2.1 и построить измеренную ВАХ стабилитрона.

4. Исходя из данных таблицы 2.1 и графика построенной ВАХ стабилитрона, определить основные параметры полученного стабилитрона.

5. Согласно данным таблицы 2.1 и формуле (2.1) определить параметры рабочей точки стабилизатора напряжения.

6. Собрать в программной среде EWB схему стабилизатора напряжения рис.2.2, рассчитать рабочий режим и основные параметры этого стабилизатора напряжения (а именно $R_{Доп}$, $U_{ВЫХ}$, $I_{H \min}$ и $I_{H \max}$, $R_{H \min}$, $U_{ВХ \min}$ и $U_{ВХ \max}$, $\eta_{СТ}$, $K_{нU}$, $K_{нI}$, $K_{СТ}$) при этом $U_{ВХ} = 5U_{PT}$.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Схему измерений ВАХ стабилитрона, таблицу результатов измерений (таблица 2.1), график измеренной ВАХ стабилитрона.
2. Рассчитанные основные параметры стабилитрона.
3. Параметры рабочей точки стабилизатора напряжения.
4. Расчет рабочего режима и основных параметров стабилизатора напряжения рис.2.2 (а именно $R_{Доп}$, $U_{ВЫХ}$, $I_{H \min}$ и $I_{H \max}$, $R_{H \min}$, $U_{ВХ \min}$ и $U_{ВХ \max}$, $\eta_{СТ}$, $K_{нU}$, $K_{нI}$, $K_{СТ}$).

Задачи для самостоятельного решения

Согласно программе лабораторной работы провести исследования следующих стабилитронов. Стабилитрон выбирается из библиотеки Motor_1n (группа 1) или из библиотеки General (группа 2), причем номер варианта совпадает с порядковым номером стабилитрона в списке.

Далее согласно программе лабораторной работы провести расчет рабочего режима и основных параметров стабилизатора напряжения рис.2.2, где используются исследованные стабилитроны.