Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электроники и электротехники

Паспорт лабораторных работ

по дисциплине «Электротехника», 3 семестр

1. Методика оценки

Цикл лабораторных работ выполняется на компьютеризированном лабораторном стенде, включает шесть обязательных работ по следующим темам.

1) Исследование стационарного состояния разветвленной линейной электрической цепи.
2) Нелинейные резистивные элементы и цепи.
3) Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока и его схемы замещения.
4) Исследование линейных электрических цепей с индуктивно связанными катушками.
5) Автоматизированный анализ электрических цепей при гармонических воздействиях.
6) Исследование процессов заряда и разряда конденсатора.
7) *Компьютерный анализ переходных процессов.
8) *Исследование переходных процессов в цепи с двумя реактивными элементами.

Примечание: *работы, помеченные (*), выполняются факультативно.*

Подготовка к лабораторной работе

1. Изучить по лекциям и рекомендованной литературе указанные разделы.
2. Внимательно изучить описание к лабораторной работе.
3. Составить заготовку отчета.
4. При вычерчивании схем электрических цепей, пользоваться обозначениями, принятыми в учебных пособиях по электротехнике последних изданий.
5. Подготовить ответы на вопросы для самостоятельной проверки знаний.

Требования к отчету

Отчет по работе составляется каждым студентом и должен содержать:

1. номер и наименование работы;
2. цель работы;
3. исследуемые схемы;
4. таблицы измерений и вычислений;
5. расчетные формулы и материалы расчета;
   графики, построенные по результатам экспериментов, с указанием масштабов по осям.
6. выводы по работе.

Оцениваемые позиции:

- подготовка к работе (заготовка протокола и ответы на контрольные вопросы)
- выполнение работы
- оформление протокола
- защита работы

2. Критерии оценки

Цикл лабораторных работ считается **невыполненным,** если не выполнено более двух и защищено менее половины выполненных работ. Оценка составляет **0 - 8** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **пороговом** уровне, если выполнено не менее шести, из них защищено более половины, работ. Оценка составляет **9 – 12** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен на **базовом** уровне, если все работы выполнены, и не трех из них успешно защищены. Оценка составляет **13 - 16** баллов.

Цикл лабораторных работ считается выполнен **на продвинутом** уровне, если все работы выполнены и успешно защищены в срок, в отчетах приводится анализ полученных результатов. Оценка составляет **17 - 18** баллов.

3. Шкала оценки

Формирование рейтинга студента в ходе выполнения лабораторных работ приведено в таблице. Указано их количество, весовой коэффициент «К», на который следует умножать сумму полученных (или максимально возможных) баллов, а также максимальная (расчетная) сумма баллов за семестр.

Вид учебной деятельности	Выполнение	Отчет	Защита	Сумма баллов за работу (макс)	Кол-во работ	Весовой коэффициент	Макс. сумма за семестр
	баллы				–	–	баллы
Лабораторные работы	1	1	1	3	6	1	18

- Каждая из выполненных, сданных и защищенных *в срок* лабораторных работ оценивается в **6** баллов максимум. Максимальное число баллов за все лабораторные работы: **3 ×6× 1= 18 баллов**.
- За выполнение факультативных пунктов лабораторной работы добавляется **1** балл. Защита и сдача лабораторной работы после срока, небрежность оформления отчета приводят к уменьшению рейтинга на **1÷2** балла (за работу).
- Цикл лабораторных работ считается **выполненным,** если студент набрал не менее 9 баллов из 18 возможных.
- В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример содержания лабораторной работы

Лабораторная работа

НЕЛИНЕЙНЫЕ РЕЗИСТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ЦЕПИ

Цель работы:

1. Экспериментально получить вольт-амперные характеристики нелинейных резистивных элементов.

2. Научиться рассчитывать цепи постоянного тока с нелинейными резистивными элементами.

Объект и средства исследования

Объектом исследования является электрическая цепь с ограничительным резистором $R_{огр} = 220$ Ом, включенным последовательно с лампой накаливания или со стабилитроном, и переменный резистор, подключаемый параллельно нелинейному элементу. Лампа накаливания (СМН-10), стабилитрон (КС456 А) и переменный резистор (СП4-2М 1 кОм) - из набора миниблоков.

Для измерений используются виртуальные вольтметр и амперметр, выведенные на коннектор, или комбинированные цифровые приборы. Значения токов и напряжений также находятся косвенным путем; их рассчитывают с помощью метода эквивалентного источника, используя законы Ома и Кирхгофа.

Исследуемая цепь со стабилитроном, представляет собой параллельный электронный ключ и может быть использована в реальных условиях в качестве простейшего параметрического стабилизатора напряжения или формирователя однополярных импульсов напряжения.

Вместо постоянного напряжения на вход схемы может быть подано синусоидальное напряжение электронного низкочастотного генератора. В этом случае схема будет работать в режиме формирователя однополярных трапецеидальных выходных импульсов.

Общие сведения

Зависимость напряжения элемента электрической цепи от тока $U(I)$ или наоборот $I(U)$ называется его вольтамперной характеристикой.

У линейных резисторов вольтамперная характеристика представляет собой прямую линию $U = RI$ (рис. 27.1). У нелинейных элементов (лампы накаливания, электрическая дуга, диоды, транзисторы и другие электронные приборы) эта зависимость более сложная и часто неоднозначная.

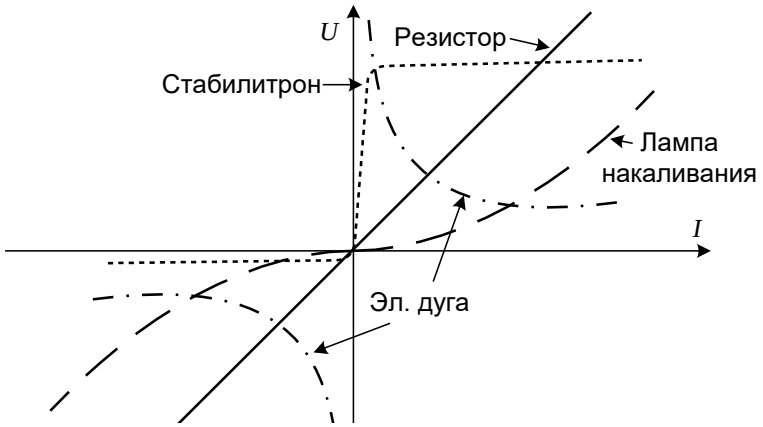

Рис. 27.1

Две принципиальные схемы для снятия вольтамперных характеристик на постоянном токе изображены на рис. 27.2а) и 27.2б). В них используется регулируемый источник постоянного напряжения, а резистор $R_{огр}$ в этих схемах служит для ограничения тока в цепи при малых сопротивлениях исследуемых элементов.

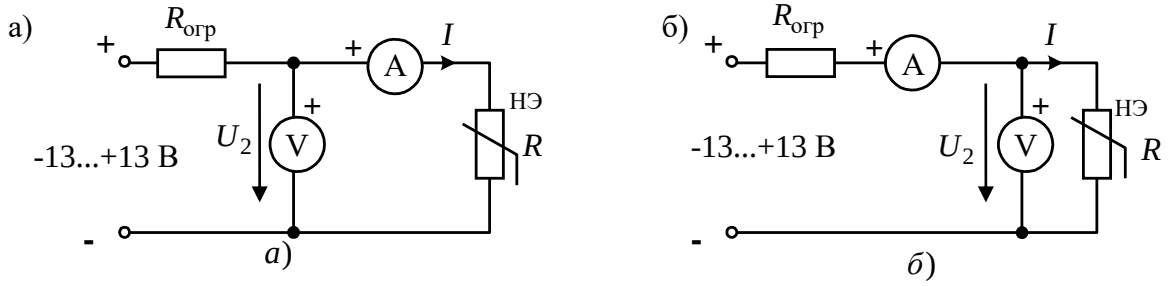

Рис. 27.2

Схема (а) называется схемой измерения с погрешностью по напряжению. Она используется в том случае, когда сопротивление испытуемого элемента велико по сравнению с сопротивлением амперметра. Тогда показание вольтметра близко к напряжению на элементе, хотя фактически он измеряет сумму напряжений на данном элементе и амперметре.

Вторая схема (б) называется схемой измерения с погрешностью по току. Здесь амперметр фактически измеряет сумму токов в данном элементе и вольтметре. Эта схема используется, если сопротивление испытуемого элемента мало по сравнению с сопротивлением вольтметра. Тогда ток вольтметра гораздо меньше тока в испытуемом элементе и им можно пренебречь.

В данной работе по схеме (а) снимаются вольтамперные характеристики лампы накаливания и прямая ветвь характеристики стабилитрона. По схеме (б) снимаются обратная ветвь характеристики стабилитрона.

Рабочее задание

1. Соберите цепь (рис. 27.2.а) для снятия вольтамперной характеристики лампы накаливания. Монтажная схема изображена на рис. 27.3. ***Обратите внимание, что вольтметр и амперметр в этой схеме своими положительными клеммами подключены к точке «А».***
2. Изменяя ток в цепи, как показано в табл. 27.1, запишите в таблицу соответствующие значения напряжения на лампе и на рис. 27.4 постройте график вольтамперной характеристики лампы накаливания.

Т а б л и ц а 27.1

I, мА	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
U, В									

3. Замените лампу накаливания стабилитроном, соблюдая полярность, показанную на рис. 27.3, и снимите его вольтамперную характеристику, устанавливая либо напряжения, либо токи, указанные в табл. 27.2. ***Для увеличения точности при отрицательных напряжениях и токах вольтметр должен быть подключён к точке «В», а при положительных – к точке «А».*** График вольтамперной характеристики стабилитрона постройте также на рис. 27.4. Часть характеристики, соответствующей обратному включению p-n перехода стабилитрона, построить в первом квадранте, а другую ее часть, соответствующую прямому включению – в третьем.

Т а б л и ц а 27.2

I, мА	-40	-20	0					4	10	20	40
U, В				1	2	3	4				

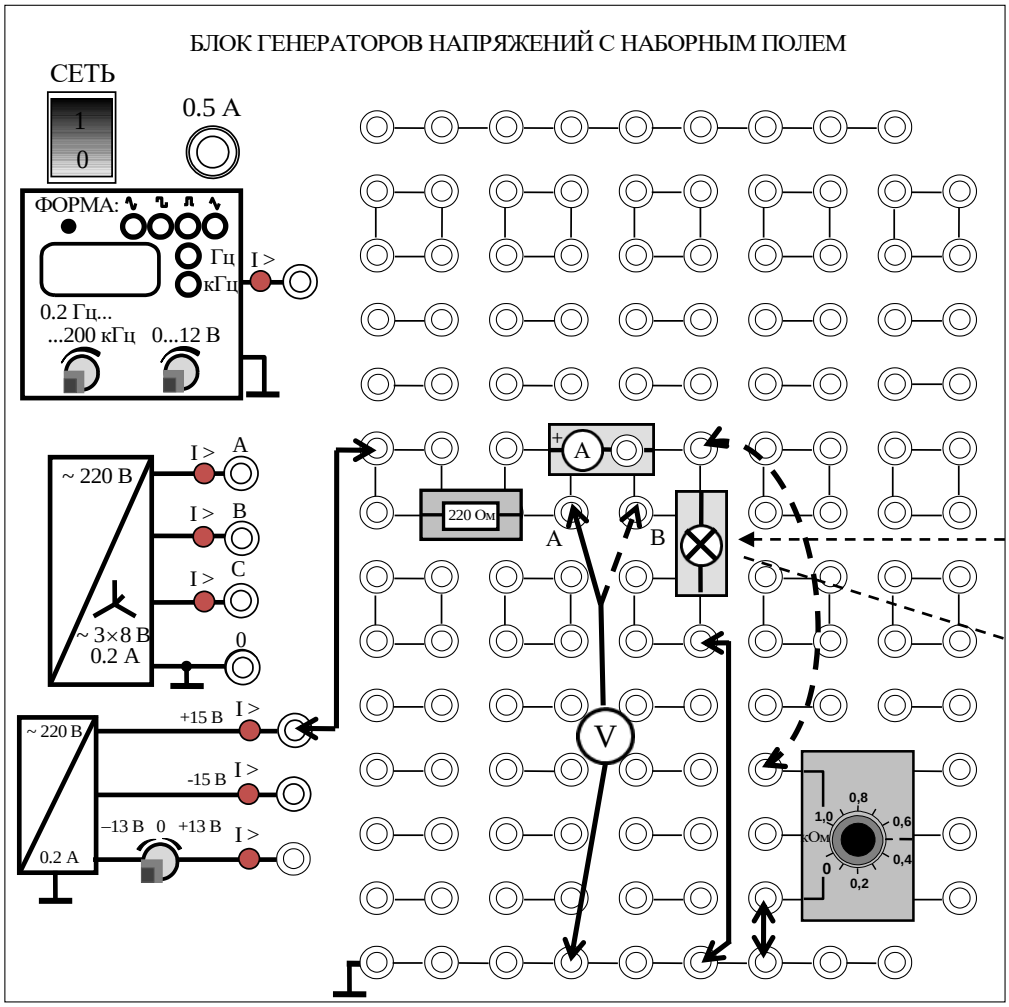

Рис. 27.3

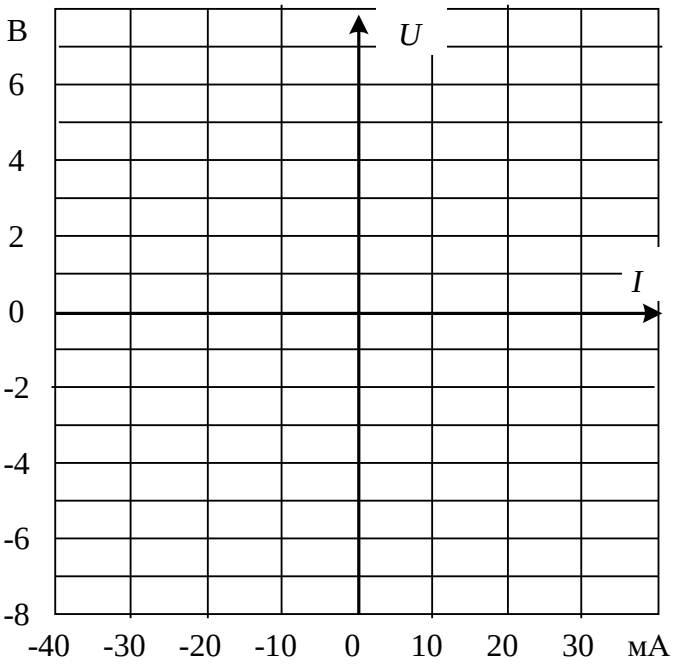

Рис. 27.4

4. В первом квадранте ВАХ стабилитрона построить «опрокинутую» ВАХ токоограничивающего резистора $R_{огр}$ (нагрузочную прямую) для одного из

предыдущих значений входного напряжения, превышающего напряжение электрического пробоя стабилитрона (U > 4 В). Определить из графиков напряжение и ток нелинейного элемента для выбранного напряжения U и сравнить полученный результат с экспериментальными данными.

5. При обратном включении, параллельно к стабилитрону включить нагрузку - переменный резистор, установив его сопротивление в 2 -3 раза превышающим значение $R_{\text{огр}}$.
6. Для входного напряжения, выбранного в п.4, измерить напряжение на нагрузке. Рассчитать остальные параметры нелинейной электрической цепи и результаты занести в таблицу 27.3.

Результаты расчета цепи со стабилитроном Таблица 27.3

$U_{\text{вх}}$	$U_{\text{огр}}$	U_2	$I_{\text{вх}}$	$I_{\text{стаб}}$	$I_{\text{нагр}}$	R_2
В	В	В	мА	мА	мА	Ом

Результаты расчета цепи с лампой накаливания Таблица 27.4

$U_{\text{вх}}$	$U_{\text{огр}}$	U_2	$I_{\text{вх}}$	$I_{\text{лампы}}$	$I_{\text{нагр}}$	R_2
В	В	В	мА	мА	мА	Ом

7. Заменить в схеме стабилитрон на лампу накаливания. Измерить напряжение на лампе накаливания. Рассчитать остальные параметры нелинейной электрической цепи и результаты занести в таблицу 27.4. Сравнить опытные и расчетные данные.
8. Установить в схеме со стабилитроном входное напряжение, на (20 – 25)% превышающее значение $U_{\text{вх}}$ в таблице 27.3. Определить коэффициент стабилизации параметрического стабилизатора под нагрузкой. Этот коэффициент равен изменению напряжения $U_{\text{вх}}$, деленному на изменение напряжения $U_{\text{стаб}}$: $k_{\text{стаб}} = \dfrac{\Delta U_{\text{вх}}}{\Delta U_2}$. Объяснить полученные результаты.
9. Отключить источник постоянного тока. Подать на схему *синусоидальное напряжение с генератора низкой частоты.*
10. С помощью двухлучевого осциллографа измерить входное напряжение и напряжение на стабилитроне.
11. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений в режиме холостого хода и под нагрузкой. Объяснить изменения формы выходного напряжения.

Методические указания и рекомендации

При расчете электрических цепей любой сложности с одним нелинейным элементом наиболее часто используются методы эквивалентного генератора и пересечения характеристик. Суть первого метода.

1. Разрывается ветвь, содержащая нелинейный элемент. Измеряется или рассчитывается напряжение в точках разрыва $U_{\text{хх}}$, которое, в дальнейшем именуется как ЭДС эквивалентного генератора холостого хода $E_{\text{Э}} = U_{\text{хх}}$.
2. Измеряется или рассчитывается сопротивление относительно точек разрыва, которое, в дальнейшем, именуется внутренним сопротивлением эквивалентного источника $R_{\text{Э}} = R_{\text{вх}}$. При расчете схема преобразуется в пассивную, для чего все

источники ЭДС в цепи должны быть закорочены, а источники тока - разорваны. При опытном определении $R_{вх}$ точки разрыва соединяют через амперметр и фиксируют ток короткого замыкания - $I_{кз}$. Тогда $R_{вх} = E_Э / I_{кз}$.

3. Исходная схема заменяется эквивалентной (рис. 27.5). Для расчета тока в ее ветви удобней всего использовать метод пересечения характеристик, который заключается в графическом решении уравнения $U_{нэ} = E_Э - IR_Э$. Правая часть уравнения линейная и представляет собой прямую линию. Применительно к решаемой задаче, метод состоит в следующем.

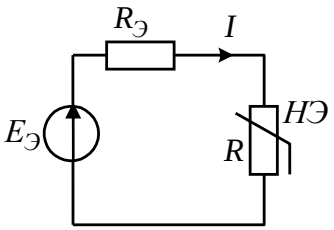

Рис. 27.5

В первом квадранте, где построена ВАХ стабилитрона, полученная при его обратном включении, на оси абсцисс откладывается ток короткого замыкания $I_{кз} = E_Э / R_Э$, а на оси ординат $-E_Э$. Данные точки соединяются прямой, представляющую собой «зеркальную» ВАХ резистивного элемента $R_Э$. Точка пересечения характеристик линейной части уравнения и нелинейного элемента является решением задачи.

Программа домашней подготовки к выполнению работы

1. По учебным пособиям и конспекту лекций повторить или изучить следующие вопросы:

– понятие о линейных и нелинейных резистивных элементах электрических цепей и их характеристиках;

– графические методы анализа нелинейных цепей.

2. Заготовить бланк отчета по работе и миллиметровую бумагу для графиков.

3. В заготовке протокола работы привести контрольные вопросы и ответы на них.

Контрольные вопросы

1. Какие электрические цепи называются нелинейными?

2. Что называется статическим и дифференциальным сопротивлениями нелинейного элемента?

3. Какой участок ВАХ стабилитрона соответствует максимальному, а какой – минимальному дифференциальному сопротивлению?

4. Что называется нагрузочной прямой (кривой) и как она строится?

5. В каком случае и каким образом можно заменить при расчете нелинейное сопротивление линейным сопротивлением и источником ЭДС?

6. В каком случае и каким образом можно заменить при расчете нелинейное сопротивление линейным сопротивлением и источником тока?

7. Чем ограничиваются максимум и минимум входного напряжения в параметрическом стабилизаторе напряжения?

8. Что нужно изменить в исследуемой схеме формирователя импульсов, чтобы получить на выходе импульсы отрицательной полярности?