Лабораторная работа № 9   
  
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ   
В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1 Цель работы

Экспериментальное подтверждение теоретических методов линеаризации и аппроксимации вольтамперных характеристик нелинейных элементов, а также методов расчета цепей постоянного тока при наличии нелинейных элементов.

2 Основные положения теории

***Нелинейными*** ***элементами*** (НЭ) электрической цепи постоянного тока называются такие элементы, у которых зависимость тока от приложенного напряжения является нелинейной, т.е. выражается графиком, отличающимся от прямой линии. Графики *U*(*I*) или *I*(*U*) называют вольт-амперными характеристиками (ВАХ).

Если измерения проводились при постоянных токе и напряжении, то характеристика нелинейного элемента называется *статической*.

Для получения статических характеристик нелинейных элементов необходимо измерить ряд значений постоянного напряжения и постоянного тока в цепи со схемой замещения (рисунок 9.1).

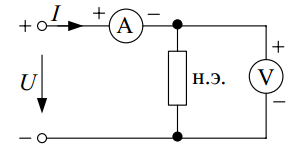


Рисунок 9.1 – Электрическая схема замещения   
для определения вольт-амперной характеристики нелинейного элемента

В зависимости от вида этих характеристик различают НЭ с *симметричной* и *несимметричной* вольт-амперными характеристиками. Нелинейные элементы, у которых ВАХ не зависит от направления тока (или напряжения), называются симметричными. Примером могут служить электрические лампы накаливания. У несимметричных нелинейных элементов ВАХ зависит от направления тока. Примером последних могут служить различные диоды (полупроводниковые). На рисунке 9.2 приведены ВАХ лампы накаливания (симметричная характеристика) и диода (несимметричная характеристика).

Наиболее общим методом расчёта электрических цепей с НЭ является графический. При последовательном соединении двух НЭ через них проходит один и тот же ток, а сумма напряжений на них равна приложенному напряжению. Поэтому суммарную результирующую ВАХ последовательного соединения НЭ можно построить, суммируя напряжения ВАХ обоих НЭ для одного и того же значения тока.

|  |
| --- |
| Описание: Lab14_1  а б  Рисунок 9.2 – ВАХ нелинейных элементов: а – лампы накаливания; б – диода |

При параллельном соединении двух НЭ напряжение на них одно и то же, а ток источника равен сумме токов обоих НЭ. Суммарная ВАХ может быть построена путём сложения токов обоих НЭ при одном и том же значении напряжения.

При анализе смешанного соединения сначала находят ВАХ параллельного соединения *R* и *НЭ2* (на рисунке 9.3, б эта характеристика построена суммированием ординат характеристик *R* и *НЭ2* и обозначается *R*, *НЭ2*). Затем строят общую ВАХ цепи, складывая абсциссы ВАХ параллельного соединения *R*, *НЭ2* и ВАХ *НЭ1*.

|  |
| --- |
| Описание: lab14_2_1Описание: lab14_2_2  а) б)  Рисунок 9.3 – Расчёт цепи с НЭ при смешанном соединении:  а – смешанное соединение НЭ; б – графическое решение |

По полученным характеристикам можно легко определить токи и напряжения всех элементов цепи. Например, по обозначенному на рисунке 9.3, б значению *Е* и характеристикам *НЭ1* и *R*, *НЭ2* можно найти напряжение *U*1 и *UR*,*НЭ2* и т.д.

3 Объекты исследования и оборудование

Объектом исследования являются цепи постоянного тока, содержащие нелинейные элементы: лампа сигнальная, диод и стабилитрон.

В лабораторной работе источником постоянного тока служат два генератора постоянных напряжений из БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВНАПРЯЖЕНИЙ: регулируемый генератор (0…15 В) и нерегулируемый (15 В). Для получения напряжения до 30 В их следует соединять последовательно. Для получения напряжения от 0 до 15 В следует установить тумблер SA1 на источнике 15 В в нижнее положение, а тумблер SA2 на источнике 0…15 В установить в верхнее положение. Для получения напряжения выше 15 В, оба тумблера установить в верхнее положение (рисунок Г.1).

В качестве электроизмерительных приборов используются мультиметры для измерения напряжений и токов.

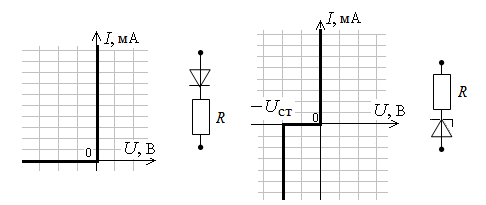
**4 Расчётно-графическая часть**

Входное напряжение для исследуемой цепи (рисунок 9.3) представлено в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № бригады | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *Uвх*, В | 10 | 8 | 6 | 12 | 9 | 7 |

4.1 Нарисовать качественно вольтамперные характеристики нелинейных двухполюсников, содержащих нелинейные элементы *НЭ*1 и *НЭ*2 при *R* = 470 Ом. Напряжение на входе двухполюсников меняется от 0 до ±20 В. ВАХ нелинейных элементов представлены на рисунке 9.4, а и б. (1 клетка соответствует 1 В и 1 мА соответственно).



а) б)

Рисунок 9.4 – Вольтамперные характеристики нелинейных элементов *НЭ*1   
и *НЭ*2 и их схемы включения

5 Экспериментальная часть

5.1 Определение ВАХ лампы накаливания

5.1.1 Собрать схему цепи согласно рисунку Г.1 (приложение Г). В качестве *НЭ*1 выбрать лампу сигнальную, обозначенную в модуле НЕЛИНЕЙНЫЭЛЕМЕНТЫ как *HL*. Установить величину сопротивления *R*1= 10 Ом в блоке МОДУЛЬРЕЗИСТОРОВ.

5.1.2 Предоставить собранную электрическую цепь для проверки преподавателю (или лаборанту).

5.1.3 Включить автоматический выключатель QF БЛОКА ПИТАНИЯ, тумблеры СЕТЬ БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЙ и БЛОКА МУЛЬТИМЕТРОВ.

5.4 Тумблер SA1 на источнике напряжения 15 В ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ (рисунок Г.1, приложение Г) установить в нижнее положение, а тумблер SA2 на источнике напряжения 0…15 В установить в верхнее положение. Установить напряжение на регулируемом генераторе постоянных напряжений *Uвх* = 0. Плавно изменяя регулятором напряжения от 0 до 15 В с шагом 1 В экспериментально получить статическую характеристику *НЭ*1. Все измеренные величины занести в таблицу Г.2 протокола испытаний. Построить на миллиметровой бумаге зависимость *UНЭ1*(*I*) лампы накаливания.

5.2 Определение ВАХ полупроводникового диода

5.2.1 Собрать электрическую цепь согласно схеме, представленной на рисунке Г.2 (приложение Г). Установить величину сопротивления *R*2= 1 кОм в блоке МОДУЛЬРЕЗИСТОРОВ

5.2.2 Предоставить собранную электрическую цепь для проверки преподавателю (или лаборанту).

5.2.3 Включить автоматический выключатель QF БЛОКА ПИТАНИЯ, тумблеры СЕТЬ БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЙ и БЛОКА МУЛЬТИМЕТРОВ.

5.2.4 Тумблер SA1 на источнике напряжения 15 В ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ установить в нижнее положение, а тумблер SA2 на источнике 0…15 В установить в верхнее положение. Установить напряжение на регулируемом генераторе постоянных напряжений *Uвх* = 0.. Плавно изменяя регулятором напряжения от 0 до 15 В с шагом 1 В экспериментально получить статическую характеристику *НЭ2*. Измеренные величины занести в таблицу Г.3 протокола испытаний. Построить на миллиметровой бумаге зависимость .

5.2.5 На миллиметровой бумаге в одной системе координат *I*, *U* построить три графические зависимости *UНЭ1*(*I*), *UНЭ2*(*I*) и *UR3*(*I*). Величину *R*3принять равной 470 Ом.

5.2.6 Рассчитать графо-аналитическим методом токи в ветвях схемы и падения напряжений на каждом элементе, если *НЭ*1 соединен последовательно с параллельно соединенными *НЭ*2 и *R*3 при входном напряжении *Uвх* принятом согласно таблице Г.1. Полученные результаты занести в таблицу Г.4 протокола испытаний.

5.3 Определение результирующей ВАХ смешанной цепи

5.3.1 Собрать электрическую цепь согласно схемы представленной на рисунке Г.3 (приложение Г).

5.3.2 Рукояткой регулируемого источника напряжения (рисунок Г.3) по мультиметру PV1, включённому в режим измерения постоянного напряжения, установить величину *Uвх* согласно таблице Г.1.

5.3.3 Измерить токи в ветвях схемы и падения напряжений между точками *ac* и *сd* (рисунок Г.3). Для измерения токов использовать мультиметр PА1 включенный в режим измерения постоянного тока, поочередно подключая его в разрыв соответствующих ветвей, и мультиметр PV2, включенный в режим измерения постоянного напряжения, подключая его к точкам *ac* и *сd*. Полученные результаты занести в таблицу Г.5 протокола испытаний.

5.4 Определение ВАХ параметрического стабилизатора напряжений

5.4.1 Собрать схему параметрического стабилизатора напряжения, представленную на рисунке Г.4, подключив входные зажимы цепи к регулируемому источнику постоянного напряжения. Установить величину балластного сопротивления *Rб* = 220 Ом.

5.4.2 Плавно изменяя регулятором входное напряжение *Uвх* от 0 до 20 В с шагом 1,0 В (по мультиметру PV1), измерить величину тока *i* (по мультиметру PA1) и соответствующее ему выходное напряжение *Uвых* (по мультиметру PV2) при *Rн* = ∞. Результаты измерений занести в таблицу Г.6.

5.4.3 Установить величину сопротивления нагрузки *Rн* = 1 кОм и повторить измерения согласно п.5.4.2. Результаты измерений занести в таблицу Г.7.

5.4.4 Согласовать полученные результаты измерений с преподавателем и утвердить протокол испытаний. Выключить автоматический выключатель QF БЛОКА ПИТАНИЯ и тумблеры СЕТЬ БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ И БЛОКА МУЛЬТИМЕТРОВ.

5.4.5 По результатам таблиц Г.6 и Г.7 построить:

- ВАХ стабилитрона *Uвых*(*I*) при *Rн* = ∞;

- в одной системе координат графические зависимости *Uвых*(*Uвх*) в режиме холостого хода (при *Rн* = ∞) и в режиме нагрузки (при *Rн* = 1 кОм).

6 Содержание отчёта

Отчет должен содержать титульный лист установленного образца (приложение А), цель работы, схемы исследуемых электрических цепей, таблицы результатов полученных измерений и выполненных расчётов, ВАХ элементов в соответствующих координатных осях, выводы по работе.

7 Контрольные вопросы

1. Что такое «нелинейный элемент» в электрической цепи?

2. Привести примеры нелинейных элементов электрических цепей и их вольтамперных характеристик.

3. Почему для нелинейной цепи удобен графический способ анализа?

4. Справедливы ли для нелинейных цепей законы Кирхгофа?

5. Как построить ВАХу последовательного соединения нелинейных элементов?

6. Как построить ВАХ характеристику параллельного соединения нелинейных элементов?