

“ЛИНЕЙНЫЙ РЕЗИСТИВНЫЙ ДВУХПОЛЮСНИК”

1. Цель работы:

исследовать электрические свойства резистивного двухполюсника и определить параметры его линейных схемных моделей.

2. Теоретические сведения

Электрические свойства резистивного двухполюсника можно определить по его вольт-амперной характеристике. Резистивный двухполюсник называется линейным, если его вольт-амперная характеристика близка к прямой линии (см. рис. 2.1).

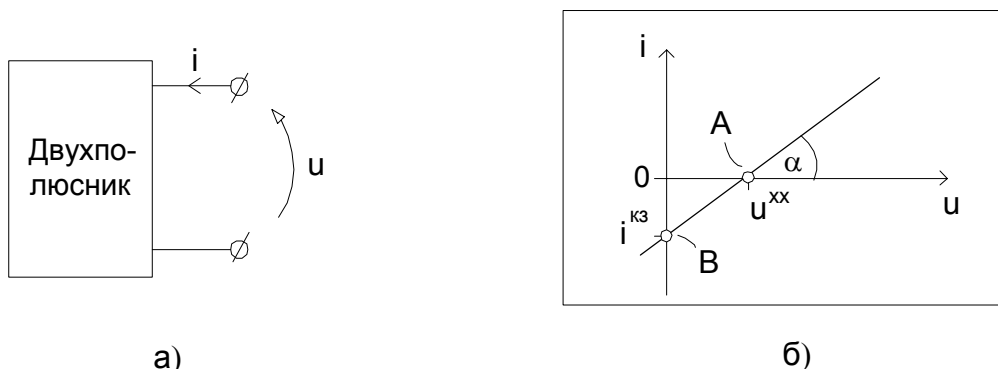


Рис. 2.1. Резистивный двухполюсник: а) условное изображение в виде “черного ящика”; б) линейная вольт-амперная характеристика.

Точки пересечения вольт-амперной характеристики с координатными осями являются особыми точками. Их координаты имеют следующую физическую интерпретацию:

- **Точка А:** двухполюсник находится в режиме холостого хода, его полюсный ток i равен нулю, а полюсное напряжение u - напряжению холостого хода u^{xx} . Режим холостого хода возникает тогда, когда к полюсам двухполюсника нагрузка не подключена.
- **Точка В:** двухполюсник находится в режиме короткого замыкания, его полюсное напряжение u равно нулю, а полюсный ток i равен току короткого замыкания $i^{kз}$. Режим короткого замыкания возникает при взаимном соединении (замыкании) полюсов двухполюсника.

Вольт-амперную характеристику (ВАХ) линейного двухполюсника можно аппроксимировать прямой линией, уравнение которой имеет следующий вид:

$$i = g_3 u + j_3. \quad (2.1)$$

Уравнение содержит два параметра g_3 и j_3 , значение которых можно определить по вольт-амперной характеристике следующим образом:

$$g_3 = \frac{di}{du} = [tg(\alpha)] \frac{m_i}{m_u} = - \frac{i^{kз}}{u^{xx}}; \quad (2.2)$$

$$j_{\mathfrak{z}} = i|_{u=0} = i^{\text{кз}}, \quad (2.3)$$

где m_u , m_i - масштаб по осям напряжения и тока соответственно.

Выразив в соотношении (2.1) напряжение через ток, получим другое уравнение вольт-амперной характеристики:

$$u = \frac{1}{g_{\mathfrak{z}}} i - \frac{j_{\mathfrak{z}}}{g_{\mathfrak{z}}} = r_{\mathfrak{z}} i + e_{\mathfrak{z}}, \quad (2.4)$$

параметры которого $r_{\mathfrak{z}} = 1/g_{\mathfrak{z}}$ и $e_{\mathfrak{z}} = -j_{\mathfrak{z}}/g_{\mathfrak{z}}$ можно определить и непосредственно по вольт-амперной характеристике:

$$r_{\mathfrak{z}} = \frac{du}{di} = [\text{ctg}(\alpha)] \frac{m_u}{m_i} = - \frac{u^{\text{xx}}}{i^{\text{кз}}}; \quad (2.5)$$

$$e_{\mathfrak{z}} = u|_{i=0} = u^{\text{xx}}. \quad (2.6)$$

Параметр $r_{\mathfrak{z}}$ называется эквивалентным сопротивлением линейного двухполюсника, а параметр $g_{\mathfrak{z}}$ - его эквивалентной проводимостью. Они определяют угол наклона ВАХ (угол α на рис. 2.1б).

По уравнению (2.1) можно построить схемную модель линейной резистивной цепи, называемую схемой Нортон, или эквивалентным источником тока (см. рис. 2.2а). По уравнению (2.4) строят схемную модель, называемую схемой Тевенена, или эквивалентным источником напряжения (см. рис. 2.2б).

Величина тока, напряжения и мощности в нагрузке, подключенной к двухполюснику, зависит как от параметров модели двухполюсника, так и от сопротивления нагрузки $r_{\text{н}}$. Связь между параметрами модели, сопротивлением нагрузки, током и напряжением на нагрузке характеризуется соотношениями (2.7), (2.8) (см. рис. 2.3).

Из соотношений (2.7), (2.8) следует, что режим холостого хода резистивного двухполюсника (см. точку А на рис. 2.1б) возникает при $r_{\text{н}} \rightarrow \infty$, а режим короткого замыкания (см. точку В на рис. 2.1б) возникает при $r_{\text{н}} = 0$. Из этих же соотношений следует, что при согласованной нагрузке $r_{\text{н}} = r_{\mathfrak{z}}$ полюсный ток и полюсное напряжение на нагрузке численно равны половине значения соответственно тока короткого замыкания и напряжения холостого хода линейного резистивного двухполюсника.

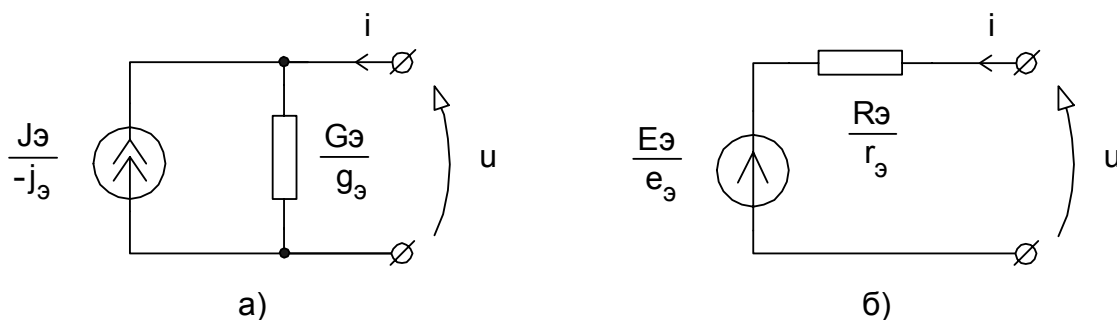
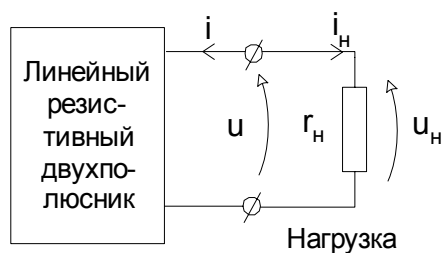


Рис. 2.2. Схемные модели линейного резистивного двухполюсника:
а) схема Нортон; б) схема Тевенена.



а)

$$u_H = e_{\mathcal{E}} \frac{r_H}{r_H + r_{\mathcal{E}}} = \frac{-j_{\mathcal{E}}}{g_H + g_{\mathcal{E}}}; \quad (2.7)$$

$$i_H = \frac{e_{\mathcal{E}}}{r_H + r_{\mathcal{E}}} = -j_{\mathcal{E}} \frac{g_H}{g_H + g_{\mathcal{E}}}. \quad (2.8)$$

б)

Рис. 2.3. а) линейный резистивный двухполюсник с нагрузкой (r_H - сопротивление нагрузки); б) формулы для расчета тока и напряжения на нагрузке.

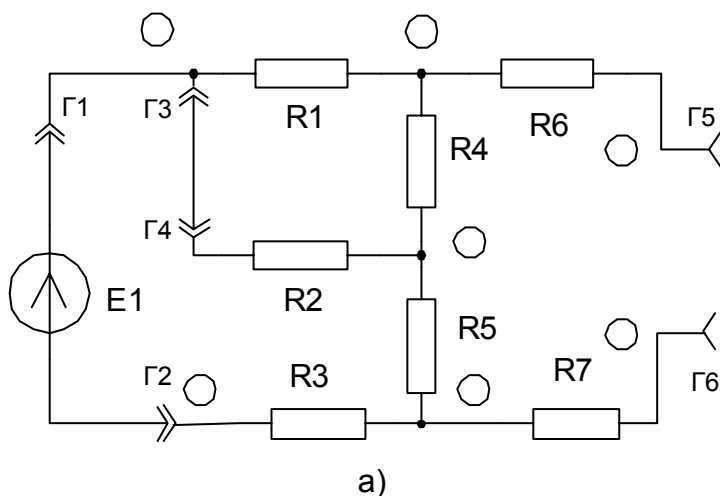
3. Задание для самоподготовки

Начертить в протоколе лабораторной работы электрическую схему исследуемой цепи, изображенную на рис. 2.4а (Г5, Г6 - гнезда цепи, к которым подключается нагрузка) и обозначить узлы схемы. Представить схему в виде двухполюсного “черного ящика” и обозначить узлы, соответствующие полюсам двухполюсника (см. рис. 2.4б). Обозначить направление полюсного тока i и полюсного напряжения u двухполюсника, обратив внимание на согласованность выбранных направлений тока и напряжения.

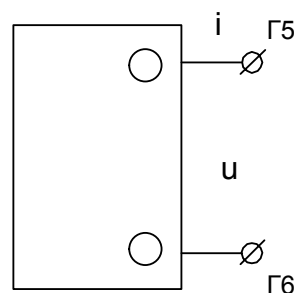
Начертить в протоколе таблицы и координатные оси, необходимые для занесения экспериментальных данных и построения графиков. Ознакомиться с программой выполнения лабораторной работы и изучить соответствующий теоретический материал раздела “Линейные резистивные схемы”. Убедиться в готовности к выполнению лабораторной работы, дав ответы на все вопросы, приведенные в разделе “Контрольные вопросы”.

4. Контрольные вопросы

1. Какие схемы называются линейными?
2. Какие схемы называются резистивными?
3. Какая связь между компонентным уравнением и вольт-амперной характеристикой двухполюсника?
4. Что такое “линейный двухполюсник”?



а)



б)

Рис. 2.4. Исследуемый двухполюсник: а) электрическая схема двухполюсника; б) представление двухполюсника в виде “черного ящика”.

-
5. Чем отличается режим холостого хода от режима короткого замыкания двухполюсника?
 6. Сформулировать теорему об эквивалентном источнике.
 7. Какой физический смысл параметров схемы Тевенена (схемы Нортон)?
 8. Как по вольт-амперной характеристике линейного двухполюсника определить параметры эквивалентного источника тока (напряжения)?
 9. Что произойдет с вольт-амперной характеристикой линейного двухполюсника при увеличении его внутреннего сопротивления?
 10. Как изменится вольт-амперная характеристика двухполюсника рис. 2.4, если сопротивление R_6 увеличить в два раза?
 11. Что такое “согласованная нагрузка” двухполюсника?
 12. Во сколько раз отличается напряжение холостого хода двухполюсника от напряжения на согласованной нагрузке и почему?
 13. Во сколько раз отличается ток короткого замыкания двухполюсника от тока через согласованную нагрузку и почему?
 14. Записать уравнение вольт-амперной характеристики эквивалентного источника тока (схема Нортон).
 15. Записать уравнение вольт-амперной характеристики эквивалентного источника напряжения (схема Тевенена).

5. Программа работы

- 5.1. Собрать цепь по схеме, приведенной на рис. 2.4, не подключая источник напряжения E_1 . Установить напряжение на регулируемом источнике постоянного напряжения в пределах (5-10)В, измерив величину установленного напряжения внешним вольтметром. Подключить источник к гнездам Г1, Г2 исследуемой цепи в качестве источника E_1 (см. рис. 2.4). Убедиться в соблюдении полярности подключения источника. Указать напряжение источника E_1 и сопротивление резисторов на рис. 2.4а.
- 5.2. Снять и изобразить на плоскости рис. 2.5 вольт-амперную характеристику исследуемого двухполюсника. Для этого подключить второй регулируемый источник постоянного напряжения (назовем его E_2) к гнездам Г5, Г6 исследуемой цепи. Убедиться в том, что полярность подключения источника напряжения E_2 соответствует обозначенному направлению полюсного напряжения исследуемого двухполюсника (см. рис. 2.4б). Изменяя напряжение источника E_2 измерить значения полюсных тока и напряжения исследуемого двухполюсника¹ и занести в табл. 2.1.
- 5.3. Измерить напряжение холостого хода и ток короткого замыкания исследуемого двухполюсника, предварительно отключив источник E_2 от гнезд Г5, Г6. По измеренным значениям определить параметры схемных моделей линейного двухполюсника и занести в табл. 2.2.
- 5.4. Подключить магазин сопротивлений как нагрузку исследуемого двухполюсника. Изменяя сопротивление магазина построить зависимость полюсного тока нагрузки от сопротивления нагрузки (рис. 2.6). Используя график найденной зависимости, определить параметры схемных моделей исследуемого двухполюсника и занести в табл. 2.2.

1. Обратить внимание на требуемую полярность подключения амперметра и вольтметра при измерении полюсного тока i и напряжения u исследуемого двухполюсника (см. лаб. работу №1). Чтобы полюсное напряжение u стало отрицательным, необходимо изменить полярность подключения источника E_2 на противоположную.

- 5.5. Изменяя сопротивление магазина, построить зависимость полюсного напряжения нагрузки от сопротивления нагрузки (рис. 2.7). Используя график найденной зависимости, определить параметры схемных моделей исследуемого двухполюсника и занести в табл. 2.2.
- 5.6. Рассчитать и занести в табл. 2.2 усредненные значения параметров, полученных по результатам выполнения п.п.5.2-5.5. Изобразить схемные модели исследуемого двухполюсника на рис. 2.8, указав номиналы компонентов и полюсы схемных моделей, соответствующие гнездам Г5, Г6 исследуемой цепи.
- 5.7. Записать уравнение вольт-амперной характеристики эквивалентного источника напряжения, используя усредненные значения параметров. Построить на плоскости рис. 2.5 вольт-амперную характеристику исследуемого двухполюсника по уравнению ВАХ.

6. Результаты экспериментов

Таблица 2.1. Полюсные напряжения и токи исследуемого двухполюсника, подключенного к источнику E2 (п. 5.2).

u []							
i []							

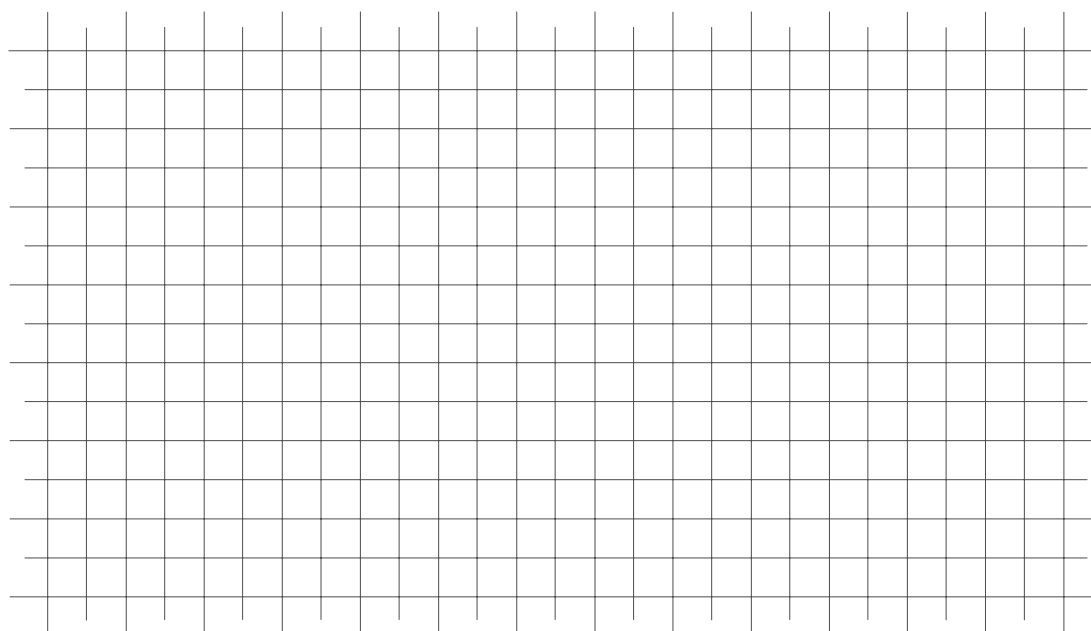


Рис. 2.5. Вольт-амперная характеристика исследуемого двухполюсника: а) построенная по результатам непосредственных измерений полюсных тока и напряжения (п.5.2), б) построенная по усредненному компонентному уравнению схемной модели (п.5.7).

Таблица 2.2. Параметры эквивалентных источников, определенные при выполнении различных пунктов программы.

Параметр	пункт 5.2.	пункт 5.3.	пункт 5.4.	пункт 5.5.	пункт 5.6.
e_3 []					
r_3 []					
j_3 []					

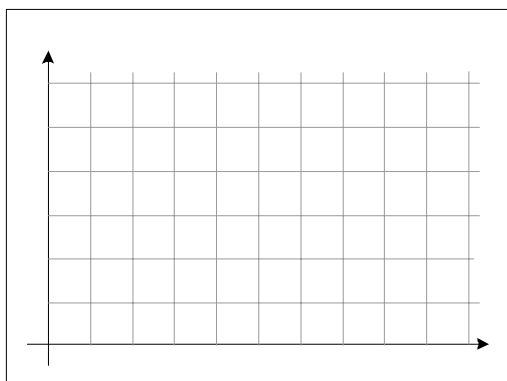


Рис. 2.6. Зависимость тока нагрузки двухполюсника от величины сопротивления нагрузки (п.5.4).

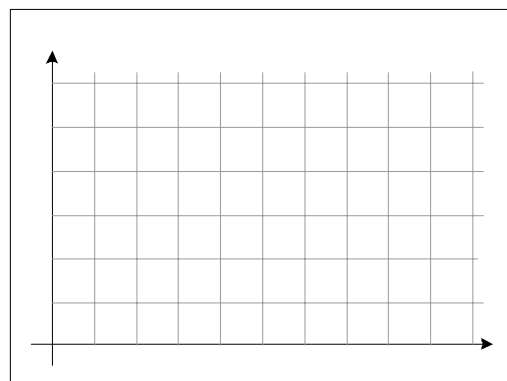


Рис. 2.7. Зависимость напряжения на нагрузке двухполюсника от величины сопротивления нагрузки (п.5.5).

а)

б)

*Рис. 2.8. Схемные модели исследуемого двухполюсника и их параметры:
а) эквивалентный источник напряжения (схема Тевенена),
б) эквивалентный источник тока (схема Нортон).*

7. Выводы