

## Индивидуальное домашнее задание № 2

ИДЗ № 2 выполняется на тему «Нелинейные магнитные и электрические цепи».

Задание состоит из трех задач:

2.1 – расчет нелинейной электрической цепи постоянного тока графоаналитическим методом;

2.2 – расчёт магнитной цепи;

2.3 – расчет нелинейной электрической цепи переменного тока по характеристикам для действующих значений.

### Задача 2.1

Согласно номеру своего варианта и заданным в табл. 2.4 параметрам требуется изобразить схему нелинейной цепи постоянного тока, для чего необходимо подключить к зажимам **ab** источника (рис. 2.5) соответствующую часть схемы, состоящую из двух нелинейных элементов и линейного резистора (рис. 2.6). Вольтамперные характеристики нелинейных элементов **1** и **2** заданы на рис. 2.7.

Для полученной схемы необходимо рассчитать токи в ветвях и напряжения на нелинейных элементах;

По найденным рабочим точкам заменить нелинейные элементы статическими сопротивлениями и рассчитать баланс активных мощностей. Погрешность расчета для графического решения не должна превышать 3 %.

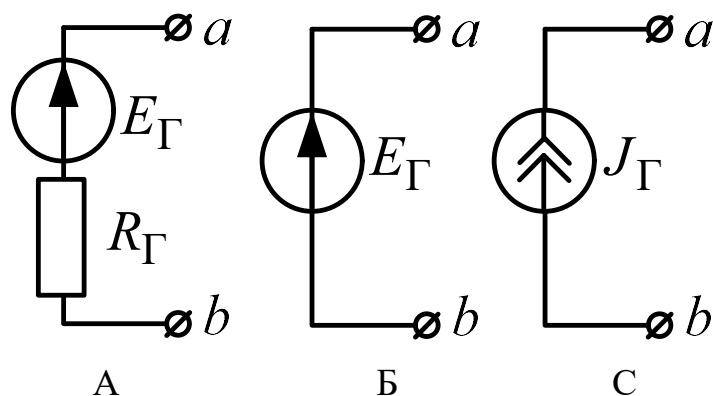


Рис. 2.5

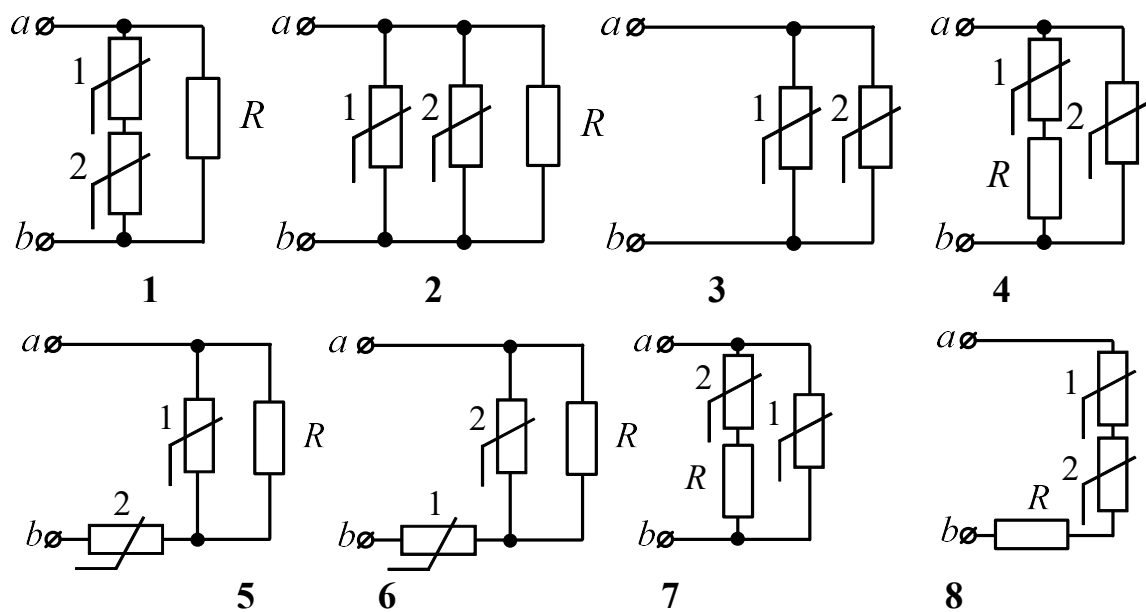


Рис. 2.6

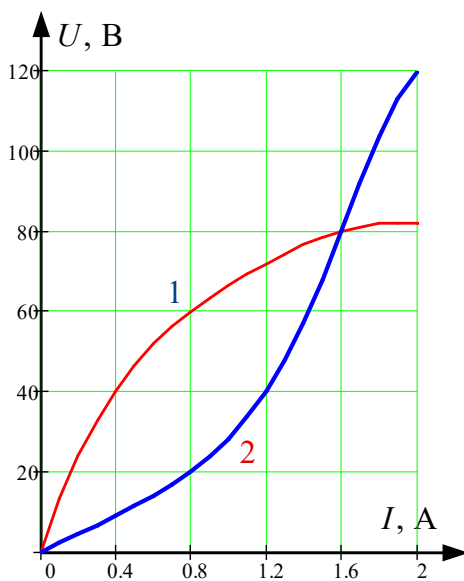


Рис. 2.7

Таблица 2.4

№ вар-та	$E_{\Gamma}$ , В	$R_{\Gamma}$ , Ом	$J_{\Gamma}$ , А	$R$ , Ом	Схема источника	Схема нелин. цепи
1	100	50	—	50	А	1
2	80	40	—	50	А	2
3	60	—	—	50	В	3
4	—	—	1,6	50	С	4
5	100	—	—	50	В	5

№ вар-та	$E_{\Gamma}$ , В	$R_{\Gamma}$ , Ом	$J_{\Gamma}$ , А	$R$ , Ом	Схема источника	Схема нелин. цепи
6	–	–	1,2	50	С	6
7	120	60	–	50	А	7
8	120	60	–	25	А	8
9	–	–	1,2	200	С	1
10	–	–	1,6	200	С	2
11	40	–	–	25	В	3
12	100	50	–	25	А	4
13	80	40	–	200	А	5
14	80	–	–	100	В	6
15	–	–	0,8	25	С	7
16	100	50	–	30	А	8
17	120	60	–	200	А	1
18	100	50	–	100	А	2
19	100	62,5	–	30	А	3
20	80	40	–	30	А	4
21	100	50	–	100	А	5
22	120	60	–	200	А	6
23	80	40	–	30	А	7
24	80	40	–	50	А	8
25	100	50	–	100	А	1

### Методические указания к решению задачи 2.1

При расчете цепей постоянного тока, содержащих нелинейные элементы, применяются графоаналитические методы сложения вольт-амперных характеристик (ВАХ), основанные на законах Кирхгофа. Для этого нелинейные элементы задаются в виде статических вольтамперных характеристик  $U(I)$  или  $I(U)$ .

Сложение ВАХ при последовательном соединении нелинейных элементов производится вдоль оси напряжения при одинаковых значениях тока на основании второго закона Кирхгофа:

$$U(I) = \sum_{k=1}^n U_k(I),$$

и, соответственно, при параллельном соединении – вдоль оси тока при одинаковых значениях напряжения:

$$I(U) = \sum_{k=1}^n I_k(U).$$

Для проверки правильности расчета, нелинейный элемент в окрестности рабочей точки заменяется статическим сопротивлением или дифференциальными параметрами, осуществляется расчет линейной части схемы и составляется баланс мощности.

### Пример 8

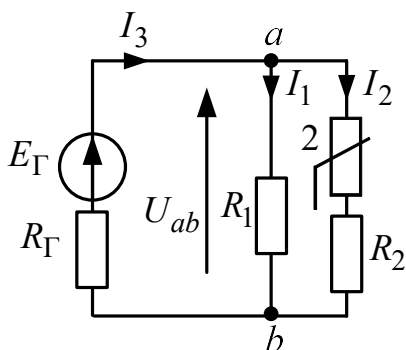


Рис. 2.8

Для схемы, изображенной на рис. 2.8, определить токи в ветвях, напряжения на резистивных элементах, заменить нелинейный элемент статическим сопротивлением и рассчитать баланс мощности. Вольтамперная характеристика нелинейного элемента **2** –  $U_2(I_2)$  задана на рис. 2.7. Параметры схемы:  $E_Г = 100$  В,  $R_Г = 50$  Ом,  $R_1 = 75$  Ом,  $R_2 = 16,66$  Ом.

### Решение

Графическое решение задачи показано на рис. 2.9.

Используя закон Ома  $U = I \cdot R$  и задавая два значения тока  $I$ , строим вольтамперные характеристики для линейных резисторов  $R_1$  и  $R_2$  –  $U_{R1}(I_1)$  и  $U_{R2}(I_2)$ ;

Задаваясь несколькими значениями тока, складываем ВАХ  $U_2(I_2)$  и  $U_{R2}(I_2)$  вдоль оси напряжения по второму закону Кирхгофа и получаем ВАХ  $U_{ab}(I_2) = U_2(I_2) + U_{R2}(I_2)$ ;

Задаваясь несколькими значениями напряжения, складываем ВАХ  $I_1(U_{R1})$  и  $I_2(U_{ab})$  вдоль оси тока и получаем ВАХ  $I_3(U_{ab}) = I_1(U_{R1}) + I_2(U_{ab})$ ;

Строим линейную внешнюю характеристику генератора  $U_{ab}(I_3) = E_Г - I_3 \cdot R_Г$ ;

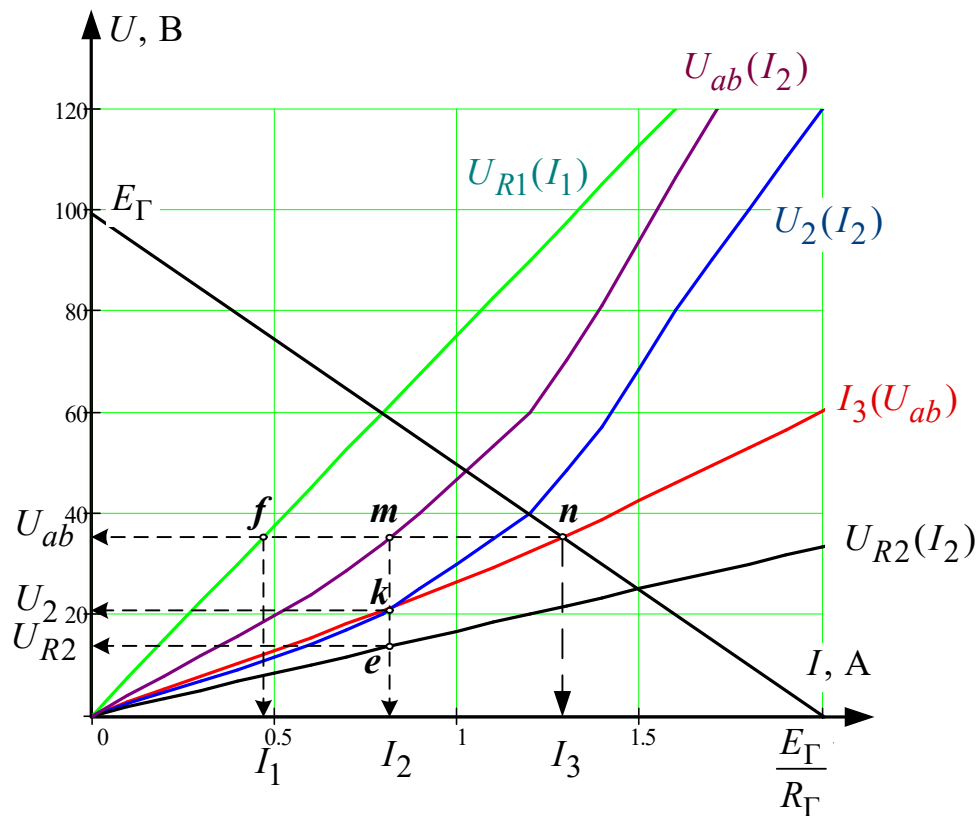


Рис. 2.9

На пересечении внешней характеристики генератора и ВАХ  $I_3(U_{ab})$  получаем рабочую точку **n**, которая дает величину тока  $I_3 = 1,3 \text{ A}$ , а также значение напряжения  $U_{ab} = 35,23 \text{ В}$ ;

Напряжение  $U_{ab}$  на пересечении с ВАХ  $U_{ab}(I_2)$  определяет рабочую точку **m**, откуда определяем величину тока  $I_2 = 0,83 \text{ A}$ , а в рабочей точке **f** на пересечении с ВАХ  $U_{R1}(I_1)$  – величину  $I_1 = 0,47 \text{ A}$ .

Ток  $I_2$  на пересечении с ВАХ  $U_2(I_2)$  дает значение  $U_2 = 21,43 \text{ В}$  в точке **k**, а на пересечении с  $U_{R2}(I_2)$  в точке **e** – значение напряжения  $U_{R2} = 13,8 \text{ В}$ .

Определяем статическое сопротивление нелинейного элемента **2** для рабочей точки **k**.

$$R_{CT2} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{21,43}{0,83} = 25,9 \text{ Ом}.$$

Составляем баланс мощности. Мощность источника:

$$P_{И} = E_{\Gamma} \cdot I_3 = 100 \cdot 1,3 = 130 \text{ Вт}.$$

Потребляемая мощность:

$$P_{\Pi} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot (R_2 + R_{CT_2}) + I_3^2 \cdot R_3 = 0,47^2 \cdot 75 + \\ + 0,83^2 \cdot (16,66 + 25,9) + 1,3^2 \cdot 50 = 130,4 \text{ Вт.}$$

Проверяем погрешность расчета:

$$\partial_P = \frac{|P_{\text{И}} - P_{\Pi}|}{P_{\text{И}}} \cdot 100 \% = \frac{|130 - 130,4|}{130} \cdot 100 \% = 0,3 \% \leq 3 \%.$$