

Индивидуальное домашнее задание № 2

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

Задание состоит из трех задач:

2.1 – расчёт магнитной цепи;

2.2 – расчет нелинейной электрической цепи постоянного тока графоаналитическим методом;

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

Задача 2.3

Для заданного графа электрической цепи (рис. 2.10) изобразить расчетную схему нелинейной цепи переменного тока в соответствии с номером своего варианта (табл. 2.5) и в соответствии с номерами ветвей изображенных на рис. 2.11.

Задавая пять значений тока через равные интервалы (исключая нулевое значение) по вольтамперной характеристике нелинейного элемента, снятой для действующих значений тока и напряжения (рис. 2.12), определить напряжение на нелинейном элементе, а при помощи фазоамперной характеристики (рис. 2.13) определить сдвиг фазы между напряжением и током.

Рассчитать и построить зависимость, указанную в табл. 2.5 для действующих значений напряжения U_{ab} (расчет вести в комплексной форме).

Для одного из значений тока нелинейного элемента по результатам расчета п. 3 построить векторную диаграмму токов, совмещенную с топографической диаграммой напряжений.

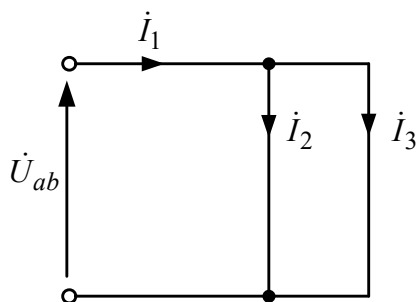


Рис. 2.10

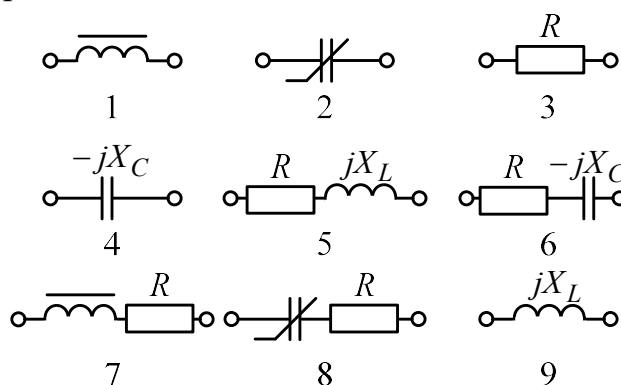


Рис. 2.11

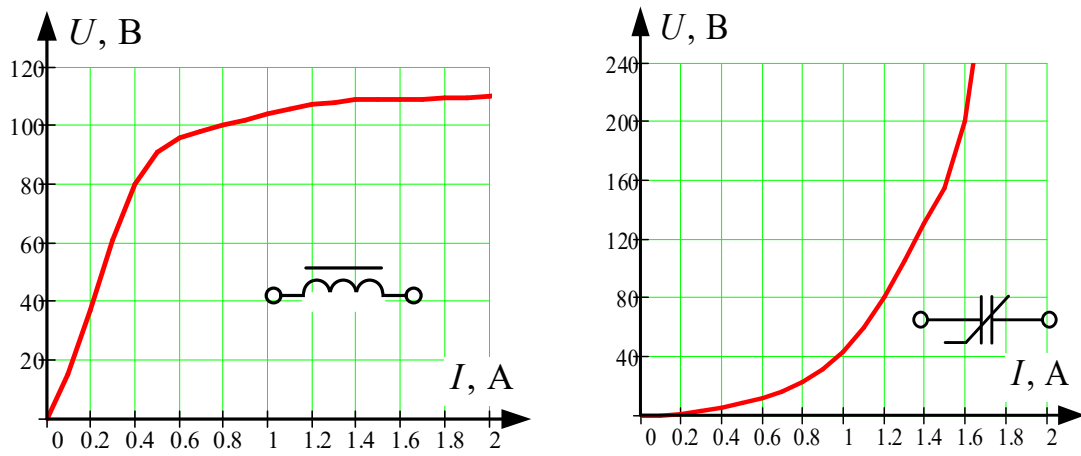


Рис. 2.12

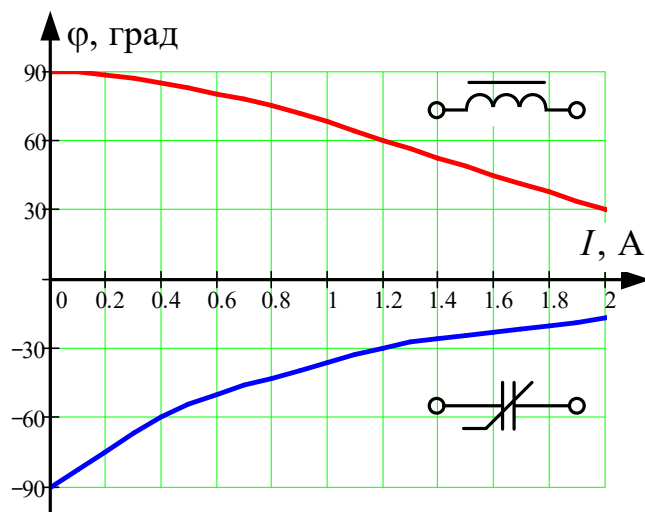


Рис. 2.13

Таблица 2.5

№ вар-та	$bd(I_1)$	$ad(I_2)$	$ad(I_3)$	$R(\text{Ом})$	$X_L(\text{Ом})$	$X_C(\text{Ом})$	Построить
1	1	4	3	90	–	100	$U_{ab}(I_1)$
2	4	1	3	100	–	90	$U_{ab}(I_3)$
3	3	1	4	80	–	100	$U_{ab}(I_2)$
4	6	1	3	100	–	120	$U_{ab}(I_1)$
5	7	4	3	50	–	120	$U_{ab}(I_2)$
6	2	9	3	50	60	–	$U_{ab}(I_2)$
7	9	2	3	100	60	–	$U_{ab}(I_1)$
8	3	2	9	100	100	–	$U_{ab}(I_2)$
9	5	2	3	50	50	–	$U_{ab}(I_1)$
10	8	9	3	50	100	–	$U_{ab}(I_3)$
11	1	6	3	100	–	100	$U_{ab}(I_2)$
12	4	7	3	100	–	100	$U_{ab}(I_1)$
13	7	6	3	100	–	100	$U_{ab}(I_3)$
14	2	5	3	100	100	–	$U_{ab}(I_3)$
15	8	5	3	100	100	–	$U_{ab}(I_2)$
16	9	8	3	100	100	–	$U_{ab}(I_2)$
17	1	4	3	100	–	80	$U_{ab}(I_3)$
18	4	1	3	80	–	100	$U_{ab}(I_2)$
19	3	1	4	100	–	80	$U_{ab}(I_1)$
20	6	1	3	120	–	100	$U_{ab}(I_2)$
21	7	4	3	100	–	50	$U_{ab}(I_3)$
22	2	9	3	80	50	–	$U_{ab}(I_1)$
23	9	2	3	60	80	–	$U_{ab}(I_2)$
24	3	2	9	80	120	–	$U_{ab}(I_1)$
25	5	2	3	60	80	–	$U_{ab}(I_2)$

Методические указания к решению задачи 2.3

В цепях переменного тока, содержащих безинерционные нелинейные элементы формы кривых тока и напряжения как правило несинусоидальны, поэтому при расчетах таких цепей реальные кривые $u(t)$ и $i(t)$ заменяются эквивалентными синусоидами с тем же периодом, теми же действующими значениями U , I и с таким углом сдвига фаз ϕ , который обеспечивает получение той же активной мощности, что и при несинусоидальном воздействии. При расчетах методом эквивалентных синусоид цепей может быть использован символический метод. Порядок расчета при этом следующий:

Произвольно задаются действующим значением тока нелинейного элемента;

По вольтамперной характеристике определяют напряжение, а по фазоамперной характеристике – сдвиг по фазе между эквивалентными синусоидами напряжения и тока нелинейного элемента;

Используя символический метод, производится расчет линейной части цепи и определяются остальные токи и напряжения.

Пример 9

Для схемы, изображенной на рис. 2.14, содержащей нелинейную индуктивность, которая задана вольтамперная характеристикой для действующих значений (рис. 2.12), и фазоамперной характеристикой (рис. 2.13) с параметрами линейной части схемы:

$R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 50$ Ом, $X_C = 100$ Ом, выполнить следующее:

Построить зависимость $U_{ab}(I_2)$;

Для одного из значений тока I_2 построить векторную диаграмму токов, совмещенную с топографической диаграммой напряжений.

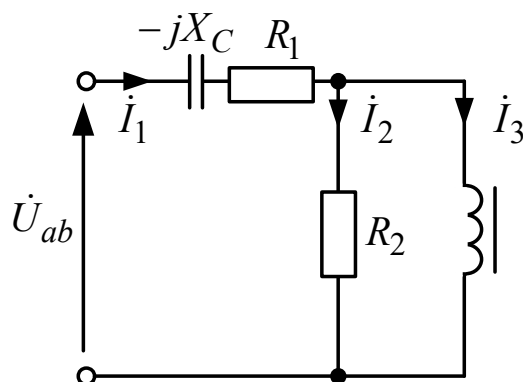


Рис. 2.14

Решение

Задаем значение тока $I_3 = 0,4$ А; по рис. 2.12 и рис. 2.13 определяем $U_3 = 80$ В, $\varphi_3 = 85^\circ$ или в комплексной форме –
 $\dot{U}_3 = 80 \cdot e^{j85^\circ} = 6,97 + j79,7$ В.

По закону Ома определяем:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_3}{R_2} = \frac{80 \cdot e^{j85^\circ}}{50} = 1,6 \cdot e^{j85^\circ} = 0,14 + j1,59 \text{ А.}$$

По первому закону Кирхгофа определим:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0,14 + j1,59 + 0,4 = 0,54 + j1,59 = 1,68 \cdot e^{j71,3^\circ} \text{ А.}$$

По закону Ома получим:

$$\dot{U}_{R1} = \dot{I}_1 \cdot R_1 = 1,68 \cdot e^{j71,3^\circ} \cdot 100 = 168 \cdot e^{j71,3^\circ} = 53,86 + j159,1 \text{ В;}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_C &= \dot{I}_1 \cdot (-jX_C) = 1,68 \cdot e^{j71,3^\circ} \cdot 100 \cdot e^{-j90^\circ} = 168 \cdot e^{-j18,7^\circ} = \\ &= 159,1 - j53,86 \text{ В.} \end{aligned}$$

По второму закону Кирхгофа определяем входное напряжение:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{ab} &= \dot{U}_3 + \dot{U}_{R1} + \dot{U}_C = 6,97 + j79,7 + 53,86 + j159,1 + 159,1 - j53,86 = \\ &= 219,93 + j184,94 = 287,35 \cdot e^{j40^\circ} \text{ В,} \end{aligned}$$

аналогично ведется расчет для других значений тока нелинейного элемента I_3 , результаты расчета приведены в таблице:

$I_3, \text{А}$	0,4	0,8	1,2	1,6	2
$I_2, \text{А}$	1,6	2	2,1	2,16	2,2
$U_{ab}, \text{В}$	287,35	384,6	462	559,78	630,3

По полученным данным строим зависимость $U_{ab}(I_2)$ (рис. 2.15):

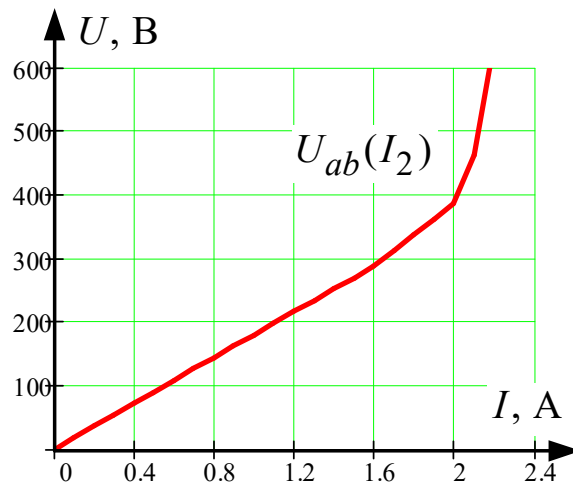


Рис. 2.15

Для построения векторной диаграммы обозначим на схеме точки и напряжений между ними (рис. 2.16):

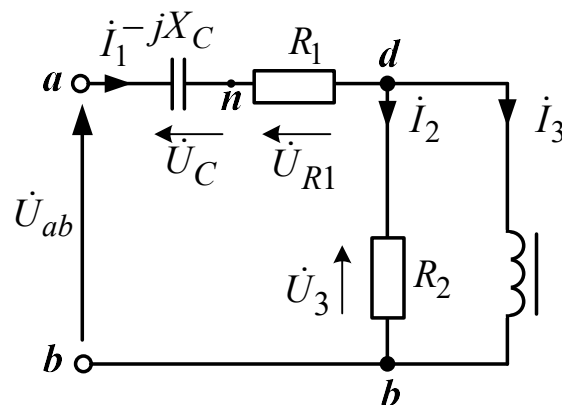


Рис. 2.16

На векторной диаграмме вектора напряжений направлены в точку высшего потенциала от которой течет ток, т.е. противоположно положительным направлениям напряжений на схеме: \dot{U}_3 – направлено из точки b в точку d ; \dot{U}_{R1} – направлено из точки d в точку n ; \dot{U}_C – направлено из точки n в точку a ; \dot{U}_{ab} – направлено из точки b в точку a . Качественная векторная диаграмма приведена на рис. 2.17.

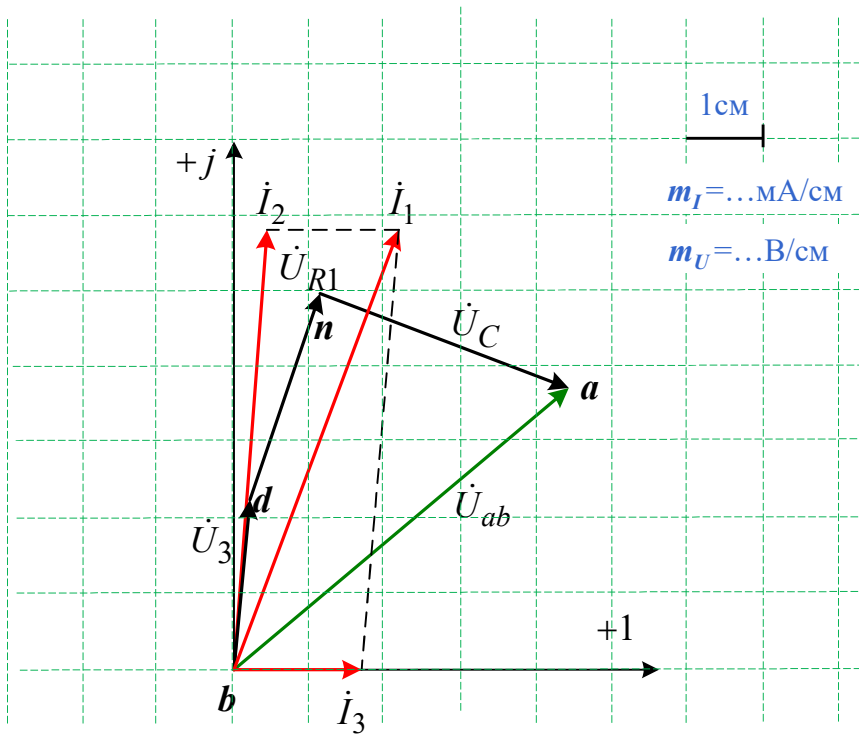


Рис. 2.17