

4.3 Задача 4/5

Типовой расчёт 4.3.

Произвести расчёт комплексных электрических цепей, используя ВАХ по первым гармоникам токов и напряжений, и построив их векторные диаграммы, следя, что цепочка питания имеет неизменную частоту.

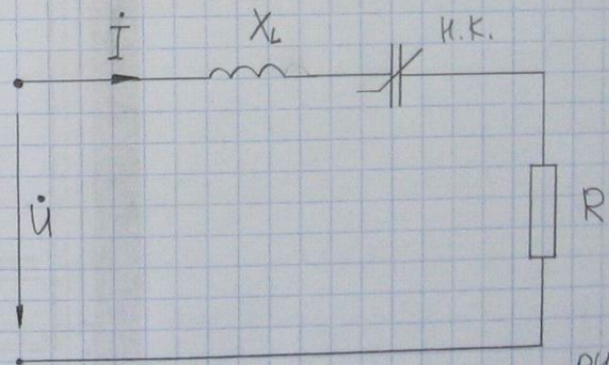
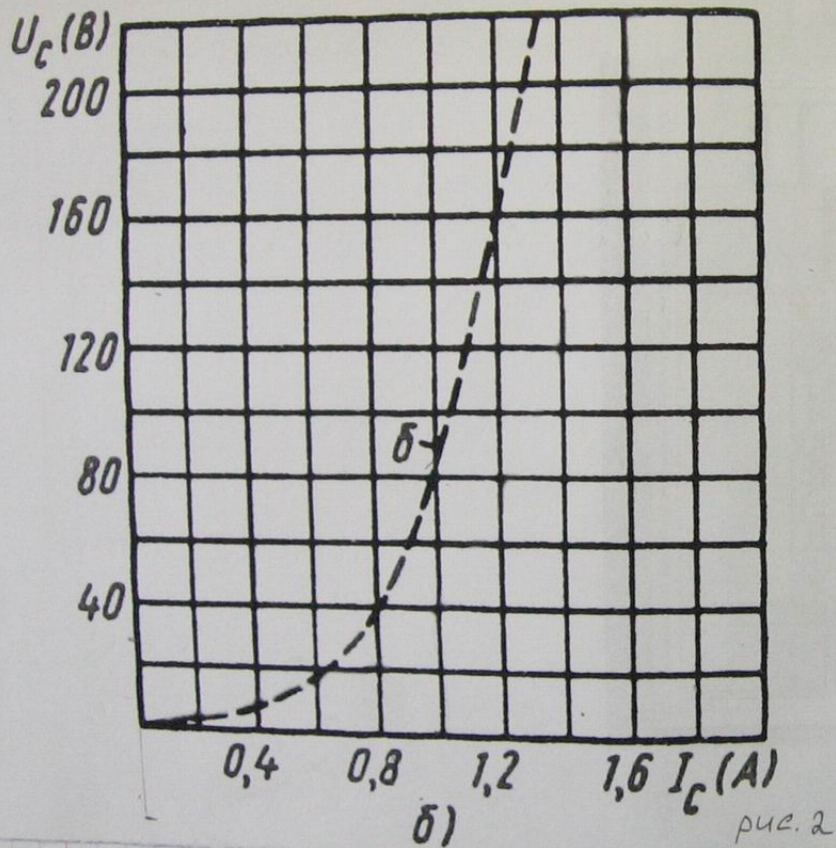


рис. 1

Конденсатор с комплексной ВАХ, катушка индуктивностью L и резистор сопротивлением R присоединены к цепочке синусоидально напряжений.

ВАХ конденсатора по первой гармонике для тока $500 \mu\text{A}$



© Ravenbird vv206.selfip.org

Пренебрегая потерями в конденсаторе и высшими гармониками, найти такие параметры цепи L и R , подбрав примерный скачок на увеличение тока кратчайшим при напряжении $U_1 = 28 \text{ В}$, на уменьшение тока - при напряжении $U_2 = 17 \text{ В}$.

Построив в масштабе векторные диаграммы токов и напряжений для одного и того же напряжения на входе цепи, находясь между U_1 и U_2 , кривым одна диаграмма готова для решения до "скачка" на увеличение тока, а другая - после "скачка".

Примерный эффект в последовательной цепи — это явление резкого уменьшения тока в цепи при некотором уменьшении напряжения на входе.

Решение

Зная напряжение $U_1 = 28 \text{ В}$, найдем значение индуктивности L , которая, по на величину входного напряжения при малых токах напряжение на резисторе образует малое влияние.

$$U_L = X_L \cdot I$$

$$X_L = \frac{U_L}{I} = \frac{28}{0,73} = 38,36 \text{ Ом}$$

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L;$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{38,36}{2 \cdot \pi \cdot 500} = 12,2 \text{ мГн}$$

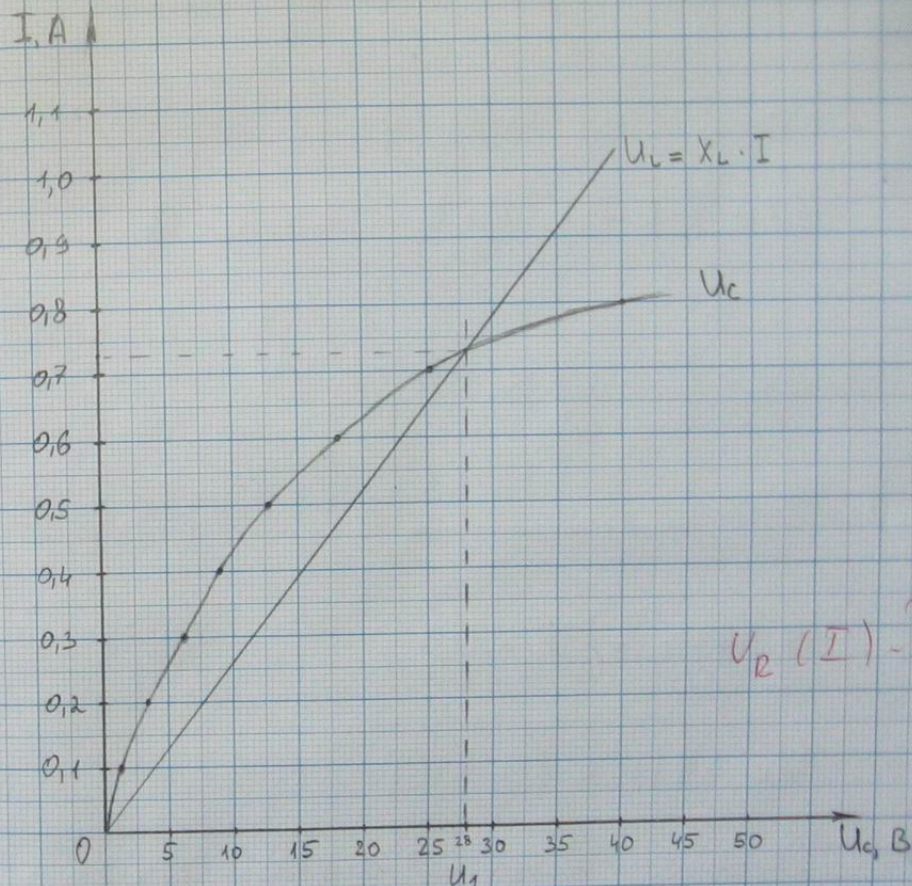


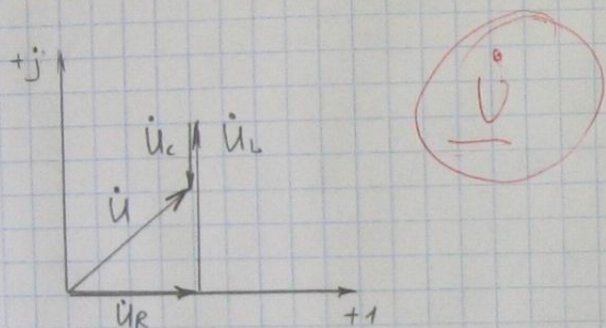
рис. 3

Теперь построим векторную кривую $U_R = f(I)$.

см. рис. 1.

По закону Кирхгофа:

$$\dot{U} = \dot{I} \cdot R + X_L \cdot \dot{I} + \dot{U}_c = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_c$$



$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_c)^2$$

$$U_R = \sqrt{U^2 - (U_L - U_c)^2}$$

Составим векторную кривую:

$$U_R = \sqrt{U_2^2 - (U_L - U_c)^2} = f(I)$$

Кривую строим следующим образом:

задаёмся произвольным током (т.к. элементы цепи соединены последовательно, то через каждый элемент идёт одинаковый ток), вычисляем напряжения в каждом элементе.

$$U_L = X_L \cdot I ; U_c - \text{по ВАХ}, U_2 = 17 \text{ В}$$

I, A	$U_L, \text{В}$	$U_c, \text{В}$	$\sqrt{U_2^2 - (U_L - U_c)^2}, \text{В}$
0	0	0	17
0,2	7,67	3	16,35
0,4	15,34	7	14,81
0,6	23,02	18	16,243
0,8	30,69	40	14,223

На векторном рисунке (рис. 4)

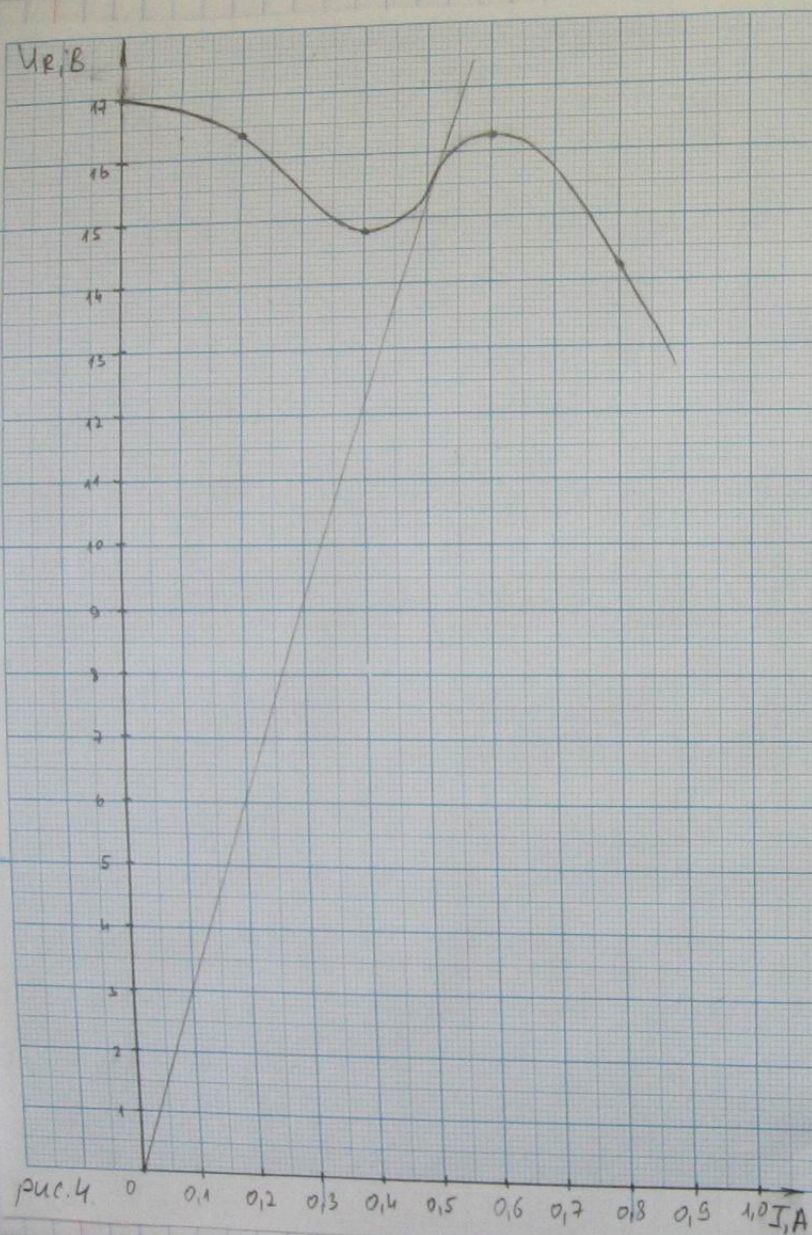
проводим из начала координат прямую, касательную к построенной кривой $U_R = f(I)$. Угол наклона касательной к оси абсцисс даёт величину R :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3}{0,1} = 30 \text{ Ом}$$

Таким образом, параметры схемы:

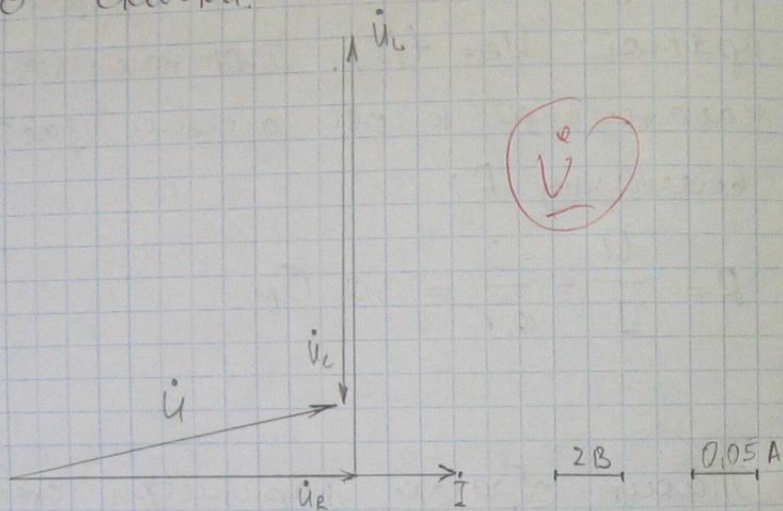
$$L = 12,2 \text{ мГн}$$

$$R = 30 \text{ Ом}$$



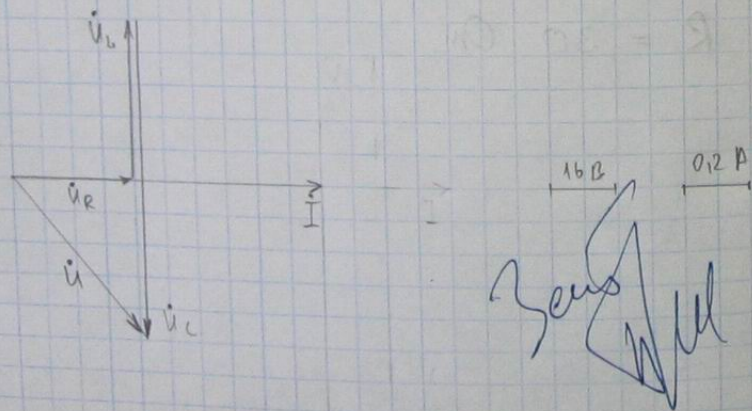
Векторные диаграммы.

До скачка



\underline{u}

После скачка



$$I := \begin{pmatrix} 0 \\ 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \\ 0.4 \\ 0.5 \\ 0.6 \\ 0.7 \\ 0.8 \\ 0.9 \\ 1.0 \\ 1.1 \\ 1.2 \end{pmatrix}$$

Ur := R · I

0	0
1	1.7
2	3.4
3	5.1
4	6.8
5	8.5
6	10.2
7	11.9
8	13.6
9	15.3
10	17
11	18.7
12	20.4

Ur =

UI := xL · I

0	0
1	7.3
2	14.6
3	21.9
4	29.2
5	36.5
6	43.8
7	51.1
8	58.4
9	65.7
10	73
11	80.3
12	87.6

UI =

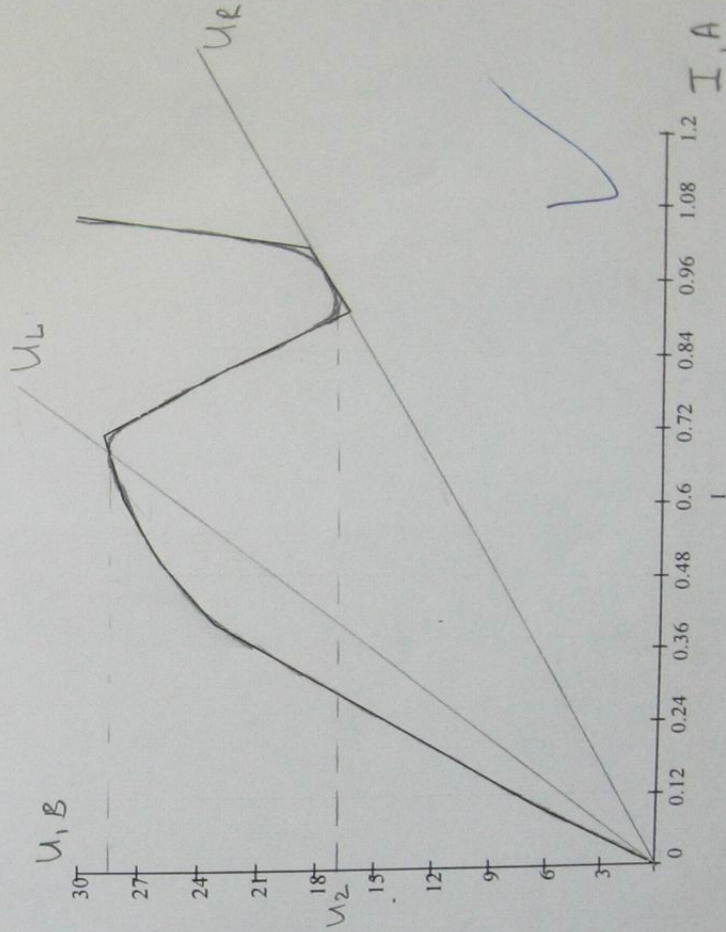
Uc :=

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 3 \\ 5 \\ 7 \\ 12 \\ 18 \\ 25 \\ 40 \\ 60 \\ 80 \\ 120 \\ 160 \end{pmatrix}$$

$$U := \sqrt{Ur^2 + (UI - Uc)^2}$$

0	0
1	6.525
2	12.088
3	17.653
4	23.218
5	25.933
6	27.743
7	28.685
8	22.881
9	16.327
10	18.385
11	43.884
12	75.219

U =



I, A