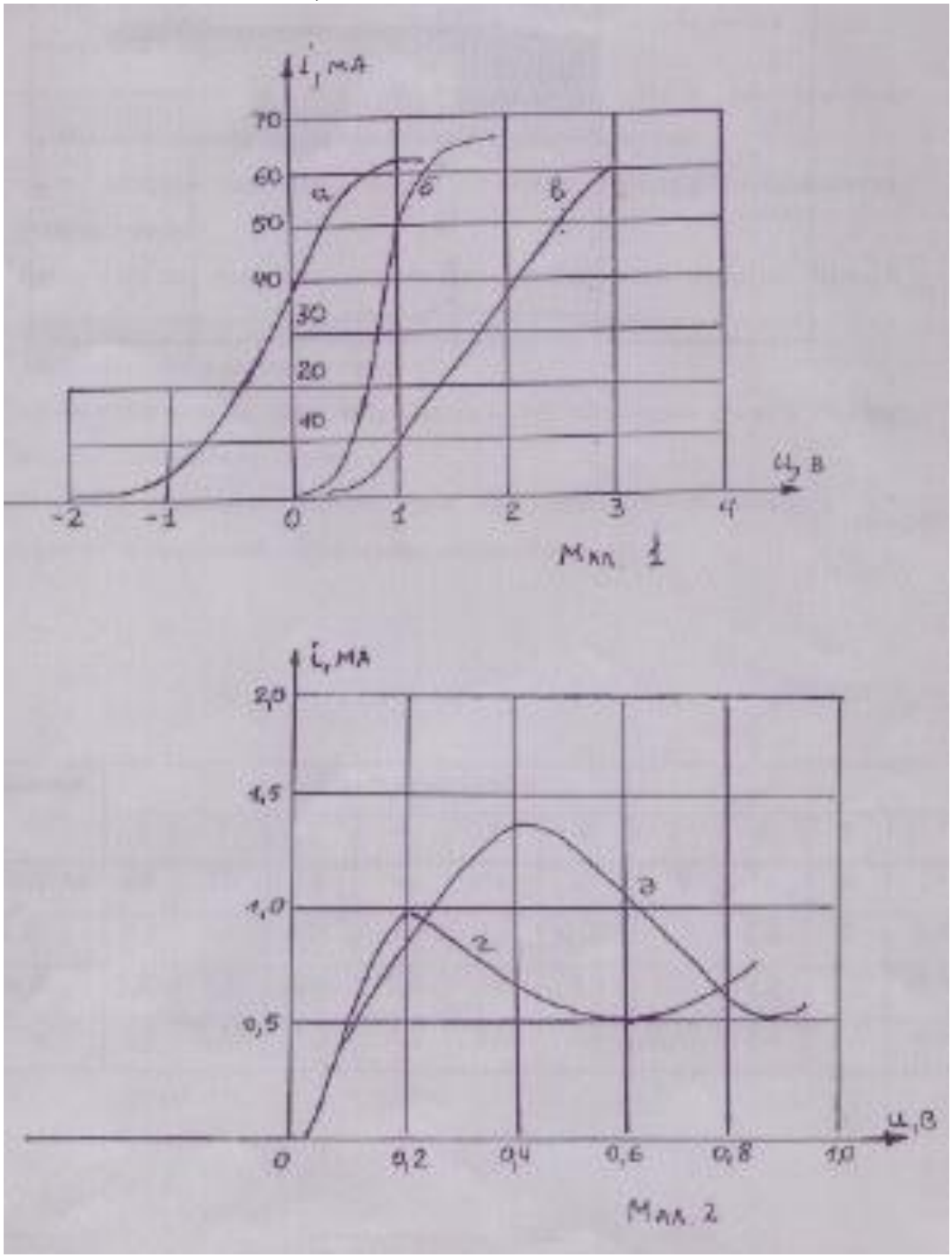
КУРСОВА РОБОТА

РАЗРАХУНОК НЕЛІНІЙНИХ КІЛ

Задача 1.

Вольтамперна характеристика (ВАХ) резистивного (безінерційного елемента наведена на мал.1,2



Робоча точка на ВАХ задається зміщенням U_0. На нелінійний елемент діє гірмонійна напруга

$$u_{вх} = U_m \cos \omega t$$

із заданою амплітудою U_m та частотою f.

Потрібно:

- визначити та позначити роботу область ВАХ;
- апроксимувати у цій області задану ВАХ аналітичним виразом повного ряду Тейлора четвертої степені;
- знайти методом вибраних точок численні значення коефіцієнтів апроксимації;
- визначити для задоного сигналу струм, який проходить через нелінійний елемент;
- побудувати спектр амплітуд струму;
- промодулювати на комп'ютері сигнал $i(t)$, за данними розрахунку спектра (гармонічний синтез сигналу).

Початкові дані взяти з таблиці. Номер варіанту вибирається по останній цифрі корпоративної пошти

Завдання	Номер варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вид ВАХ	2д	1б	2д	1а	1в	2г	1б	1в	1а	2г
U_0, В	0,6	0,4	0,25	-1	2,0	0,35	1,0	2,0	0	0,4
U_m,В	0,25	0,6	0,2	1,0	1,0	0,3	0,6	1,2	1,2	0,3
f, МГц	1,5	0,75	1,0	0,5	2,0	0,6	0,45	3,0	2,5	4,5

Методичні вказівки

Відлік напруг удобніше робити від напруги зміщення U_0, не від нуля. Таким чином, робочий участок ВАХ апрокимується у межах розмаху вхідної напруги $u_{вх}$. Косинусоідна напруга вході симетрично відносно робочої точки та приймає значення як додатні так і від'ємні. Тоді ряд Тейлора четвертої ступені для струму має вигляд

$$i(u) = a_0 + a_1 u_{вх} + a_2 u^2_{вх} + a_3 u^3_{вх} + a_4 u^4_{вх} \quad (1)$$

При $u_{вх}$=0 відразу отримаємо коєфіціент a_0, він дорівнює значенню тока у робочій точці.

Для визначення інших коефіцієнтів апроксимації потрібно обрати чотири точки і області апроксимації та скласти чотири рівняння для обраних точок. Можна обрати точки на рівних відстанях одна від іншої, однак точность апроксимації буде вище, якщо на більш складних участках ВАХ (на участках більшої кривизни, поблизу екстремумі і ін.). При рішення системи рівнянь з 4 невідомими коефіцієнтами апроксимації a_1, a_2, a_3, a_4 потрібна висока точність обчислень (точність апроксимації).

Після визначення коефіцієнтів a_1, a_2, a_3, a_4 хаписати поліном (1) та перевірити точность апроксимації шдяхом підстановки до поліному деяких чисельних значень напруги та розрахунку відповідних значень струму між обраними точками.

При побудові спектрограм по вісі абцис потрібно відкладати числьні значення абсолютної частоти f.

Задача 2.

ВАХ резистивного нелінійного елементу (НЕ) апроксимована кусково-лінійним методом у вигляді ломаної лінії, що складається з двох прямолінійних відрізків

$$i(u)=\begin{cases} i=0 & u\le U_{зач} \\ i=S(u-U_{зач}) & u\ge U_{зач} \end{cases}$$

де $U_{зач}$ - напруга при який НЕ не проводить струм – напруга зачинення;

S - крутизна похилого відрізку ВАХ НЕ.

На НЕ діє напруга, миттєве значення якої

$u=U_0+U_m\cos\omega t$

де U_0 - напруга зміщення;

U_m - миттєве значення напруги вхідного сигналу;

ω - циклічна частота вхідного сигналу.

Необхідно:

- розрахувати величину напруги зміщення U_0 для одержання кута відсічки Θ, що вимагається в задачі;
- зобразити графічно положення вхідного сигналу відносно ВАХ;
- зобразити графічно форму струму у НЕ при заданих умовах задачі;
- використовуючи функції Берга, розрахувати компоненти струму, обмежуючись постійною складовою та пятьма гормоніками;
- записати аналітичний вираз для цього спектру;
- побудувати діаграми АЧС та ФЧС;
- промоделювати на комп'ютері сигнал $i(u)$ по результатам розрахунку спектру (гармонічний синез сигналу).

Номер варіанту вибирається по останній цифрі корпоративної пошти

Завдання	Номер варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{зач}$ В	0,2	-2	-4	0,7	-1	0,2	0,5	-6	0,7	0,6
S мА/В	20	5	3	100	6	30	70	8	15	40
U_0 В	0,5	1	5	2	3	0,8	0,6	2	1	0,9
Θ град	60	120	30	20	70	40	120	60	90	100

Методичні вказівки

Напруга зміщення U_0, яка забезпечує заданий кут відсічки, визначається за формулою

$U_0=U_{зач}-U_m\cos\Theta$

Спектр струму необхідно зобразити з урахуванням того, що для першої гармоніки приймається нульовий фазовий зсув.

Задача 3

Схема безінерційного кола приведена на мал.1. ВАХ НЕ наведена на мал.2

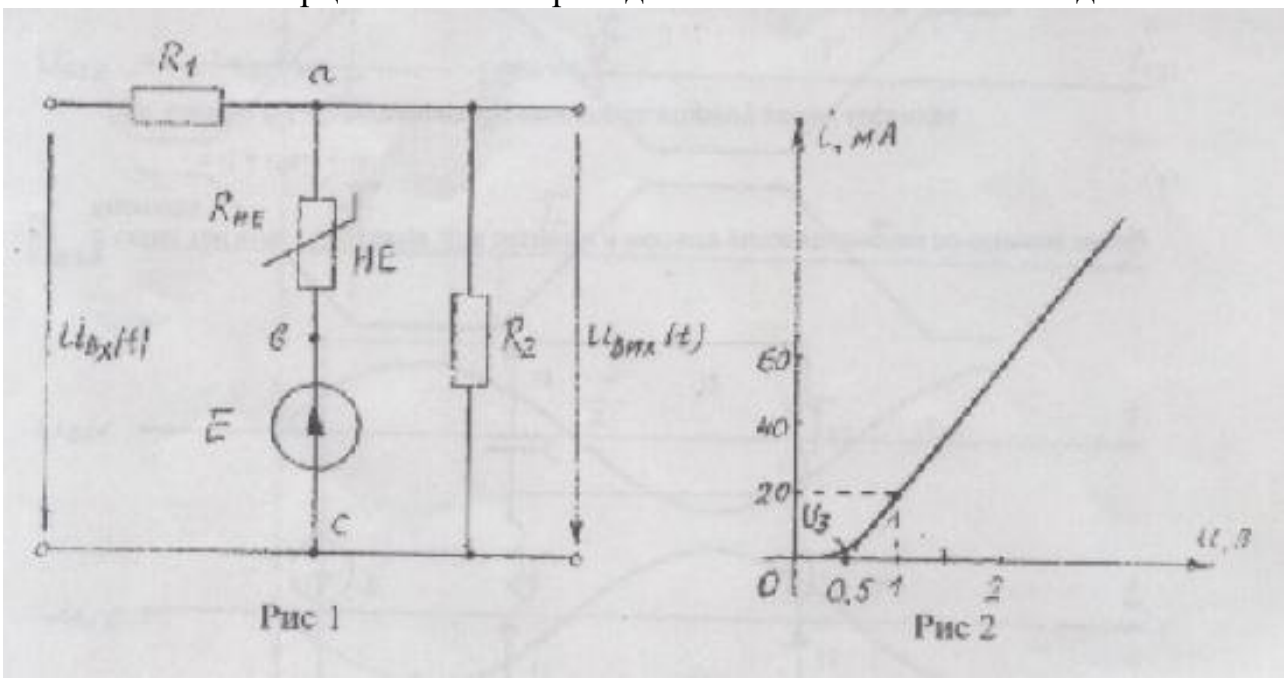


Рис 1 Рис 2

Значення параметрів кола R_1, R_2, E задані в таюлиці. Форми вхідних сигналів задані на рис.3

Амплітуда (максимальне значення) вхідного сигналу

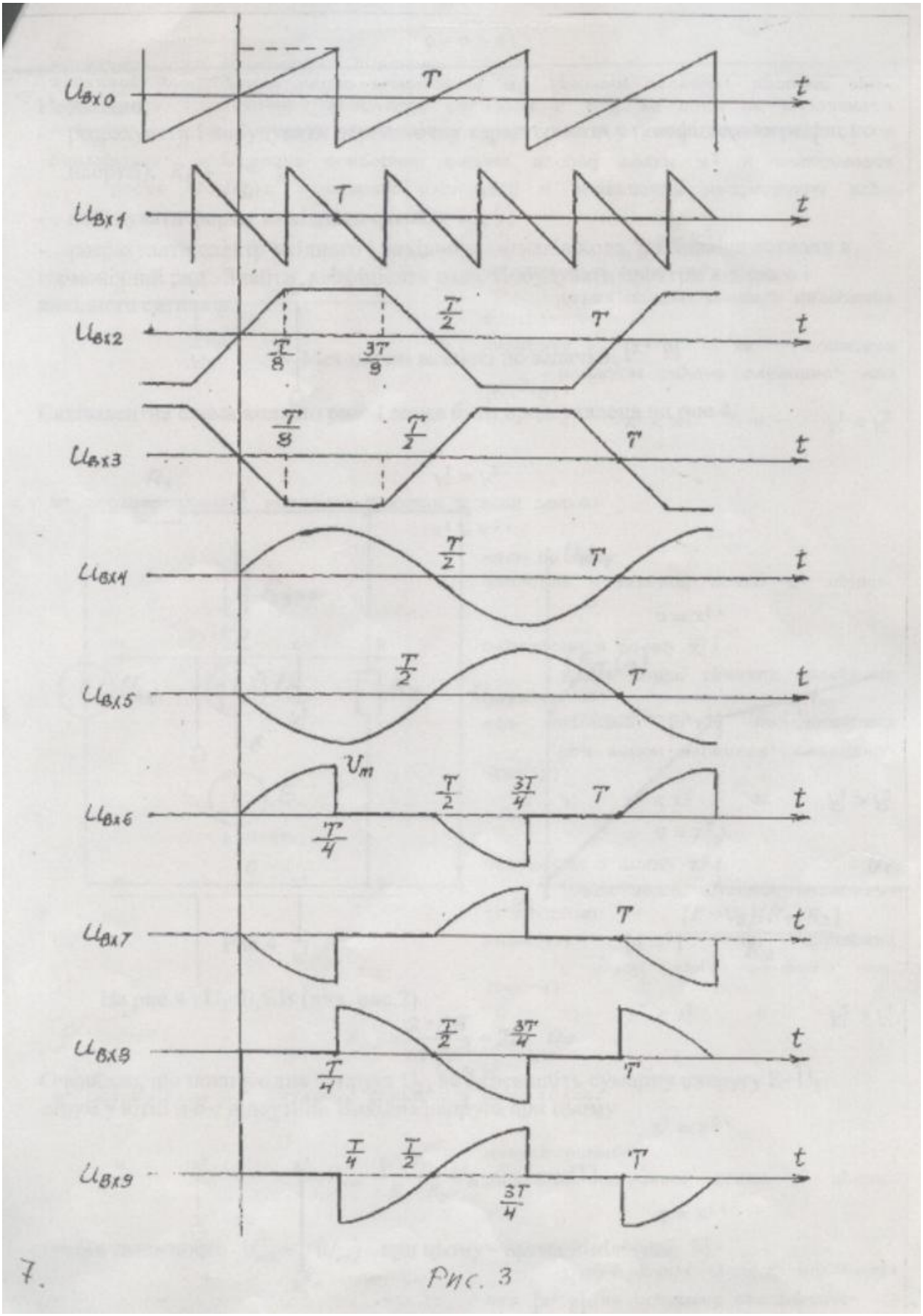
$U_m = |2E| + 2, B$

Номер варіанту вибирається по двом останнім цифрам корпоративної пошти. Остання цифра відповідає номеру таблиці, передостання номеру сигналу на рис.3

№№ пп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$R_1, k\Omega$	2	3	1	2	3	1	1	2	2	1
$R_2, k\Omega$	2	3	1	2	3	3	5	2	3	1
E, B	6	6	5	4	9	4	6	4	5	4

Необхідно:

- Розрахувати і побудувати передаточну характеристику (коефіцієнт передачі по напрузі), $K_U = \dfrac{U_{вих}}{U_{вх}}$
- побудувати форму виходного сигналу $u_{вих}(t)$
- розрахувати спектр вхідного та вихідного сигналів кола, розклавши сигнали в гармонічний ряд. Знайти коефіцієнти ряду. Побудувати спектри вхідного і вихідного сигналів.


$U_{вх0}$
$U_{вх1}$
$U_{вх2}$
$U_{вх3}$
$U_{вх4}$
$U_{вх5}$
$U_{вх6}$
$U_{вх7}$
$U_{вх8}$
$U_{вх9}$
T
t
$\frac{T}{8}$
$\frac{3T}{8}$
$\frac{T}{2}$
$\frac{3T}{4}$
$\frac{T}{4}$
U_m

7.

Рис. 3

Методичні вказівки

Еквівалентна схема може бути представлена на рис.

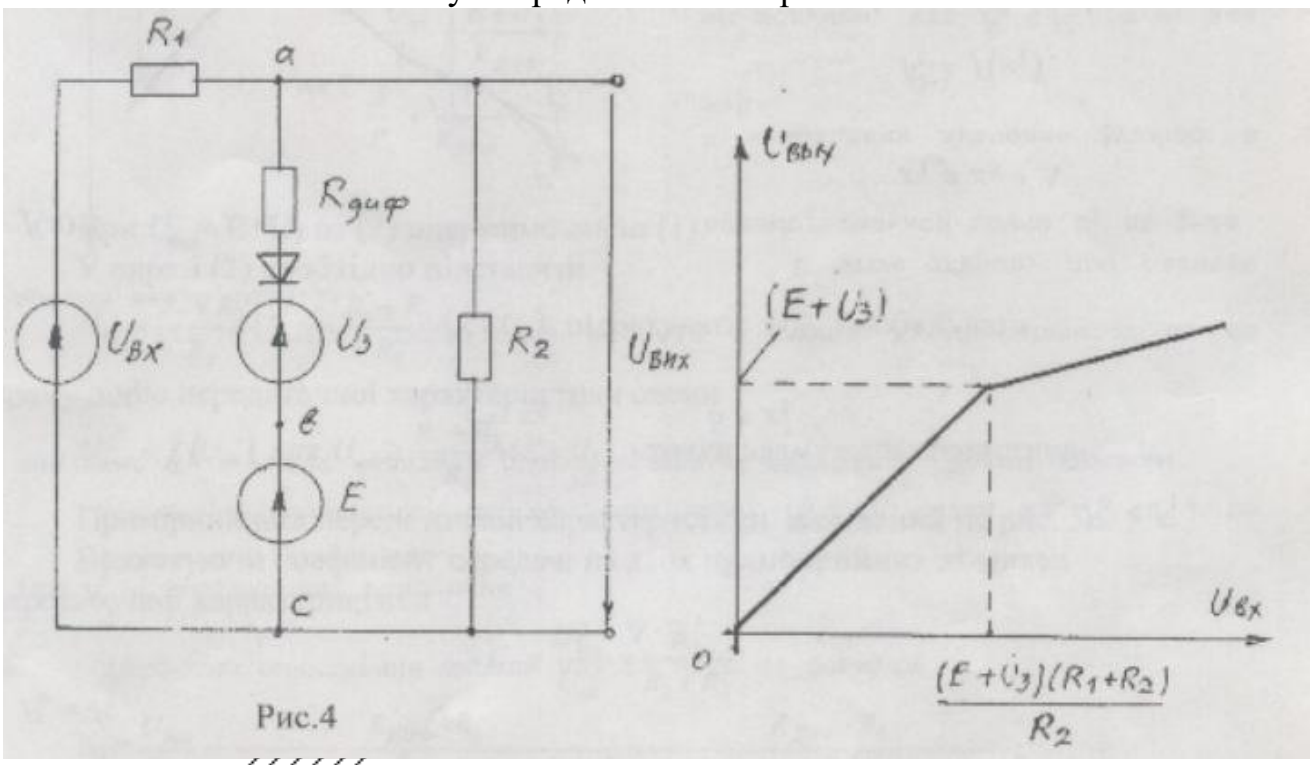


Рис.4

На рис.4 $U_з = 0.5$В, (див. рис.2)

$$R_{диф} = \frac{2 - 0.5}{60 \cdot 10^{-3}} = 25\,\Omega$$

Очевидно, що поки вхідна напруга $U_{вх}$ не перевищить сумарну напругу $E + U_з$, струм у вітці abc відсутній. Вихідна напруга при цьому

$$U_{вих} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{вх} \quad (1)$$

графік залежності $U_{вих} = f(U_{вх})$ при цьому – пряма лінія (рис.5)

Для розрахунку схеми (рис.4) при $U_{вх} > E + U_з$ використаємо метож вузлових напруг. Напишемо рівняння відносно напруги $U_{вих}$

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{диф}} + \frac{1}{R_2} \right) U_{вих} = \frac{U_{вх}}{R_1} + \frac{E + U_з}{R_{диф}}$$

Звідси

$$U_{вих} = \frac{\dfrac{U_{вх}}{R_1} + \dfrac{E + U_з}{R_{диф}}}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_{диф}} + \dfrac{1}{R_2}} \quad (2)$$

При $U_{вих} = E + U_з$ з (2) одержимо (1)

У виразі (2) необхідно підставити

$U_{вх} > \frac{R_1 + R_2}{R_2} U_{вих} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}\left(E + U_з\right)$, підрахувати $U_{вих}$ та побудувати пряму лінію передаточної характеристики схеми.

Примірний вигляд характеристики на рис.5.

Враховуючи коефіцієнт передачі на двох прямолінійних ділянках передаточної характеристики

$$K_1 = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$K_{11} = \frac{U_{вих}}{U_{вх}} = \frac{R_{диф} R_2}{\left(R_{диф} + R_2\right)\left(R_1 + \frac{R_{диф} R_2}{R_{диф} + R_2}\right)} = \frac{R_{диф} R_2}{R_{диф} R_1 + R_{диф} R_2 + R_1 R_2}$$

побудувати форму вихідного сигналу