

Лабораторная работа
«Исследование нелинейных электрических цепей постоянного тока»

Выполнил		МГТУ им. Н.Э.Баумана	Гр.
Проверил			Стенд №

3. Предварительная подготовка

Для нелинейного элемента схемы рис. 12 рассчитать напряжение холостого хода и ток короткого замыкания. Параметры источников и номиналы резисторов выбрать в соответствии с номером варианта (см. Приложение 1).

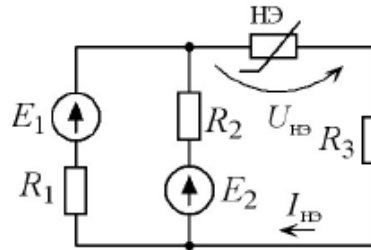


Рис. 12. Схема для проведения предварительного расчета
Занести расчетные значения в Таблицу 1.

Номиналы элементов:

$E_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $E_2 = \underline{\hspace{2cm}}$; $R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$; $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

Таблица 1

$U_{\text{хх}}$	$I_{\text{кз}}$

4. Порядок выполнения работы

Схема для исследования вольт-амперной характеристики нелинейного элемента изображена на рис. 13, а.

В качестве нелинейного элемента в работе используется выпрямительный диод, ВАХ которого изображена на рис. 2, в. Диод включается в прямом направлении. Прямая ветвь ВАХ выпрямительного диода имеет ярко выраженный нелинейный участок. При малых значениях напряжения на диоде ($U_{\text{нэ}} = 0..U_{\text{откр}}$) ток, протекающий через диод ($I_{\text{нэ}}$), практически, равен нулю (диод закрыт). С увеличением напряжения $U_{\text{нэ}}$ диод открывается, ток нарастает, причем нелинейно. При $U_{\text{нэ}} > U_{\text{пор}}$ нарастание тока происходит, практически, по линейному закону (диод открыт).

4.1. Исследование вольт-амперной характеристики нелинейного элемента (полупроводникового диода).

Включить компьютер и загрузить программу моделирования *Multisim*.

Составить на рабочем поле окна *Multisim* схему, изображенную на рис. 13, б. Тип нелинейного элемента (диода) выбрать в соответствии с номером варианта (Приложение 1).

ВНИМАНИЕ! Для получения корректных результатов измерений необходимо соблюдать полярность подключения элементов и измерительных приборов.

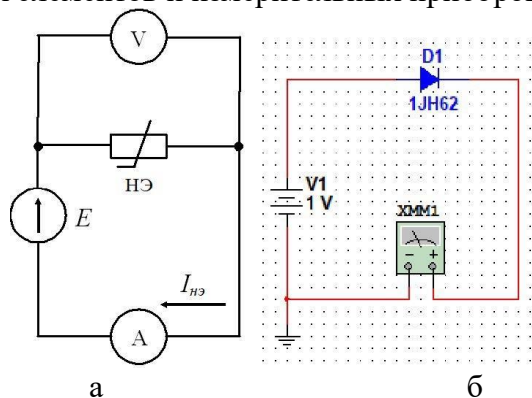


Рис. 13. Схема для исследования вольт-амперной характеристики нелинейного элемента:
а – принципиальная схема; б – схема в среде *Multisim*

Измерительный прибор ХММ1 перевести в режим измерения постоянного тока, вызвав диалоговое окно двойным кликом левой кнопки мыши на изображении элемента на схеме. Диалоговое окно не закрывать. Заполнить Таблицу 2, изменяя напряжение источника $V1$ в диапазоне от 0 В до 1, при котором напряжение на диоде $U_{НЭ} = V1$. Шаг изменения напряжения источника дан в таблице.

При снятии показаний приборов обратить внимание на размерности величин. Например, при измерении тока на табло амперметра размерности могут иметь вид: рА – пикамперы; нА – наноамперы; уА – микроамперы; мА – миллиамперы.

Тип НЭ (диода) $D1$: _____

Таблица 2

$U_{НЭ}, В$	0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$I_{НЭ}, \text{_A}$	0								

Тип НЭ (диода) $D2$: _____

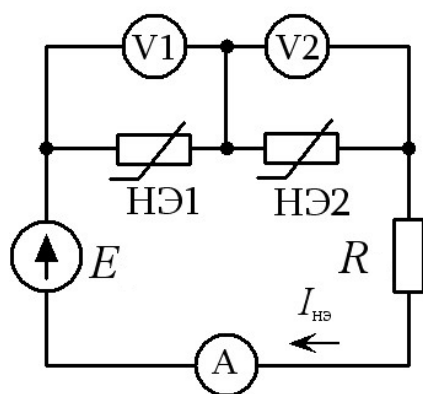
Таблица 3

$U_{НЭ}, В$	0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$I_{НЭ}, \text{_A}$	0								

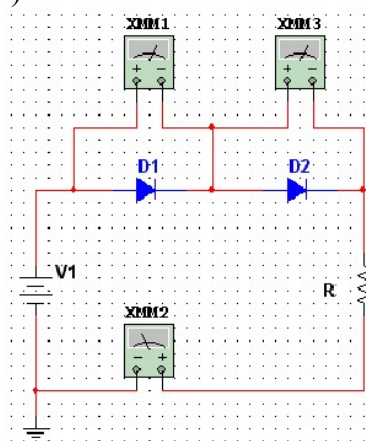
По результатам измерений построить комплекты графиков ВАХ нелинейных элементов $D1$ и $D2$. Для построения графиков использовать заготовки Приложения 2 рис. 18 и рис 19.

4.2. Исследование последовательного соединения нелинейных элементов.

Составить на рабочем поле окна *Multisim* схему, изображенную на рис. 14, б, соблюдая полярность подключения измерительных приборов. Номинал резистора R выбрать в соответствии с вариантом (Приложение 1).



а



б

Рис. 14. Схема для исследования последовательного соединения нелинейных элементов:
а – принципиальная схема; б – схема в среде *Multisim*

Измерительные приборы перевести в режимы: ХММ1, ХММ3 – в режим измерения постоянного напряжения; ХММ2 – в режим измерения постоянного тока.

Установить напряжение источника $V1 = 1$. Запустить процесс моделирования. Записать показания приборов в Таблицу 4 (**измеренные**). Остановить процесс моделирования.

Номиналы элементов:

$D1$ _____; $D2$ _____; R _____; $V1$ _____.

Таблица 4

	измеренные	расчетные
$U_{D1}, \text{В}$		
$U_{D2}, \text{В}$		
$I_{\text{НЭ}}, \text{А}$		

Примечание: при построении ВАХ ось напряжений стоит брать от 0 до 3,9 В с шагом 0.3 В; ось тока брать произвольно в зависимости от полученных значений.

Провести расчет напряжений на нелинейных элементах и тока графическим методом на рис.18 Приложения 2. Для этого сложить графики ВАХ НЭ ($D1$ и $D2$) в соответствии с последовательным включением этих элементов. Сложить полученную ВАХ с ВАХ линейного резистора. Отложить на оси U значение напряжения источника $V1$. По графику суммарной ВАХ определить ток, протекающий в цепи. По графикам ВАХ НЭ определить напряжения на НЭ. Результаты расчетов занести в Таблицу 4 (**расчетные**).

4.3. Исследование параллельного соединения нелинейных элементов.

Составить на рабочем поле окна *Multisim* схему, изображенную на рис. 15 б, соблюдая полярность подключения измерительных приборов. Номинал резистора R выбрать в соответствии с вариантом (Приложение 1).

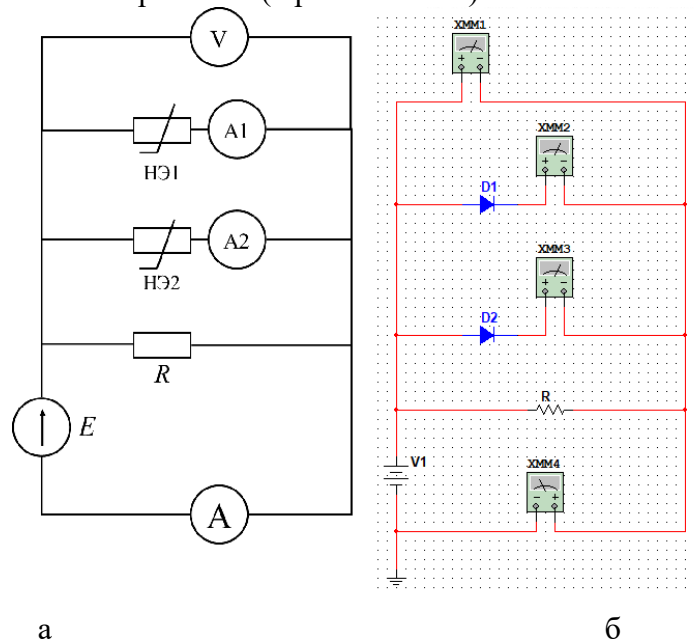


Рис. 15. Схема для исследования параллельного соединения нелинейных элементов: а – принципиальная схема; б – схема в среде *Multisim*.

Измерительные приборы перевести в режимы: XMM1 – в режим измерения постоянного напряжения; XMM2, XMM3, XMM4 – в режим измерения постоянного тока.

Установить напряжение источника $V1 = 1$. Запустить процесс моделирования. Записать показания приборов в Таблицу 5 (**измеренные**). Остановить процесс моделирования.

Номиналы элементов:

$D1$ _____; $D2$ _____; R _____; $V1$ _____ . Таблица 5

	измеренные	расчетные
$U_D, \text{В}$		
$I_{\text{НЭ1}}, \text{А}$		
$I_{\text{НЭ2}}, \text{А}$		
$I, \text{А}$		

Примечание: при построении ВАХ ось напряжений стоит брать от 0 до 1 В с шагом 0.1 В; ось тока брать с шагом 2 раза больше, чем в прошлом опыте.

Провести расчет напряжения и токов в цепи графическим методом на рис. 19 Приложения 2. Для этого сложить графики ВАХ НЭ ($D1$ и $D2$) в соответствии с параллельным включением этих элементов. Сложить полученную ВАХ с ВАХ линейного резистора. Отложить на оси U значение напряжения источника $V1$. По графику суммарной ВАХ определить ток I , протекающий в цепи. По графикам ВАХ НЭ определить напряжение на НЭ и токи, протекающие через нелинейные элементы. Результаты расчетов занести в Таблицу 5 (**расчетные**).

4.4. Исследование нелинейной цепи методом эквивалентного генератора

Составить на рабочем поле окна *Multisim* схему, изображенную на рис. 17, соблюдая полярность подключения измерительных приборов.

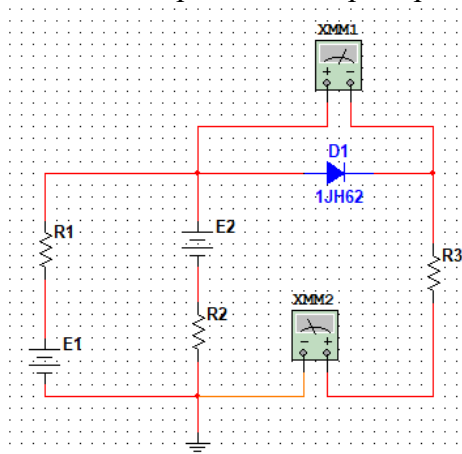


Рис. 17. Схема в среде *Multisim* для исследования цепи методом эквивалентного генератора

Настроить измерительные приборы: XMM1 – измерение постоянного напряжения; XMM2 – измерение постоянного тока.

Установить параметры элементов в соответствии с номером варианта: диод $D1$, $E1$, $E2$, $R1$, $R2$, $R3$. Запустить процесс моделирования. Записать показания приборов в Таблицу 6 (**измеренные**). Остановить процесс моделирования

Номиналы элементов:

E_1 (V1) = _____; E_2 (V2) = _____; $R1$ = _____; $R2$ = _____; $D1$ _____.

Таблица 6

	измеренные	расчетные
U_D , В		
I_{D1} , А		
U_{xx} , В		
$I_{кз}$, А		

Примечание: при построении ВАХ ось напряжений стоит брать от 0 до 2.6 В с шагом 0.2 В; ось тока брать аналогично той, что была при последовательном соединении.

Построить ВАХ нелинейного элемента $D1$ (построения провести на рис. 20 Приложения 2), на этом же графике отметить точки по оси напряжения U_{xx} и по оси тока $I_{кз}$, значения которых были определены в процессе предварительного расчета. Построить нагрузочную прямую, соединив эти точки. В точке пересечения ВАХ НЭ и нагрузочной прямой определить напряжение на диоде и ток, протекающий через него. Результаты занести в Таблицу 6 (**расчётные**).

Сравнить полученные результаты с результатами предварительного расчета. Сделать выводы. Если измеренные значения U_D и I_{D1} будут существенно различаться с расчетными, смоделировать режимы холостого хода и короткого замыкания на схеме рис. 17. Таким образом проверить расчетные значения U_{xx} и $I_{кз}$. Провести корректировку расчетов или эксперимента.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные характеристики нелинейных элементов.
2. Какие параметры характеризуют нелинейный резистор?
3. Как по ВАХ определить статическое и дифференциальное сопротивления нелинейного элемента?
4. Почему статическое сопротивление всегда больше нуля, а дифференциальное и динамическое могут иметь любой знак?
5. Какие методы используют для анализа нелинейных резистивных цепей постоянного тока?
6. Какая последовательность расчета графическим методом нелинейной цепи с последовательным соединением резисторов?
7. Какая последовательность расчета графическим методом нелинейной цепи с параллельным соединением резисторов?
8. Какой алгоритм анализа цепи со смешанным соединением нелинейных резисторов?
9. Как упростить схему, в состав которой входят линейные элементы, нелинейные элементы, источники ЭДС и тока?
10. Определите области применения графо-аналитического метода расчета нелинейных цепей.
11. Как рассчитать внутреннее сопротивление эквивалентного источника ЭДС?
12. Что такое нагрузочная прямая?
13. Что означает режим холостого хода для нелинейной цепи? Как рассчитать напряжение холостого хода нелинейной цепи?

Приложение 1

Вар.	$D1$	$D2$	$R, Ом$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$E_1, В$	$E_2, В$
1	1JH62	BAL99	25	10	10	15	1.6	0.4
2	1N3659	1N3660	0.2	0.2	0.2	0.3	0.9	1.1
3	BYD37D	BAS11	5	2	2	3	1.55	0.5
4	1N3881	MR814	6.65	8	8	6	1.2	0.8
5	BYV28-50	1N5400	1	0.4	0.4	0.3	0.3	1.7
6	BYX10G	BYD14J	10	15	15	2.5	0.68	1.4
7	GI814	1N5621	2.5	0.5	0.5	1	1.3	0.71
8	1N5619	GI814	2	5	5	2.5	1.6	0.6
9	BAL99	1N3064	5	10	10	15	1.5	0.5
10	MR814	BYD14J	2.5	4	4	0.5	0.81	1.2
11	1N4934	1N5619	5	0.5	0.5	1	1.63	0.6
12	1N5400	BYV28-50	1	0.4	0.4	0.3	0.2	1.8
13	BAS11	GL34J	5	3	6	2	0.8	1.4
14	1LH62	BAL99	25	10	10	15	1.65	0.5
15	BYD37D	GL34J	5	2	2	3	1.7	0.3
16	1N5619	GI814	2	5	5	2.5	1	1
17	BAS11	GL34A	4	3	6	3	0.8	1.4
18	BYD14J	BYX10G	10	10	10	5	1.2	0.8
19	MR814	1N3881	2.5	5	5	7.5	0.5	1.5
20	1N3064	BAL99	20	6	12	16	1.3	0.4
21	SB520	1N1199C	0.04	0.05	0.05	0.025	0.8	1.2
22	1N3494	1N3660	0.05	0.1	0.1	0.05	1.8	0.2
23	1JH62	BAL99	25	24	12	12	1.5	0.75
24	1N4935	1N5621	2	6	3	3	0.9	1.05
25	1N5619	GI814	2,5	5	5	2.5	1	1
26	BYX10G	BYD14J	8	10	10	5	1.4	0.6
27	BA318	1N3064	25	40	40	5	0.5	1.5
28	BA316	1LH62	25	24	12	42	1.1	0.95
29	BYD77B	1N5621	1	2	2	1	0.4	1.6
30	1N1200c	SB520	0.05	10	5	1	0.9	1.05

Приложение 2

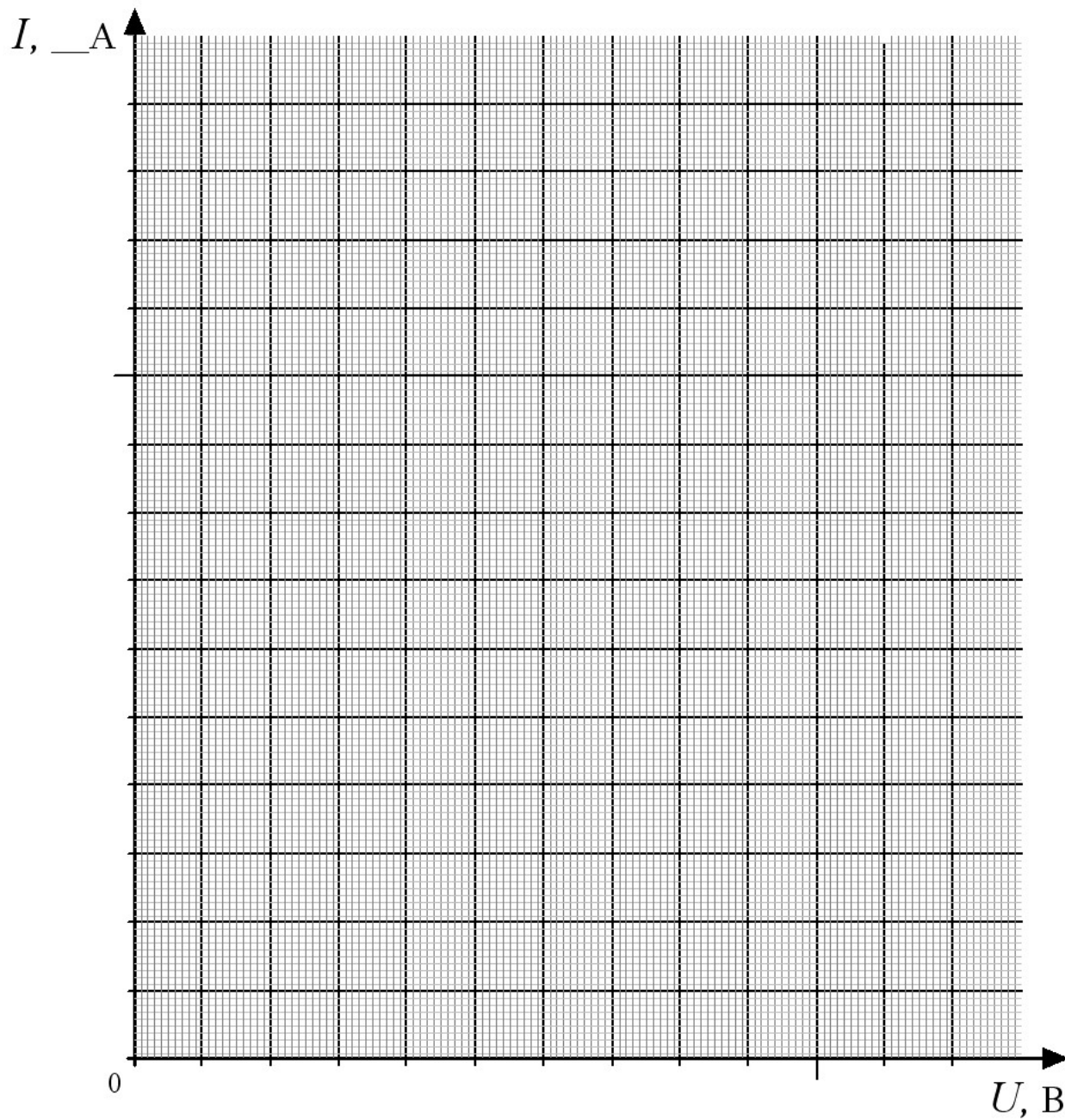


Рис. 18. Последовательное включение элементов

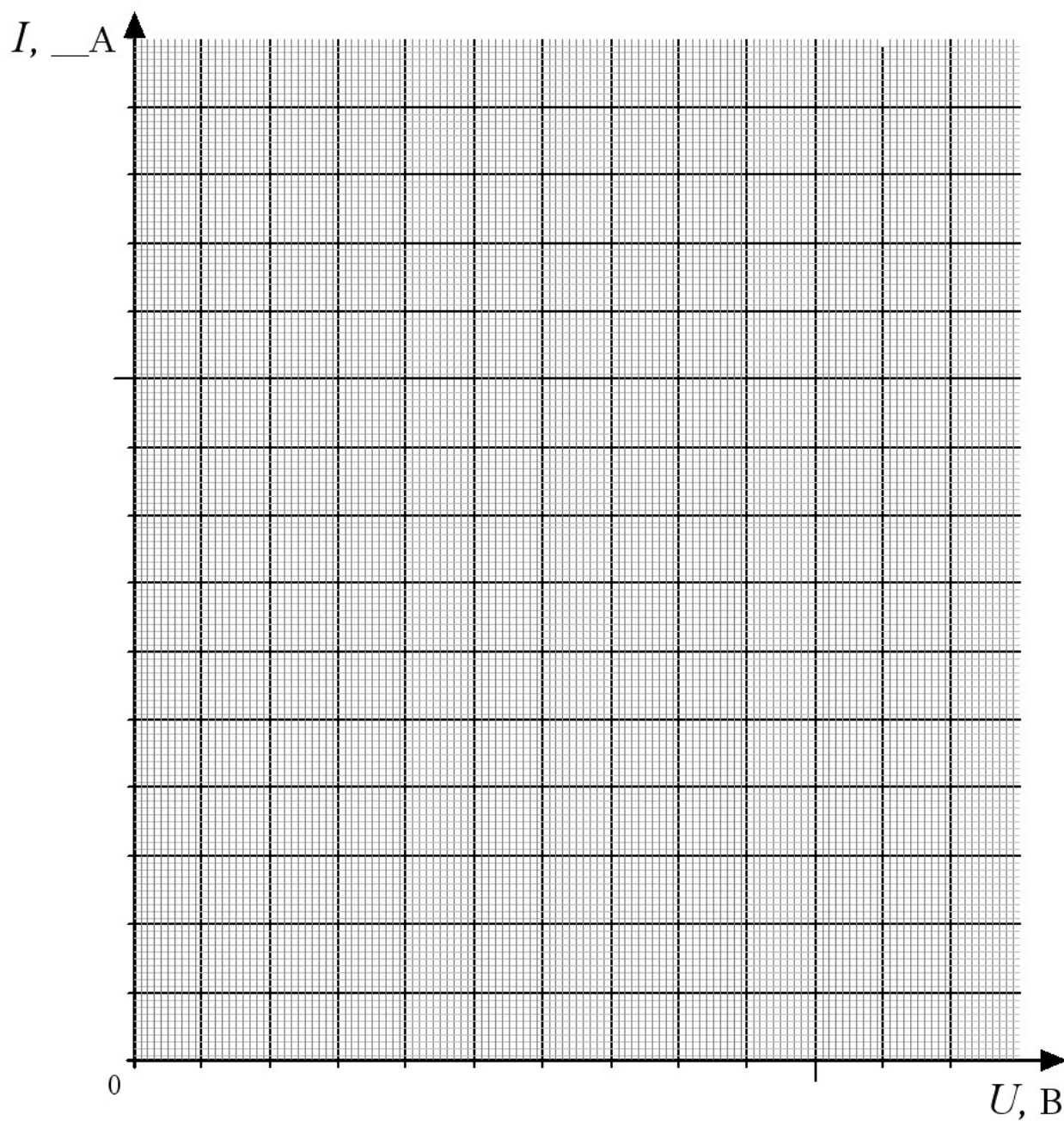


Рис. 19. Параллельное включение элементов или ветвей

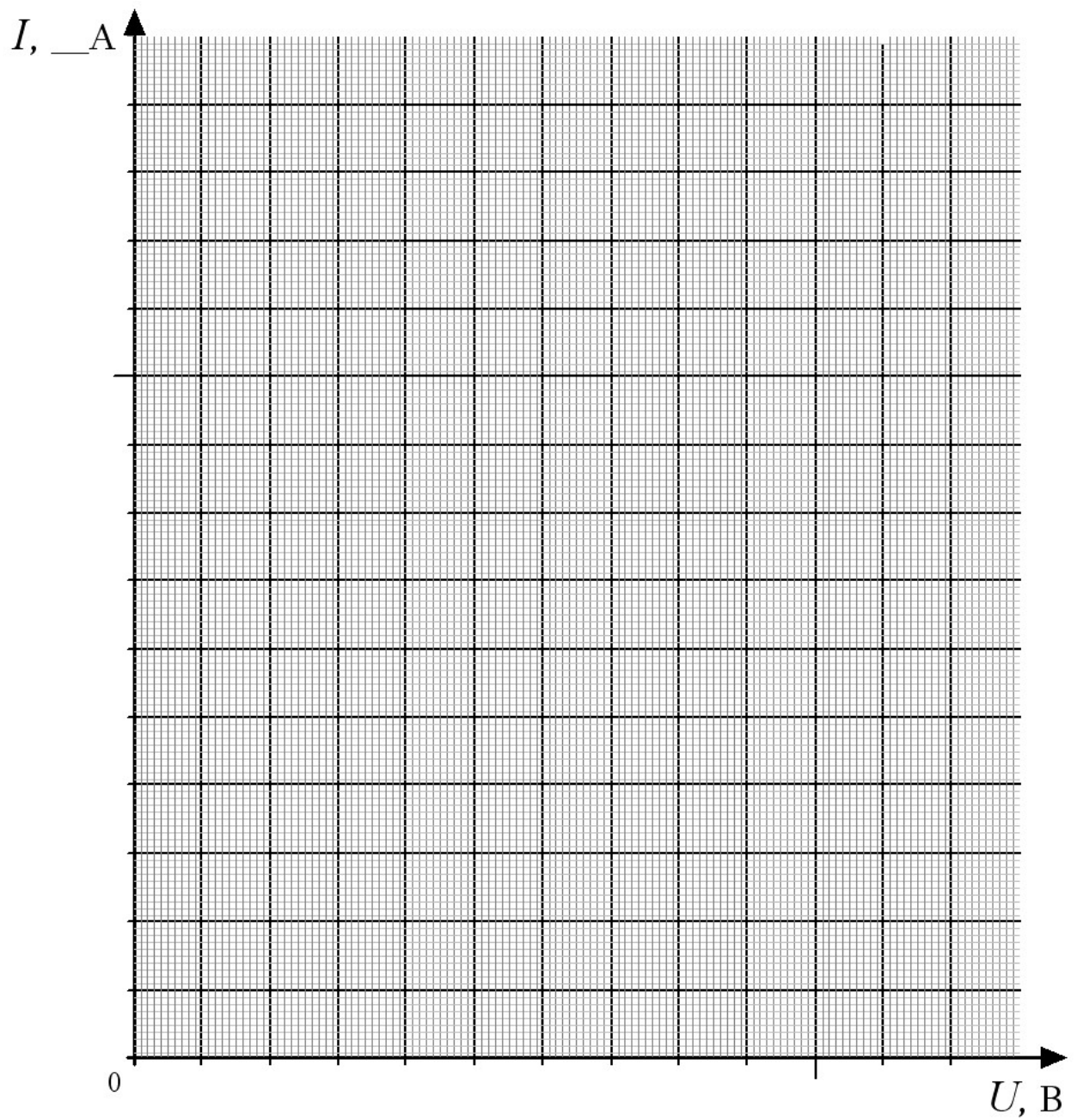


Рис. 20. Нагрузочная прямая