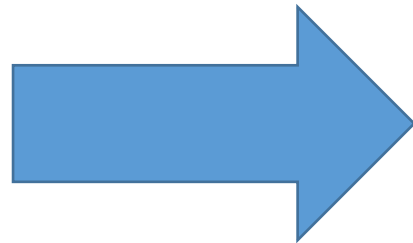


Расчет данных предшествующего режима

- 1) Открываем файл Excel «ЛР 2»
- 2) Вводим исходные данные согласно варианту
- 3) Данные по предшествующему режиму вносим **в таблицу 2**
ЗАГОТОВКИ

Исходные данные	
Ун	1
гтр	1
хтр	1
гл	1
хл	1
гн	1
хн	1



расчет данных предшествующего режима				
Rc	3,000			
Xc	3,000			
Zc	4,243			
F	45,000			
Im	192,450			

Расчет данных предшествующего режима

Эти же результаты потом вносим в отчет на странице 3

Делаем расчет предшествующего режима:

$$r_c = r_{mp} + r_l + r_n = X \text{ Ом}$$

$$x_c = x_{mp} + x_l + x_n = X \text{ Ом}$$

$$z_c = \sqrt{r_c^2 + x_c^2} = X \text{ Ом}$$

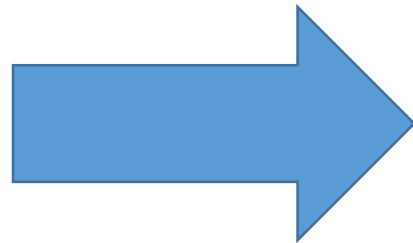
$$\varphi = \arctg(x_c / r_c) \cdot (180 / \pi) = X^\circ$$

$$I_m = (U_{m\phi} / z_c) = \left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot U_n \right) / z_c = X \text{ А}$$

Расчет данных короткого замыкания

- 1) Данные по расчету КЗ вносим в **таблицу 3 заготовки**

Исходные данные	
Un	1
гтр	1
хтр	1
гл	1
хл	1
гн	1
хн	1



расчет данных короткого замыкания			
Rк	2,000		
Xк	2,000		
Zк	2,828		
Fк	45,000		
Tк	0,003		
Inm	288,675		

Расчет данных короткого замыкания

Эти же результаты потом вносим в отчет на странице 4

Делаем расчет короткого замыкания:

$$r_k = r_{mp} + r_l = X \text{ Ом}$$

$$x_k = x_{mp} + x_l = X \text{ Ом}$$

$$z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} = X \text{ Ом}$$

$$\varphi_k = \arctg(x_k / r_k) \cdot (180 / \pi) = X^\circ$$

$$I_{mm} = (U_{m\phi} / z_k) = (\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot U_N) / z_k = X \text{ А}$$

$$T_d = x_k / (\omega r_k) = X \text{ с}$$

Дисциплина

"Электромагнитные переходные процессы в ЭЭС"

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ ПРОЦЕССА ВНЕЗАПНОГО
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТРЕХФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ**

Выход

Далее

Программа разработана на кафедре

"Электроснабжение промышленных предприятий"

Омского государственного технического университета

Выход

Далее

Цели работы:

- 1. Исследовать процесс внезапного металлического трехфазного короткого замыкания в активно-индуктивной цепи и найти максимально возможный ток короткого замыкания.**
- 2. Определить фазу включения цепи, при которой переходного процесса не возникает т.е. $k = I_{\max}/I_{\text{нм}} = 1$.**

Выход

Далее

Исследуемая схема



Схема замещения



Выход

Далее

ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ:

Введите номер варианта

n =

Выход

Далее

ВВОД ТАБЛИЧНЫХ ДАННЫХ:

(При вводе целая и дробная часть отделяются запятой)

Введите напряжение сети (кВ)

Uн =

Введите активное сопротивление трансформатора (Ом)

Rтр =

Введите реактивное сопротивление трансформатора (Ом)

Xтр =

Введите активное сопротивление линии (Ом)

Rл =

Введите реактивное сопротивление линии (Ом)

Xл =

Введите активное сопротивление нагрузки (Ом)

Rн =

Введите реактивное сопротивление (Ом)

Xн =

Выход

Далее

ВВОД РАСЧЕТНЫХ ДАННЫХ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО РЕЖИМА:

Введите активное сопротивление системы (Ом)

$R_c =$

Введите реактивное сопротивление системы (Ом)

$X_c =$

Введите полное сопротивление системы (Ом)

$Z_c =$

Введите угол сдвига между током и напряжением (град)

$F =$

Введите амплитуду фазного тока (А)

$I_m =$

Выход

Далее

ВВОД РАСЧЕТНЫХ ДАННЫХ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ:

Введите активное сопротивление цепи (Ом)

$R_k =$

Введите реактивное сопротивление цепи (Ом)

$X_k =$

Введите полное сопротивление цепи (Ом)

$Z_k =$

Введите угол сдвига между током и напряжением (град)

$F_k =$

Введите амплитуду периодической составляющей тока к.з. (А)

$I_{nm} =$

Введите постоянную времени апериодической составляющей тока (с)

$T_k =$

Выход

Далее

Затем Вам предложат проверить Ваши расчеты

Файл Справка

Файл Справка

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО РЕЖИМА:

Активное сопротивление системы	$R_c =$	Ом
Реактивное сопротивление системы	$X_c =$	Ом
Полное сопротивление системы	$Z_c =$	Ом
Угол сдвига между током и напряжением	$F =$	град
Амплитуда фазного тока	$I_m =$	А

(Проверьте свои расчеты!)

Выход

Далее

Выход

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ:

Активное сопротивление цепи	$R_k =$	Ом
Реактивное сопротивление цепи	$X_k =$	Ом
Полное сопротивление цепи	$Z_k =$	Ом
Угол сдвига между током и напряжением	$F_k =$	град
Амплитуда периодической составляющей тока к.з.	$I_{km} =$	А
Постоянная времени аperiodической составляющей тока к.з.	$T_k =$	с

(Проверьте свои расчеты!)

Далее

**Вам необходимо в исследуемой цепи (в указанной фазе) найти максимально возможный ток короткого замыкания (ударный ток I_y) и соответствующий ему ударный коэффициент $k_y = I_y/I_{nm}$,
где I_{nm} - амплитуда периодической составляющей тока.**

(Ударный ток необходимо знать для правильного выбора аппаратуры).

Выход

Далее

Вы будете исследовать фазу А

Выход

Далее

Как показали расчеты, максимум полного тока имеет место, если в момент коммутации угол включения напряжения $\alpha = 0$, т.е. в момент короткого замыкания напряжение должно проходить через нуль.

Убедимся в этом!

Пусть в момент короткого замыкания напряжение в фазе А проходит через нуль.

Посмотрите все три фазы.

Графики исследуемой фазы нужны для отчета, остальные могут потребоваться на защите.

Выход

Далее

Фаза А

(без предшествующего тока)

График нужен для отчета!
После графика будет таблица.

Выход

Далее

Скриним экран. Нажимаем  +Print Screen (prt sc /prt scr) (график **нужен в отчет**)

Значения ударного тока и коэффициента **вносим в таблицу 4** где $i_{np} = 0$

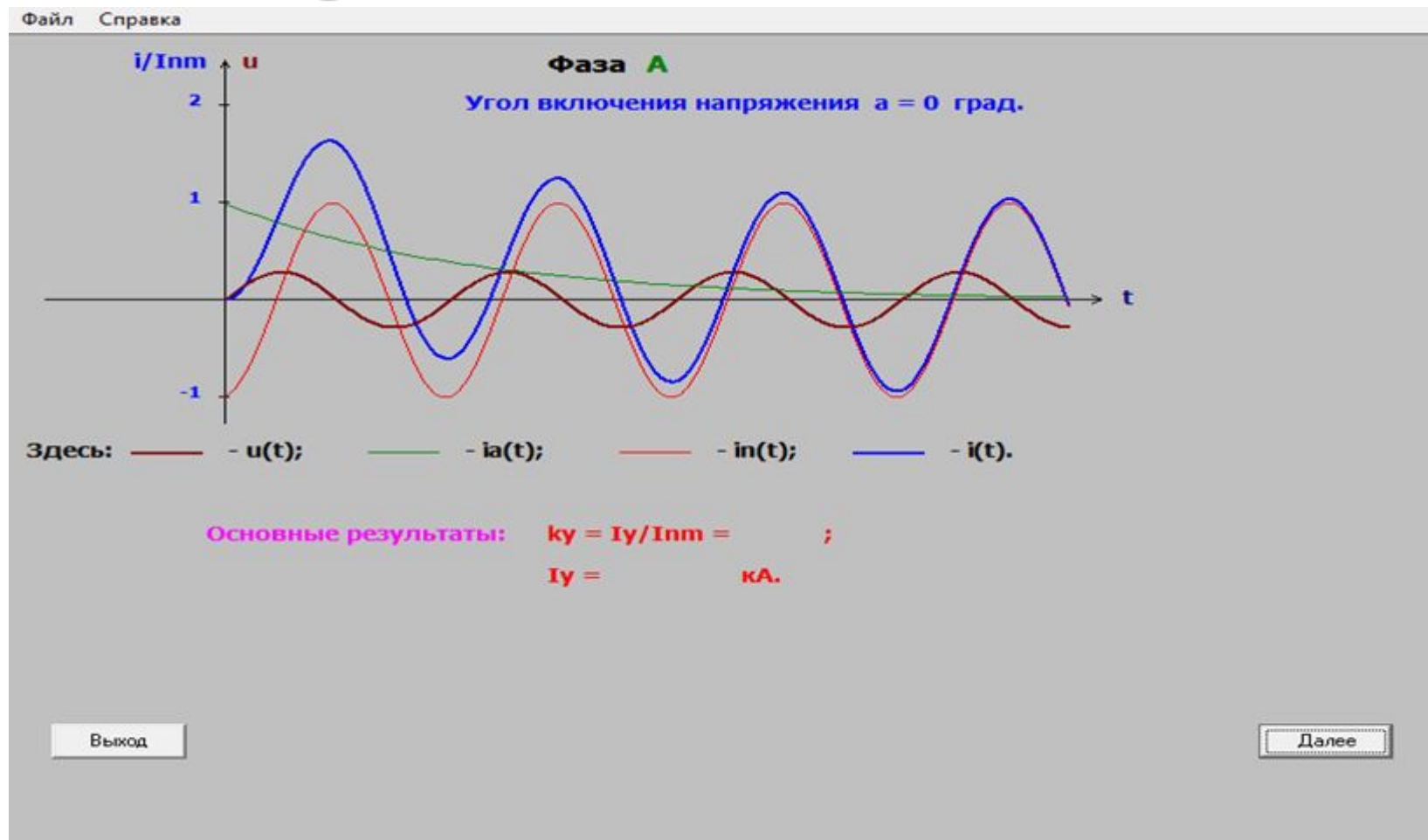


Таблица для построения графиков $i = f(t)$ и $u = f(t)$:

Фаза А

Здесь: t - время (в миллисекундах);

u - напряжение (в о.е., u/um);

i_n - периодическая составляющая тока (в А);

i_a - аperiodическая составляющая тока (в А);

i - полный ток (в А).

t	u(t)	$i_n(t)$	$i_a(t)$	$i(t)$	t	$i_n(t)$	$i_a(t)$	$i(t)$
0	0	-562,31	562,31	0	27	401,95	159,86	561,81
1,5	0,457	-462,11	524,15	62,04	29,5	568,45	142,31	710,75
3	0,813	-259,76	488,57	228,81	32	401,95	126,68	528,63
4,5	0,989	0	455,41	455,41	34,5	0	112,77	112,77
7	0,803	401,95	405,4	807,35	37	-401,95	100,39	-301,56
9,5	0,147	568,45	360,88	929,33	39,5	-568,45	89,36	-479,08
12	-0,596	401,95	321,25	723,21	42	-401,95	79,55	-322,4
14,5	-0,989	0	285,98	285,98	44,5	0	70,82	70,82
17	-0,803	-401,95	254,57	-147,38	47	401,95	63,04	464,99
19,5	-0,147	-568,45	226,62	-341,83	49,5	568,45	56,12	624,56
22	0,596	-401,95	201,74	-200,22	52	401,95	49,95	451,91
24,5	0,989	0	179,58	179,58	54,5	0	44,47	44,47

Выход

Далее


Фаза А

(с учетом предшествующего тока)

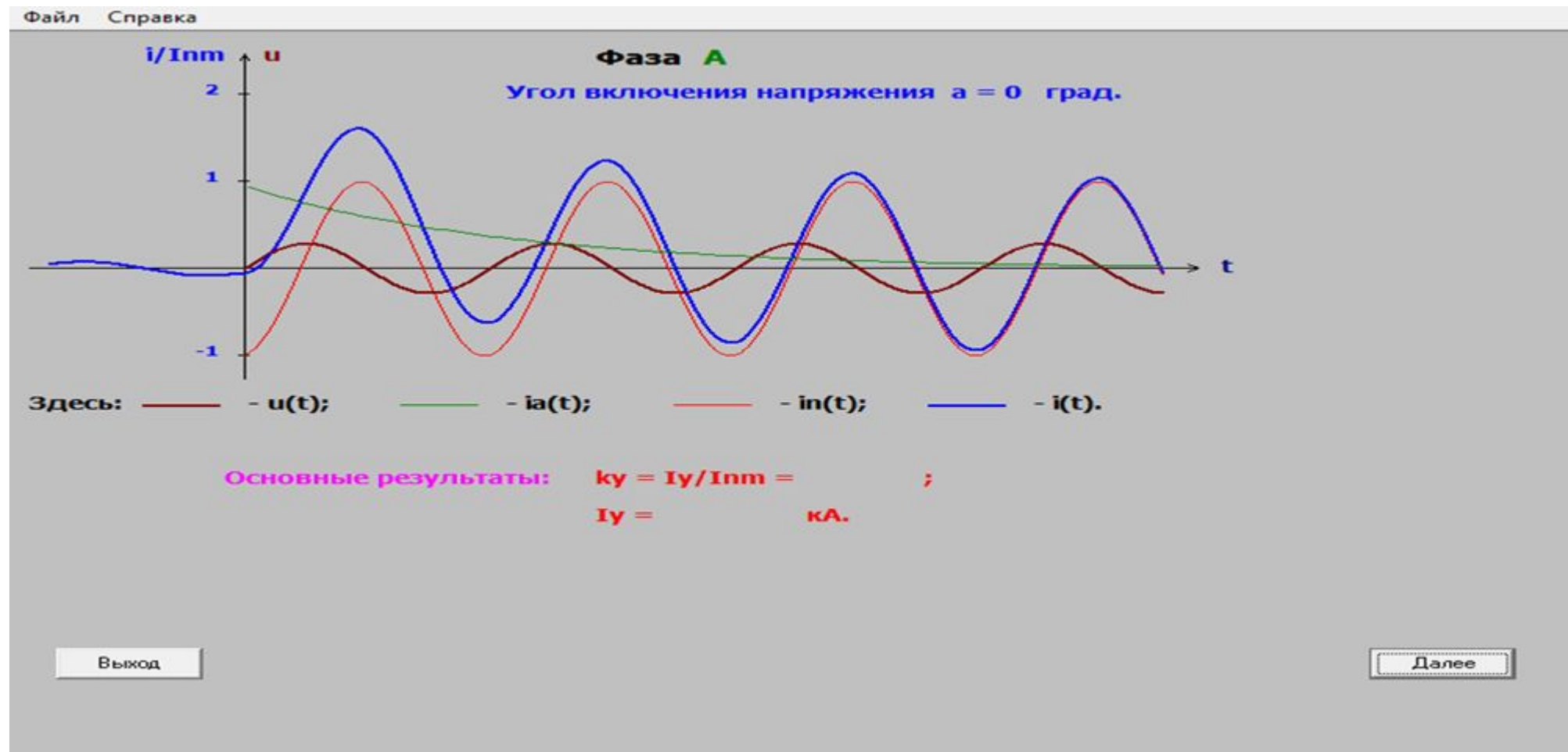
**График нужен для отчета.
После графика будет таблица.**

Выход

Далее

Скриним экран. Нажимаем  +Print Screen (prt sc /prt scr) (график **нужен в отчет**)

Значения ударного тока и коэффициента **вносим в таблицу 4** где $i_{np} \neq 0$



Таблицы для построения графиков (Фаза А):

Предшествующий режим

t	i(t)
-18,04	0
-13,04	45,68
-8,04	0
-3,04	-45,68
0	-26,41

Короткое замыкание

t	u(t)	in(t)	ia(t)	i(t)	t	in(t)	ia(t)	i(t)
0	0	-562,31	535,9	-26,41	27	401,95	152,35	554,31
1,5	0,457	-462,11	499,53	37,42	29,5	568,45	135,62	704,07
3	0,813	-259,76	465,62	205,86	32	401,95	120,73	522,68
4,5	0,989	0	434,02	434,02	34,5	0	107,47	107,47
7	0,803	401,95	386,36	788,31	37	-401,95	95,67	-306,28
9,5	0,147	568,45	343,93	912,38	39,5	-568,45	85,17	-483,28
12	-0,596	401,95	306,17	708,12	42	-401,95	75,81	-326,14
14,5	-0,989	0	272,55	272,55	44,5	0	67,49	67,49
17	-0,803	-401,95	242,62	-159,33	47	401,95	60,08	462,03
19,5	-0,147	-568,45	215,98	-352,47	49,5	568,45	53,48	621,93
22	0,596	-401,95	192,26	-209,69	52	401,95	47,61	449,56
24,5	0,989	0	171,15	171,15	54,5	0	42,38	42,38

Фаза В

(без предшествующего тока)

**График не нужен для отчета!
Но он может потребоваться на защите,
поэтому его лучше зарисовать себе в тетрадку.**

Выход


Далее

Скриним график фазы В без предшествующего тока. Нажимаем  +Print Screen (prt sc /prt scr). Таблицу пролистываем

Файл Справка

Файл Справка

Фаза В
Угол включения напряжения $\alpha = -120$ град.



Здесь: — $-u(t)$; — $-ia(t)$; — $-in(t)$; — $-i(t)$.

Основные результаты: $k = I_{\max}/I_{\text{нм}} =$;
 $I_{\max} =$ кА.

Таблица для построения графиков $i = f(t)$ и $u = f(t)$:

Фаза В

Здесь: t - время (в миллисекундах);
 u - напряжение (в о.е., $u/u_{\text{нм}}$);
 $i_{\text{н}}$ - периодическая составляющая тока (в А);
 $i_{\text{а}}$ - аperiodическая составляющая тока (в А);
 i - полный ток (в А).

t	u(t)	$i_{\text{н}}(t)$	$i_{\text{а}}(t)$	$i(t)$	t	$i_{\text{н}}(t)$	$i_{\text{а}}(t)$	$i(t)$
0	-0,866	209,03	-209,03	0	23,7	-401,95	-69,4	-471,35
0,4	-0,922	141,21	-205,18	-63,97	26,2	-568,45	-61,78	-630,22
0,8	-0,963	71,16	-201,4	-130,24	28,7	-401,95	-54,99	-456,95
1,2	-0,989	0	-197,69	-197,69	31,2	0	-48,95	-48,96
3,7	-0,803	-401,95	-175,99	-577,94	33,7	401,95	-43,58	358,37
6,2	-0,147	-568,45	-156,66	-725,11	36,2	568,45	-38,79	529,65
8,7	0,596	-401,95	-139,46	-541,41	38,7	401,95	-34,53	367,42
11,2	0,989	0	-124,14	-124,14	41,2	0	-30,74	-30,74
13,7	0,803	401,95	-110,51	291,44	43,7	-401,95	-27,37	-429,32
16,2	0,147	568,45	-98,38	470,07	46,2	-568,45	-24,36	-592,81
18,7	-0,596	401,95	-87,57	314,38	48,7	-401,95	-21,69	-423,64
21,2	-0,989	0	-77,96	-77,96	51,2	0	-19,3	-19,3

Выход

Далее

Выход

Далее

Фаза В

(с учетом предшествующего тока)

График не нужен для отчета!
Но он может потребоваться на защите,
поэтому его лучше зарисовать себе в тетрадку.

Выход


Далее

Скриним график фазы В с предшествующим током. Нажимаем  +Print Screen (prt sc /prt scr). Таблицу пролистываем

Файл Справка

Файл Справка

Фаза В
Угол включения напряжения $\alpha = -120$ град.



Здесь: — $-u(t)$; — $-ia(t)$; — $-in(t)$; — $-i(t)$.

Основные результаты: $k = I_{\max}/I_{\text{нм}} =$;
 $I_{\max} =$ кА.

Вывод

Далее

Вывод

Далее

Таблицы для построения графиков (Фаза В):
Предшествующий режим

t	i(t)
-16,37	-45,68
-11,37	0
-6,37	45,68
-1,37	0
0	-19,07

Короткое замыкание

t	u(t)	in(t)	ia(t)	i(t)	t	in(t)	ia(t)	i(t)
0	-0,866	209,03	-228,11	-19,07	23,7	-401,95	-75,73	-477,68
0,4	-0,922	141,21	-223,91	-82,7	26,2	-568,45	-67,41	-635,86
0,8	-0,963	71,16	-219,78	-148,62	28,7	-401,95	-60,01	-461,96
1,2	-0,989	0	-215,73	-215,73	31,2	0	-53,42	-53,42
3,7	-0,803	-401,95	-192,04	-594	33,7	401,95	-47,56	354,4
6,2	-0,147	-568,45	-170,96	-739,4	36,2	568,45	-42,33	526,11
8,7	0,596	-401,95	-152,18	-554,13	38,7	401,95	-37,68	364,27
11,2	0,989	0	-135,47	-135,47	41,2	0	-33,55	-33,55
13,7	0,803	401,95	-120,6	281,36	43,7	-401,95	-29,86	-431,81
16,2	0,147	568,45	-107,35	461,09	46,2	-568,45	-26,58	-595,03
18,7	-0,596	401,95	-95,57	306,39	48,7	-401,95	-23,66	-425,62
21,2	-0,989	0	-85,07	-85,07	51,2	0	-21,07	-21,07

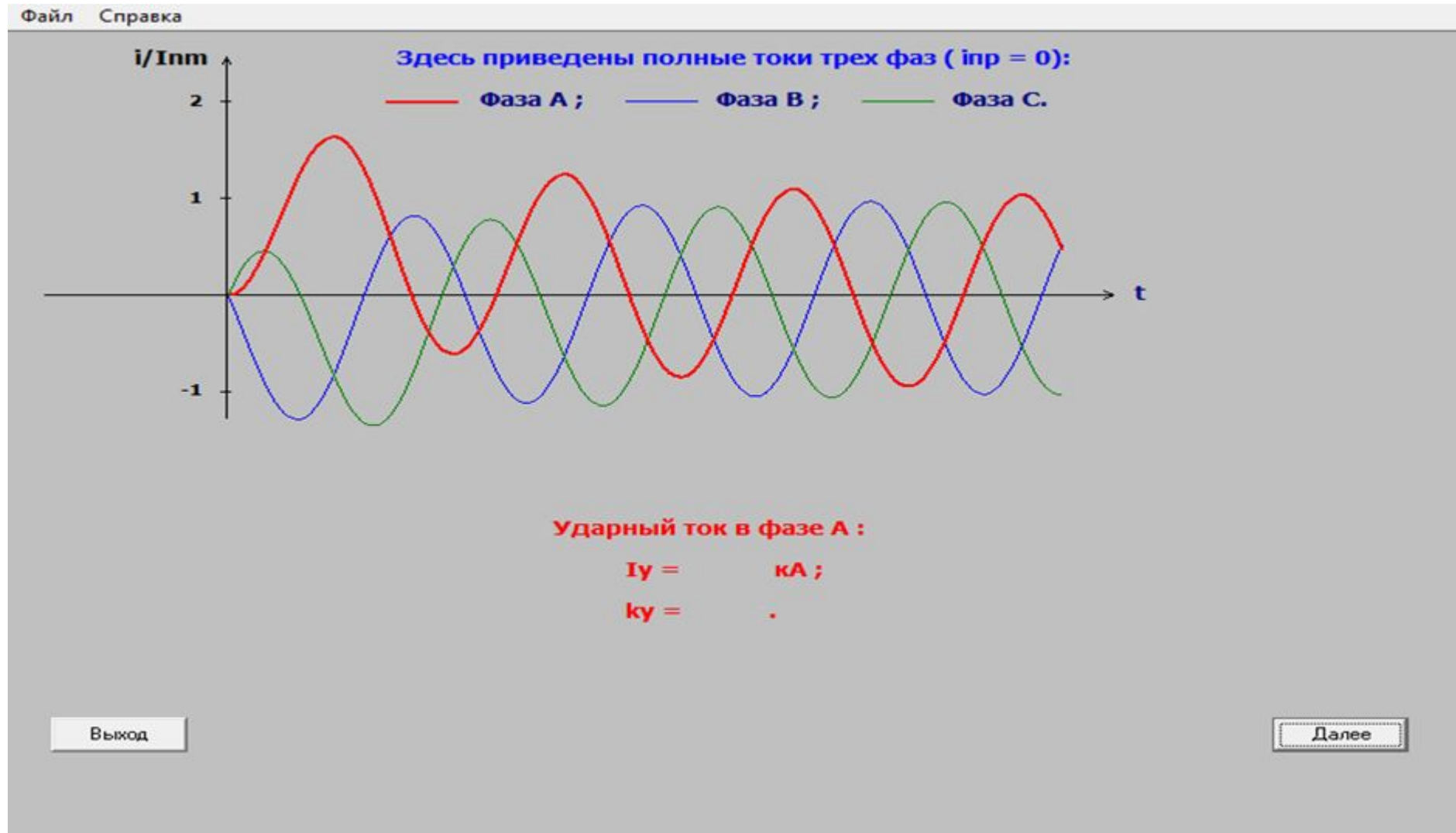
Аналогичные действия
производим с фазой С, графики
скриним, таблицы смотрим и
нажимаем далее.

А теперь посмотрите токи всех трех фаз одновременно.

Выход

Далее

Скриним график. Нажимаем  +Print Screen (prt sc /prt scr).



Вводим данные из таблицы 4 заготовки

Файл Справка

Введите амплитуду ударного тока для $i_{пр} = 0$ (в кА) $I_y =$

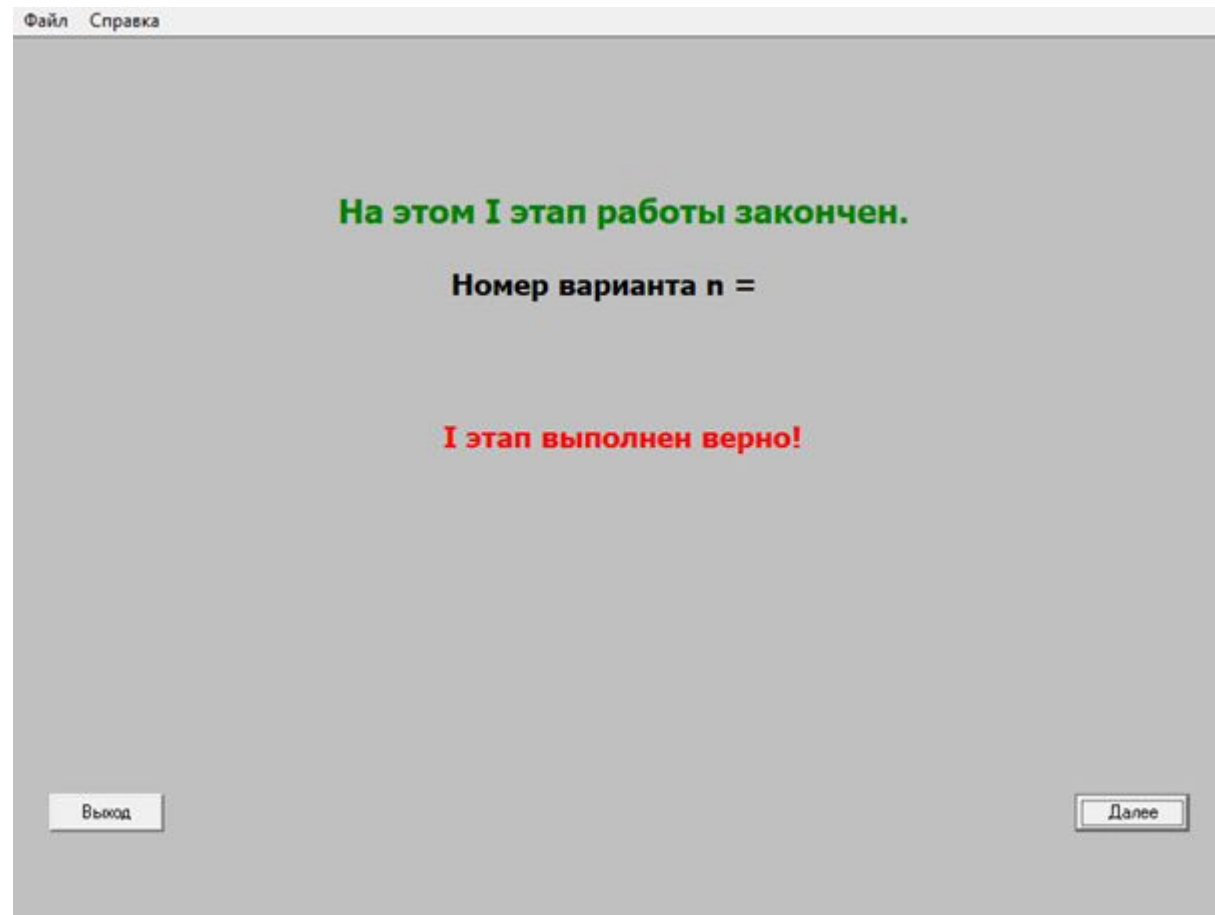
Введите ударный коэффициент для $i_{пр} = 0$ (в о.е.) $k_y =$

Введите амплитуду ударного тока для $i_{пр} \neq 0$ (в кА) $I_y =$

Введите ударный коэффициент для $i_{пр} \neq 0$ (в о.е.) $k_y =$

Выход Далее

При появлении этой надписи зовем преподавателя



II этап работы

**Определение минимально возможного
тока короткого замыкания в исследуемой цепи**

Выход

Далее

А теперь найдем угол включения напряжения, при котором возникает минимально возможный ток короткого замыкания, соответствующий коэффициенту $k = I_{\max}/I_{\min} = 1$.

На сверхвысокие напряжения существуют выключатели с управляемым моментом включения, которые позволяют существенно снижать перенапряжение при коммутации в сетях.

Выход

Далее

Порядок выполнения второго этапа:

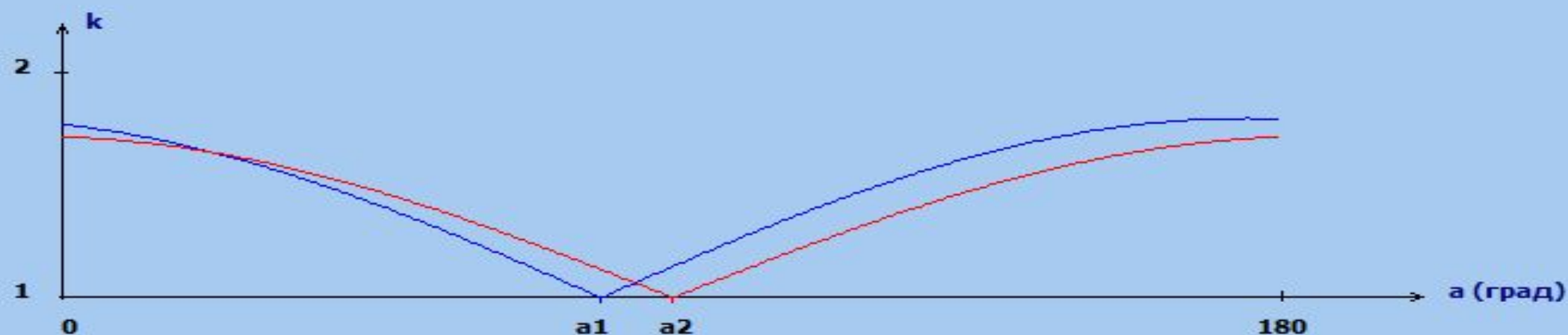
1. Необходимо, изменяя угол α с шагом в 10 градусов, построить для исследуемой фазы две зависимости:

а) $k_1 = f(\alpha)$ без предшествующего тока —————

б) $k_2 = f(\alpha)$ с предшествующим током, —————

где α - угол включения напряжения (шаг угла 10 градусов).

2. На каждой зависимости необходимо найти два соседних значения угла α с минимальными значениями k , затем дроблением угла необходимо определить углы α_1 и α_2 , при которых коэффициент $k_1 = 1$ и $k_2 = 1$ с точностью до трех нулей после запятой $k = 1.000$



Выход

Далее

Для начала отстраиваем графики
при углах 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60,
70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140,
150, 160, 170, 180

Это таблица 5 заготовки, в неё и будем переписывать значения

Файл Справка

Начертите таблицу, в которую вы будете сейчас заносить значения α , I_{\max} , k_1 и k_2

α (град)	k_1	I_{\max}	k_2	I_{\max}
0				
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
110				
120				
130				
140				
150				
160				
170				
180				

Выход

Далее

Вы будете исследовать фазу A

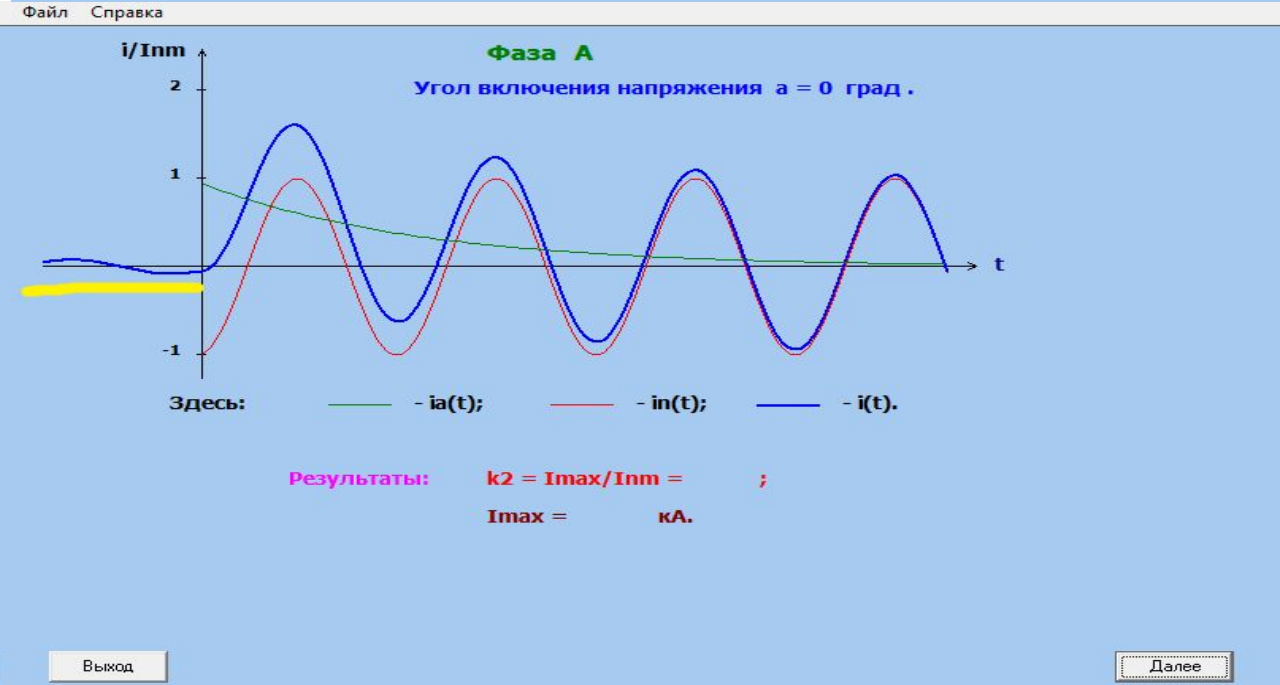
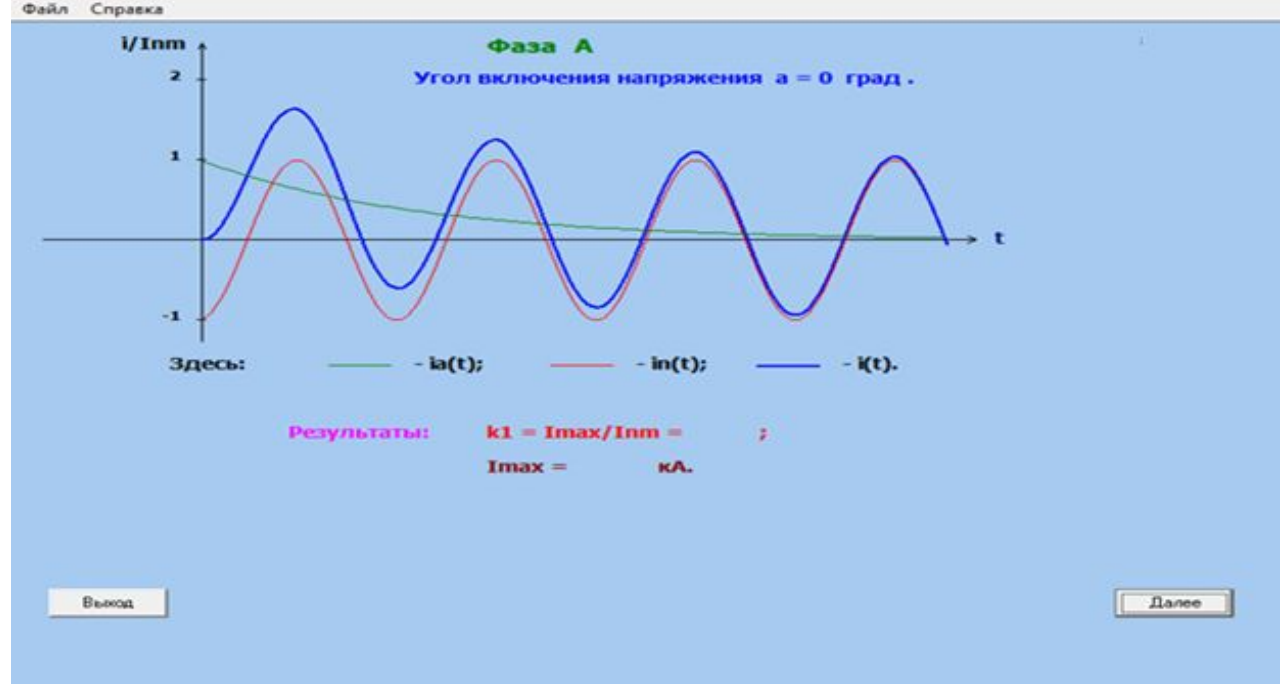
Начальное значение угла включения напряжения $\alpha = 0$ градусов.
Далее угол будете изменять с шагом в 10 градусов.

Обратите внимание на значения параметров, выделенных **красным** цветом!

Выход

Далее

и рассмотрим на примере угла включения равного 0. **СКРИНИМ ВСЕ ГРАФИКИ.** Сначала отстроится график без тока предшествующего режима (верхний правый угол). Значения прописываем в таблицу 5 при $i=0$. Затем отстраиваем с учетом предшествующего тока (правый нижний угол), и эти значения фиксируем в таблицу 5 при $i \neq 0$



Учет предшествующего тока

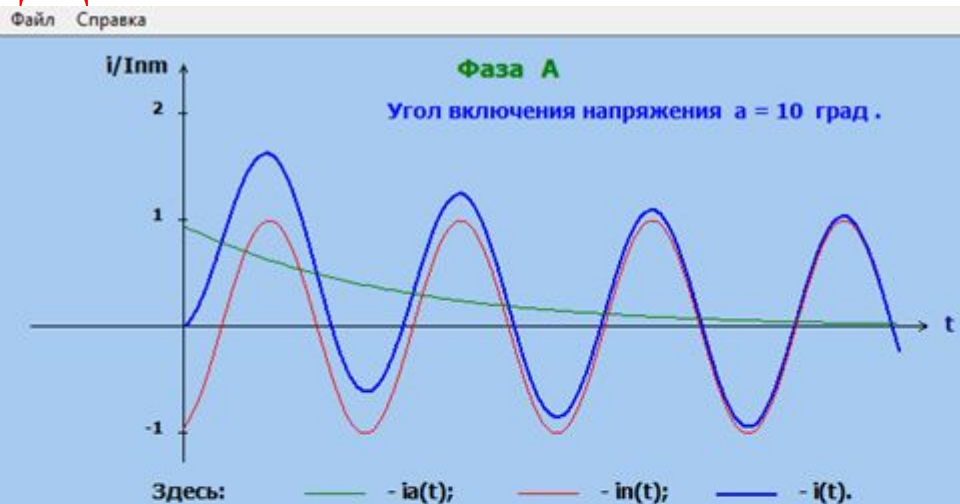
Выход

Далее

Выход

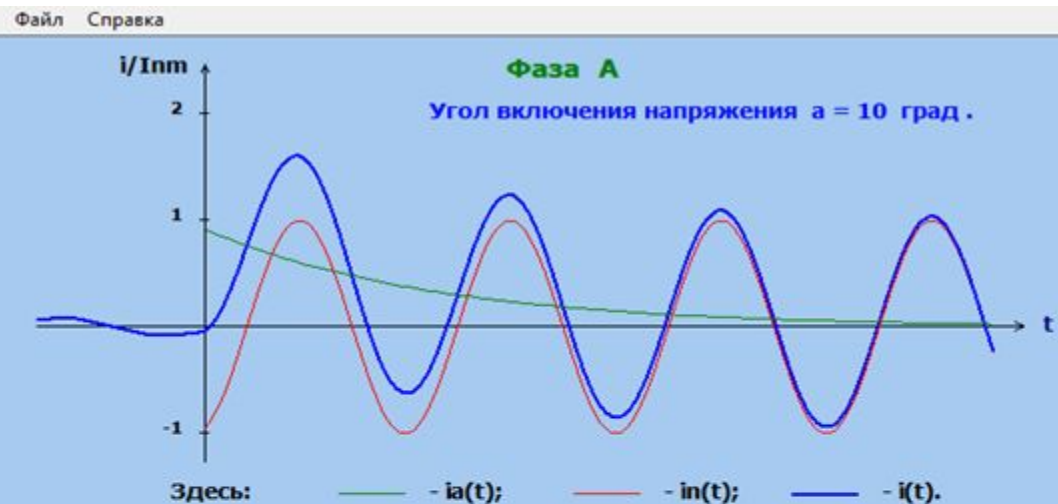
Далее

Графики без предшествующего и с учетом предшествующего тока для 10. НЕ ЗАБЫВАЕМ СКРИНИТЬ ГРАФИКИ, А ТАК ЖЕ ЗАНОСИТЬ ДАННЫЕ В ТАБЛИЦУ 5



Результаты: $k_1 = I_{\max}/I_{\text{nm}} =$;
 $I_{\max} =$ кА.

Выход



Результаты: $k_2 = I_{\max}/I_{\text{nm}} =$;
 $I_{\max} =$ кА.

Далее

Выход

Далее

И так делаем до 180 градусов.

Затем смотрим таблицу 5 (или же Ваши скрины) и ищем при каком угле K_1 и K_1 предш равны 1.000, для этого вводим в окно на рисунке разные углы. Например, k_1 максимально приближенный к 1.000 при 80 и равен 1.022, значит, что угол при котором $k_1=1.000$ будет лежать недалеко от 80. Добавляем в окно 80,1; 80,2;80,3 итд пока не найдем угол при котором $k_1=1.000$. СКРИНИМ ГРАФИК. Аналогично ищем и K_1 предш.

И ТОЛЬКО ТОГДА В ЭТОМ ОКНЕ ВВОДИМ 1 и ДАЛЕЕ

Файл Справка

Введите угол включения напряжения (град) a =

Введите 1, чтобы закончить ввод.

Выход Далее

Введите значение, при котором $k_1 = 1.000$

Файл Справка

Построение графика $i = f(t)$ для $k_1 = 1$ ($i_{пр} = 0$).

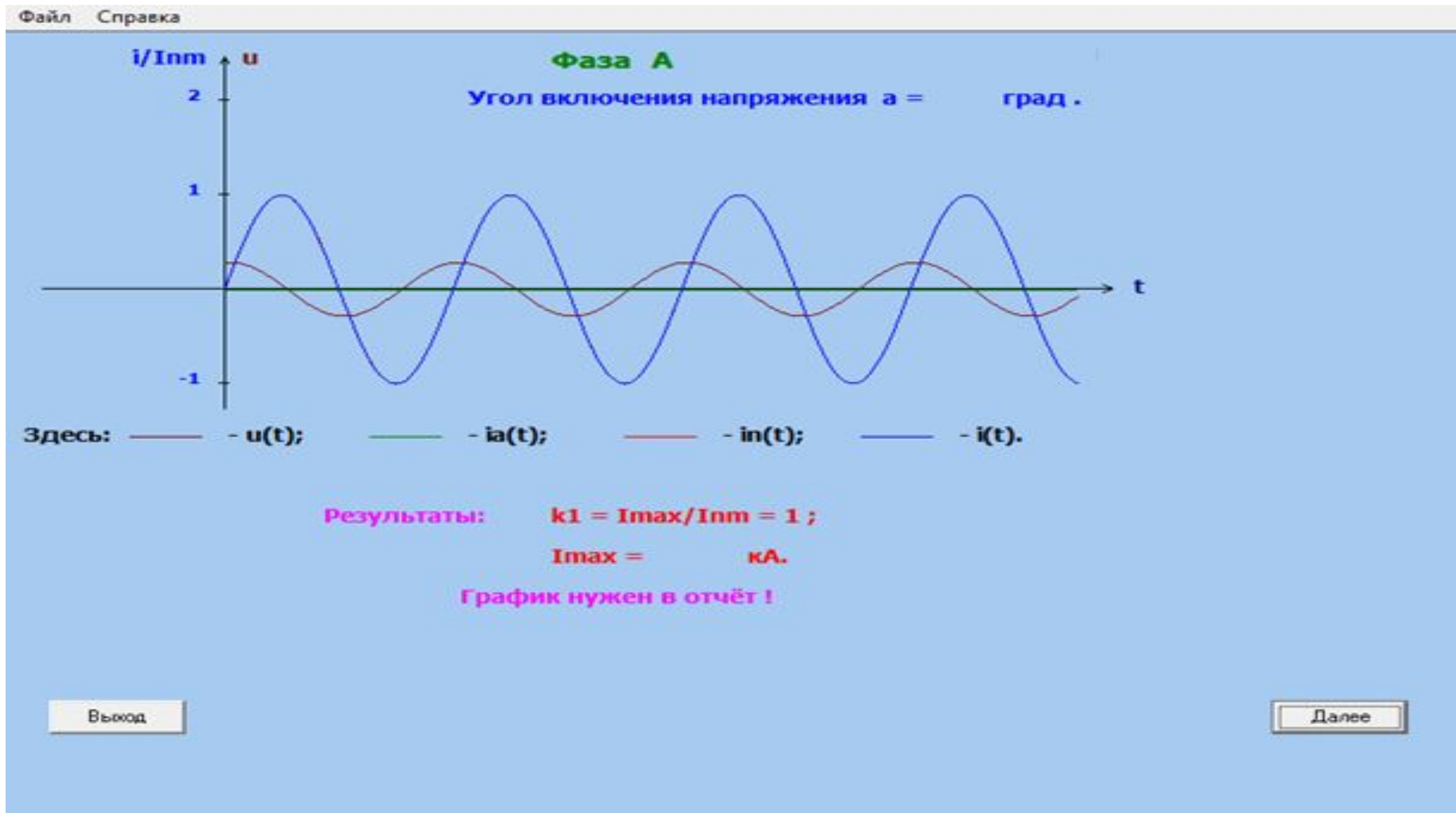
Введите угол включения напряжения, для которого $k_1 = 1$.

(Фаза A)

α_1 (в град) =

Выход Далее

Заскриньте построившийся график



Введите значение, при котором $k_2=1.000$

Файл Справка

Построение графика $i = f(t)$ для $k_2 = 1$ ($i_{пр} \neq 0$).

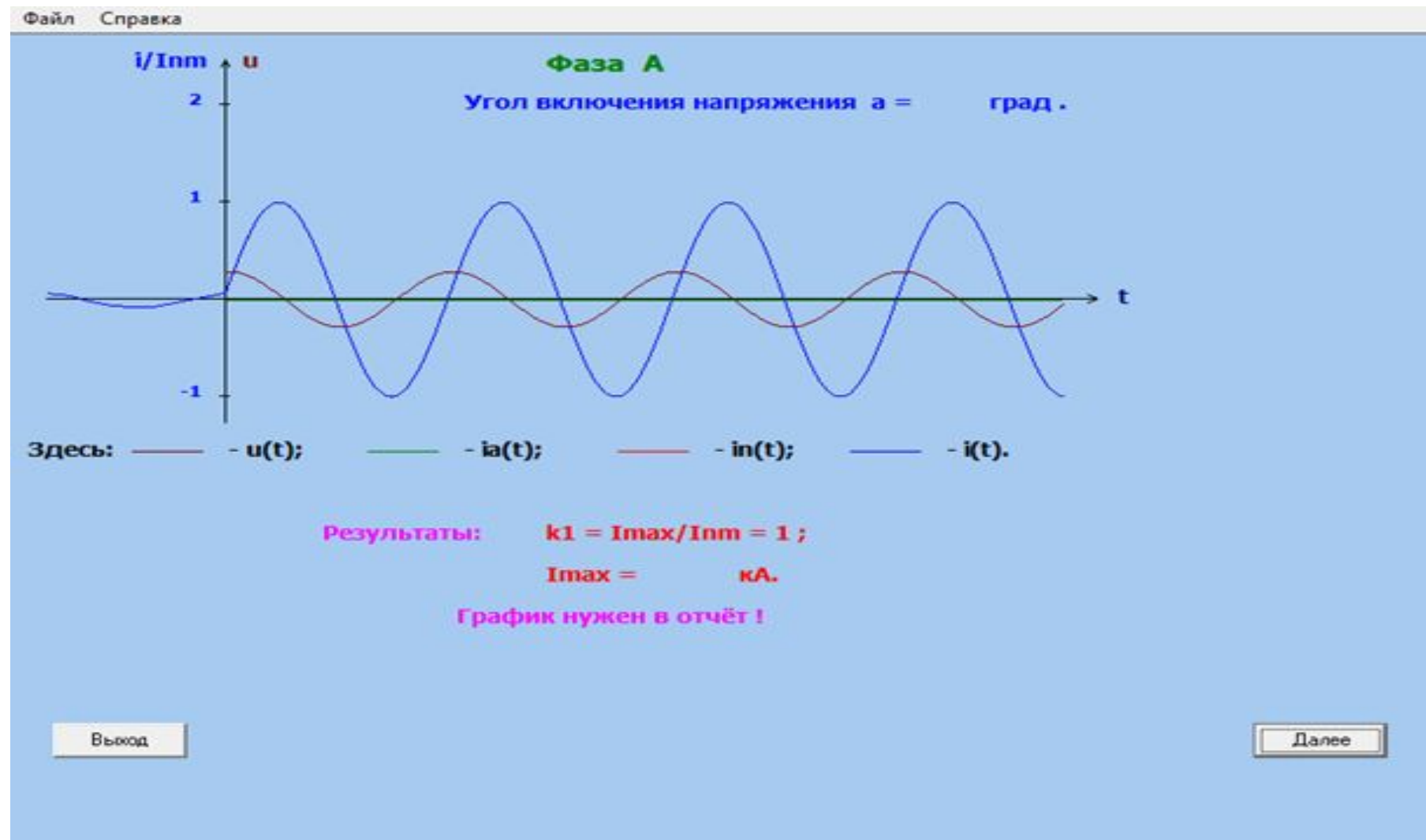
Введите угол включения напряжения, для которого $k_2 = 1$.

(Фаза А)

a_2 (в град) =

Выход Далее

Заскриньте построившийся график



Проходим проверку 2 этапа, 7 это 70, 14 это 140, В ПРОГРАММЕ НЕ ОТОБРАЖАЕТСЯ НОЛЬ

Файл Справка

А теперь проверим Ваши данные
Номер определяет генератор случайных величин
(При вводе целая и дробная часть отделяются запятой)

Ввод значений к1:

к1 (7) =

к1 (14) =

к1 (7) =

Ввод значений к2:

к2 (14) =

к2 (7) =

к2 (6) =

Выход Далее

Вводим значения для построения финального графика

Файл Справка

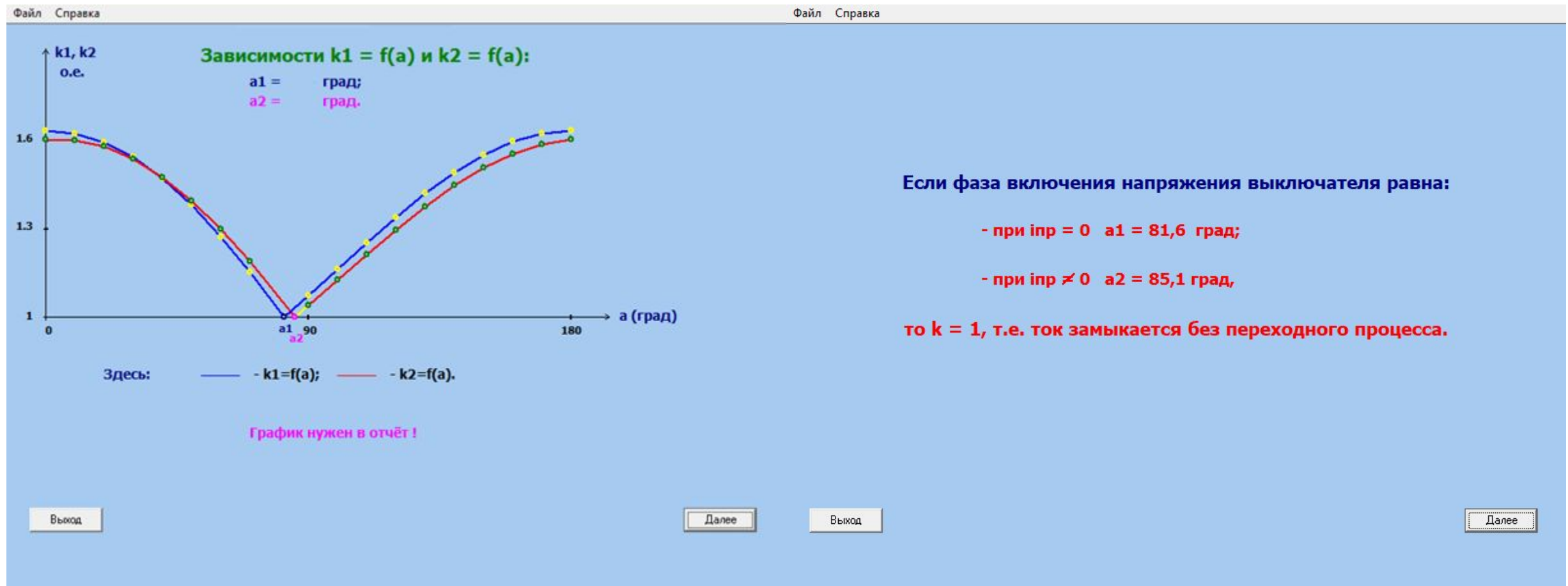
Введите значения a_1 и a_2 :
(Для фазы А)

a_1 (в град) =

a_2 (в град) =

Выход Далее

СКРИНИМ ГРАФИК. Таким образом мы нашли фазы включения выключателя, или иными словами мы нашли фазу при которой ток замыкается без переходного процесса.



Зовем преподавателя!

