

Установка значений R_h 1; 5; 10 КОМ производится переключателем S13 при положении ручки резистора R_h – «0».

В правой части лицевой панели стенда размещены индикаторы цифровых приборов: амперметра и вольтметра.

Амперметр предназначен для измерения тока (мА) в цепи цепи человека (положение «A1» переключателя амперметра). Амперметр имеет четыре предела измерения.

Вольтметр предназначен для измерения напряжений (В) фазных проводов А, В, С относительно земли; подключение вольтметра к фазным проводам осуществляется с помощью переключателя (положения «А», «В», «С» соответственно).

2.2. Порядок выполнения работы

Работа выполняется каждым студентом индивидуально в соответствии с вариантом задания (табл. 3).

Варианты индивидуальных заданий

Таблица 3

№ вар.	$R_{из}^*$, КОМ	C^{**} , МКФ	R_h , КОМ	$R_{эм}$, Ом	№ вар.	$R_{из}^*$, КОМ	C^{**} , МКФ	R_h , КОМ	$R_{эм}$, Ом
1	1,0	0,02	1	100	13	1,0	2,5	10	100
2	1,0	0,1	5	10	14	2,5	0	5	100
3	2,5	0,25	10	100	15	10	0,02	10	100
4	2,5	0,5	1	10	16	25	0,25	1	100
5	10	1,0	5	10	17	100	0,5	5	1000
6	10	2,5	10	10	18	∞	1,0	10	10
7	25	0	1	10	19	1,0	0,25	1	100
8	25	0,02	5	1000	20	2,5	0	5	1000
9	100	0,1	10	1000	21	10	0,02	10	10
10	100	0,5	1	1000	22	25	0,1	1	10
11	∞	0,25	5	10	23	100	0,25	5	10
12	∞	1,0	10	10	24	∞	0,5	10	100

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	1,0	1,0	5	1000	28	25	0,02	1	100
26	2,5	2,5	5	1000	29	100	0,25	5	100
27	10	0	10	10	30	∞	0,5	10	10

Примечание. * $R_A = R_B = R_C = R_{PEN} = R_{из}$.

** $C_A = C_B = C_C = C_{PEN} = C$.

2.2.1. Анализ опасности поражения человека электрическим током при прямом прикосновении к фазному проводу электрической сети

2.2.1.1. Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью при нормальном режиме работы

1. Изолировать нейтраль – перевести переключатель S1 в левое положение.
2. Отключить PEN-провод – перевести переключатель S3 в нижнее положение.
3. Установить нормальный режим работы сети – перевести переключатель S12 в положение «0».
4. Установить значения активных сопротивлений изоляции (переключатели S6, S8, S10) и емкостей (переключатели S7, S9, S11) фазных проводов относительно земли.
5. Установить значения сопротивлений цепи тела человека R_h переключателем S13. При этом ручка регулятора резистора R_h должна находиться в положении «0».
6. Смоделировать ситуацию, когда человек не касается фазного провода сети – установить переключатель S15 в положение «0».
7. Включить стенд – положение переключателя S2 – «1».
8. С помощью вольтметра произвести измерения напряжений

фазных проводов («А», «В», «С») относительно земли U_0 (переключатель вольтметра соответственно в положении «А», «В», «С».)

9. Выключить стенд – положение S2 – «О».
10. Смоделировать прямое прикосновение человека к фазному проводу «А» – установить переключатель S15 в положение «А».
11. Включить стенд – положение переключателя S2 – «I».
12. С помощью вольтметра определить значение напряжения прикосновения $U_{пр}$ (переключатель вольтметра в положении «А»).
13. Произвести измерение тока $I_{нд}$ в цепи тела человека с помощью амперметра, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя амперметра – «А1».
14. Выключить стенд – положение S2 – «О».

2.2.1.2. Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью при аварийном режиме работы (замыкание одного из фазных проводов на землю)

1. Смоделировать аварийный режим работы сети – замыкание фазного провода «В» на землю, для чего в дополнение к действиям позиций 1...10 п. 2.2.1.1 перевести переключатель S12 в положение «В».
2. С помощью переключателя S14 задать значение сопротивления в месте замыкания на землю $R_{зм}$.
3. Включить стенд – перевести S2 в положение «I».
4. С помощью вольтметра определить значение напряжения прикосновения $U_{пр}$ (переключатель вольтметра в положении «А»).
5. Произвести измерения токов в цепи тела человека $I_{нд}$ с помощью амперметра, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя амперметра – «А1».
6. Выключить стенд – положение S2 – «О».

2.2.1.3. Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью при нормальном режиме работы

1. Заземлить нейтраль – перевести переключатель S1 в правое положение.
2. Подключить PEN-провод – перевести переключатель S3 в верхнее положение.
3. Установить нормальный режим работы сети – перевести переключатель S12 в положение «0».
4. Установить значения активных сопротивлений изоляции (переключатели S4, S6, S8, S10) и емкостей (переключатели S5, S7, S9, S11) фазных проводов и PEN-провода относительно земли.
5. Установить значение сопротивления цепи тела человека R_h переключателем S13. При этом ручка регулятора резистора R_h должна находиться в положении «0».
6. Смоделировать ситуацию, когда человек не касается фазного провода сети, – установить переключатель S15 в положение «0».
7. Включить стенд – положение переключателя S2 – «I».
8. С помощью вольтметра произвести измерения напряжений фазных проводов («А», «В», «С») относительно земли U_0 (переключатель вольтметра соответственно в положении «А», «В», «С»).
9. Выключить стенд – положение S2 – «О».
10. Смоделировать прямое прикосновение человека к фазному проводу «А» – установить переключатель S15 в положение «А».
11. Включить стенд – положение переключателя S2 – «I».
12. С помощью вольтметра определить значение напряжения прикосновения $U_{пр}$ (переключатель вольтметра в положении «А»).
13. Произвести измерение тока $I_{нд}$ в цепи тела человека с помощью амперметра, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя амперметра – «А1».

14. Выключить стенд – положение S2 – «О».

2.2.1.4. Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью при аварийном режиме работы (замыкание одного из фазных проводов на землю)

1. Смоделировать аварийный режим работы сети – замыкание фазного провода «В» на землю, для чего в ДПОПнение к действиям позиций 1...10 п. 2.2.1.3 перевести переключатель S12 в положение «В».
2. С помощью переключателя S14 задать значение $R_{зм}$.
3. Включить стенд – перевести S2 в положение «1».
4. С помощью вольтметра определить значение напряжения прикосновения $U_{пр}$ (переключатель вольтметра в положении «А»).
5. Произвести измерение токов в цепи тела человека $I_{та}$ соответственно положению переключателя S15 – «А» с помощью амперметра, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя амперметра – «А1».
6. Выключить стенд – положение переключателя S2 – «О».

2.2.2. Анализ изменения силы тока, проходящего через цепь тела человека, при прямом прикосновении к фазному проводу трехфазной сети

2.2.2.1. Изменение силы тока в зависимости от активного сопротивления изоляции проводов относительно земли (при заданной емкости проводов относительно земли) при нормальном режиме работы сетей

Необходимо снять зависимость $I_{та} = f(R_{из})$ при условии

$$\begin{cases} R_A = R_B = R_C = R_N = R_{из}, \\ C_A = C_B = C_C = C_N = C = const. \end{cases}$$

1. Изолировать нейтраль – перевести переключатель S1 в левое положение.

2. Отключить PEN-провод – перевести переключатель S3 в нижнее положение.

3. Установить нормальный режим работы – перевести переключатель S12 в положение «0».

4. Смоделировать прямое прикосновение человека к фазному проводу «А» – установить переключатель S15 в положение «А».

5. Установить значение сопротивления цепи тела человека R_h переключателем S13. При этом ручка регулятора резистора R_h должна находиться в положении «0».

6. Установить значения емкостей проводов относительно земли (переключателями S7, S9, S11).

7. Включить стенд – перевести S2 в положение «1».

8. Произвести измерения тока $I_{та}$ в цепи тела человека с помощью амперметра, поочередно устанавливая с помощью переключателей S6, S8, S10 значения активных сопротивлений фазных проводов относительно земли $R_{из}$ {1; 2,5; 10; 25; 100, ∞ Ом}. Положение переключателя амперметра при измерениях – «А1».

9. Выключить стенд – перевести S2 в положение «О».

10. Заземлить нейтраль – перевести выключатель S1 в правое положение.

11. Подключить PEN-провод – перевести переключатель S3 в верхнее положение.

12. Повторить действия 3...6, дополнительно выставив значения $C_{PEN} = C$ (переключатель S5).

13. Включить стенд – перевести переключатель S2 в положение «1».

14. Произвести измерения тока $I_{та}$ в цепи тела человека с помощью амперметра, поочередно устанавливая с помощью переключателей S4, S6, S8, S10 значения активных сопротивле-

- ний фазных проводов и PEN-провода относительно земли $R_{из} \{1; 2,5; 10; 25; 100, \infty \text{ Ом}\}$.
15. Отключить стенд – положение переключателя S2 – «О».

2.2.2.2. Изменение силы тока в зависимости от емкости проводов относительно земли (при заданном активном сопротивлении изоляции проводов относительно земли) при нормальном режиме работы сетей

Необходимо снять зависимость $I_{на} = f(C)$ при условии

$$\begin{cases} C_A = C_B = C_C = C_{PEN} = C, \\ R_A = R_B = R_C = R_{PEN} = R_{из} = const. \end{cases}$$

1. Изолировать нейтраль – перевести переключатель S1 в левое положение.
2. Отключить PEN-провод – перевести переключатель S3 в нижнее положение.
3. Установить нормальный режим работы – перевести переключатель S12 в положение «0».
4. Смоделировать прямое прикосновение человека к фазному проводу «А» – установить переключатель S15 в положение «А».
5. Установить значение сопротивления цепи тела человека R_h переключателем S13. При этом ручка регулятора резистора R_h должна находиться в положении «0».
6. Установить значения активного сопротивления фазных проводов относительно земли $R_{из}$ (переключатели S6, S8, S10).
7. Включить стенд – перевести S2 в положение «1».
8. Произвести измерения тока $I_{на}$ в цепи тела человека с помощью амперметра, поочередно устанавливая с помощью переключателей S7, S9, S11 значения емкости фазных проводов относительно земли $C \{0; 0,02; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,5 \text{ мкФ}\}$.
9. Выключить стенд – перевести S2 в положение «О».

10. Заземлить нейтраль – перевести выключатель S1 в правое положение.
11. Подключить PEN-провод – перевести переключатель S3 в верхнее положение.
12. Повторить действия 3... 6, дополнительно выставив значения $R_{PEN} = R_{из}$ (переключатель S4).
13. Включить стенд – перевести переключатель S2 в положение «1».
14. Произвести измерения тока $I_{на}$ в цепи тела человека с помощью амперметра, поочередно устанавливая с помощью переключателей S5, S7, S9, S11 значения емкости фазных проводов и PEN-провода относительно земли $C \{0; 0,02; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,5 \text{ мкФ}\}$.
15. Отключить стенд – положение переключателя S2 – «О».

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет выполняется в тетради или на отдельных листах и должен содержать:

- 1) титульный лист по форме 1 (рис. 11);
- 2) изложение цели работы;
- 3) порядок выполнения работы (в виде блок-схемы);
- 4) расчетные формулы (табл. 4) и шаблоны табл. 5...7;
- 5) результаты эксперимента, представленные в табл. 5...7 и на рис. 12, 13. Все необходимые расчеты должны быть проведены в соответствии с правилами приближенных вычислений (прил.);
- 6) выводы.

Московский автомобильно-дорожный институт
(государственный технический университет)

Кафедра инженерной экологии

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»

Анализ электробезопасности
трехфазных сетей переменного тока
напряжением до 1000 В

Студент: _____ Ф.И.О. _____
Преподаватель: _____ Ф.И.О. _____

Отметка о допуске _____ дата _____ подпись преподавателя _____
Отметка о выполнении _____ дата _____ подпись преподавателя _____
Отметка о защите _____ дата _____ подпись преподавателя _____

Москва 20__ год

Рис. 11. Титульный лист по форме 1

Таблица 4

Анализ опасности прикосновения человека к исправному фазному проводу
трехфазных сетей переменного тока напряжением до 1000 В
(формулы для расчета напряжения прикосновения и тока поражения)

Режим нейтрали	Нормальный режим работы	
	Напряжение прикосновения $U_{пр}$ (формула для расчета)	Ток поражения $I_{чел}$ (формула для расчета)
Изолированная нейтраль	$U_{пр}^{(C)} = \dots$	$I_{чел}^{(C)} = \dots$
Заземленная нейтраль	$U_{пр}^{(B)} = \dots$	$I_{чел}^{(B)} = \dots$
	$U_{пр}^{(A)} = \dots$	$I_{чел}^{(A)} = \dots$
	Аварийный режим работы (замыкание фазного провода на землю)	
Изолированная нейтраль	$U_{пр}^{(C)} = \dots$	$I_{чел}^{(C)} = \dots$
Заземленная нейтраль	$U_{пр}^{(C)} = \dots$	$I_{чел}^{(C)} = \dots$

**Анализ опасности прикосновения человека к исправному фазному проводу «А»
трехфазных сетей переменного тока напряжением до 1000 В
при нормальном и аварийном режиме работы сетей**

R _{из} , кОм	C, мкФ	R _н , кОм	R _{зм} , Ом	U _ф , В (фазы А, В, С)	I _{чел} , мА		
					U _{пр} , В расчет	расчет	эксперимент
10	100	10	10	U _ф (А) = 230 U _ф (В) = 230 U _ф (С) = 230	1. Сеть с изолированной нейтралью		
					а) нормальный режим работы сети		
					б) аварийный режим работы сети (замыкание фазного провода «В» на землю)		
				2. Сеть с заземленной нейтралью			
				а) нормальный режим работы сети			
				б) аварийный режим работы сети (замыкание фазного провода «В» на землю)			

**Влияние активного сопротивления изоляции проводов сетей переменного тока напряжением до 1000 В
на опасность прикосновения человека к исправному фазному проводу при нормальном режиме работы**

C, мкФ	R _н , кОм	U _ф , В (фаза А)	R _{из} , кОм	I _{чел} , мА		I _{чел} , мА	
				расчет	эксперимент	расчет	эксперимент
				сеть с изолированной нейтралью		сеть с заземленной нейтралью	
900	1	230	1		230		230
			2,5		544		
			10		230		230
			25		230		230
			100		230		230
			∞		230		230

Влияние емкости проводов сетей переменного тока напряжением до 1000 В на опасность прикосновения человека к исправному фазному проводу при нормальном режиме работы

R _{из} , кОм	R _h , кОм	U _ф , В (фаза А)	C, мкФ	I _{чел} , мА		I _{чел} , мА	
				расчет	эксперимент	расчет	эксперимент
				сеть с изолированной нейтралью		сеть с заземленной нейтралью	
			0				
			0,02				
			0,1				
			0,25				
			0,5				
			1,0				
			2,5				

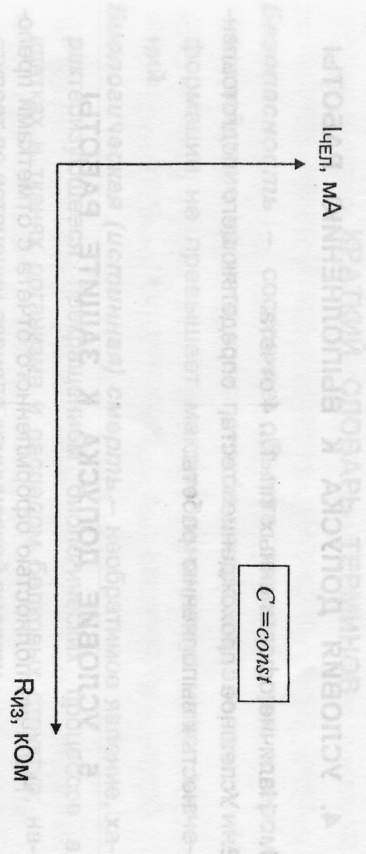


Рис. 12. Зависимость тока поражения I_{чел} при прямом прикосновении человека к фазному проводу сети от сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли R_{из} при нормальном режиме работы сети:

— — — — — трехфазная четырехпроводная сеть с изолированной нейтралью;
 1 — эксперимент; 2 — расчет

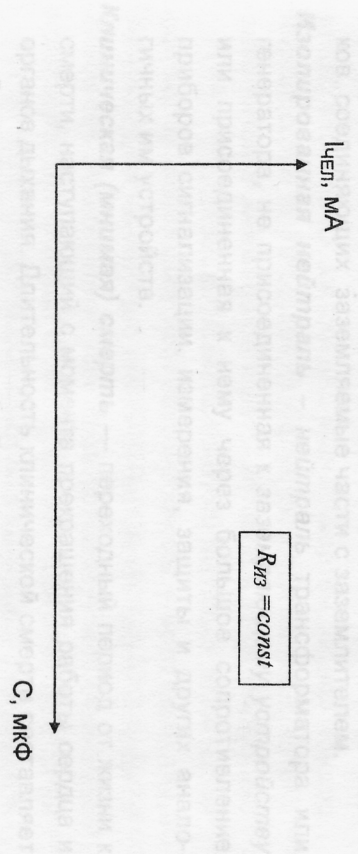


Рис. 13. Зависимость тока поражения I_{чел} при прямом прикосновении человека к фазному проводу сети от емкости фазных проводов относительно земли C при нормальном режиме работы сети:

— — — — — трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью;
 — — — — — трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью;
 1 — эксперимент; 2 — расчет

4. УСЛОВИЯ ДОПУСКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Наличие оформленных пп. 1...4 отчета.
2. Успешное прохождение теста, определяющего подготовленность к выполнению работы.

5. УСЛОВИЕ ДОПУСКА К ЗАЩИТЕ РАБОТЫ

Наличие полностью оформленного отчета с отметками преподавателя о допуске и выполнении работы.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Безопасность — состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых значений.

Биологическая (истинная) смерть — необратимое явление, характеризующееся прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма и распадом белковых структур; наступает по истечении периода *клинической смерти*.

Глухозаземленная нейтраль — нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Заземляющее устройство — совокупность заземлителя (металлического проводника или группы соединенных между собой металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части с заземлителем.

Изолированная нейтраль — нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

Клиническая (минимая) смерть — переходный период от жизни к смерти, наступающий с момента прекращения работы сердца и органов дыхания. Длительность клинической смерти составляет в большинстве случаев 4...5 мин (в некоторых случаях 7...8 мин), определяется временем с момента прекращения сердечной деятельности и дыхания до начала гибели клеток коры головного мозга.

Линейное напряжение — напряжение между фазными проводниками сети.

Местные электроотраемы – четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги.

Напряжение прикосновения – напряжение между двумя точками цепи, которых одновременно касается человек, иначе говоря, падение напряжения в сопротивлении тела человека

$$U_{\text{пр}} = I_{\text{чел}} \cdot R_{\text{чел}}$$

Нейтраль – общая (нейтральная) точка соединенных в звезду обмоток (элементов) электрооборудования, напряжения которой относительно внешних выводов обмотки одинаковы по абсолютному значению.

Неоплускающий ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник (электрод).

Опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи: людям, природной среде, материальным ценностям. Опасности реализуются в виде потоков энергии, вещества и информации, они существуют в пространстве и во времени. Многие опасности носят скрытый (потенциальный) характер.

Ощутимый ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека ощутимые раздражения.

Переменный ток – электрический ток, изменяющийся во времени по величине и/или направлению. В практике наиболее часто используются переменный синусоидальный ток.

Постоянный ток – электрический ток, не изменяющийся во времени.

Сила тока – количество электричества dq , проходящее через поперечное сечение проводника за бесконечно малый промежуток времени dt . За единицу силы тока в системе СИ принят ампер (А).

Термоэлектрионная эмиссия – выход электронов из металла под

действием теплового движения (при нагреве).

Фазное напряжение – напряжение между началом и концом обмотки источника тока (трансформатора, генератора) или между фазным и нулевым проводом.

Фибрилляционный ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека фибрилляцию.

Фибрилляция – хаотическое и разновременное сокращение отдельных волокон сердечной мышцы (фибрилл), в результате которого сердце теряет способность перекачивать кровь, в организме прекращаются процессы кровообращения и дыхания и наступает смерть.

Шаговое напряжение (напряжение шага) – напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися на расстоянии шага (0,8...1,0 м), на которых одновременно стоит человек.

Электрическая дуга – длительный самостоятельный электрический разряд в газах, поддерживающийся за счет термоэлектронной эмиссии с отрицательно заряженного электрода (катода).

Электрический ток – направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц: электронов, ионов и др. Условно за направление электрического тока принято направление движения положительных зарядов.

Электрический удар – электротравма, при которой процесс возбуждения живых тканей организма электрическим током, проходящим через него, сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц тела.

Электроустановка – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРАВИЛА ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Запись приближенных чисел

Результат измерений представляет собой приближенное число, точность которого определяется ошибкой. *Приближенное число* записывается так, чтобы ошибка последней цифры не превышала десяти единиц соответствующего разряда. При такой записи все цифры числа, кроме последней, будут *верными*. Последняя цифра называется *сомнительной*, все цифры правее сомнительной — *неверными*.

При записи окончательного результата все неверные цифры отбрасываются с соблюдением правил округления. Если приближенное число входит в расчетную формулу (в вычислении), в нем сохраняют одну неверную цифру — *запасную*. Например, если результат измерения равен 1,2763, а ошибка — 0,02, то окончательный результат — 1,28 ± 0,02 (отброшены две неверные цифры, оставлены две верные и одна сомнительная). Если же результат измерения входит в вычисления, то используется число 1,276, где цифра 6 — *запасная*.

В таблицах математических и физических величин приводятся числа только с верными и одной сомнительной цифрой, за максимумом (т.е. предельную) ошибку округления принимается половина единицы сомнительной цифры.

Пример 1. Из тригонометрических таблиц можно найти значение $\sin 48^\circ = 0,7431$. Ошибка округления принимается равной $\pm 0,00005$.

Пример 2. Из физических таблиц плотность ртути при 20°C равна $19,5458 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Ошибка округления равна $\pm 0,00005 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Правила округления

1. Если первая отбрасываемая цифра больше пяти, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу; если отбрасываемая цифра меньше пяти, то последняя цифра остается без изменений.
2. Когда отбрасывается только цифра 5, а последующих цифр младших разрядов нет или они неизвестны, то сохраняемая четная цифра увеличивается на единицу.
3. При округлении целых чисел все цифры, отброшенные при округлении, заменяются множителем 10^n , где n — количество отброшенных цифр.

Пример округления целого числа: $x = 30367 \approx 30 \cdot 10^3$.

Пример округления дроби: $x = 9,8066 \approx 9,81$.

Вычисления с приближенными числами

Точность результата математических операций с приближенными числами определяется количеством значащих цифр в этих числах. *Значащими* цифрами числа называются все верные и сомнительная цифра. Незначащими считаются все нули, стоящие левее первой значащей цифры.

Результат любого арифметического действия с приближенными числами — есть также приближенное число, в котором могут быть и неверные цифры, подлежащие отбрасыванию. Так как сложение и умножение верной цифры и неверной дают неверную, а верной и сомнительной — сомнительную, то результат вычисления, очевидно, не может быть точнее самого неточного числа в исходных данных. Отсюда ясно, что не только окончательные результаты, но и числа в промежуточных выкладках, а также исходные приближенные числа необходимо округлять. Округление производится следующим образом.

1. При сложении и вычитании все слагаемые округляют до

сомнительной цифры, стоящей в самом высшем разряде, а затем производят сложение (или вычитание):

$$x = 3,14 + 0,847 + 0,936 + 0,0736 + 0,0383 \approx$$

$$\approx 3,14 + 0,85 + 0,94 + 0,07 + 0,04 = 5,04.$$

Если округления не делать, то сумма будет равна 5,0359, где две последние цифры не верны, так как в первом слагаемом верных цифр только две, третья – сомнительная, а далее могут быть неизвестные цифры. Округление существенно облегчило получение результата без потери точности.

При вычитании близких по величине чисел возможна потеря относительной точности. Например, в случае разности

$$x = 5,7256 - 5,7243 = 0,0013$$

исходные данные имеют по 5 значащих цифр, а результат – две, причем только одну верную цифру. Увеличение точности в таком случае возможно только путем изменения метода измерений (или вычислений) и, следовательно, использования расчетной формулы, не содержащей разности близких величин.

2. При умножении и делении в полученном результате будет столько значащих цифр, сколько в исходном данном с наименьшим количеством значащих цифр. Аналогично предыдущему следует предварительно округлять все числа, оставляя, если это может повлиять на результат, одну запасную цифру:

$$x = 0,035835 \cdot 62,3 \approx 0,0358 \cdot 62,3 \approx 2,23.$$

3. При возведении в степень и извлечении корня приближенного числа должно быть оставлено значащих цифр столько, сколько их в основании:

$$x = 2,84^3 \approx 22,9.$$

В числе, полученном после извлечения корня любой степени, следует оставлять столько же значащих цифр, сколько их было в числе под корнем:

$$x = \sqrt{4,5400} \approx 2,1307.$$

4. При логарифмировании в мантиссе приближенного числа берется столько значащих цифр, сколько их в логарифмируемом числе:

$$x = \ln 10,0 \approx 2,30.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов / Под ред. проф. Л.А.Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 431с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / П.П. Кукин, В.Л. Лалин, Н.Л. Пономарев и др.: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2001. – 431 с.: ил.
3. ГОСТ 12.1.038–82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов / Система стандартов безопасности труда БЗ 10 – 2000. – М.: ИПК изд-во стандартов, 2001. – С. 40–42.
4. Долгин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – М.: Энергия, 1970. – 336 с.
5. Долгин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.
6. Кузнецов Ю.М. Безопасность жизнедеятельности. Электробезопасность: Учеб. пособие / МАДИ(ГТУ). – М., 2003. – 32 с.
7. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Балачев и др.; Под ред. Е.Я.Юдина, С.В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.
8. Паспорт лабораторного стенда БЖ 6/1. – М.: РНПО «Росучприбор», 1999.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Основные теоретические положения	4
1.1. Действие электрического тока на организм человека	4
1.2. Факторы, определяющие тяжесть поражения человека электрическим током	8
1.3. Опасность поражения человека в трехфазных электрических сетях переменного тока	16
1.3.1. Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью	20
1.3.2. Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью	22
2. Методика проведения работы	25
2.1. Описание лабораторного стенда БЖ 6/1	25
2.2. Порядок выполнения работы	28
2.2.1. Анализ опасности поражения человека электрическим током при прямом прикосновении к фазному проводу электрической сети	29
2.2.1.1. Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью при нормальном режиме работы	29
2.2.1.2. Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью при аварийном режиме работы (закрытие одного из фазных проводов на землю)	30
2.2.1.3. Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью при нормальном режиме работы	31
2.2.1.4. Трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью при аварийном режиме работы (замыкание одного из фазных проводов на землю)	32

2.2.2. Анализ изменения силы тока, проходящего через тело человека, при прямом прикосновении к фазному проводу трехфазной сети	32
2.2.2.1. Изменение силы тока в зависимости от активного сопротивления изоляции проводов относительно земли (при заданной емкости проводов относительно земли) при нормальном режиме работы сетей	32
2.2.2.2. Изменение силы тока в зависимости от емкости проводов относительно земли (при заданном активном сопротивлении изоляции проводов относительно земли) при нормальном режиме работы сетей	34
3. Требования к оформлению отчета	35
4. Условия допуска к выполнению работы	42
5. Условия допуска к защите работы	42
Краткий словарь терминов	43
Приложение	46
Литература	49

Редактор В.В. Солопова
 Технический редактор Н.Е. Знаменская
 Набор и компьютерная верстка Н.А. Евстигнеевой

Подписано в печать 24.05.2005 г. формат 60x84/16
 Печать офсетная Усл. печ. л. 3,0 У-ч. изд. л. 2,6
 Тираж 200 экз. Заказ 242 Цена 21 руб.
 Роталпринт МАДИ (ГТУ), 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64

Кафедра инженерной экологии МАДИ (ГТУ)

Кафедра инженерной экологии создана на базе кафедр «Промышленно-транспортная экология» и «Безопасность жизнедеятельности» в 2003 г. Входит в состав Энерго-экологического факультета.

Заведующий кафедрой – доктор технических наук, профессор Ю.В. Трофименко. В настоящее время в составе кафедры 48 сотрудников, в том числе 30 преподавателей, из них 6 докторов наук и 19 кандидатов наук.

Преподаватели кафедры проводят учебные занятия со студентами всех специальностей МАДИ (ГТУ) по курсам «Экология», «Безопасность жизнедеятельности», а также консультирование Дипломных проектов по разделу «Производственная и экологическая безопасность».

С 1995 г. кафедра осуществляет подготовку **инженеров-экологов** по специальности 330200 «**Инженерная защита окружающей среды в автомобильном комплексе**».

Более подробная информация: <http://www.madi.ru/kafedra/pte>

E-mail: ite@esolou.madi.ru

Учебно-методическая литература
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»,
подготовленная преподавателями кафедры и изданная
в 2004 – 2005 годах

1. Кузнецов Ю.М. Нормативное правовое обеспечение охраны труда: Учеб. пособие / МАДИ (ГТУ). – М., 2004. – 36 с.
2. Есиплигнеева Н.А. Методы очистки атмосферного воздуха от загрязнителей (паро- и газообразных): Методические указания к лабораторной работе по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / МАДИ (ГТУ). – М., 2004. – 36 с.
3. Есиплигнеева Н.А. Эколого-экономическая оценка мероприятий по совершенствованию дорожной сети: Методические указания к расчетно-практическим работам по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / МАДИ (ГТУ). – М., 2004. – 79 с.
4. Есиплигнеева Н.А. Анализ электробезопасности трехфазных сетей переменного тока напряжением до 1000 В: Методические указания к лабораторной работе по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / МАДИ (ГТУ). – М., 2005. – 51 с.

По вопросу приобретения литературы обращаться

по тел. 155-07-29 и 155-07-41



403321