

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ № 4-6
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех направлений и форм обучения

Составители: Асташкин Валентин Петрович
Звягина Лилия Николаевна

В авторской редакции

Подписано в печать 22.05.2013.

Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 155 экз. «С» 54.

Зак. № 120.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14

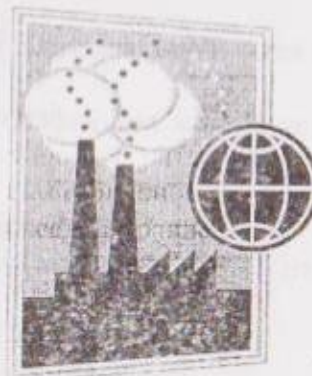
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра промышленной экологии и безопасности
жизнедеятельности

111-2013

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ № 4-6
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех направлений и форм обучения



Воронеж 2013

Составители: канд. техн. наук В.П. Асташкин, канд. пед. наук Л.Н. Звягина

УДК 354.2.620

Методические указания к выполнению лабораторных работ № 4-6 по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех направлений и форм обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В.П. Асташкин, Л.Н. Звягина. Воронеж, 2013. 29 с.

Методические указания предназначены для закрепления теоретического материала по разделу «Электробезопасность» дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Предназначены для студентов всех направлений и форм обучения.

Табл. 9. Ил. 5. Библиогр.: 6 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.М. Наумов

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. Н.В. Мозговой

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 СНЯТИЕ СТАТИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ С КОНДЕНСАТОРОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить причины, влияющие на сохранение остаточного заряда и эффективность действия различных цепей, устраняющих остаточные заряды на конденсаторах большой емкости.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Наибольшую опасность при обслуживании аппаратуры радиопредприятий представляют передающие устройства, так как для питания передатчиков применяются напряжения выше 1000 В.

Ввиду того, что передатчик является сложным радиотехническим устройством, для создания безопасных и безаварийных условий работы он снабжается системой управления, блокировки и сигнализации (УБС).

Несмотря на наличие электрической и механической блокировки безопасности, обслуживающий персонал может попасть под напряжение заряда конденсаторов большой емкости, установленных в шкафах передатчика. Поэтому в схемы электропитания передатчика вводятся специальные разрядные цепи, позволяющие снять остаточные заряды конденсаторов сглаживающих фильтров.

Определить оптимальное сопротивление разрядного резистора можно по формуле

$$R_p = t / (2,3C_\phi \lg \frac{U_{ост}}{U_{дон}}),$$

где $t \leq 3\tau$ – требуемое время разряда;

$U_{ост}$ – остаточное напряжение на конденсаторе фильтра (после отключения питания), В;

$U_{\text{доп}}$ - допустимое напряжение на конденсаторе фильтра, В;

C_{ϕ} - емкость конденсатора фильтра, Ф

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Работа проводится на универсальном лабораторном стенде путем моделирования основных параметров цепей выходного каскада радиопередающих устройств и определения времени разряда конденсаторов фильтра через киловольтметр или разрядные резисторы. Предусмотрена возможность подключения однозвенного и двухзвенного фильтра, коммутация цепей разряда через киловольтметр, а также через резисторы r_1, r_2, r_3 . Время разряда конденсаторов фильтра изменяется с помощью пятиразрядного секундомера, запуск которого производится нажатием кнопки РАЗРЯД лабораторного стенда.

4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассчитать по формуле сопротивление разрядного резистора R_p . Данные для расчета получить из табл. 1 по заданию преподавателя.

Таблица 1

Варианты задания

Номер рабочего места	1	2	3	4	5	6	7	8
$t, \text{с}$	3	3	3	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6
$U_{\text{ист}}, \text{кВ}$	10,5	5	6	5	4	3	6,5	5
$U_{\text{доп}}, \text{В}$	200	100	120	650	400	120	200	400
$C_{\phi}, \text{мкФ}$	20	40	20	40	20	40	20	40

Провести измерение времени разряда конденсаторов фильтров.

Исходное состояние стенда:

тумблер СЕТЬ универсального блока в нижнем положении;

кнопка СЕТЬ лабораторного стенда в отжатом состоянии;

тумблеры "S₁" и "S₃" в нижнем положении;

переключатель "S₂" в положении откл.

Измерить время разряда конденсатора однозвенного Г-образного сглаживающего фильтра ($C_{\phi} = 20 \text{ мкФ}$) или двухзвенного П-образного сглаживающего фильтра ($\sum C_{\phi} = 40 \text{ мкФ}$) в соответствии с вариантом задания от $U_{\text{ист}}$ до $U_{\text{доп}}$ при включении в разрядную цепь разрядного резистора, для чего:

тумблер СЕТЬ универсального блока перевести в верхнее положение;

подключить к схеме Г-образный фильтр переводом тумблера "S₁" в верхнее положение или П-образный фильтр переводом тумблеров "S₁" и "S₃" в верхнее положение;

нажать кнопку СЕТЬ лабораторного стенда, контролировать наличие напряжения по сигнальной лампе и показанию киловольтметра;

переключатель разрядных резисторов "S₂" перевести в положение "1";

нажать кнопку СБРОС секундомера на универсальном блоке;

не отпуская кнопку СБРОС секундомера, нажать кнопку РАЗРЯД на лицевой панели лабораторного стенда, при этом контролировать напряжение на C_{ϕ} с помощью киловольтметра;

при снижении напряжения до $U_{ост}$ включить секундомер опусканием кнопки СБРОС при уменьшении напряжения на C_{ϕ} (по киловольтметру) до $U_{дон}$, отпустить кнопку РАЗРЯД, при этом секундомер зафиксирует время разряда конденсатора от $U_{ост}$ до $U_{дон}$.

Результат занести в табл. 2.

Таблица 2

Время разряда конденсаторов при различных цепях разряда

№ п/п	Цепь разряда	Ост. (кВ) U	Доп., В U	t разряда	
				однозвен. фильтр	двухзвен. фильтр

Повторить измерения при положении переключателя разряда резисторов "S₂". Результаты измерения занести в табл.2.

Аналогичным образом измерить время разряда конденсаторов фильтра при включении в разрядную цепь киловольтметра с добавочным резистором, при этом переключатель "S₂" перевести в положение ОТКЛ. Результат измерения занести в табл.2.

Восстановить исходное состояние лабораторного стенда.

В отчете привести схему лабораторного стенда, таблицу измерений, расчет R разр.

Сделать выводы по результатам измерений и расчетов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите факторы, влияющие на сохранение остаточного заряда конденсаторов.
2. Методы, устраняющие остаточные заряды на конденсаторах большой емкости.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТЕКАНИЯ ТОКА В ЗЕМЛЕ. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИКОСНОВЕНИЯ И ШАГА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать закон распределения потенциала на поверхности земли при стекании тока с заземлителя; определить величины напряжения прикосновения, шага и выявить опасные зоны.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Растекание тока в грунте может произойти при замыкании находящихся под напряжением частей электроустановок и проводов на землю. Контакт проводника с землей может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае проводник, находящийся в непосредственном контакте с грунтом, называется заземлителем.

Стечением тока в землю сопровождается возникновением на заземлителе и окружающей его поверхности земли потенциала. Закон распределения потенциала на поверхности земли в зависимости от формы заземлителя может быть достаточно сложным. Наиболее просто его оценить, если рассмотреть случай стекания тока I_3 грунт с удельным сопротивлением ρ через одиночный заземлитель полусферической формы радиусом r при повреждении изоляции и пробое фазы на корпус заземлительного электрооборудования (рис.1).

Плотность тока в точке А на поверхности земли на расстоянии x от заземления выразится зависимостью:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{I_3}{2\pi x^2},$$

где I_3 - ток, стекающий с заземлителя в грунт;

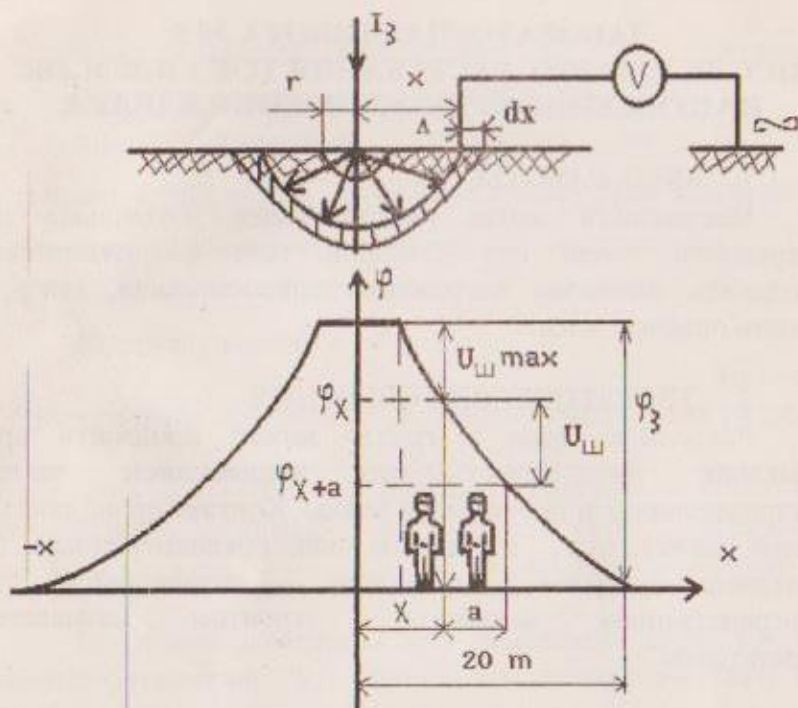


Рис. 1. Распределение потенциала на поверхности земли

$S = 2\pi x^2$ - площадь поверхности полусферы радиусом x (сечение слоя земли по которому проходит ток).

Падение напряжения в элементарном слое грунта толщиной dx можно выразить через напряженность поля E и толщину этого слоя:

$$dU = E \cdot dx,$$

Напряженность поля определяется законом Ома в дифференциальной форме:

$$E = \delta \rho,$$

Потенциал точки A равен падению напряжения от точки A до бесконечно удаленной точки с нулевым потенциалом.

Поэтому

$$\varphi_A = \int_x^{\infty} dU = \int_x^{\infty} \frac{I_3 \rho}{2\pi x^2} dx = \frac{I_3 \rho}{2\pi x}.$$

Обозначив $\frac{I_3 \rho}{2\pi} = \text{const} = K$, получим

$$\varphi_A = \frac{K}{x}.$$

Таким образом, потенциал на поверхности грунта вокруг данного типа заземлителя распределяется по закону гиперболы, уменьшаясь от своего максимального значения φ_3 до нуля по мере удаления от заземлителя (рис.1). Теоретически поле растекания тока простирается до бесконечности, однако практически в реальных условиях зона растекания составляет 20м, поскольку за пределами этой зоны плотность тока близка к нулю.

Если в зоне растекания тока окажется человек, то он может попасть под действие шагового напряжения, а если он касается заземленной части электрооборудования, то и под действие напряжения прикосновения.

Напряжение шага - это напряжение между двумя точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека. Численно напряжение шага $U_{ш}$ равно разности потенциалов точек земли, на которых находятся ноги человека (рис.1), при этом ширина шага $a=0,8$ м. При расположении одной ноги человека на расстоянии x от заземлителя и $a=0,8$ м получаем

$$U_{ш} = \varphi_x - \varphi_{x+a} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x+a} \right) = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \cdot \frac{a}{x(x+a)},$$

или

$$U_{ш} = \varphi_3 \cdot \frac{ar}{x(x+a)} = \varphi_3 \cdot \beta,$$

где β - коэффициент напряжения шага, зависящий от вида заземлителя, расстояния до заземлителя и ширины шага. Чем ближе к заземлителю и чем шире шаг, тем β больше.

Напряжение шага максимально у заземлителя и уменьшается по мере удаления от заземлителя; вне поля растекания оно равно нулю. Ток, обусловленный напряжением шага,

$$I_{ш} = \frac{U_{ш}}{R_{ч}},$$

где $R_{ч}$ - сопротивление тела человека на пути "нога-нога".

Как распределение потенциала на поверхности земли, так и шаговые напряжения зависят от удельного сопротивления грунта ρ . Грунт имеет сложное строение и представляет собой дисперсное пористое тело, состоящее из трех частей: жидкой, твердой и газообразной. Основным проводником тока в грунте является его жидкая часть. Экспериментально установлено, что для грунтов существуют некоторые оптимальные значения влажности и содержания растворимых веществ, при которых ρ достигает минимума. Кроме того, ρ зависит от вида грунта, его уплотнения и температуры.

Напряжение прикосновения - это напряжения между двумя точками цепи тока замыкания при одновременном прикосновении к ним человека. Рассмотрим условия поражения током в случае прикосновения человека к нормально изолированным частям электрооборудования, оказавшимся под напряжением из-за замыкания фазы на корпус (рис.2). Напряжение прикосновения в этом случае будет равно разности между потенциалом на заземленном корпусе, к которому человек прикасается рукой $\varphi_p = \varphi_k$ и потенциалом поверхности земли в точке нахождения ног

человека $\varphi_H = \varphi_{осн}$. Так как на любом из корпусов электрооборудования, присоединенных к заземлителю, потенциал равен потенциалу заземления $\varphi_k = \varphi_z$, то

$$U_{пр} = \varphi_z - \varphi_{осн} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{x} \right) = \frac{I_3 \rho}{2\pi r} \left(\frac{x-r}{x} \right),$$

или

$$U_{пр} = \varphi_z \cdot \alpha$$

Величину α называют коэффициентом напряжения прикосновения (в пределах зоны растекания тока $\alpha < 1$, а за пределами зоны $\alpha = 1$). Этот коэффициент учитывает форму потенциальной кривой.

Величина напряжения прикосновения равна нулю в случае нахождения человека на заземлителе, так как потенциал рук и ног одинаковы и равны φ_z . При удалении от заземлителя напряжение прикосновения стремится к максимальному значению, и за пределами зоны растекания оно равно напряжению на корпусе оборудования. Ток, протекающий через человека при этом, равен:

$$I_{ч} = \frac{U_{пр}}{R_{ч}},$$

где $R_{ч}$ - сопротивление тела человека на пути "рука-нога".

Напряжение шага всегда меньше напряжения прикосновения. Кроме того, условия поражения человека напряжением прикосновения и напряжением шага различны, поскольку протекание тока по нижней петле "нога-нога" менее опасно, чем по пути "рука-нога". Однако в практике немало случаев поражения людей при воздействии напряжения шага. Поражение усугубляется еще и тем, что из-за судороги в ногах человек может упасть, после чего цепь тока замыкается вдоль

всего тела через жизненно важные органы с увеличением разности потенциалов.

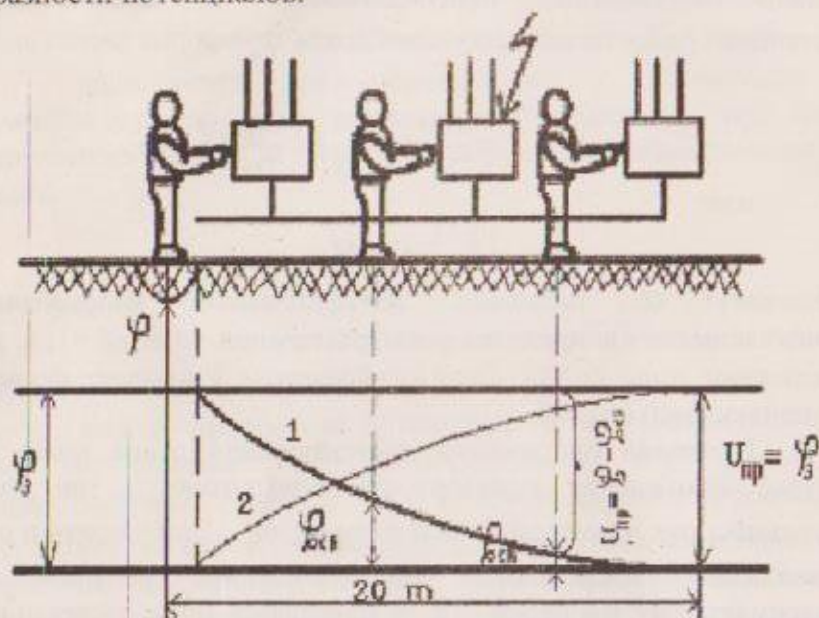


Рис. 2. Распределение напряжения прикосновения:

1-потенциальная кривая $\varphi_3 = f(x)$;

2-кривая распределения напряжения прикосновения $U_{пр} = f(x)$

Для одиночных заземлителей иной формы, например дисковых, стержневых, полосовых и т.п., законы изменения потенциала на поверхности земли в зоне растекания будут совершенно другими чем рассмотренные выше. По условиям безопасности заземление должно обладать относительно малым сопротивлением. Поэтому в реальных условиях заземляющее устройство представляет собой целый ряд вертикальных и горизонтальных электродов, электрически связанных между собой. При этом все точки поверхности земли на участке между отдельными заземлителями имеют

потенциалы, отличные от нуля. В пределах площади, на которых размещены электроды,

$$U_{пр} < \varphi_3 \text{ и } \alpha < 1,$$

напряжение шага также значительно снижается. Однако по краям контура за пределами заземляющего устройства, если не принять меры по выравниванию потенциалов, может возникнуть крутой спад потенциальной кривой и опасные шаговые напряжения.

Лабораторный стенд позволяет моделировать стекание тока в землю через единичный полушаровой заземлитель R_3 при замыкании токоведущих частей на любой из заземленных корпусов 1; 2; 3 и определять распределение потенциала на поверхности в зависимости от расстояния до заземлителя и типа грунта.

На передней панели стенда расположены: кнопка включения установки «Сеть», переключатель вида грунта «р», переключатель напряжения сети «U сети», тумблер «Замыкание», миллиамперметр для определения I_3 и контактные точки поверхности земли 0; 3; 6; 9;...42. Максимальное удаление от заземлителя точки почвы, потенциал которой можно измерить на стенде – 42 см, что соответствует 20 м в реальных условиях.

Определение потенциала различных точек почвы на стенде относительно точки, расположенной на бесконечности «L» проводится с помощью переносного вольтметра с выносными электродами.

Вид грунта и значение его электрического сопротивления устанавливается нажатием соответствующей кнопки переключателя вида грунта (табл. 1).

Блок подачи электропитания расположен с правой стороны от лабораторной установки.

Таблица 1

Значение удельных сопротивлений грунта

Номер кнопки	Грунт	Удельное сопротивление, Ом м
1	Песок	700
2	Суглинок	100
3	Глина	40
4	Чернозем	20

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Исследование закона распределения потенциала на поверхности земли в зоне растекания тока через одиночный заземлитель.

1.1 Подготовить лабораторный стенд к работе. Для чего установить переключатель "U сети" в положение, соответствующее варианту задания, и нажать соответствующую кнопку переключателя вида грунта "р" (табл. 2), согласно тому же варианту.

Включить на блоке питания тумблер "Сеть", а на вертикальной панели стенда нажать кнопку "Сеть". О готовности стенда к работе сигнализируют загорание лампочки на блоке питания и светодиода на вертикальной панели.

1.2 Включить на вертикальной панели тумблер "замыкание". О появлении напряжения на корпусе электродвигателя свидетельствует загорание красного светодиода. По миллиамперметру определить стекающий через заземлитель в землю ток I_3 .

1.3 Определить общее сопротивление заземляющего устройства по формуле:

$$R_3 = \frac{U_{\text{сети}}}{I_3}$$

Таблица 2

Варианты задания

Варианты задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U сети, В	20	18	14	10	6	20	18	14	10	20
№ кнопки грунта "р"	1	2	3	4	4	2	3	4	3	3
U _p , В	380	440	520	660	620	480	540	380	720	280

Полученные данные занести в табл. 3.

Таблица 3

Uсети, В	I ₃ , мА	R ₃ , Ом

1.4 С помощью вольтметра измерить потенциалы в контактных точках 0; 3; 6;...42 относительно точки земли с нулевым потенциалом "L". Результат измерений занести в табл.4.

1.5 Произвести пересчет потенциалов, полученных на моделирующей установке, на их значение в реальных условиях:

$$\varphi_p = \frac{U_p}{U_{\text{сми}}} \cdot \varphi_{\text{оп}}$$

где φ_p – потенциал точки реальных условиях, В;

$\varphi_{\text{оп}}$ – потенциал точки в опыте, В;

U_p – напряжение на заземлителе в реальных условиях (согласно варианту, табл. 2), В;

$U_{\text{сми}}$ – напряжение на заземлителе в опыте, В.

Расчетные данные занести в табл. 4.

Таблица 4

Величина потенциалов поверхности почвы

Lo п, см	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
$\varphi_{\text{оп}}$,В															
L_p ,м	0	1.4	2.8	4.3	5.7	7.1	8.6	10	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.6	20
φ_p ,В															

Построить кривую распределения потенциалов на поверхности почвы в реальных условиях $\varphi_p = f(L_p)$, где L_p – расстояние между точками поверхности в реальных условиях, измеренные в метрах.

2. Определение напряжения шага

2.1 По графику $\varphi_p = f(L_p)$, построенному по данным табл. 4, определить потенциал ног φ_x и φ_{x+A} последовательно для пяти различных расположений человека (табл. 5). Данные занести в табл. 5.

Таблица 5

Значение напряжения шага

Номер шага	1	2	3	4	5
Расстояние от ног до заземлителя	0/0.8	0.8/1.6	1.6/2.4	2.4/3.2	3.2/4.0
Потенциал ближней ноги φ_x , В					
Потенциал дальней ноги φ_{x+A} , В					
Напряжение шага $U_{\text{ш}}$, В					

2.2 По полученным данным определить величину напряжения шага

$$U_{\text{ш}} = \varphi_x - \varphi_{x+A}$$

2.3 Определить и обозначить на графике $\varphi_p = f(L_p)$ величину опасной зоны (допустимую величину напряжения шага в реальных условиях считать равной 25 В).

3. Определение напряжения прикосновения

3.1 Привести лабораторный стенд в исходное положение согласно пунктам 1.1 и 1.2.

3.2 С помощью вольтметра измерить напряжение прикосновения $U_{пр\ on}$ в контактных точках 0; 3; 6; ... 42. Результаты измерений занести в табл.6.

Таблица 6

Значение напряжения прикосновения

L_{on} см	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
$U_{пр\ on}$															
L_p м	0	1.4	2.8	4.3	5.7	7.1	8.6	10	11.4	12.8	14.3	15.7	17.1	18.6	20
$U_{пр\ p}$															

3.3 Произвести несколько контрольных измерений напряжения прикосновения и убедиться, что оно не зависит от того, к какому корпусу прикасается человек (корпус 1; 2; 3), а зависит только от расстояния до заземлителя.

3.4 Произвести пересчет измеренного напряжения прикосновения в опыте $U_{пр\ on}$ на его значение в реальных условиях:

$$U_{пр\ p} = \frac{U_p}{U_{сст}} \cdot U_{пр\ on}$$

Расчетные данные занести в табл. 6.

3.5 Построить кривую распределения напряжения прикосновения в реальных условиях $U_{пр\ p} = f(L_p)$.

Сделать выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По какому закону происходит распределение потенциала на поверхности земли при стекании тока в землю через одиночный полусферовой заземлитель?

2. В каких случаях наблюдается стекание тока в землю?

3. Что такое напряжение прикосновения?

4. Что такое напряжение шага?

5. Как изменяются напряжение прикосновения и шага при удалении от заземлителя?

6. Почему все оборудование практически получает один и тот же потенциал при замыкании фазы на один из корпусов?

7. Как зависит напряжение шага и прикосновения от вида грунта?

8. Как в реальных условиях уменьшить значение $U_{ш}$?

9. На какое расстояние разрешается приближаться к месту обрыва провода на открытой местности и в помещениях?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Исследовать эффективность систем защитного заземления в сетях с напряжением до 1000 В с изолированной

от земли нейтрально; освоить методику расчета и измерения сопротивления растеканию тока заземлителей методом амперметра и вольтметра.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В промышленном оборудовании в силу повреждения изоляции токоведущих элементов может произойти непосредственный контакт этих элементов с металлическим корпусом оборудования. Прикосновение к корпусу такого оборудования столь же опасно, как и непосредственно касание к фазе.

Эффективной мерой электробезопасности на случай пробоя изоляции является защитное заземление. В соответствии с ГОСТ 12.1.009-99 защитное заземление есть преднамеренное соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Выполнение заземляющих устройств. Заземляющее устройство – это совокупность заземлителя – металлических проводников, соприкасающихся с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем. Различают заземлители искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные – сторонние проводящие части, находящиеся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемые для целей заземления. Для искусственных заземлителей применяют обычно вертикальные и горизонтальные электроды. Чаще всего это стержни из угловой стали, забитые в землю вертикально и соединенные между собой под землей приваренной к ним стальной полосой (рис.1). В качестве естественных заземлителей могут использоваться: проложенные в земле

водопроводные и другие металлические трубы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов); обсадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов и т. п.; металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединения с землей; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле; металлические шпунты гидротехнических сооружений и т. п.

В зависимости от взаимного расположения заземлителей и заземляемого оборудования различают выносные и контурные заземляющие устройства. Выносные заземляющие устройства, те в которых заземлители вынесены за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование.

Контурное заземляющее устройство - заземлители которого располагаются по контуру (периметру) вокруг заземляемого оборудования на небольшом расстоянии друг от друга, что обеспечивает лучшую степень защиты.

ПУЭ предписывает применение защитного заземления оборудования в следующих случаях:

- а) при рабочих напряжениях > 380 В переменного и > 440 В постоянного тока во всех случаях;
- б) при рабочих напряжениях > 42 В переменного тока и 110 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных в электрическом отношении;
- в) при всех напряжениях переменного и постоянного тока во взрывоопасных помещениях.

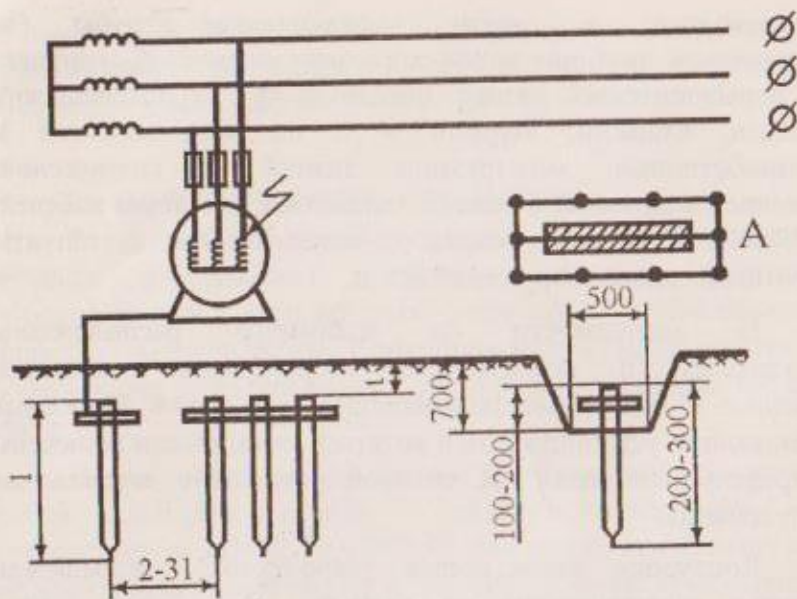


Рис. 1. Схема заземляющего устройства:
А – расположение заземлителей в плане

В соответствии с ПУЭ сопротивление R_x системы защитного заземления в любое время года не должно превышать:

а) 4 Ом в установках с напряжением до 1000В; если мощность источника тока (генератора или трансформатора) меньше 100 кВА, то допускается $R_x = 10$ Ом;

б) 0,5 Ом в установках с напряжением выше 1000 В с большими (> 500 А) токами замыкания на землю;

в) $250 / I_3 \leq 10$ Ом в установках с напряжением выше 1000 В с малыми токами замыкания на землю и без компенсации емкостных токов; если заземляющее устройство используется одновременно для установок с напряжением не более 1000 В, то сопротивление заземления $R_x \geq 125 / I_3$, но

не более 10 Ом (или 4 Ом, если это требуется для установок до 1000 В).

В случае пробоя одной из фаз электросети на корпус электрооборудования благодаря защитному заземлению напряжение, под которое может попасть человек, прикоснувшись к корпусу, значительно снижается. На корпусе электрического оборудования появляется напряжение, равное произведению тока замыкания на землю I_3 и сопротивления заземлителя R_3 :

$$U_c = I_3 \cdot R_3 \quad (1)$$

Ток однофазного замыкания на землю в сети напряжением до 1000 В обычно не превышает 10 А. Следовательно, напряжение на корпусе заземленного оборудования при замыкании составит

$$U_k = 10 \cdot 4 = 40 \text{ В.} \quad (2)$$

Поэтому ток $I_{чел}$, проходящий через тело человека, тем меньше, чем меньше сопротивление заземлителя:

$$I_{чел} = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_{чел}} = \frac{40}{1000} = 0,04 \text{ А.}$$

Такой ток является безопасным для человека.

Контроль заземляющих устройств. Каждое заземляющее устройство имеет паспорт, в котором указаны его схема, основные расчетные данные, сведения о его ремонте и замерах сопротивления. Замеры сопротивления заземлителей производят: после монтажа, в первый год после включения в работу и затем не реже одного раза в 6 лет в энергетических системах; один раз в три года на подстанциях потребителей и ежегодно в цеховых электроустановках. Одновременно с измерением сопротивления проверяют целостность внешних заземляющих проводников, надежность присоединений естественных заземлителей, вскрывают

(выборочно) грунт для осмотра электродов (проверяют, не изъедены ли они коррозией и блуждающими токами).

При расчете заземляющего устройства любым способом необходимо определить для него требуемое сопротивление. Определение требуемого сопротивления заземляющего устройства производят в соответствии с ПУЭ. В процессе эксплуатации может произойти повышение сопротивления растеканию тока заземлителя сверх расчетного значения, поэтому необходимо периодически контролировать значение сопротивления заземлителя. Измерение сопротивления растеканию тока заземлителя (R_x) проводится в сроки, установленные в нормативно-технической документации (ПУЭ, СНиП и др.).

Одним из наиболее распространенных методов измерения R_x является метод "амперметра-вольтметра". Схема измерения сопротивления растеканию тока заземлителя по методу "амперметра-вольтметра" представлена на рис. 2.

При этом вспомогательный заземлитель "В" и зонд «З» устанавливаются на таком расстоянии друг от друга и от проверяемого заземлителя " R_x ", чтобы их поля растекания не взаимодействовали. Измерительный ток I_x проходит через испытуемое сопротивление " R_x ". Падение напряжения U_x на этом заземлении измеряется вольтметром V, включенным между заземлителем " R_x " и зондом «З». Сопротивление растеканию испытуемого заземлителя будет

$$R_x = \frac{U_x}{I_x}$$

Чтобы не внести погрешность в измерение " R_x ", для измерения напряжения U_x следует применять вольтметры с большим внутренним сопротивлением – электронный или электростатический.

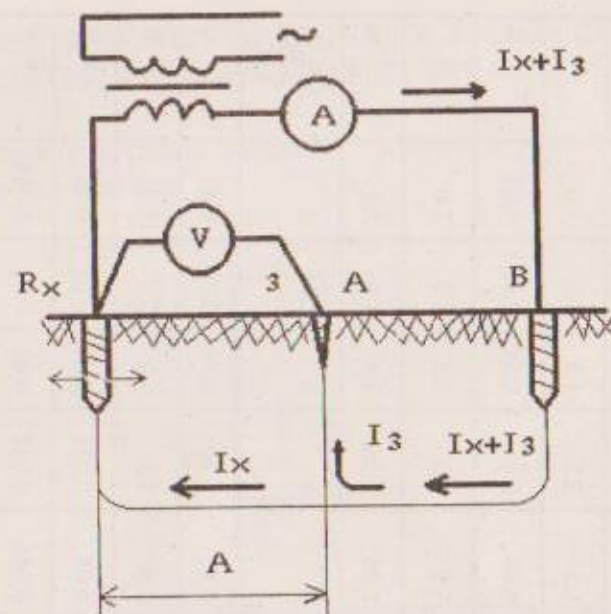


Рис. 2. Схема измерения

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Лабораторный стенд представляет собой экспериментальную установку позволяющую моделировать системы защитного заземления с различными вариантами взаимного расположения вспомогательного зонда «З» и заземляющих электродов " R_x ". На передней панели стенда расположен тумблер включения и выключения стенда, тумблер " R_x " позволяющий варьировать значение удельного сопротивления грунта и электроизмерительные приборы.

№	ρ , Ом*м	l , м	α , м	t , м	φ	$R_{дон}$ Ом	η	a , м	b , м	h , м	Пол. гумб. R_x
1	600	3.0	0.05	2.0	1.1	4	0.82	1.5	0.05	0.015	4
2	200	3.5	0.06	2.5	1.2	10	0.70	0.9	0.04	0.01	2
3	300	1.8	0.08	1.2	1.05	4	0.75	1.2	0.03	0.01	3
4	80	2.2	0.1	1.5	1.25	6	0.80	1.3	0.035	0.012	1
5	200	1.5	0.08	1.0	1.08	4	0.85	1.6	0.06	0.005	2
6	600	3.5	0.08	1.2	1.01	8	0.9	0.9	0.035	0.004	4
7	300	2.5	0.05	1.7	1.15	4	0.95	2.1	0.77	0.00	3
8	80	2.0	0.08	0.5	1.18	4	0.95	2.1	0.08	0.004	1

На установке возможно три варианта расположения вспомогательного зонда «З» правильным является только один; два другие имитируют условия, когда $A < 20$ м.

4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

Получив вариант задания, провести расчет системы защитного заземления

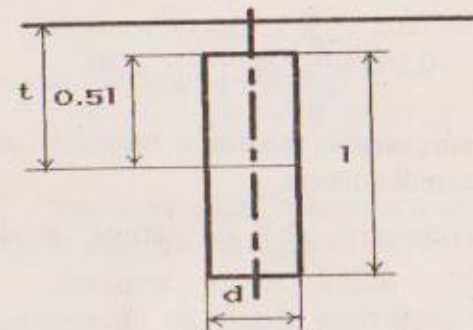


Рис. 3. Схема размещения одиночного трубчатого заземлителя

1. Определить сопротивление растекания тока единичного трубчатого заземлителя:

$$R_{mp} = 0.366 \times \frac{\rho}{l} \times \left(\lg \frac{2 \times l}{\alpha} + 0.5 \times \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{ Ом}$$

2. Скорректировать R_{mp} с учетом коэффициента

сезонности:

$$R_{mp}' = R_{mp} \times \varphi, \text{ Ом}$$

3. Определить требуемое количество заземлителей:

$$n = \frac{R_{дон}}{R_{mp}' \times \eta}, \text{ шт.}$$

где η - коэффициент использования заземлителей.

9. При $R_x / R_{доп} > 1.2$ определить недостающее число заземлителей, используя выражение $n = R_x / R_{доп} \times \eta$, шт;

10. Определить длину недостающей соединительной полосы

$$l_n = a \times n, \text{ м.}$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принципы действия защитного заземления.

2. Почему взаимодействие потенциальных полей в зоне растекания занижает показания вольтметра?

3. В каких электроустановках в соответствии с ПУЭ требуется защитное заземление?

4. Что учитывают коэффициенты сезонности и взаимозащиты?

5. В чем отличие контурных и выносных систем защитного заземления, их преимущества и недостатки, область применения?

6. Какие факторы влияют на эффективность заземляющего устройства?



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муравей Л.А. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие для вузов / под ред. проф. Л.А. Муравья. 2-е изд., пераб. и доп.-М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 431 с.

2. Безопасность жизнедеятельности: учебник / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С.В. Белова.- 3-е изд., испр. и доп. М.:Высш. шк., 2001. 485 с.

3. Князевский Б.А. Электробезопасность в машиностроении / Б.А. Князевский. М.: Машиностроение, 1980. 246 с.

4. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках / П.А. Долин. М.: Энергоатомиздат, 1984. 231 с.

5. Юдин Е.А. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е.Я. Юдина и С.В. Белова. М.: Машиностроение, 1983. 432 с.

6. Охрана труда в машиностроении: учебник для вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 432 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	1
Снятие статических зарядов с конденсаторов	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	5
Исследование растекания тока в земле. Напряжение прикосновения и шага	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6	17
Исследование защитного заземления	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29