

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

---

Кафедра безопасности полётов и жизнедеятельности

Т.В. Наумова, И.Н. Мерзликин, Е.Ю. Старков

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ ПРИ СТЕКАНИИ ТОКА В ЗЕМЛЮ

**Учебно-методическое пособие**  
по выполнению лабораторной работы

*для студентов  
всех специальностей и направлений  
всех форм обучения*

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2021

УДК 614.825  
ББК 331.8  
НЗ4

Рецензент:

*Феоктистова О.Г.* – профессор, зав. кафедрой ВМКСС

**Наумова Т.В.**

НЗ4      Безопасность жизнедеятельности. Исследование явлений при стекании тока в землю [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы / Т.В. Наумова, И.Н. Мерзликин, Е.Ю. Старков. – М.: ИД Академии Жуковского, 2021. – 24 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности. Исследование явлений при стекании тока в землю» по учебному плану для студентов всех специальностей и направлений всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 27.10.2020 г. и методического совета 27.10.2020 г.

**УДК 614.825**  
**ББК 331.8**

*В авторской редакции*

Подписано в печать 20.05.2021 г.

Формат 60x84/16    Печ. л. 1,5    Усл. печ. л. 1,395  
Заказ № 740/0330-УМП09    Тираж 80 экз.

Московский государственный технический университет ГА  
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского  
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А  
Тел.: (495) 973-45-68  
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический  
университет гражданской авиации, 2021

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ ПРИ СТЕКАНИИ ТОКА В ЗЕМЛЮ

Цель работы: изучить условия поражения электрическим током человека, находящегося под воздействием напряжения прикосновения и напряжения шага, возникающих при стекании тока в землю.

Продолжительность лабораторной работы – 4 часа.

### Краткая теоретическая часть

Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц (носителей электрического заряда). Носителями электрического тока являются электроны (в металлах и газах), катионы и анионы (в электролитах), дырки при электронно-дырочной проводимости. Данное явление проявляется созданием магнитного поля, изменением химического состава или нагреванием проводников. Основными характеристиками тока являются: сила тока, определяемая по закону Ома и измеряемая в Амперах (А), в формулах обозначается буквой  $I$ ; мощность, согласно закону Джоуля-Ленца, измеряемая в ваттах (Вт), обозначается буквой  $P$ ; частота  $f$ , измеряемая в герцах (Гц).

Электрический ток, как носитель энергии используют для получения механической энергии с помощью электродвигателей, для получения тепловой энергии в отопительных приборах, электросварке и нагревателях, возбуждения электромагнитных волн различной частоты, создания магнитного поля в электромагнитах и для получения световой энергии в осветительных приборах и различного рода лампах.

Напряжение – это работа, совершаемая электрическим полем для перемещения заряда в 1 кулон (Кл) из одной точки проводника в другую. Чтобы заряженные частицы перемещались от одного полюса к другому, необходимо создать между этими полюсами разность потенциалов.

Источником электрического тока обычно называется прибор или устройство, с помощью которого в цепи можно создать электрический ток.

Такие устройства могут создавать как переменный ток, так и постоянный. По способу создания электрического тока они подразделяются на механические, световые, тепловые и химические.

Механические источники электрического тока преобразуют механическую энергию в электрическую. Таким оборудованием являются различного рода генераторы, которые за счет вращения электромагнита вокруг катушки асинхронных двигателей вырабатывают переменный электрический ток.

Световые источники преобразуют энергию фотонов (энергию света) в электрическую энергию. В них используется свойство полупроводников при воздействии на них светового потока выдавать напряжение. К такому оборудованию можно отнести солнечные батареи.

Тепловые – преобразуют энергию тепла в электричество за счет разности температур двух пар контактирующих полупроводников – термопар. Величина тока в таких устройствах напрямую связана с разностью температур: чем больше разница – тем больше сила тока. Такие источники применяются, например, в геотермальных электростанциях.

Химический источник тока производит электричество в результате химических реакций. Например, к таким устройствам можно отнести различного рода гальванические батареи и аккумуляторы. Источники тока на основе гальванических элементов обычно применяются в автономных устройствах, автомобилях, технике и являются источниками постоянного тока.

Для выполнения различных задач может потребоваться использование как переменного тока, так и постоянного. У каждого вида тока есть свои недостатки и достоинства.

Переменный ток чаще всего используется тогда, когда присутствует необходимость передачи тока на большие расстояния. Такой ток передавать целесообразнее с точки зрения возможных потерь и стоимости оборудования.

Именно поэтому в большинстве электроприборов и механизмов используется только этот вид тока. Жилые дома и предприятия, инфраструктурные и транспортные объекты находятся на расстоянии от электростанций, поэтому все электрические сети – переменного тока. Такие сети питают все бытовые приборы, аппаратуру на производствах, локомотивы поездов. Приборов, работающих на переменном токе невероятное количество и намного проще описать те устройства, в которых используется постоянный ток.

Постоянный ток используется в автономных системах, таких, например, как бортовые системы автомобилей, летательных аппаратов, морских судов или электропоездов. Он широко используется в питании микросхем различной электроники, в средствах связи и прочей технике, где требуется минимизировать количество помех и пульсаций или исключить их полностью. В ряде случаев, такой ток используется в электросварочных работах с помощью инверторов. Существуют даже железнодорожные локомотивы, которые работают от систем постоянного тока. В медицине такой ток используется для введения лекарств в организм с помощью электрофореза, а в научных целях для разделения различных веществ (электрофорез белков и проч.).

Существуют общепринятые условные обозначения, цветовая маркировка проводов (рис. 1). Подключение устройства, работающего на постоянном токе в электрическую сеть переменного тока, может привести к повреждению прибора, возгоранию, электрическому удару.




ИСТОЧНИК	СИМВОЛ	ФУНКЦИЯ, КЛЮЧЕВОЕ СЛОВО ЛИБО ФРАЗА	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
МЭК 60417-5031 (DB:2002-10)		Постоянный ток (DC)	Для обозначения источника питания, обеспечивающего подачу постоянного тока
МЭК 60417-5032 (DB:2002-10)		Переменный ток (AC)	Для обозначения источника питания, обеспечивающего подачу переменного тока Примечание — Символ может сопровождаться цифрой для указания на количество фаз.
МЭК 60417-5033 (DB:2002-10)		Постоянный и переменный ток	Для обозначения источника питания, обеспечивающего подачу как постоянного, так и переменного тока

Рис. 1. Условные обозначения на электроприборах и схемах

Условно, на электроприборах, работающих на постоянном токе указывается одна черта, две сплошных черты или сплошная черта вместе с пунктирной, расположенные друг под другом. Также такой ток маркируется обозначением латинскими буквами DC (direct current). Электрическая изоляция проводов в системах постоянного тока для положительного провода окрашена в красный цвет, отрицательного в синий или черный цвет.

На электрических аппаратах и машинах переменный ток обозначается английской аббревиатурой AC (alternating current) или волнистой линией. На схемах и в описании устройств его также обозначают двумя линиями: сплошной и волнистой, расположенных друг под другом. Проводники в большинстве случаев обозначаются следующим образом: фаза – коричневым или черным цветом, ноль – синим, а заземление – желто-зеленым.

По некоторым причинам переменный ток используется чаще, чем постоянный:

1. Генераторы переменного (синусоидального) тока значительно дешевле чем генераторы постоянного;
2. Переменный ток легко преобразуется в постоянный;
3. Трансформация и передача энергии переменным током значительно экономичнее, чем постоянным;

4. Двигатели переменного тока имеют простую конструкцию, высокую надежность и невысокую стоимость.

Самая главная причина, по которой переменный ток используется чаще – это возможность передавать его на большие расстояния с минимальными потерями. Чем больше расстояние между источником тока и конечным потребителем, тем больше сопротивление проводов и тепловые потери на их нагрев.

Для того, чтобы получить максимальную мощность необходимо увеличивать либо толщину проводов (и уменьшать тем самым сопротивление), либо увеличивать напряжение. В системах переменного тока можно увеличивать напряжение при минимальной толщине проводов тем самым сокращая стоимость электрических линий.

Для систем с постоянным током доступных и эффективных способов увеличивать напряжение не существует и поэтому для таких сетей необходимо либо увеличивать толщину проводников, либо строить большое количество мелких электростанций.

Оба этих способа являются дорогостоящими и существенно увеличивают стоимость электроэнергии в сравнении с сетями переменного тока. При помощи электротрансформаторов напряжение переменного тока эффективно (с КПД до 99%) можно изменять в любую сторону от минимальных до максимальных значений, что тоже является одним из важных преимуществ сетей переменного тока.

Применение трехфазной системы переменного тока еще больше увеличивает эффективность, а механизмы, например, двигатели, которые работают в электросетях переменного тока намного меньше, дешевле и проще в обслуживании, чем двигатели постоянного тока. Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что использование переменного тока выгодно в больших сетях и при передаче электрической энергии на большие расстояния, а для точной и эффективной работы электронных

приборов и для автономных устройств целесообразно использовать постоянный ток.

### **Условия поражение электрическим током**

Поражение человека электрическим током может произойти при определенных условиях, например:

- при прикосновениях к токоведущим частям электроустановок, находящимся под напряжением; металлическим нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (например, корпусам оборудования, металлическим конструкциям сооружений и т. д.); отключенным токоведущим частям, на которых остался заряд;

- при воздействии электрической дуги в сетях напряжением выше 1000 В, возникающей между токоведущей частью электрооборудования и человеком, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;

- при замыкании тока на землю, если человек находится в зоне растекания тока. Протекая через тело человека, электрический ток может оказать механическое, термическое, биологическое, электролитическое и световое воздействия. Согласно ГОСТ 12.1.019–96 степень опасности и последствия поражений зависят от следующих факторов:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека;
- условий внешней среды.



## Типы систем заземления

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 её в другие виды энергии.

Наибольшее распространение на производстве получили системы, в которых в качестве источника энергопитания используются трёхфазные электрические сети переменного тока (далее электросети) с изолированной и заземлённой нейтралью. В соответствии с требованиями, изложенными в «Правилах устройства электроустановок» (ПУЭ), для таких систем напряжением до 1 кВ приняты следующие обозначения:

система IT – система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки заземлены (рис. 1 а);

система TN – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников (рис. 1 б, в, г);

система TN-C – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении (рис. 2б);

система TN-S – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (рис. 1в);

система TN-C-S – система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания (рис. 1г);

система TT – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземлённой нейтрали источника (рис. 1д).

Первая буква условного обозначения системы характеризует состояние нейтрали источника питания относительно земли:

T – заземленная нейтраль;

I – изолированная нейтраль.

Вторая буква условного обозначения системы характеризует состояние открытых проводящих частей относительно земли:

– T – открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети;

– N – открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания.

Последующие (только после N) буквы характеризуют совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

– S – нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники разделены;

– C – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (PEN-проводник).

Условные обозначения на схемах (рис. 2):

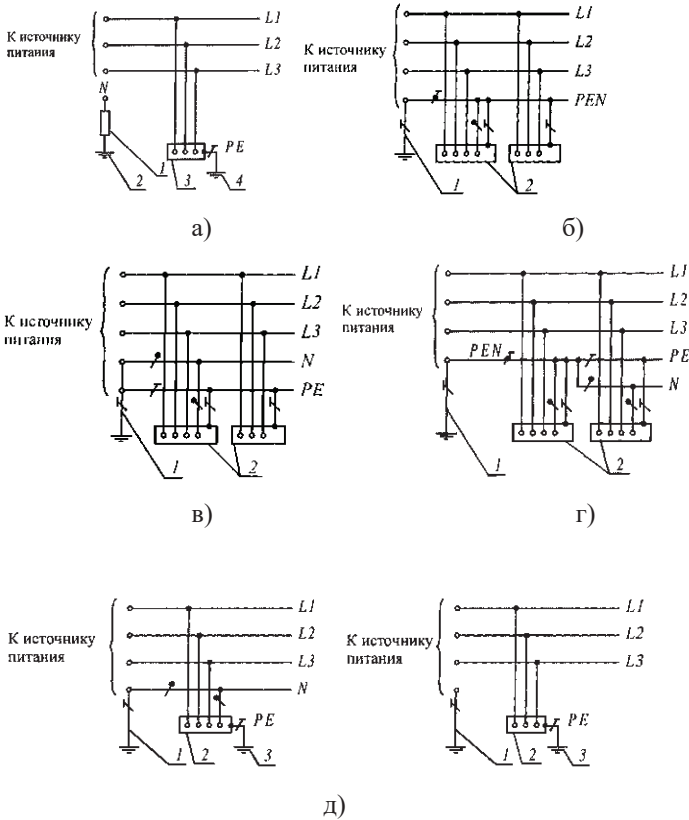


Рис. 2. Трёхфазные электрические системы переменного тока с изолированной и заземлённой нейтралью энергоисточника напряжением до 1 кВ

а) система IT; б) система TN-C; в) система TN-S; г) система TN-C-S;  
д) варианты системы TT

1 – заземлитель нейтрали энергоисточника; (на Рис 2а 1 – сопротивление заземления нейтрали источника питания (если имеется, например, через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление), 2 – заземлитель нейтрали энергоисточника; 3 – открытые проводящие части электроустановки; 4 – заземлитель открытых проводящих частей электроустановки); 2 – открытые проводящие части электроустановки; 3 – заземлитель открытых проводящих частей электроустановки

- N -  $\text{N}$  – нулевой рабочий (нейтральный) проводник;
- PE -  $\text{PE}$  – защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов);
- PEN -  $\text{PEN}$  – совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводники.

Глухозаземлённая нейтраль источника энергопитания – нейтраль трансформатора или генератора, присоединённая непосредственно к заземляющему устройству.

Изолированная нейтраль источника энергопитания – нейтраль трансформатора или генератора, неприсоединённая к заземляющему устройству или присоединённая к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

Замыканием на землю называется случайное электрическое соединение, находящихся под напряжением частей электроустановки с землей. Место, где в землю стекает ток, называется **точкой замыкания на землю**. Стекать ток замыкания на землю может через заземлитель или упавший на землю провод, находящийся под напряжением.

Статистика производственного и бытового электротравматизма показывает, что в расчете на 1 млн жителей в России ежегодно происходит 8,8 смертельных случаев, что составляет 12-13% от общего числа несчастных случаев со смертельным исходом. Это в 3 раза превышает аналогичные показатели в США, в 16 раз – в Японии, в 25 раз – в Швеции. Поражения током при работе с электроустановками напряжением до 1000 В случаются примерно в 3 раза чаще, чем с электроустановками напряжением выше 1000 В. Это объясняется их более широким применением, а также нарушениями правил эксплуатации: несогласованными и ошибочными действиями персонала; подачей напряжения на установку, где работают люди; оставлением установки

под напряжением без надзора; работой на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д. К обслуживанию электрооборудования напряжением выше 1000 В допускаются только лица, имеющие специальную подготовку и соответствующую квалификацию, однако, тяжесть поражения и число несчастных случаев с летальным исходом при этом выше.

В случаях прямой утечки электроэнергии в землю, например, через молниеотвод во время грозы, при падении на грунт оборвавшегося провода или при замыкании на металлическую опору высоковольтной линии электропередач (ЛЭП), возникает электрическое замыкание на землю, т.е. случайное электрическое соединение токоведущей части непосредственно с землёй или нетоковедущими проводами, конструкциями или предметами, неизолированными от земли (ГОСТ 12.1.009–99). Через место контакта начинает протекать ток замыкания  $I_3$ , который растекается в грунте и определяет распределение потенциалов на поверхности земли по закону гиперболы (рис. 3).

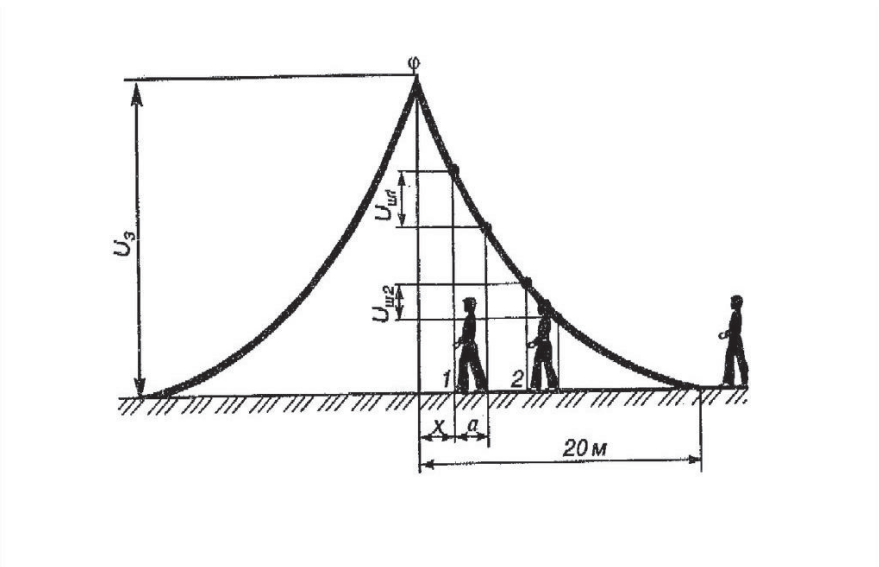


Рис. 3. Распределение потенциалов на поверхности земли

Таким образом, потенциал имеет наибольшую величину в месте замыкания на землю и заметно падает по мере удаления от него, поскольку сопротивление грунта увеличивается пропорционально квадрату этого удаления. Установлено, что на расстоянии более 20 м от места замыкания на землю потенциал снижается весьма значительно, и точки почвы на таком удалении принято считать точками нулевого потенциала.

Территория земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, может быть условно принят равным нулю, называется **зоной растекания тока замыкания на землю** (ГОСТ 12.1.009–99). Если человек находится в зоне растекания тока, то между подошвами ног, касающимися поверхности земли в разных точках, возникает разность потенциалов, получившая название **напряжение шага**. В соответствии с ГОСТ 12.1.009–99 **напряжение шага**  $U_{\text{ш}}$  – напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага (условно принимаемого 1 м), на которых одновременно стоит человек. Чем ближе будет находиться человек к месту электрического замыкания на землю, тем под большим напряжением шага он окажется (рис. 3).

Если величину электрического потенциала под одной ногой обозначить  $\varphi_1$ , а под другой –  $\varphi_2$ , то величина напряжения шага определяется по формуле:

$$U_{\text{ш}} = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{(x-a)} \right) = \frac{I_3 \rho a}{2\pi x(x-a)} \quad [\text{В}], \quad (1)$$

где  $I_3$  – ток замыкания на землю (А);

$\rho$  – удельное сопротивление грунта (Ом·м);

$a$  – длина шага (м);

$x$  – расстояние от места замыкания на землю до рассматриваемой точки (м).

При электрическом замыкании на металлические конструкции, например, заземленный корпус электрооборудования, опоры ЛЭП или при касании проводов высокогабаритной техникой (кранами), они окажутся под напряжением. Прикоснувшийся к ним человек попадает под напряжение

прикосновения, которое равно разности потенциалов корпуса поврежденного электрооборудования  $\varphi_K$  и поверхности грунта  $\varphi_G$ , на котором он стоит. Согласно ГОСТ 12.1.009–99 **напряжение прикосновения**  $U_{пр}$  – напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек (рис. 4).

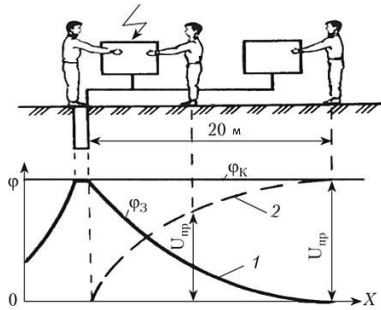


Рис. 4. Напряжение прикосновения

При удалении человека от места замыкания (на рис. 4 – это заземлитель электроустановки) потенциал грунта  $\varphi_G$  убывает (кривая 1). Поскольку потенциал на корпусе  $\varphi_K$  не изменяется, напряжение прикосновения  $U_{пр}$  растет (кривая 2) и будет максимальным в случае, когда человек находится вне зоны растекания тока, т.е. далее 20 м от заземлителя.

Величина напряжения прикосновения определяется по формуле:

$$U_{пр} = \varphi_K - \varphi_G = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left( \frac{1}{x_3} - \frac{1}{x} \right) = \frac{I_3 \rho}{2\pi x_3} \cdot \frac{x - x_3}{x} \text{ [В]}, \quad (2)$$

где  $I_3$  – ток замыкания на землю (А);

$\rho$  – удельное сопротивление грунта (Ом·м);

$a$  – длина шага (м);

$x_3$  – радиус заземлителя, (м);

$x$  – расстояние от места замыкания на землю до рассматриваемой точки (м).

Для защиты от поражения электрическим током применяют различные технические способы и средства, в частности, **метод выравнивания потенциалов** – метод снижения напряжений прикосновения и шага между точками цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек (ГОСТ 12.1.009–99). Реализуется этот метод с помощью заземляющих устройств (контуров), состоящих из нескольких искусственных заземлителей, соединенных между собой. Заземляющий контур может быть выполнен в виде горизонтальных металлических проводников, проложенных на глубине 0,5-0,7 м, либо в виде горизонтальных и вертикальных электродов. В аварийной ситуации поля растекания заземлителей накладываются, и любая точка на поверхности грунта внутри контура имеет достаточно высокий потенциал  $\varphi_{\Gamma}$  и, следовательно, минимальное напряжение прикосновения  $U_{\text{пр}}$  (рис. 5). А поскольку заземлители расположены друг от друга на незначительном расстоянии (2,5-3 м), разность потенциалов между точками поверхности земли внутри контура уменьшается, т.о. снижается и величина напряжения шага  $U_{\text{ш}}$ .

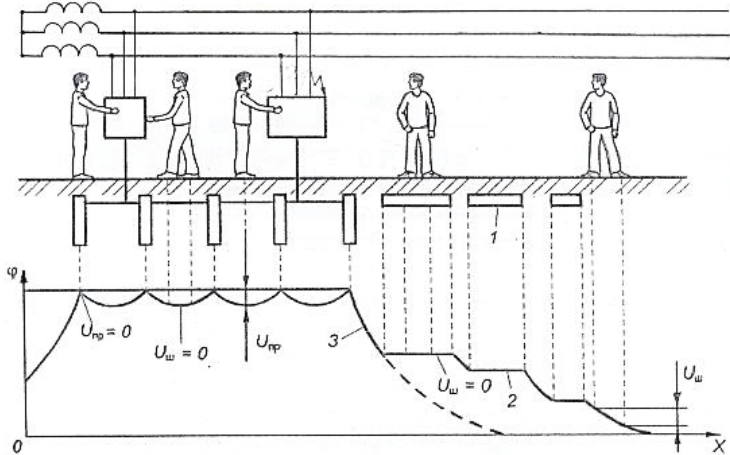


Рис. 5. Выравнивание потенциалов



## Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд ЭПБ-ИНСТЭ позволяет имитировать ситуации замыкания электрического тока на землю с различными его величинами и предназначен для исследования физических явлений, возникающих при стекании тока в землю. Стенд оснащен переключателями выбора грунта; типа заземлителя; разъемами для определения электрического потенциала точек на поверхности грунта, напряжения прикосновения, напряжения шага; индикаторами, отражающими показатели напряжения и силы тока. В комплект стенда входит набор проводов со штекерами. Внешний вид стенда изображен на рис.4.



Рис.4. Внешний вид лабораторного стенда ЭПБ-ИНСТЭ

## Порядок выполнения работы

### 1. Исследование опасности напряжения прикосновения

1. Проверить исходное положение электрической схемы стенда ЭПБ-ИНСТЭ для исследования явлений при стекании тока в землю:

– Переключатель стоит в нижнем положении (лампочка индикатора «включено» не горит).

– Тумблер задания тока короткого замыкания (КЗ) повернут в исходное (крайнее левое) положение.

– Тумблер выбора типа грунта установлен в положение согласно варианту задания (таблица 1).

– Тумблер выбора типа заземлителя установлен в положение согласно варианту задания (таблица 1).

Таблица 1.

Варианты заданий

№ варианта	Тип грунта	Тип заземлителя
1.	Чернозем	Горизонтальный трубчатый
2.	Чернозем	Вертикальный трубчатый
3.	Чернозем	Полусфера, погруженная в грунт
4.	Суглинок	Горизонтальный трубчатый
5.	Суглинок	Вертикальный трубчатый
6.	Суглинок	Полусфера, погруженная в грунт
7.	Песок	Горизонтальный трубчатый
8.	Песок	Вертикальный трубчатый
9.	Песок	Полусфера, погруженная в грунт

Крышка предохранителя FUZE FU1 2A находится на месте и закручена.

2. Включить установку при помощи тумблера с индикатором «включено».

3. Задать величину тока короткого замыкания  $I_{кз}$  и занести ее в таблицу «1. Исследование опасности напряжения прикосновения» отчета.

4. Подключить штекер черного провода в левый разъем вольтметра, а штекер красного провода в правый разъем вольтметра. Второй штекер красного провода подключить к разъему на неисправном электроприборе, на котором произошло замыкание на корпус и к которому прикасается человек, а второй штекер черного провода – к точке 1 на поверхности грунта, расположенного под электроприбором. Снять показания напряжения прикосновения  $U_{пр}$  и тока  $I$  и занести их в таблицу «1. Исследование опасности напряжения прикосновения» отчета.

5. Последовательно переставляя второй штекер черного провода в разъемы от 2 до 10, снять показания напряжения прикосновения  $U_{пр}$  и тока  $I$  и занести их в таблицу «1. Исследование опасности напряжения прикосновения» отчета.

6. На основе полученных данных построить графики зависимости напряжения прикосновения от положения человека относительно неисправного прибора, к которому он прикасается при отсутствии заземляющего устройства и при наличии заземляющего устройства  $U_{пр} = f(N)$ .

7. Сделать вывод.

8. Оформить отчет по работе, ответить на контрольные вопросы и привести рабочее место в порядок.

## **2. Исследование распределения потенциала по поверхности грунта в зоне растекания тока замыкания**

1. Проверить исходное положение электрической схемы стенда ЭПБ-ИНСТЭ для исследования явлений при стекании тока в землю:

– Переключатель стоит в нижнем положении (лампочка индикатора «включено» не горит).

– Тумблер задания тока короткого замыкания (КЗ) повернут в исходное (крайнее левое) положение.

– Тумблер выбора типа грунта установлен в положение согласно варианту задания (таблица 1).

– Тумблер выбора типа заземлителя установлен в положение согласно варианту задания (таблица 1).

Крышка предохранителя FUZE FU1 2A находится на месте и закручена.

2. Включить установку при помощи тумблера с индикатором «включено».

3. Задать величину тока короткого замыкания  $I_{кз}$  и занести ее в таблицу «1. Исследование опасности напряжения прикосновения» отчета.

Подключить штекер черного провода в левый разъем вольтметра, а штекер красного провода в правый разъем вольтметра. Второй штекер красного провода подключить к красному разъёму со знаком  $\infty$ , а второй штекер черного провода – к точке 1 на поверхности грунта, расположенного под изображением человека, находящегося в зоне растекания тока замыкания. Снять показания потенциала грунта  $\varphi$  в точке 1 и занести их в таблицу «2. Исследование распределения потенциала по поверхности грунта в зоне растекания тока замыкания» отчета.

4. Последовательно переставляя второй штекер черного провода в разъемы от 2 до 10, снять показания потенциала грунта  $\varphi$  и занести их в таблицу «2. Исследование распределения потенциала по поверхности грунта в зоне растекания тока замыкания» отчета.

5. На основе полученных данных построить графики зависимости потенциала грунта  $\varphi$  от расположения точки N на поверхности грунта в зоне растекания тока при отсутствии заземляющего устройства и при наличии заземляющего устройства  $\varphi = f(N)$ .

6. Сделать вывод.

7. Оформить отчет по работе, ответить на контрольные вопросы и привести рабочее место в порядок.

### 3. Исследование опасности напряжения шага

1. Проверить исходное положение электрической схемы стенда ЭПБ-ИНСТЭ для исследования явлений при стекании тока в землю:
  - Переключатель стоит в нижнем положении (лампочка индикатора «включено» не горит).
  - Тумблер задания тока короткого замыкания (КЗ) повернут в исходное (крайнее левое) положение.
  - Тумблер выбора типа грунта установлен в положение согласно варианту задания (таблица 1).
  - Тумблер выбора типа заземлителя установлен в положение согласно варианту задания (таблица 1).

Крышка предохранителя FUZE FU1 2A находится на месте и закручена.

2. Включить установку при помощи тумблера с индикатором «включено».

3. Задать величину тока короткого замыкания  $I_{кз}$  и занести ее в таблицу «3. Исследование опасности напряжения шага» отчета.

Подключить штекер черного провода в левый разъем вольтметра, а штекер красного провода в правый разъем вольтметра. Второй штекер черного провода подключить к точке 1 на поверхности грунта, расположенного под изображением человека, находящегося в зоне растекания тока замыкания, а второй штекер красного провода – к точке 2. Снять показания напряжения шага  $U_{ш}$  между точками 1 и 2, а так же тока  $I$ , занести их в таблицу «3. Исследование опасности напряжения шага» отчета.

4. Последовательно переставляя вторые штекеры черного и красного проводов в разъемы 2-3; 3-4; ...9-10, снять показания напряжения шага  $U_{ш}$  и

тока  $I$ , и занести их в таблицу «3. Исследование опасности напряжения шага» отчета.

9. На основе полученных данных построить графики зависимости напряжения шага от положения человека относительно точки замыкания тока на землю при отсутствии заземляющего устройства и при наличии заземляющего устройства  $U_{пр} = f(N)$ .

5. Сделать вывод.

6. Оформить отчет по работе, ответить на контрольные вопросы и привести рабочее место в порядок.

### Форма отчета

#### 1. Исследование опасности напряжения прикосновения

Положение человека в зоне растекания N	Тип грунта _____ , удельное сопротивление _____ , Ом·м		Тип грунта _____ , удельное сопротивление _____ , Ом·м	
	Заземлитель отсутствует		Тип заземлителя: _____	
	$I_{кз} =$ _____ А		$I_{кз} =$ _____ А	
	$U_{пр}, В$	$I, А$	$U_{пр}, В$	$I, А$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Вывод:

## 2. Исследование распределения потенциала по поверхности грунта в зоне растекания тока замыкания

Точка на поверхности грунта N	Тип грунта _____ удельное сопротивление _____, Ом·м	Тип грунта _____ удельное сопротивление _____, Ом·м
	Заземлитель отсутствует	Тип заземлителя: _____
	$I_{кз} = \frac{A}{\varphi, В}$	$I_{кз} = \frac{A}{\varphi, В}$
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

Вывод:

## 3. Исследование опасности напряжения шага

Положение человека относительно точки замыкания тока на землю		Тип грунта _____ удельное сопротивление _____, Ом·м	Тип грунта _____ удельное сопротивление _____, Ом·м		
		Заземлитель отсутствует	Тип заземлителя: _____		
N	Расположение ног человека	$I_{кз} = \frac{A}{U_{ш}, В}$		$I_{кз} = \frac{A}{U_{ш}, В}$	
			I, A		I, A
1.	1-2				
2.	2-3				
3.	3-4				
4.	4-5				
5.	5-6				
6.	6-7				
7.	7-8				
8.	8-9				
9.	9-10				

Вывод:

### Контрольные вопросы

1. Чем опасно для человека поражение электрическим током? При каких условиях оно может произойти?
2. Перечислите причины, по которым переменный ток используется чаще, чем постоянный.
3. Что называется точкой замыкания на землю?
4. От чего зависит опасность и последствия поражения электрическим током?
5. Что называется зоной растекания тока?
6. Что такое напряжение шага?
7. Какое расстояние условно принимается за расстояние шага?
8. Что такое напряжение прикосновения?
9. Какой способ передвижения при замыкании тока на землю наиболее безопасный и от чего он зависит?
10. Как влияет тип грунта на распределение потенциала по его поверхности?
11. Опишите порядок работы с лабораторной установкой.
12. В чем суть метода выравнивания потенциалов?

### Содержание

Краткая теоретическая часть.....	3
Описание лабораторного стенда.....	17
Порядок выполнения работы.....	18
Исследование опасности напряжения прикосновения.....	18
Исследование распределения потенциала по поверхности грунта в зоне растекания тока замыкания.....	19
Исследование опасности напряжения шага.....	21
Форма отчета.....	22
Контрольные вопросы.....	24