

Электробезопасность

«Мы сделаем электрическое освещение настолько дешёвым, что только богачи будут жечь свечи»

Эдисон

Электрическая безопасность

- Электрическая безопасность, Электробезопасность,— система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих от электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.
- Электрическая безопасность включает в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.
- Правила электробезопасности регламентируются правовыми и техническими документами, нормативно-технической базой. Знание основ электробезопасности обязательно для персонала, обслуживающего электроустановки и электрооборудование.

- В настоящее время во всем мире получила наибольшее распространение **трехфазная система переменного тока.**
- Однако это было не всегда
- Используются и другие системы

THE CURRENT WAR

THE TALE OF AN EARLY TECH RIVALRY

DC

DIRECT CURRENT

The flow of electricity is in one direction only. The system operates at the same voltage level throughout and is not as efficient for long-voltage, long distance transmission.

Direct current runs through:

- Battery-Powered Devices
- Fuel and Solar Cells
- Light Emitting Diodes

"TESLA'S IDEAS ARE SPLENDID, BUT THEY ARE UTTERLY IMPRACTICAL."

- THOMAS EDISON

THOMAS EDISON

AC

ALTERNATING CURRENT

Electric charge periodically reverses direction and is transmitted to customers by a transformer that could handle much higher voltages.

Alternating current runs through:

- Car Motors
- Radio Signals
- Appliances

"IF EDISON HAD A NEEDLE TO FIND IN A HAYSTACK, HE WOULD PROCEED AT ONCE... UNTIL HE FOUND THE OBJECT OF HIS SEARCH, I WAS A SORRY WITNESS OF SUCH DOINGS, KNOWING THAT A LITTLE THEORY AND CALCULATION WOULD HAVE SAVED HIM 90 PERCENT OF HIS LABOR."

- NIKOLA TESLA

VS.

You would have never found two geniuses so spiteful of each other beyond turn-of-the-century inventors Nikola Tesla and Thomas Edison. They worked together—and hated each other. Let's compare their life, achievements, and embittered battles.

LATE BLOOMER

Thomas Edison, like many great inventors, didn't learn to talk until he was almost 4 years old.

FALLING OUT

Edison promised Tesla a generous reward if he could smooth out his direct current system. The young engineer took on the assignment and ended up leaving Edison more than \$100,000 (millions of dollars by today's standards). When Tesla asked for his rightful compensation, Edison declined to pay him. Tesla roused shortly after, and the solar inventor spent the rest of his life campaigning to discredit his counterpart.

EDISON FRIES AN ELEPHANT

In order to prove the dangers of Tesla's alternating current, Thomas Edison staged a highly publicized electrocution of the three-ton elephant known as "Topsy." She died instantly after being shocked with a 6,600-volt AC charge.

1847 BORN 1858

Milan, Ohio BIRTHPLACE Srijan, Croatia

Wizard of Menlo Park NICKNAME Wizard of the West

Home-schooled and self-taught EDUCATION Studied math, physics, and mechanics at The Polytechnic Institute at Graz

Mass communication and business FORTÉ Electromagnetism and electrochemical engineering

Trial and error METHOD Getting inspired and seeing the invention in his mind in detail before fully constructing it

DC (Direct Current) WAR OF CURRENTS: ELECTRICAL TRANSMISSION IDEA AC (Alternating Current)

Incandescent light bulb; phonograph; cement making technology; motion picture camera; DC motors and electric power

NOTABLE INVENTIONS Tesla coil - resonant transformer circuit; radio transmitter; fluorescent light; AC motors and electric power generation system

1,093 NUMBER OF US PATENTS 112

0 NUMBER OF NOBEL PRIZES WON 0

1 NUMBER OF ELEPHANTS ELECTROCUTED 0

1931—Passed away peacefully in his New Jersey home, surrounded by friends and family DEATH 1943—Died lonely and in debt in Room 5527 at the New Yorker Hotel

WAR OF CURRENTS OFFICIALLY SETTLED

In 2007, Can Edison ended 125 years of direct current electricity service that began when Thomas Edison opened his power station in 1882. It changed to only provide alternating current.

NOBEL PRIZE CONTROVERSY

In 1915, both Edison and Tesla were to receive Nobel Prizes for their strides in physics, but ultimately, neither won. It is rumored to have been caused by their animosity towards each other and refusal to share the coveted award.

SOURCES: CHEWY, MARGARET, "TESLA: MAN OUT OF TIME" | UTA, ROBERT, "TESLA: MASTER OF LIGHTNING" | THOMAS.EDISON.COM | PBS.ORG | WEB.BIT.EDU | WIRED.COM

A COLLABORATION BETWEEN GOOD AND COLUMN FIVE

В 1884 году Эдисон принял на работу молодого сербского инженера **Николу Теслу**, в обязанность которого входил ремонт электродвигателей и генераторов **постоянного тока**. Тесла предлагал для генераторов и силовых установок использовать **переменный ток**. Эдисон довольно холодно воспринимал новые идеи Теслы, постоянно возникали споры. Тесла утверждает, что весной 1885 года Эдисон пообещал ему 50 тыс. долларов (по тем временам сумма примерно эквивалентная 1 млн современных долларов), если у него получится конструктивно улучшить электрические машины постоянного тока, придуманные Эдисоном. Никола активно взялся за работу и вскоре представил 24 разновидности машины Эдисона на переменном токе, новый коммутатор и регулятор, значительно улучшающие эксплуатационные характеристики. Одобрив все усовершенствования, в ответ на вопрос о вознаграждении Эдисон отказал Тесле, мол эмигрант пока плохо понимает американский юмор. Оскорблённый Тесла немедленно уволился. Через пару лет Тесла открыл по соседству с Эдисоном собственную «Tesla Electric Light Company». Эдисон начал широкую информационную кампанию против переменного тока, демонстрируя, что тот опаснее для жизни, чем постоянный.

Война токов

- Война токов (War of the currents), также иногда называемая «битвой токов» (Battle of the currents) — серия событий, связанных с внедрением конкурирующих систем передачи электроэнергии в конце 1880-х — начале 1890-х годов. Она выросла из внедрения двух систем освещения, разработанных в конце 1870-х и начале 1880-х годов. Первая система освещения улиц основывалась на **дуговых лампах**, работающих на **переменном токе** высокого напряжения (АС); а вторая заключалась в крупномасштабном производстве компанией Томаса Эдисона **ламп накаливания** низкого напряжения на **постоянном токе**, предназначенных для применения в закрытых помещениях.
- В начале 1890-х годов напряженность войны снизилась. Дальнейшие смерти, вызванные линиями переменного тока в Нью-Йорке, заставили электрические компании решить проблемы с безопасностью. Слияния компаний снизили конкуренцию, а компания Edison Electric в 1892 году слилась со своим главным конкурентом, Thomson - Houston, и образовала General Electric. Новая компания контролировала три четверти электротехнического бизнеса США. Westinghouse выиграла тендер на поставку электроэнергии для Всемирной Колумбовой выставки 1893 года, а также в том же году выиграла большую часть контракта на строительство гидроэлектростанции на Ниагарском водопаде; остальная часть контракта была разделена с General Electric. Коммерческие системы распределения электроэнергии постоянным током быстро сокращались в количестве на протяжении всего XX века, но последняя система постоянного тока в Нью-Йорке была отключена в 2007 году

- При увеличении расстояния повышается суммарное электрическое сопротивление проводов, а также растут потери на их нагрев. При создании электрической линии, рассчитанной на передачу определённой мощности, существенно снизить потери можно либо снижая электрическое сопротивление проводов (делая их толще или изготавливая их из другого материала), либо повышая напряжение (что приводит к уменьшению силы тока). Чтобы вчетверо снизить потери, приходится либо вчетверо снижать сопротивление, либо вдвое повышать напряжение. Передача энергии на большие расстояния экономически оправдана при использовании высокого напряжения.

Снижение потерь энергии

- При передаче электроэнергии тепловое действие тока в проводах является нежелательным, поскольку ведёт к потерям энергии. Подводящие провода и нагрузка соединены последовательно — значит, ток в сети на проводах и нагрузке одинаков. Мощность нагрузки Q_c и сопротивление проводов R_w не должны зависеть от выбора напряжения источника. Выделяемая на проводах Q_w и на нагрузке Q_c мощность определяется следующими формулами

- $Q_w = R_w \cdot I^2$

- $Q_c = U_c \cdot I$

- Откуда следует, что потери энергии при передаче равны $Q_w = \frac{R_w \cdot Q_c^2}{U_c^2}$

- Так как в каждом конкретном случае мощность нагрузки и сопротивление проводов остаются неизменными и выражение $R_w \cdot Q_c^2$

- является константой, то тепло, выделяемое на проводе, обратно пропорционально квадрату напряжения на потребителе. Повышая напряжение, мы снижаем тепловые потери в проводах. Это, однако, снижает электробезопасность линий электропередачи.

- **Линия электропередачи (ЛЭП)** — один из компонентов электрической сети, система энергетического оборудования, предназначенная для передачи электроэнергии посредством электрического тока. Также электрическая линия в составе такой системы, выходящая за пределы электростанции или подстанции.
- Различают **воздушные и кабельные линии** электропередачи. В последнее время приобретают популярность газоизолированные линии — ГИЛ.

- **Воздушные линии электропередачи**

- В основном, ВЛ служат **для передачи переменного тока**, и лишь в отдельных случаях (например, для связи энергосистем, питания контактной сети и другие) используются линии постоянного тока.

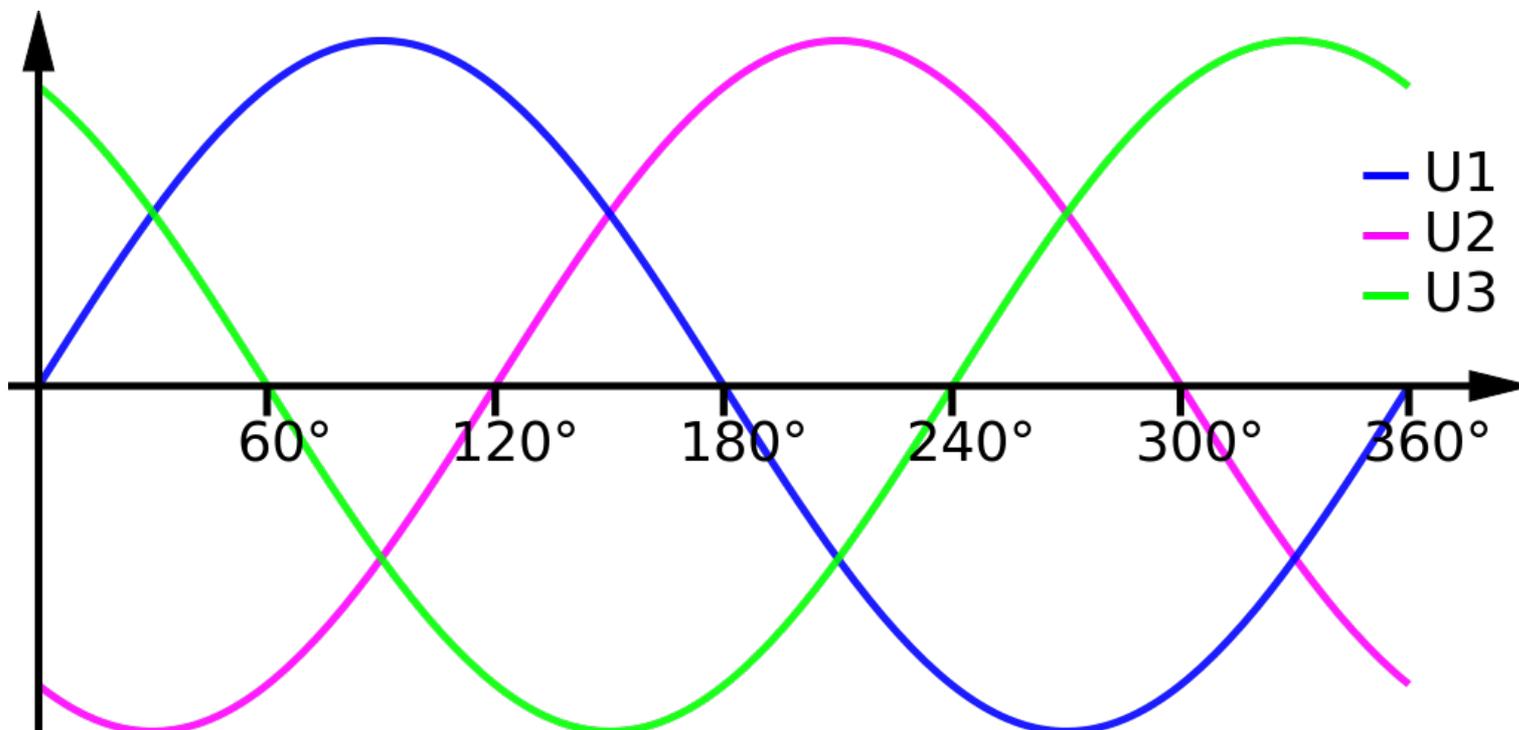
-

- Линия электропередачи постоянного тока Волгоград-Донбасс (Ростовская и Волгоградская область)
- Линии постоянного тока имеют меньшие потери на ёмкостную и индуктивную составляющие. В СССР было построено несколько линий электропередачи постоянного тока, среди которых:
 - Москва — Кашира (Проект «Эльба», 1951 год);
 - Волгоград — Донбасс (1965 год);
 - Экибастуз — Центр (незавершённая).
- Широкого распространения такие линии не получили, главным образом, в связи с необходимостью возведения сложных конечных подстанций с большим количеством вспомогательной аппаратуры.

- ВЛ до 1000 В (ВЛ низкого класса напряжений)
- ВЛ выше 1000 В
 - ВЛ 1-35 кВ (ВЛ среднего класса напряжений)
 - ВЛ 110—220 кВ (ВЛ высокого класса напряжений)
 - ВЛ 330—750 кВ (ВЛ сверхвысокого класса напряжений)
 - ВЛ выше 750 кВ (ВЛ ультравысокого класса напряжений)
- Эти группы существенно различаются, в основном — требованиями в части расчётных условий и конструкций.
- В сетях СНГ общего назначения переменного тока 50 Гц, согласно ГОСТ 721-77, должны использоваться следующие номинальные межфазные напряжения: 380 В; 10, 20, 35, 110, 220, 330, 500, 750 и 1150 кВ. Могут также существовать сети, построенные по устаревшим стандартам с номинальными межфазными напряжениями: 220 вольт, 3, 15 и 150 киловольт.
- Самой высоковольтной ЛЭП в мире является линия Экибастуз — Кокшетау, номинальное напряжение — 1150 кВ. Однако, в настоящее время линия эксплуатируется под вдвое меньшим напряжением — 500 кВ. В 1970-х годах в Советском Союзе разрабатывался проект ВЛ напряжением 2200 кВ для транспорта энергии с электростанций КАТЭКа в европейскую часть страны, но по ряду причин (в основном, технико-технологических) реализован он не был.
- Номинальное напряжение для линий постоянного тока не регламентировано, чаще всего используются напряжения: 150, 400 (Выборгская ПС — Финляндия) и 800 кВ.
- В специальных сетях могут использоваться и другие классы напряжений, в основном это касается тяговых сетей железных дорог (27,5 кВ, 50 Гц переменного тока и 3,3 кВ постоянного тока), метрополитена (825 В постоянного тока), трамваев и троллейбусов (600 В постоянного тока).

Переменный ток

- Переменный ток — электрический ток, который с течением времени изменяется по величине и направлению или, в частном случае, изменяется по величине, сохраняя своё направление в электрической цепи неизменным.
- Хотя переменный ток часто переводят на английский как alternating current, эти термины не эквивалентны. Термин alternating current (АС) в узком смысле означает синусоидальный ток, в широком смысле — периодический знакопеременный ток (то есть периодический двунаправленный ток). Условное обозначение на электроприборах:  (знак синусоиды), или латинскими буквами АС.



В настоящее время во всем мире получила наибольшее распространение **трехфазная система переменного тока.**

Развёрнутая диаграмма трёхфазного тока.

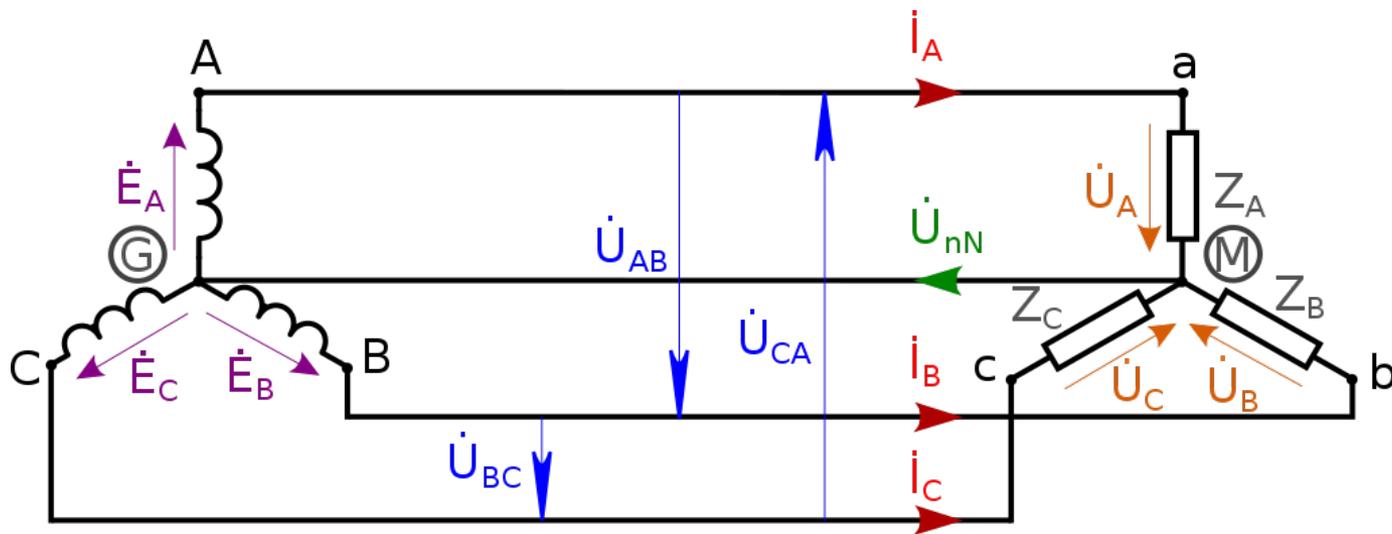
Фаза «А» (или U1), сдвиг по фазе 0°

Фаза «В» (или U2), сдвиг по фазе 120°

Фаза «С» (или U3), сдвиг по фазе 240°

Параметры сетевого напряжения в России

- Производители электроэнергии генерируют переменный ток промышленной частоты (в России — 50 Гц). В подавляющем большинстве случаев по линиям электропередач передаётся трёхфазный ток, повышенный до высокого и сверхвысокого электрического напряжения с помощью трансформаторных подстанций, которые находятся рядом с электростанциями.
- Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009), сетевое напряжение должно составлять $230\text{ В} \pm 10\%$ при частоте $50 \pm 0,2$ Гц (межфазное напряжение 400 В, напряжением фаза-нейтраль 230 В, четырёхпроводная схема включения «звезда»), примечание «а» стандарта гласит: «Однако системы 220/380 В и 240/415 В до сих пор продолжают применять».
- К жилым домам (на сельские улицы) подводятся четырёхпроводные (три фазовых провода и один нейтральный (нулевой) провод) линии электропередач (воздушные или кабельные ЛЭП) с межфазным напряжением 400 Вольт. Входные автоматы и счётчики потребления электроэнергии, обычно, трёхфазные. К однофазной розетке подводится фазовый провод, нулевой провод и, возможно, провод защитного заземления или зануления, электрическое напряжение между «фазой» и «нулём» составляет 230 Вольт.
- В правилах устройства электроустановок (ПУЭ-7) продолжает фигурировать величина 220, но фактически напряжение в сети почти всегда выше этого значения и достигает 230—240 В, варьируясь от 190 до 250 В



Звездой называется такое соединение, когда концы фаз обмоток генератора (G) соединяют в одну общую точку, называемую нейтральной точкой или **нейтралью**. Концы фаз обмоток потребителя (M) также соединяют в общую точку.

Провода, соединяющие начала фаз генератора и потребителя, называются **линейными**. Провод, соединяющий две нейтрали, называется **нейтральным**.

Трёхфазная цепь, имеющая нейтральный провод, называется четырёхпроводной. Если нейтрального провода нет — трёхпроводной.

Если сопротивления Z_a , Z_b , Z_c потребителя равны между собой, то такую нагрузку называют **симметричной**.

Линейные и фазные величины

- Напряжение между фазным проводом и нейтралью (U_a, U_b, U_c) называется **фазным**.
- Напряжение между двумя фазными проводами (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}) называется **линейным**.
- Несложно показать, что линейное напряжение сдвинуто по фазе на относительно фазных и имеется соотношение между ними:

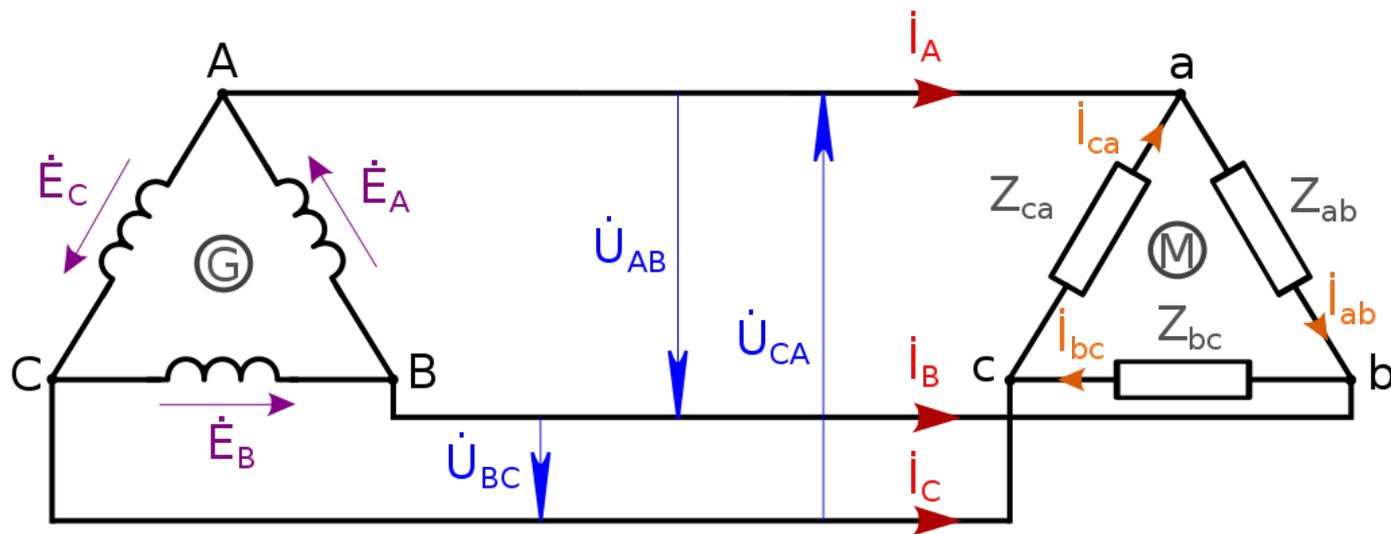
$$U_L^{ab} = U_F^a - U_F^b = U_F \left(\cos(\omega t) - \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \right) = 2U_F \sin\left(-\frac{\pi}{3}\right) \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$$

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_F \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$\sin(\alpha) + \sin\left(\alpha + \frac{2\pi}{3}\right) + \sin\left(\alpha + \frac{4\pi}{3}\right) = 0$$

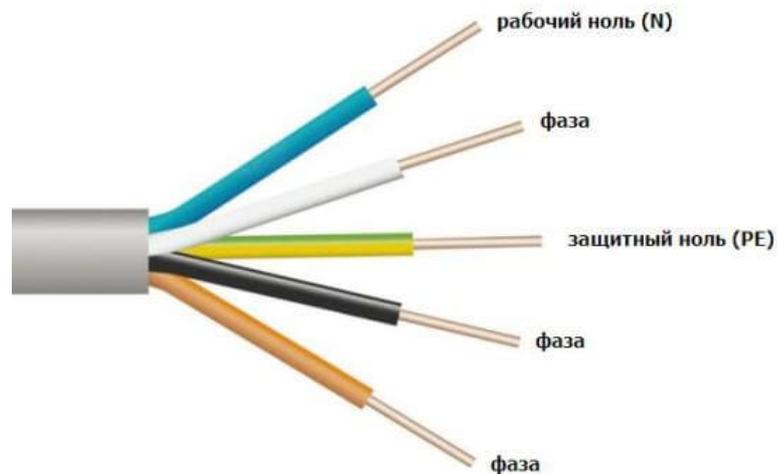
- Бытовой стандарт

- Новый стандарт –
- **230/400**
- Фазное напряжение/линейное напряжение
- Старый стандарт -
- **220/380**
- **127/220**



Треугольник — такое соединение, когда конец первой фазы соединяется с началом второй фазы, конец второй фазы с началом третьей, а конец третьей фазы соединяется с началом первой.

Страна	L1	L2	L3	Нейтраль / ноль	Земля / защитное заземление
Россия, Белоруссия, Украина, Казахстан (до 2009), Китай	Белый	Черный	Красный	Голубой	Жёлто/зелёный (в полосу)
Европейский союз и все страны которые используют европейский стандарт CENELEC с апреля 2004 (IEC 60446), Гонконг с июля 2007, Сингапур с марта 2009, Украина, Казахстан с 2009, Аргентина, Россия с 2009	Коричневый	Чёрный	Серый	Голубой	Жёлто/зелёный (в полосу) ^[a]
Европейский союз до апреля 2004 ^[a]	Красный	Жёлтый	Голубой	Чёрный	Жёлто/зелёный (в полосу) (зелёный в установках до 1970)
Индия, Пакистан, Великобритания до апреля 2006, Гонконг до апреля 2009, ЮАР, Малайзия, Сингапур до февраля 2011	Красный	Жёлтый	Голубой	Чёрный	Жёлто/зелёный (в полосу) (зелёный в установках до 1970)
Австралия и Новая Зеландия	Красный (или коричневый) ^[a]	Белый (или чёрный) (ранее — жёлтый)	Тёмно синий (или серый)	Чёрный (или голубой)	Жёлто/зелёный (в полосу) (зелёный в очень старых установках)
Канада (обязательный) ^[a]	Красный	Чёрный	Голубой	Белый или серый	Зелёный или цвета меди
Канада (в изолированных трехфазных установках) ^[a]	Оранжевый	Коричневый	Жёлтый	Белый	Зелёный
США (альтернативная практика) ^[a]	Коричневый	Оранжевый (в системетреугольник), или фиолетовый (в системезвезда)	Жёлтый	Серый или белый	Зелёный
США (распространённая практика) ^[a]	Чёрный	Красный	Голубой	Белый или серый	Зелёный, жёлто/зелёный (в полосу), ^[a] или провод цвета меди
Норвегия	Чёрный	Белый/серый	Коричневый	Голубой	Жёлто/зелёный (в полосу), в более старых установках может встречаться только жёлтый или цвета меди



Россия – старая маркировка

Белый - фаза

Черный - фаза

Красный - фаза

Голубой – нулевой провод

Желто-зеленый – защитный, заземление



L1 – фазный провод

L2 – фазный провод

L3 – фазный провод

N – нулевой провод

– заземление

Россия – новая маркировка

L1 Коричневый

L2 Черный

L3 Серый

N Голубой

PE Желто-зеленый

1 Общие сведения

В общей массе травм на производстве с временной утратой трудоспособности вес электротравм незначителен - не более 2%.

Но среди травм с летальным исходом электротравмы занимают ведущее место - более 12%, то есть каждая седьмая смертельная травма вызвана электрическим током.

- **85% смертельных поражений** людей электрическим током происходит в результате прикосновения пострадавшего непосредственно к **токоведущим частям**, находящимся под напряжением.



Электротравмы

- Электрический ток, проходя через тело человека оказывает **термическое** воздействие, которое приводит к отекам (от покраснения, до обугливания), электролитическое (**химическое**), **механическое**, которое может привести к разрыву тканей и мышц, **биологическое**.
- **Все электротравмы делятся на:**
 - местные;
 - общие (электроудары).
- **Местные электрические травмы**
 - электрические ожоги (под действием электрического тока);
 - электрические знаки (пятна бледно-желтого цвета);
 - металлизация поверхности кожи (попадание расплавленных частиц металла электрической дуги на кожу);
 - электроофтальмия (ожог слизистой оболочки глаз).
- **Общие электрические травмы (электроудары):**
 - 1 степень: без потери сознания
 - 2 степень: с потерей
 - 3 степень: без поражения работы сердца
 - 4 степень: с поражением работы сердца и органов дыхания
- Крайний случай — состояние клинической смерти (остановка работы сердца и нарушение снабжения кислородом клеток мозга. В состоянии клинической смерти находятся до 6-8 мин.)

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что сопровождается значительными нарушениями их физико-химического состава.

Механическое (динамическое) действие тока выражается в расслоении, разрыве и других подобных повреждениях тканей организма, в том числе мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов легочной ткани и др., в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара от перегретой током тканевой жидкости и крови.

Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, а также в нарушении внутренних биологических процессов.

Все электротравмы, можно свести к **двум видам:**

- **местные электротравмы**, когда возникает местное повреждение организма;
- **общие электротравмы** (электрические удары), когда поражается весь организм.

Примерное распределение несчастных случаев от электрического тока:

- **20% - местные;**
- **25% - электрические удары;**
- **55% - смешанные травмы.**

2 Местная электротравма

Местная электротравма – ярко выраженное местное нарушение целостности тканей тела. Чаще это поверхностные повреждения (кожа, иногда связок и костей).

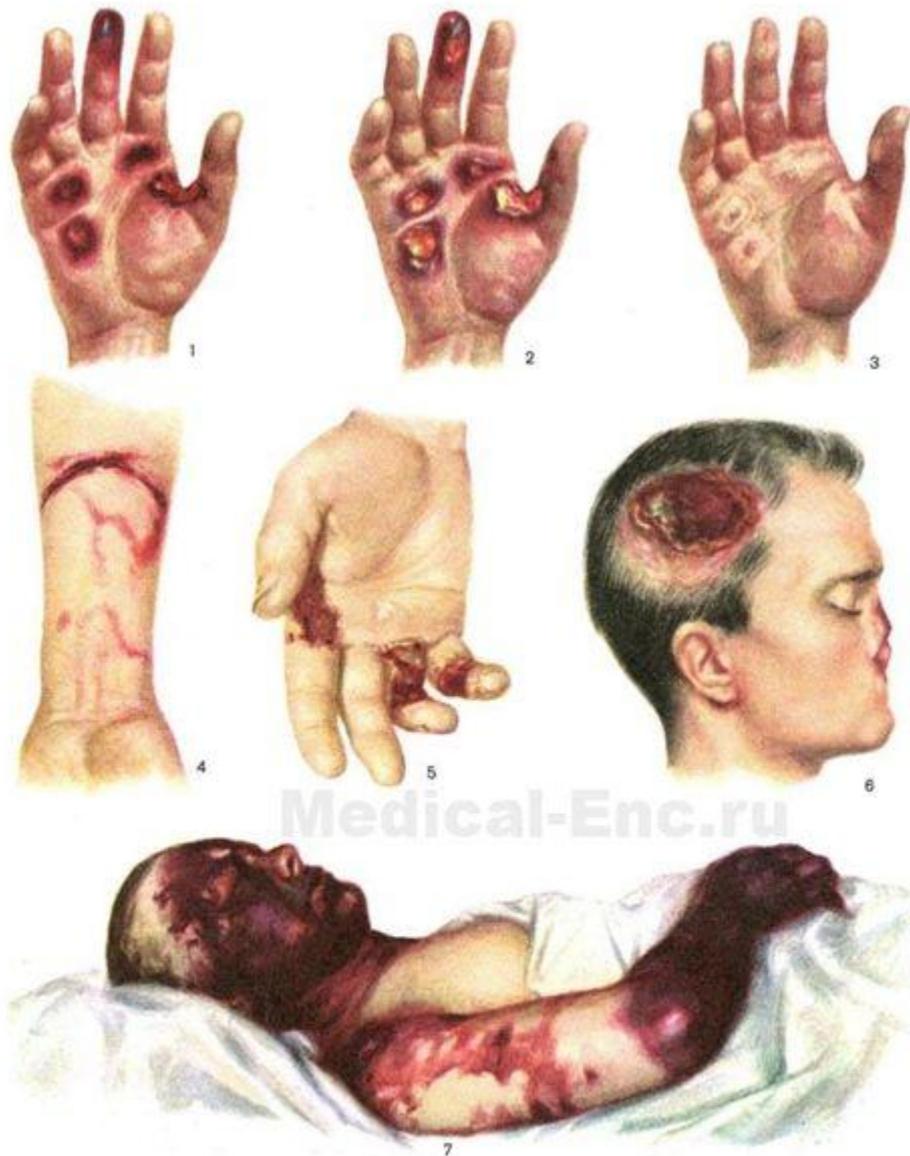
Опасность местных травм зависит **от места и степени** повреждения тканей.

Как правило, местные травмы **излечиваются**, работоспособность восстанавливается.

Характерные местные электротравмы:



- электрические ожоги – 40%;
- электрические знаки – 7%;
- металлизация кожи – 3%;
- механические повреждения – 0,5%;
- электроофтальмия – 1,5%;
- смешанные травмы – 23%.



1. До лечения.
2. В период лечения.
3. После заживления.
4. Контактная электротравма (220 в).
Знаки тока на предплечье.
5. Знаки тока при электротравме от
вилки провода (220 в).
6. Контактная электротравма лица и
волосистой части головы с
поражением кости.
7. Ожог электрической дугой лица,
шеи и верхней конечности при
ремонте электроустановки под
напряжением (380

Электротравма. Рис. 1 — 3. Контактная электротравма при нарушении изоляции электрического утюга (220 в). Знаки тока.



HERBOY.ORG

 MyShared

Электрический ожог - самая распространенная электротравма.

В зависимости от условий возникновения различают два основных вида ожога:

- **токовый (контактный)**, возникающий при прохождении тока непосредственно через тело человека в результате его контакта с токоведущей частью;
- **дуговой**, обусловленный воздействием на тело электрической дуги.

Токовый ожог возникает в ЭУ напряжением **не выше 2 кВ**. При более высоких U образуется электрическая дуга.

Ожог тем опаснее, чем больше I и время его прохождения. Сопротивление кожи больше чем сопротивление внутренних тканей, поэтому она и сгорает. (При токах высоких частот могут возникнуть ожоги внутренних тканей).

Дуговой ожог наблюдается в ЭУ различных напряжений. При этом в установках U до 6 кВ ожоги являются следствием случайных КЗ. В установках более высоких U дуга возникает при случайном приближении человека к токоведущим частям, находящимся под U , на расстояние при котором происходит пробой воздушного промежутка между ними; при повреждении изолирующих защитных средств.

Электрические знаки представляют собой резко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности тела человека, подвергшегося действию тока. Размер пятен 1-5 мм.

Обычные электрические знаки безболезненны, лечатся легко.

Металлизация кожи – проникновение в верхние слои кожи мельчайших частиц металла, расплавившегося под действием электрической дуги, возникающей при КЗ. Мельчайшие брызги расплавленного металла под влиянием возникших динамических сил и теплового потока разлетаются во все стороны с большой скоростью.

Механические повреждения.

Чаще всего это следствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием электрического тока.

В результате могут произойти:

- разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани;
- вывих суставов;
- даже переломы костей.

Механические повреждения происходят при работе в основном в электроустановках до 1000 В при относительно длительном воздействии тока.

Электроофтальмия – воспаление наружных оболочек глаз – роговицы и конъюнктивы (слизистой оболочки, покрывающей глазное яблоко), возникающие в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей.

Такое облучение возможно при наличии электрической дуги, которая является источником излучения ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Предупреждение электроофтальмии обеспечивается применением защитных очков.

3 Электрический удар

Электрический удар – это возбуждение живых тканей организма протекающим через него током, проявляющееся в непроизвольных судорожных сокращениях различных мышц тела. При этом нарушается работа всех органов:

- сердца,
- легких,
- центральной нервной системы.

Пять степеней электрического удара :

1. Судорожное, едва ощутимое сокращение мышц;
2. Судорожное сокращение мышц с сильными болями, без потери сознания;
3. Судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но сохранившимися дыханием и работой сердца;
4. Потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (и то и другое);
5. Клиническая смерть.

Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током:

- Род тока (постоянный или переменный, частота 50Гц наиболее опасна)
 - Величина силы тока и напряжения.
 - Время прохождения тока через организм человека.
 - Путь или петля прохождения тока.
 - Состояние организма человека.
 - Условия внешней среды.
 - Вид сети и режим ее работы.
-
- Количественные оценки
 1. В интервале напряжения 450-500 В, вне зависимости от рода тока, действие одинаково
 - меньше 450 В — опаснее переменный ток,
 - больше 500 В — опаснее постоянный ток.
 2. Кардиологические заболевания, заболевания нервной системы и наличие алкоголя в крови, снижают сопротивление тела человека.
 3. Наиболее опасным является путь прохождения тока через сердечную мышцу и дыхательную систему.

Факторы, от которых зависит *исход воздействия электрического тока* :

- значение и длительность протекания тока;
- род и частота тока;
- пути прохождения;
- индивидуальные свойства.

Фибрилляция – хаотические разновременные сокращения волокон сердечной мышцы (**фибрилл**) при которых сердце не в состоянии гнать кровь по сосудам.

Фибрилляция сердца может наступить в результате прохождения через тело человека по пути **рука-рука** или **рука-ноги** переменного тока **более 50 мА** частотой **50 Гц** в течение **нескольких секунд**.

Токи меньше 50 мА и больше 5 А фибрилляции сердца у человека, как правило, не вызывают.

Электрический шок это своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение электрическим током, сопровождающаяся **глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п.**

Характер воздействия постоянного и переменного токов на организм человека:

I, mA	Переменный (50 Гц)	Постоянный
0,5-1,5	Ощутимый. Легкое дрожание пальцев.	Ощущений нет.
2-3	Сильное дрожание пальцев.	Ощущений нет.
5-7	Судороги в руках.	Ощутимый ток. Легкое дрожание пальцев.
8-10	Не отпускающий ток. Руки с трудом отрываются от поверхности, при этом сильная боль.	Усиление нагрева рук.
20-25	Паралич мышечной системы (невозможно оторвать руки).	Незначительное сокращение мышц рук.
50-80	Паралич дыхания.	При 50mA неотпускающий ток.
90-100	Паралич сердца.	Паралич дыхания.
100	Фибриляция (разновременное, хаотическое сокращение сердечной мышцы)	300 mA фибриляция.

Сопротивление тела человека

Факторы, приводящие к уменьшению сопротивления тела человека:

увлажнение поверхности кожи;
увеличение площади контакта;
время воздействия.

Сопротивление рогового (верхнего слоя кожи) от 10 до 100 кОм.

Сопротивление внутренних тканей 800-1000 Ом.

Расчетная величина $R_{ЧЕЛ} = 1000 \text{ Ом}$.

Классификация помещений по опасности поражения электрическим током

(Правила Устройства Электроустановок ПУЭ-2020).

Помещения I класса. Особо опасные помещения.

100 % влажность;

наличие активной среды

Помещения II класса. Помещения повышенной опасности поражения эл. током.

повышенная температура воздуха ($t = + 35 \text{ }^\circ\text{C}$);

повышенная влажность ($> 75 \%$);

наличие токопроводящей пыли;

наличие токопроводящих полов;

наличие эл. установок (заземленных) — возможности прикосновения одновременно и к эл. установке и к заземлению или к двум эл. установкам одновременно.

Помещения III класса. Мало опасные помещения. Отсутствуют признаки, характерные для двух предыдущих классов.

Распределение потенциала по поверхности земли осуществляется по закону гиперболы.

Напряжение прикосновения — это разность потенциалов точек электрической цепи, которых человек касается одновременно, обычно в точках расположения рук и ног.

Напряжение шага — это разность потенциалов φ_1 и φ_2 в поле растекания тока по поверхности земли между точками, расположенными на расстоянии шага ($\approx 0,8 \text{ м}$).

Основные требования безопасности при проектировании и эксплуатации электротехнических изделий (ЭТИ)

Основной нормативный документ - ГОСТ 12.2.007-75.

Электротехнические изделия (ЭТИ) должны быть сконструированы таким образом, чтобы обеспечить защиту от случайного прикосновения к токоведущим частям и достаточную изоляцию токоведущих частей от доступных металлических нетоковедущих частей (корпуса ЭТИ). Требования электробезопасности к любому ЭТИ должны быть обеспечены конструктивным решением, и только, когда это технически невозможно или экономически нецелесообразно, разрабатывается подробная инструкция по эксплуатации. В конструкции ЭТИ для обеспечения электробезопасности могут быть использованы: изоляция токоведущих частей, малые напряжения в электрических сетях, элементы для осуществления защитного заземления или зануления, оболочки для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим, движущимся или нагревающимся частям ЭТИ.

Изоляция токоведущих частей определяется условиями эксплуатации. Оболочки токоведущих частей определяются возможностью попадания внутрь ЭТИ твердых тел, пыли, что может привести к аварии при наличии движущихся частей или к короткому замыканию в схеме ЭТИ.

Многообразие средств защиты и условий эксплуатации привели к унификации требований защиты, которые устанавливаются системой **International Protection** - (IP) - международная защита. На ЭТИ, удовлетворяющие этой системе устанавливается маркировка из двух букв и цифр (например, IP44).

Первая цифра означает степень защиты персонала от соприкосновения с частями, расположенными внутри оболочки и степень защиты от попадания внутрь твердых тел или пыли.

Вторая цифра означает степень защиты от попадания внутрь влаги или воды.

Для унификации конструктивных требований к ЭТИ по способу защиты человека от поражения электрическим током в условиях нормальной эксплуатации и при переходе напряжения на металлические части ЭТИ, доступные для прикосновения человека ГОСТ 12.2.007-75 предусматривает пять конструктивных классов защиты:

К классу 0 относятся ЭТИ, имеющие рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления.

К классу 01 относятся ЭТИ, имеющие рабочую изоляцию и элемент для заземления, а также провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания.

К классу I относятся ЭТИ имеющие рабочую изоляцию, провод с заземляющей жилой и вилку с заземляющим контактом.

К классу II относятся ЭТИ, имеющие двойную изоляцию и не имеющие элементов для заземления.

К классу III относятся ЭТИ, не имеющие ни внутренних, ни наружных цепей с напряжением свыше 42 В.

Методы и средства защиты: заземление, зануление, отключение и др.

- Выбор средств защиты зависит от:

- режима электрической сети;
- вида электрической сети;
- условий эксплуатации

- **Средства электробезопасности:**

- общетехнические;
- специальные;
- средства индивидуальной защиты

Общетехнические средства защиты

- **Рабочая изоляция**
- Для оценки изоляции используют следующие критерии:
 - - сопротивление фаз эл. проводки без подключенной нагрузки $R1 \geq 0,05$;
 - - сопротивление фаз эл. проводки с подключенной нагрузкой $R2 \geq 0,08$ МОм.
- Двойная изоляция
- Недоступность токоведущих частей (используются осадительные ср-ва — кожух, корпус, эл. шкаф, использование блочных схем и т.д.)
- Блокировки безопасности (механические, электрические)
- Малое напряжение
- Для локальных светильников (36 В), для особоопасных помещений и внепомещений.
- 12 В используется во взрывоопасных помещениях.
- Меры ориентации (использование маркировок отдельных частей эл. оборудования, надписи, предупредительные знаки, разноцветовая изоляция, световая сигнализация).

Специальные средства защиты

- заземление;
- зануление;
- защитное отключение

- **Принцип действия заземления**
 - Снижение напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением (в случае аварийной ситуации) и землей, до безопасной величины.
 - Заземление используется в 3-х фазных 3-х проводных сетях с изолированной нейтралью. Эта система заземления работает в том случае, если
 - $R_H \leq 4 \text{ Ом}; V < 1000 \text{ В}; R_H \leq 0,5 \text{ Ом}; V > 1000 \text{ В}$ (ПУЭ-85)
-
- **Принцип действия зануления**
 - Преднамеренное соединение корпусов электро установок с многократно заземленной нейтралью трансформатора или генератора.
 - Превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание за счет срабатывания токовой защиты, которая отключает систему питания и тем самым отключается поврежденное устройство.

Принцип действия защитного отключения

- Это преднамеренное автоматическое отключение электро установки от питающей сети в случае опасности поражения электрическим током.
- **Условия, при которых выполняется заземление или зануление в соответствии с требованиями ПУЭ-85.**
 1. В малоопасных помещениях 380 В и выше переменного тока
 - 440 В и выше постоянного тока
 2. В особо опасных помещениях, помещениях с повышенной опасностью и вне помещений 42 В и выше переменного тока 110 В и выше постоянного тока
 3. При всех напряжениях во взрывоопасных помещениях.
- Заземляющие устройства бывают естественными (используются конструкции зданий) в этом случае нельзя использовать те элементы, которые при попадании искры приводят к аварии (взрывоопасные).
- Искусственные — контурное и выносное защитное заземляющее устройство.

ЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

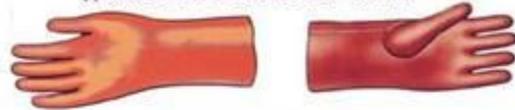
- ✘ **Резиновые перчатки** – поверка 1 раз в 6 месяцев, штамп – напряжение под которым они испытаны, срок хранения.
- ✘ ***Защитные очки**
- ✘ ***Инструмент с изолирующими ручками.**
- ✘ ***Диэлектрические галоши.**
- ✘ ***Резиновые коврики**
- ✘ ***Изолирующие подставки**
- ✘ ***Изолирующие штанги**
- ✘ ***Токоизмерительные клещи.**
- ✘ **Все остальные средства испытывают 1 раз в год.**



ЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА

ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЧАТКИ



УКАЗАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ



ИНСТРУМЕНТ С ИЗОЛИРУЮЩИМИ РУКОЯТКАМИ



ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

НАИМЕНОВАНИЕ	ПЕРИОДИЧНОСТЬ	
	ОСМОТРОВ	ИСПЫТАНИЙ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕРЧАТКИ	ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ	ОДИН РАЗ В 6 МЕСЯЦЕВ
ИНСТРУМЕНТ (НА ИЗОЛЯЦИИ)	ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ	ОДИН РАЗ В ГОД
УКАЗАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ "УИИ"	ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ	ОДИН РАЗ В ГОД
ИЗОЛИРУЮЩИЕ КЛЕЩИ	ОДИН РАЗ В ГОД	ОДИН РАЗ В 2 ГОДА

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ



МОНТЕРСКИЙ ПОЯС

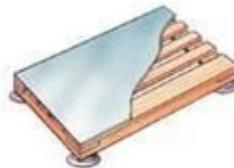


ЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

НАИМЕНОВАНИЕ	ПЕРИОДИЧНОСТЬ	
	ОСМОТРОВ	ИСПЫТАНИЙ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОВРИКИ	ОДИН РАЗ В 6 МЕСЯЦЕВ	—
ИЗОЛИРУЮЩИЕ ПОДСТАВКИ	ОДИН РАЗ В 2 ГОДА	—
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ БОТЫ	ОДИН РАЗ В 6 МЕСЯЦЕВ	ОДИН РАЗ В 2 ГОДА
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГАЛОШИ	ОДИН РАЗ В 6 МЕСЯЦЕВ	ОДИН РАЗ В ГОД

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ



ИЗОЛИРУЮЩАЯ ПОДСТАВКА

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ БОТЫ



ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОВРИК

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГАЛОШИ



Плакаты и знаки безопасности

- **Предупреждающие:** Стой! Напряжение, Не влезай! Убьет, Испытание! Опасно для жизни;



- **Запрещающие:** Не включать! Работают люди, Не включать! Работа на линии, Не открывать! Работают люди, Работа под напряжением! Повторно не включать;

- **Предписывающие:** Работать здесь, "Влезать здесь";



- **Указательные:** Заземлено



MyShared

ЗНАКИ И ПЛАКАТЫ БЕЗОПАСНОСТИ

ЗАПРЕЩАЮЩИЕ

НЕ ОТКРЫВАТЬ
РАБОТАЮТ ЛЮДИ

ЗАПРЕЩАЕТ ОТКРЫВАТЬ
ЗАПОРНУЮ АРМАТУРУ
НА ВОЗДУХОВОДАХ,
ГАЗОПАРОВОДАХ
И Т. Д.

НЕ ВКЛЮЧАТЬ
РАБОТАЮТ ЛЮДИ

ЗАПРЕЩАЕТ ВКЛЮЧЕНИЕ
КОММУТАЦИОННОЙ
АППАРАТУРЫ

НЕ ВКЛЮЧАТЬ
РАБОТА НА ЛИНИИ

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ
КОММУТАЦИОННУЮ
АППАРАТУРУ ПРИ РАБОТЕ
ЛЮДЕЙ НА УДАЛЕННЫХ
ОТ КОММУТАЦИОННОЙ
АППАРАТУРЫ ОБЪЕКТАХ

ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ

ПРЕДУПРЕЖДАЕТ ОБ ОПАСНОСТИ ПРИБЛИЖЕНИЯ К ТОКОВЕДУЩИМ ЧАСТЯМ



**ИСПЫТАНИЕ
ОПАСНО
ДЛЯ ЖИЗНИ**

**СТОЙ
НАПРЯЖЕНИЕ**

**НЕ ВЛЕЗАЙ
УБЬЕТ!**

ПРЕДПИСЫВАЮЩИЕ

**ВЛЕЗАТЬ
ЗДЕСЬ**

**РАБОТАТЬ
ЗДЕСЬ**

ОПРЕДЕЛЯЕТ ПОДГОТОВЛЕННОЕ МЕСТО
РАБОТ, ГДЕ ОБЕСПЕЧЕНА БЕЗОПАСНОСТЬ

УКАЗАТЕЛЬНЫЕ

ЗАЗЕМЛЕНО



Shared

НЕ ВКЛЮЧАТЬ
РАБОТАЮТ ЛЮДИ

НЕ ВКЛЮЧАТЬ
РАБОТА НА ЛИНИИ

НЕ ОТКРЫВАТЬ
РАБОТАЮТ ЛЮДИ

РАБОТА
ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ
ПОВТОРНО НЕ ВКЛЮЧАТЬ



 **СТОЙ!**
НАПРЯЖЕНИЕ

 **ИСПЫТАНИЕ**
ОПАСНО
ДЛЯ ЖИЗНИ

 **НЕ ВЛЕЗАЙ!**
УБЬЕТ

ОПАСНОЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ
БЕЗ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ
ПРОХОД ЗАПРЕЩЕН

РАБОТАТЬ
ЗДЕСЬ

ВЛЕЗАТЬ
ЗДЕСЬ

ЗАЗЕМЛЕНО

**НЕ ВКЛЮЧАТЬ!
РАБОТА НА ЛИНИИ**

**НЕ ВКЛЮЧАТЬ!
РАБОТАЮТ ЛЮДИ**

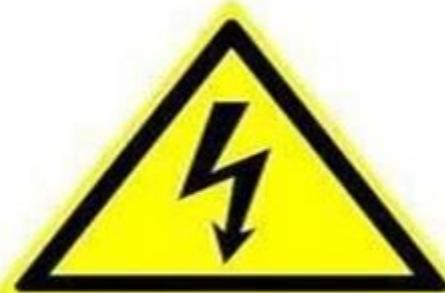
 **СТОЙ
ОПАСНАЯ ЗОНА
ВЕДУТСЯ РАБОТЫ**

 **СТОЙ
НАПРЯЖЕНИЕ**

ЗАЗЕМЛЕНО

**НЕ ВКЛЮЧАТЬ
КАБЕЛЬ ПОВРЕЖДЕН**

**ВЛЕЗАТЬ
ЗДЕСЬ**



**РАБОТАТЬ
ЗДЕСЬ**

**РАБОТА
ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ.
ПОВТОРНО НЕ ВКЛЮЧАТЬ!**

 **НЕ ВЛЕЗАЙ
УБЬЕТ**

 **ВЫСОКОЕ
НАПРЯЖЕНИЕ
ОПАСНО ДЛЯ
ЖИЗНИ**



**ОПАСНОЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ.
БЕЗ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ
ПРОХОД ЗАПРЕЩЕН**

ЗАО - Технологии РИТ

Плакаты по электробезопасности

 MyShared

Спасибо за внимание