

## Воздействие электрического тока на организм человека

На этом уроке вы узнаете о мерах защиты и рисках при работе с источниками электроэнергии.

Большинство несчастных случаев, вызванных воздействием электричества, происходит вследствие неосторожности. Чтобы избежать или предотвратить опасность, следует уделять особое внимание порядку использования электроэнергии.

Электрический ток опасен как для людей, так и для животных по ряду причин. Все жидкости в организме человека или животного, такие как пот, слюна, кровь и клеточные жидкости, являются электролитами, т.е. обладают способностью проводить электрический ток.



*Поэтому тело человека или животного обладает свойством проводить электрический ток.*



Электрический ток определяется как упорядоченное движение заряженных частиц, электрические явления, связанные с живыми организмами, известны с 1800-х годов, а воздействие тока на человеческое тело изучается и по сей день. Прохождение электрического тока через организм человека оказывает воздействие, которое зависит от величины интенсивности, проницаемости кожи человека, которая у разных людей разная.



Функционирование человеческого тела основано на электрических импульсах, посылаемых мозгом или центральной нервной системой. Слабые электрические импульсы, например, около 50 мВ, контролируют движение мышц. Импульсы передаются от мозга к мышцам по нервам. При повреждении нерва мышца перестает работать, ее парализует. Электрические токи также проходят через мозговые центры, например, между зрительным центром, двигательным центром или болевым центром.

Многие токи, которые естественным образом вырабатываются в организме, могут быть зафиксированы и измерены с помощью электродов. *Электрокардиограмма,*

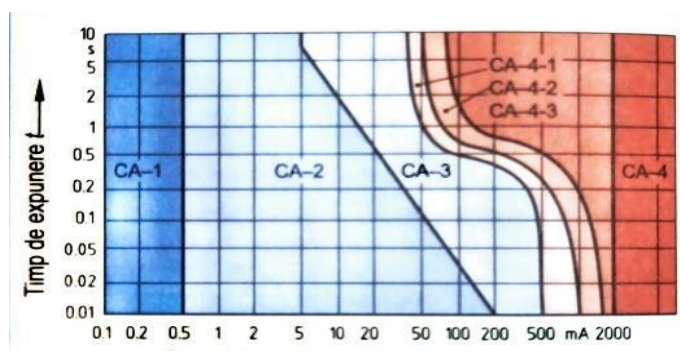
например, показывает электрическую активность сердца, а *электроэнцефалограмма* – электрическую активность мозга.



*Производимые организмом токи можно измерить.*



Сердце работает с помощью электрических токов, которые оно вырабатывает самостоятельно, поэтому оно не зависит от мозга. Сердце генерирует около 80 импульсов в минуту, на каждый из которых сердечная мышца реагирует биением пульса. Когда необходимое количество импульсов в минуту не подается, сердце бьется медленнее.



Реакция организма при прохождении тока /в через тело человека, в зависимости от продолжительности воздействия

Область	Реакция организма
CA-1	Возможна общая чувствительность, без шоковых реакций
CA-2	Возможны непроизвольные сокращения и подергивания мышц, обычно не оказывая вредного воздействия
CA-3	Затрудненное дыхание, мышечные судороги; сильные непроизвольные сокращения мышц; возможно обратимое нарушение сердечной деятельности; обычно без повреждения органов
CA-4-1 CA-4-2 CA-4-3	Повышение вероятности фибрилляции желудочков (до примерно 5% в CA-4-1, до примерно 50% в CA-4-2, свыше 50% в CA-4-3)
CA-4	Остановка сердца, остановка дыхания, другие повреждения

**Рисунок 1.** Зоны прохождения переменного тока 50 Гц и направление тока от левой руки к правой ноге.

DIN VDE V 0140

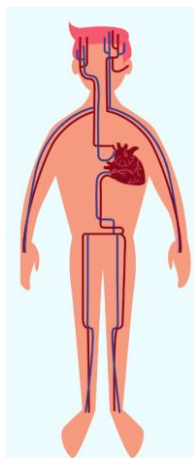


*Воздействие электрического тока извне может повлиять на функции органов.*



Когда через тело человека проходит ток, например, при прикосновении к проводнику под напряжением, мышцы сокращаются, если этот внешний ток намного выше собственного тока тела. Пострадавший не в состоянии освободиться от точки контакта. Реакция человеческого организма зависит от продолжительности воздействия и силы тока, проходящего через тело. На основании исследований было установлено 4 диапазона воздействия (**Рисунок 1**).

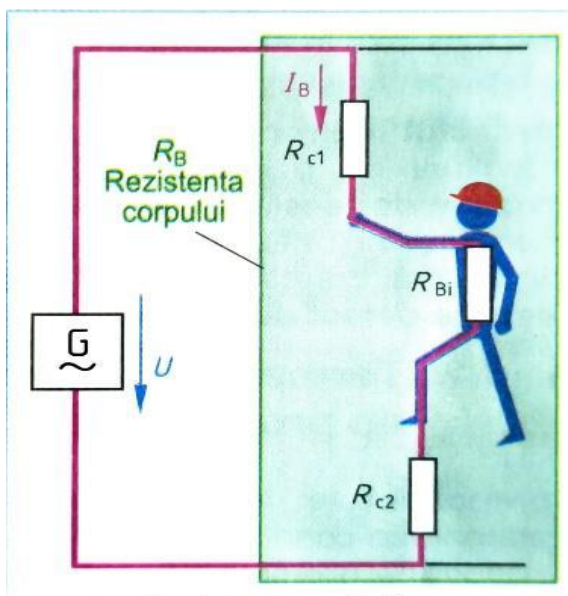
Когда переменный ток проходит через сердце человека, оно пытается следовать за более быстрыми и сильными импульсами извне. Поэтому сердце начинает работать быстрее, что вызывает аритмию и приводит к его неритмичной работе. Когда ток проходит уязвимую фазу, возникает опасная фибрилляция желудочков. В результате сердце останавливается, что может повлечь прекращение сердечной деятельности. Из-за недостатка кислорода клетки мозга за короткое время разрушаются, что приводит к смерти.



**Рисунок 2.**

Сила тока, проходящего через тело человека при электрическом контакте с токоведущими частями, имеет решающее значение для последствий электротравмы. Опыт показывает, что даже ток в 50 мА может быть смертельным, если он проходит через сердце.

Ток  $I_B$  который проходит через тело, зависит от напряжения и выносливости человеческого организма. Это **сопротивление тела  $R_B$**  и контактные сопротивления  $R_{c1}$  и  $R_{c2}$  находятся в точках входа и выхода тока (**Рисунок 3**).



$R_b$  - Сопротивление тела

$R_{c1}$  Контактное сопротивление / сопротивление тела

$R_{Bi}$  Внутреннее сопротивление тела

$R_{c2}$  Контактное сопротивление / сопротивление тела

$U_C$  Контактное напряжение

$I_B$  Ток, протекающий через тело

**Рисунок 3.** Сопротивление человеческого тела.

Сопротивление человеческого тела зависит от следующих факторов:

- зона контакта;
- части тела, через которые проходит ток;
- состояние кожи и одежды;
- контактное сопротивление (влажная или сухая кожа).

Предполагается, что в среднем сопротивление человеческого тела составляет около **1000 Ом**.



- *Напряжение переменного тока выше 50 В, подвергает жизнь опасности;*
- *Напряжение постоянного тока выше 120 В опасно для жизни;*
- *Переменный ток с частотой выше 50 Гц опаснее постоянного, поскольку при такой частоте может возникнуть фибрилляция желудочков.*



### **Воздействие и последствия поражения электрическим током.**

При контакте с током высокой силы тепловое воздействие электрического удара приводит к ожогам кожи в местах входа и выхода. Образуются так называемые электрические метки. Удар электрическим током может даже вызвать обугливание частей человеческого тела (**ожоги 4 степени**). Последствия тяжелых ожогов приводят к перегрузке почек и могут вызвать смерть.

При длительном воздействии тока кровь может подвергнуться электролизу, вызывая тяжелые симптомы отравления. Такие вторичные состояния могут возникнуть даже через несколько дней после инцидента. Чтобы обезопасить себя, после таких несчастных случаев электрического воздействия следует обратиться к врачу, даже если изначально нет видимых повреждений.



*Из-за повышенного риска несчастных случаев любые работы с компонентами, находящимися под напряжением запрещены!*

Учитывая рабочее напряжение превышающего 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока, работа с компонентами под напряжением допускается только при наличии существенных причин, по которым эти компоненты не могут быть выведены в состояние без напряжения.

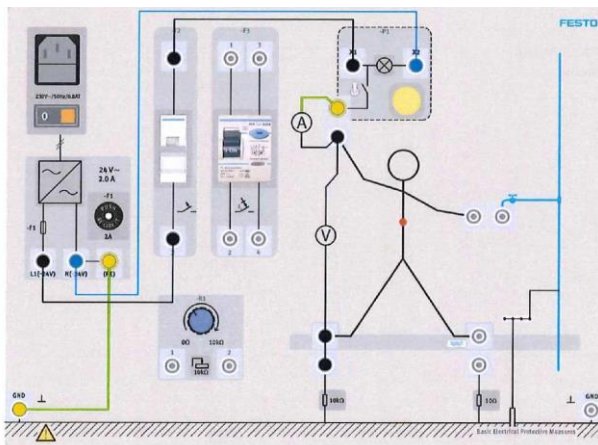
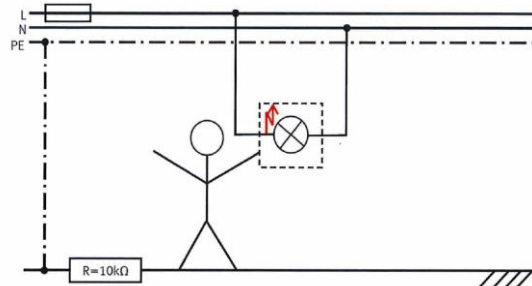
Однако к выполнению таких работ допускаются только квалифицированные электрики, прошедшие дополнительную подготовку. DIN VDE 0250.



**Эксперимент.** Моделирование должно проводиться только квалифицированными специалистами в оборудованной лаборатории с необходимым специальным оборудованием.

**Задание для моделирования.** Прикосновение тела к корпусу лампы (проводник L1 – фаза касается корпуса, подключен защитный проводник PE). Человек прикасается корпуса лампы, стоя на хорошо изолированном полу с  $R = 10 \text{ кОм}$ .

Моделирование проводится при напряжении питания 24 В~.



После проведения эксперимента при напряжении питания источника 24В~, падение напряжения  $U_b$ , между точкой подключения на лампе и местом касания ногами пола, равно 2,42 В, а электрический ток  $I_k$ , проходящий через тело человека  $I_k = 2,3 \text{ мА}$ .

Через тело человека проходит ток  $0,0023 \text{ А} \rightarrow 2,3 \text{ мА}$ , который не опасен, но оказывает незначительные воздействия (покалывание, легкое жжение).