

Электробезопасность. Расчет устройств защиты

Практическое занятие

Термины и определения

Электробезопасность

система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электробезопасность должна обеспечиваться

Проектирование
(ПУЭ 7е изд.)

Создание безопасных
ЭУ

Эксплуатация
(ПТЭП, ПОТ при экспл. ЭУ)

Использование
устройств
защиты

Технические и
организационны
е мероприятия

Термины и определения

Электроприемник - аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Электроустановка - совокупность электрических устройств объединенных общими признаками: машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенные для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования её в другой вид энергии.

Электрооборудование - совокупность электрических устройств объединенных общими признаками.

Классификация электрооборудования

(по степени защиты оболочки)

Маркировка степени защиты оболочки электрооборудования осуществляется при помощи международного знака защиты (IP) и двух цифр: первая из которых означает защиту от попадания твёрдых предметов, вторая — от проникновения воды.

IP 6 7

Защита от попадания твердых предметов:

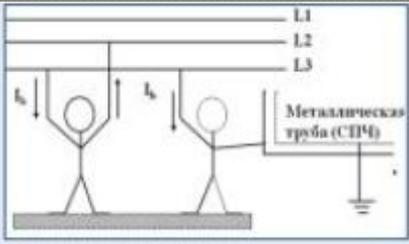
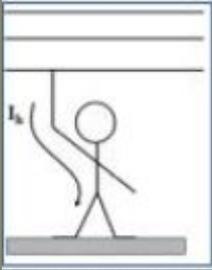
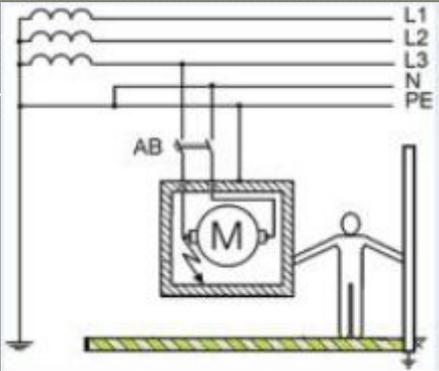
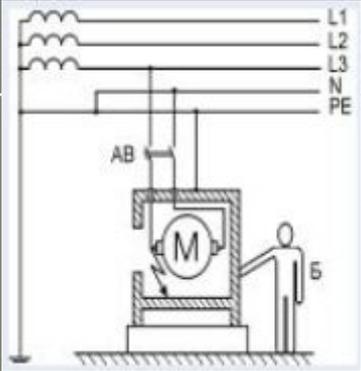
- 0 - защита отсутствует;
- 1 - защита от частиц диаметром 50мм или касания тыльной стороной руки;
- 2 - защита от частиц диаметром 12,5 мм или касания пальцем;
- 3 - защита от частиц диаметром 2,5 мм или касания инструментом;
- 4 - защита от частиц диаметром 1,0 мм или касания проволокой;
- 5 - пылезащищенное исполнение, но некоторое количество пыли может попасть, полная защита от контакта;
- 6 - пылезащищенное.

Защита от проникновения воды:

- 0 - защита отсутствует;
- 1 - защита от вертикальных капель;
- 2 - защита от вертикальных капель под углом 15° ;
- 3 - защита от падающих брызг (от дождя под углом 60°);
- 4 - защита от брызг в любом направлении;
- 5 - защита от струи воды (сопло 6,3 мм $P = 30$ кПа);
- 6 - защита от мощной струи воды (сопло 12,5 мм $P = 100$ кПа);
- 7 - кратковременное погружение на глубину 1 м длительностью 30 мин;
- 8 - погружение на глубину более 1 м длительностью 30 мин.

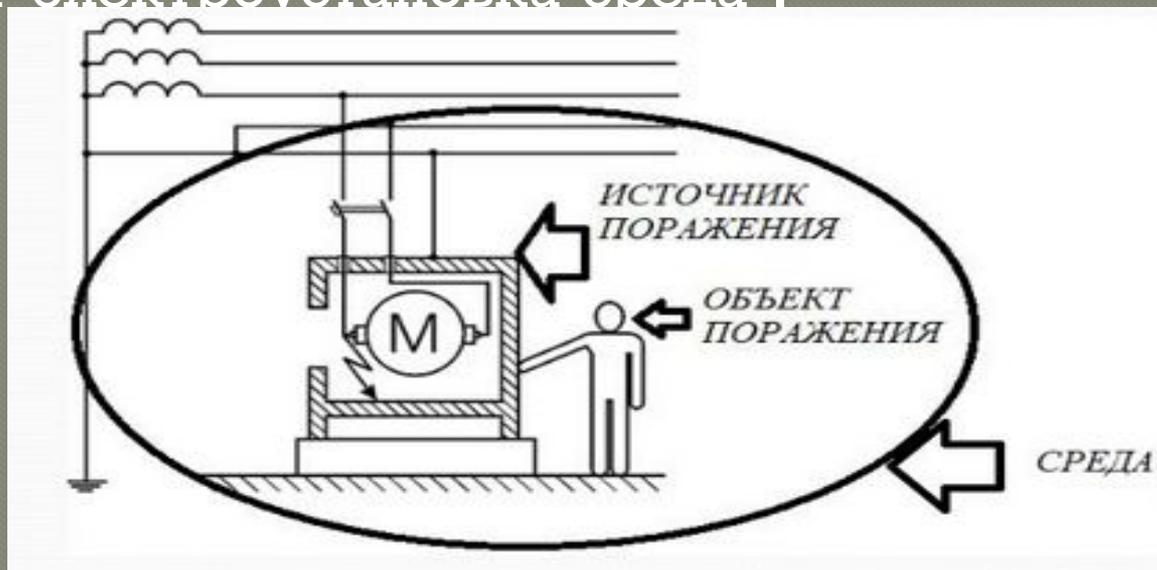
Действие электрического тока на человека

Виды контактов с частями, находящимися под напряжением

Вид прикосновения	Помещение	
	Пол изолирован	Пол проводит ток
<p>Прямое — электрический контакт человека с токоведущими частями, находящимися под напряжением</p>		
<p>Косвенное — электрический контакт с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции</p>		

Электротравматизм

Электротравматизм – совокупность электротравм, характеризующаяся определенными причинно-следственными связями между элементами системы "человек–электроустановка–среда".



Причины

Прикосновение к
неизолированным токоведущим
частям

Дуга

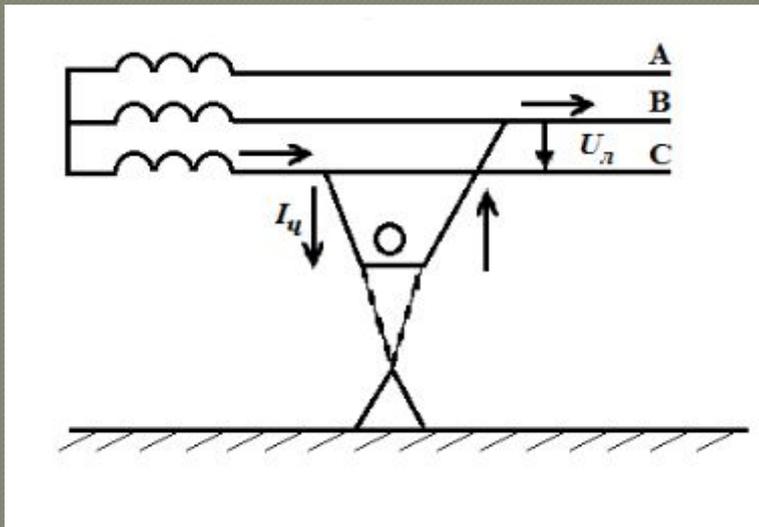
Прикосновение к проводящим
частям, оказавшимся под
напряжением при повреждении
изоляции

Напряжение шага

Характерные значения токов

Действие	Значение I, мА	
	Переменный ток (50Гц)	Постоянный ток
Отсутствует (безопасное значение)	0,3	0,3
Пороговые ощущения (ощутимый ток)	0,5-1,5	5-7
Судороги мышц (неотпускающий ток)	10-15	50-80
Фибрилляция желудочков сердца (фибрилляционный ток)	100	300

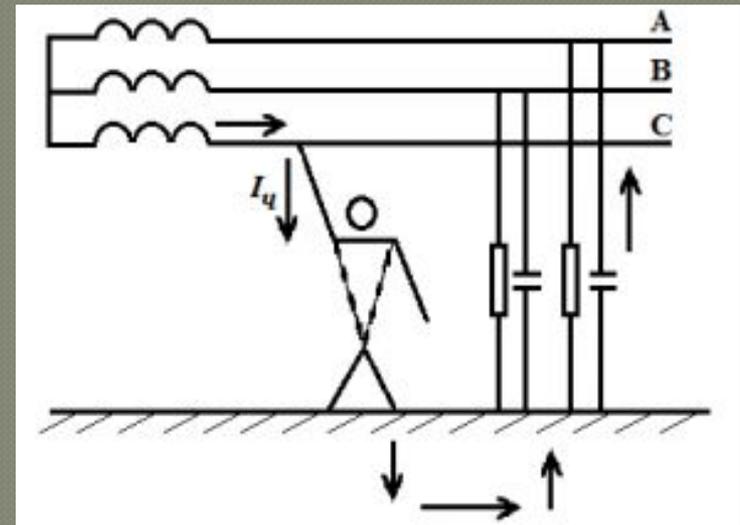
Схемы включения человека в цепь



Двухфазное

$$I = U/R_{\text{ч}},$$

$R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека



Однофазное

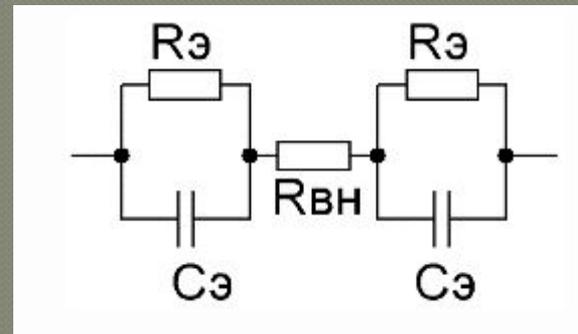
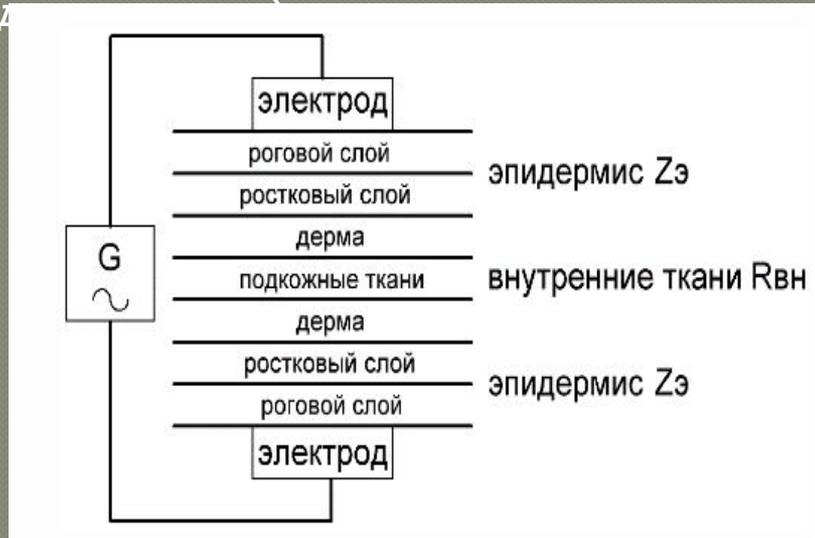
$$I = U/R_{\Sigma},$$

R_{Σ} - сумма сопротивлений при прохождении тока через человека, землю, защитный проводник

Сопротивление тела человека

Сопротивление тела человека – величина непостоянная, ее значение зависит от ряда факторов. Сопротивление различных тканей неодинаково (кожа, сухожилия, жировая и костная ткань – 3-20 кОм/м; кровь, лимфа, мышцы, нервная ткань – 0,5-1 Ом/м). Наибольшее влияние на сопротивление тела влияет кожа: эпидермис – наибольшее, дерма – значительно меньше.

Условно сопротивление тела человека можно представить из активного сопротивления внутренних тканей и емкостного сопротивления эпидермиса (электрод и внутренние ткани – обкладки конденсатора, эпидермис –

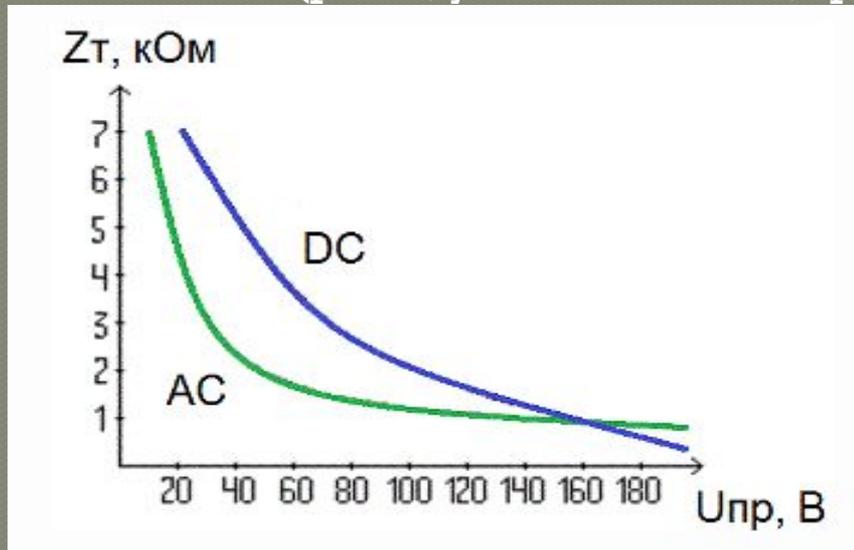


Электрическая схема сопротивления тела человека

Сопротивление тела человека

Сопротивление тела человека зависит от пяти факторов:

- от психологического и физиологического состояния (индивидуальные особенности);
- от возраста (у взрослых R выше, чем у детей);
- от пола (R у мужчин выше, чем у женщин);
- от внешних условий (температура, влажность);
- от общего состояния кожи (раны, увлажненность, грязь).

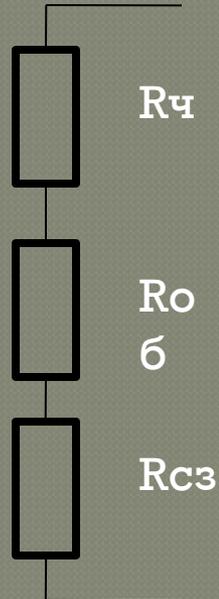


Зависимость сопротивления тела человека от приложенного напряжения AC – переменный ток; DC – постоянный ток.

При расчетах, связанных с электробезопасностью, сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

Суммарное сопротивление при использовании СИЗ

Электрическая схема



$$R_{\Sigma} = R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{сз}}$$

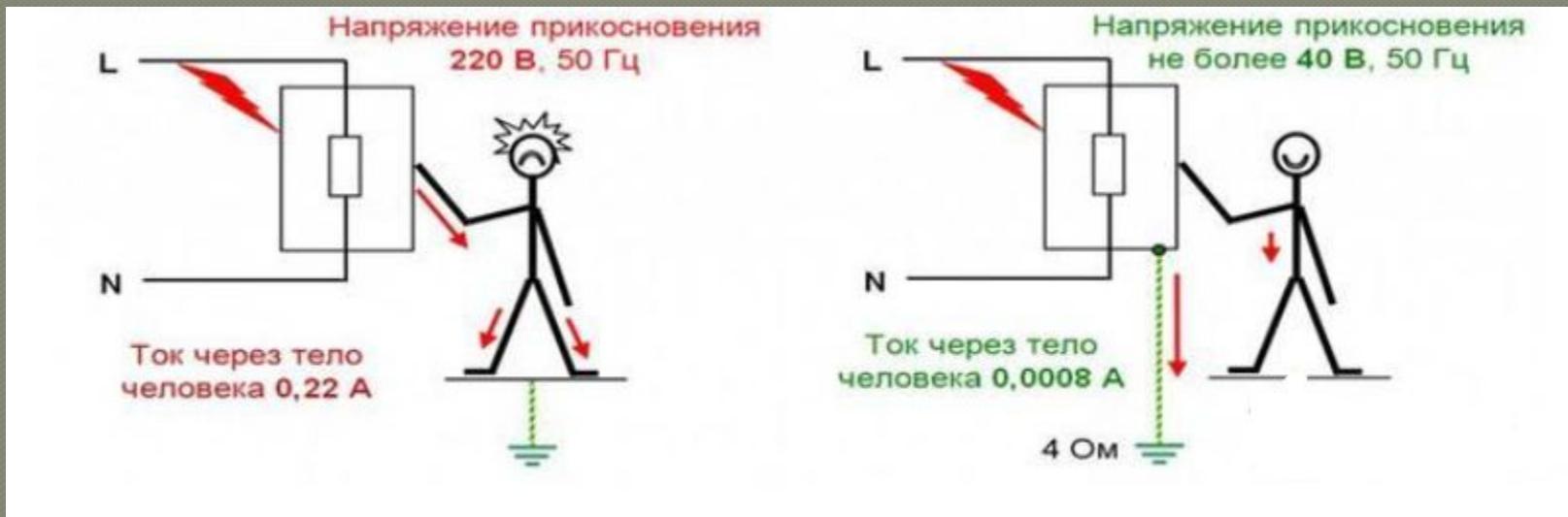
Рассчитать ток, протекающий через тело человека при его прикосновении к однофазной цепи для двух случаев – без использования диэлектрического коврика и с диэлектрическим ковриком. Диэлектрический коврик выполнен из резины (удельное сопротивление 10^{13} Ом×м) и имеет размеры $1000 \times 1000 \times 2$ мм.

Технические мероприятия по обеспечению электробезопасности

Заземление

Защитное заземление - это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Цель заземления: снизить до безопасной величины напряжение относительно земли на металлических частях оборудования, которые не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции электроустановок. В результате замыкания на корпус заземленного оборудования снижается напряжение прикосновения и, как следствие, - ток, проходящий через тело человека, при его прикосновении к корпусам.



Заземление

Заземляющее устройство – совокупность заземлителя и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части ЭУ с заземлителем.

Заземлители:

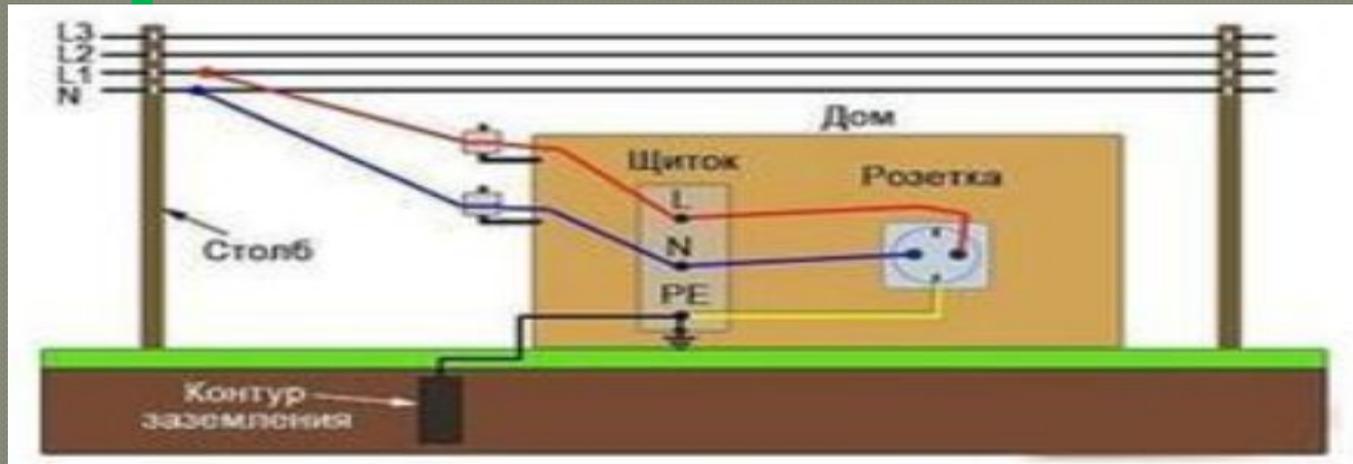
Естественные:

- водопроводные трубы, проложенные в земле;
- металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей.

Искусственные:

- стальные трубы (длиной 2-3м; диаметром 3-5 см);
- угловая или полосовая сталь толщиной не менее 4 мм.

Принципиальная схема заземления

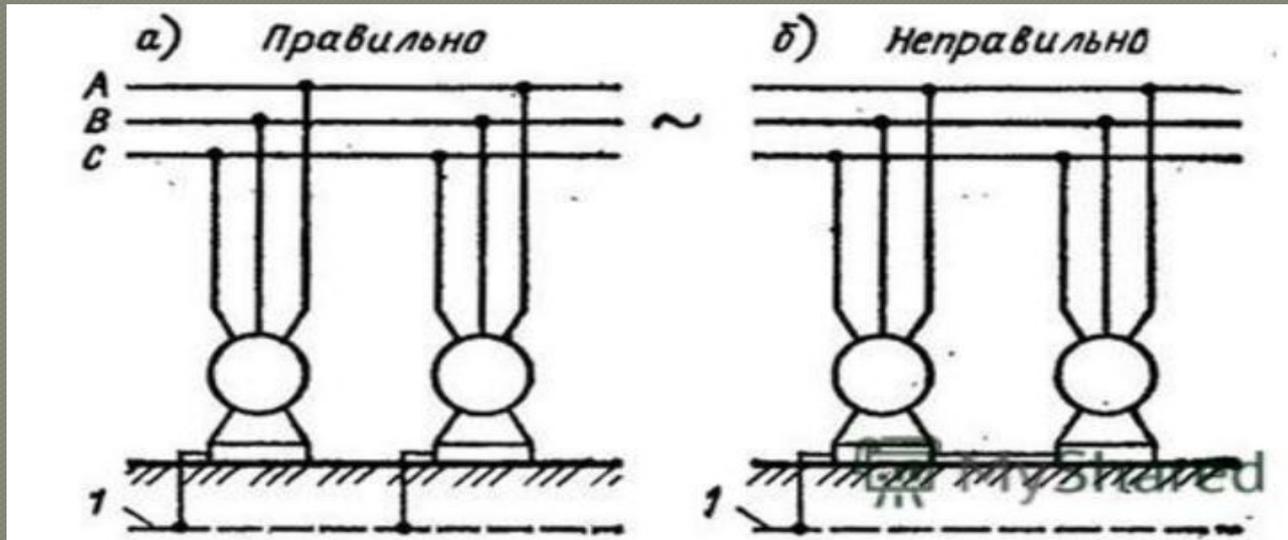


Заземление

Общие правила

Каждый корпус электроустановки должен быть присоединен к заземлителю или к заземляющей магистрали с помощью отдельного ответвления. Последовательное включение нескольких заземляемых корпусов электроустановок в заземляющий проводник запрещается.

Сопротивление ЗУ представляет собой сумму сопротивлений заземлителя относительно земли и заземляющих проводников. Наибольшее допустимое значение 10 Ом (мощность 100кВА); 4 Ом – остальные случаи.



Защитное отключение

Защитное отключение - это система защиты, автоматически отключающая электроустановку (потребитель) при возникновении опасности поражения человека электрическим током (при замыкании на землю, снижении сопротивления изоляции, неисправности заземления); возникновении КЗ; общей перегрузке сети.

Для защитного отключения используют следующие устройства:

- **автоматические выключатели** - реагируют на сверхтоки (токи КЗ) , а также на нагрев проводника, возникающий при перегрузке цепи.
- **выключатели дифференциального тока** или устройства защитного отключения (УЗО).

Защитное отключение

Автоматический выключатель

Автоматический выключатель — коммутационный аппарат, способный включать ток, проводить и отключать при нормальных условиях в цепи, а также автоматически отключать ток при нормированных ненормальных условиях в цепи, таких как ток короткого замыкания или ток перегрузки.

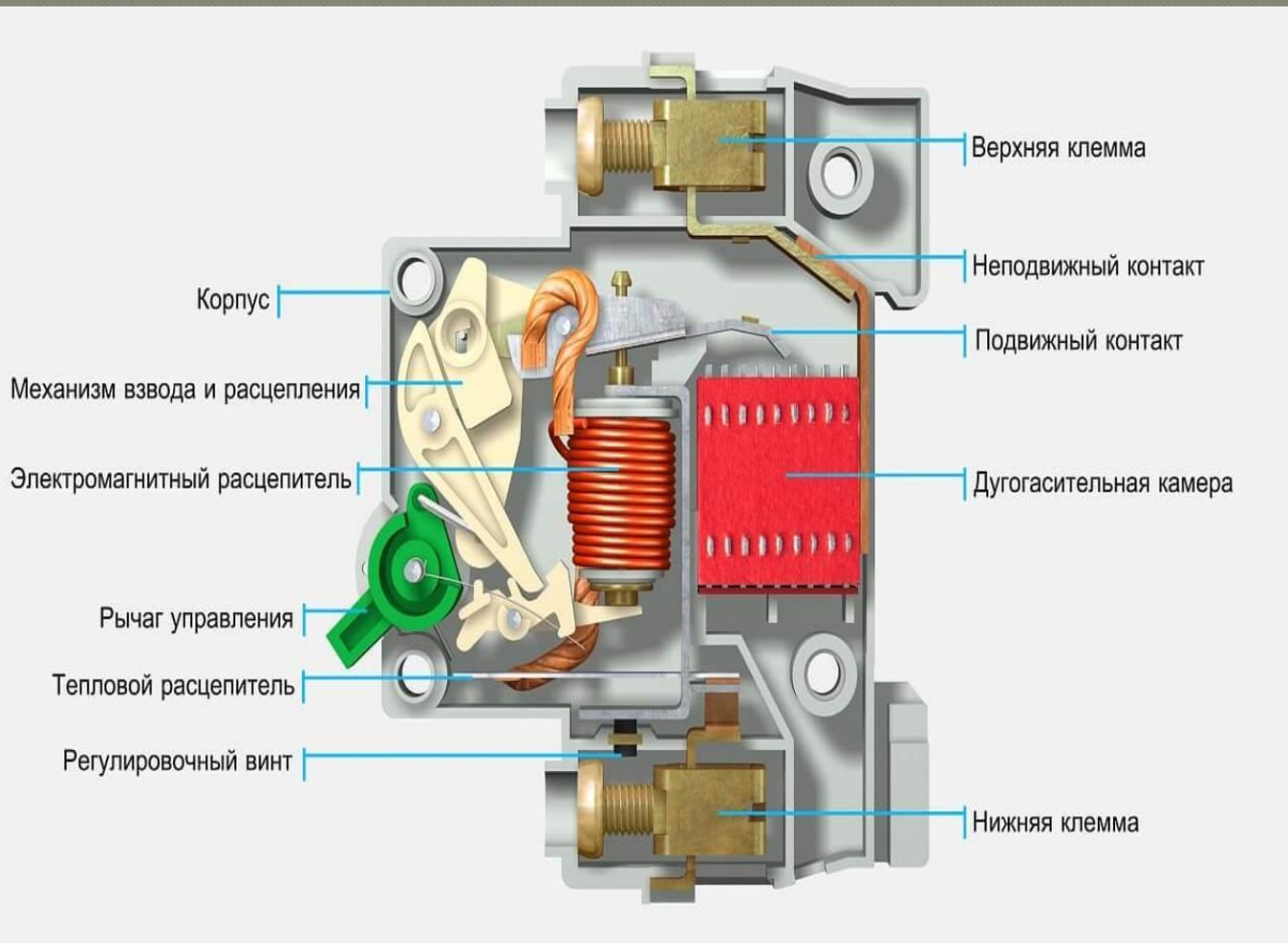
Основным рабочим элементом автоматического выключателя, является **расцепитель**.

Современные автоматические выключатели имеют расцепители 2-х типов:

- **Тепловой:** обеспечивает отключение защищаемой цепи при незначительном превышении (от 1,45) номинального тока (например, при перегрузке цепи); представляет собой биметаллическую пластину, которая при увеличении силы тока выше номинальной нагревается, изгибается и приводит в действие механизм расцепления;
- **Электромагнитный:** расцепитель мгновенного действия, отключающий цепь при значительном превышении тока номинала (в 2-10 раз) при аварийных режимах (например, коротком замыкании); представляет собой катушку индуктивности с подвижным сердечником, который втягивается при превышении заданного порога тока.

Защитное отключение Автоматический выключатель

Принципиальная схема автоматического



Защитное отключение

Расчет автоматических выключателей

Расчет АВ производится по 2м параметрам:

I.1 По номинальному току

Расчет АВ по номинальному току сводится к расчету максимального тока нагрузки включенных электроприемников и подбора ближайшего большего значения номинального тока из стандартного ряда с одной стороны, и расчету максимально допустимого тока в проводнике и подбору ближайшего меньшего значения номинального тока АВ с другой.

То есть должны выполняться следующие условия:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z'$$

где I_B – максимальный рабочий ток нагрузки, А;

I_N – номинальный ток АВ, А;

I_Z' – предельно допустимый ток проводника цепи, А.

Максимальный рабочий ток нагрузки рассчитывается по следующей формуле:

$$I = \Sigma P / U ,$$

где ΣP – суммарная мощность электроприемников, Вт;

U – напряжение цепи (для бытовой однофазной цепи переменного тока – 220 В).

Защитное отключение

Расчет автоматических выключателей

I.1 По номинальному току

Суммарную мощность следует рассчитывать как сумму мощностей всех электропотребителей в защищаемой цепи с поправкой на коэффициент использования (учитывает, что приборы включаются не одновременно):

$$\Sigma P = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) \times k_{\text{и}}$$

где $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования.

АВ по номинальному току выбирается по ближайшему большему значению из стандартного ряда:

6А-10А-16А-20А-25А-32А-40А-50А-63А.

I.2 По току короткого замыкания.

Для упрощения расчетов принимаем следующее: в быту используются два типа АВ по току мгновенного расцепления:

- тип В (от $3I_N$ до $5I_N$) – для цепей, питающих осветительные приборы;
- тип С (от $5I_N$ до $10I_N$) – для цепей, питающих силовые приборы.

Защитное отключение

Расчет автоматических выключателей



Защитное отключение

Устройство защитного отключения

УЗО - контактное коммутационное устройство, предназначенное для включения и отключения токов при нормальных условиях эксплуатации и автоматического отключения, когда дифференциальный ток (ток утечки) достигает заданного значения.

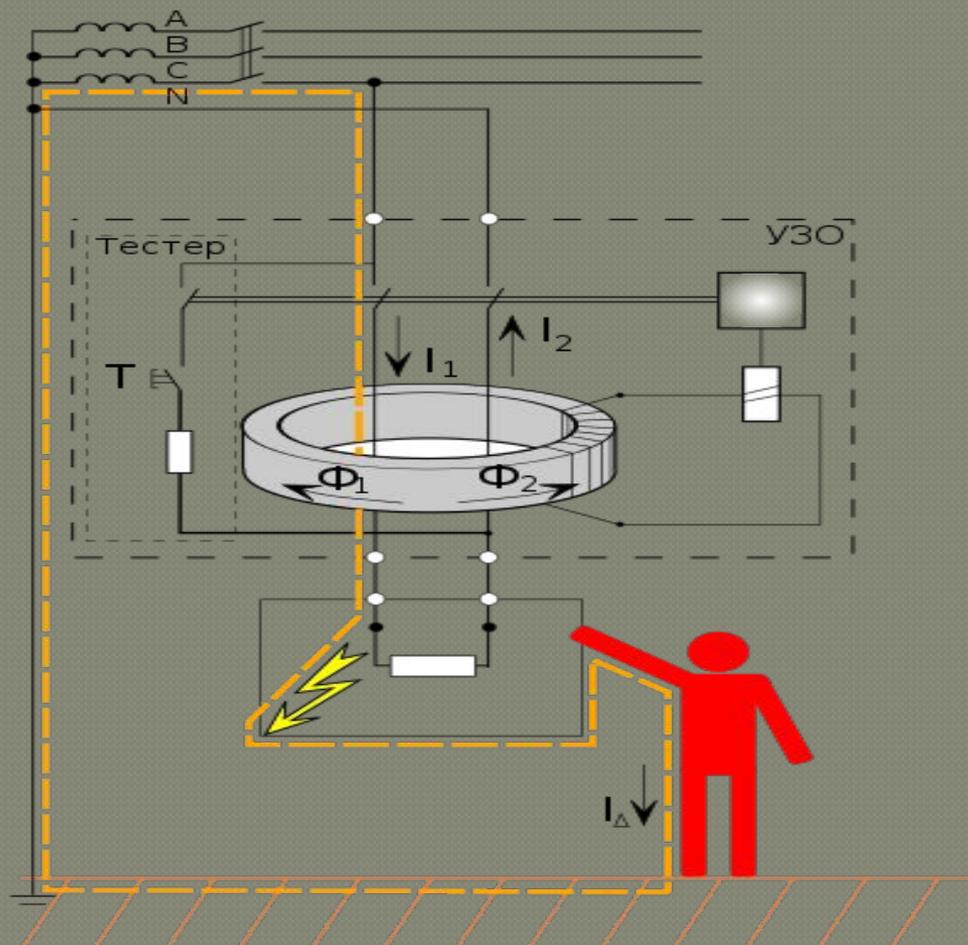
УЗО отключает защищаемую цепь:

- при прямом прикосновении к электрооборудованию, находящемуся под напряжением;
- при повреждении основной изоляции и контакте токоведущих частей с открытой проводящей частью.

Защитное отключение

Устройство защитного отключения

Принципиальная схема УЗО



Защитное отключение

Расчет УЗО

Расчет УЗО осуществляется по 2-м параметрам:

1) номинальному току – должен соответствовать току АВ (в расчетах принимаем номинальный ток УЗО равным номинальному току АВ);

-дифференциальному току (току утечки) - рассчитывается по формуле:

$$\Delta I_{\text{сети}} = 0,4 \times I_{\text{сети}} + 0,01 \times L_{\text{провода}}$$

где $I_{\text{сети}}$ – расчетный ток нагрузки в цепи (рассчитывался для АВ), А;

$L_{\text{провода}}$ - длина фазного проводника, м

При этом номинальный дифференциальный отключающий ток должен быть в три раза выше рассчитанного тока утечки;

$$\Delta I_n \geq 3 \Delta I_{\text{сети}}$$

далее принимается ближайшее большее значение тока утечки УЗО из стандартного ряда:

6мА-10мА-30мА-100мА-300мА-500мА.

Защитное отключение

Расчет УЗО



Защитное отключение

Задачи на расчет АВ и УЗО

Параметр	№ 1	№ 2
Мощности электропотребителей	-чайник – 2кВт; -холодильник – 800Вт; -стир. машина – 2,5кВт; -СВЧ-печь – 800Вт	-освещение из 20 ламп накаливания: 10 по 75Вт; 10 по 100Вт
Коэффициент использования	0,8	0,9
Длина фазного проводника, м	12	20

Подобрать:

- Автоматический выключатель по номинальному току (учитывать только ток нагрузки, предельно допустимый ток в проводнике не учитывать) и тип по току мгновенного расцепления;
 - УЗО по номинальному току и току утечки.
- Результаты представить со всеми расчетами.