

Электробезопасность

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



Действие электрического тока на человека

Местные электротравмы:

- электрические ожоги,
- металлизация кожи,
- электрические знаки,
- электроофтальмия,
- механические повреждения

Общие электротравмы (электрические удары):

- I степень – судорожное сокращение мышц без потери сознания;
- II степень – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранением работы органов дыхания и сердца;
- III степень – потеря сознания и нарушение деятельности сердца или органов дыхания (либо того и другого вместе);
- IV степень – отсутствие работы органов дыхания и кровообращения (клиническая смерть).

Электрические ожоги сеть 3кВ (постоянное напряжение)



Электрические знаки



© 2009 Kohns&INN

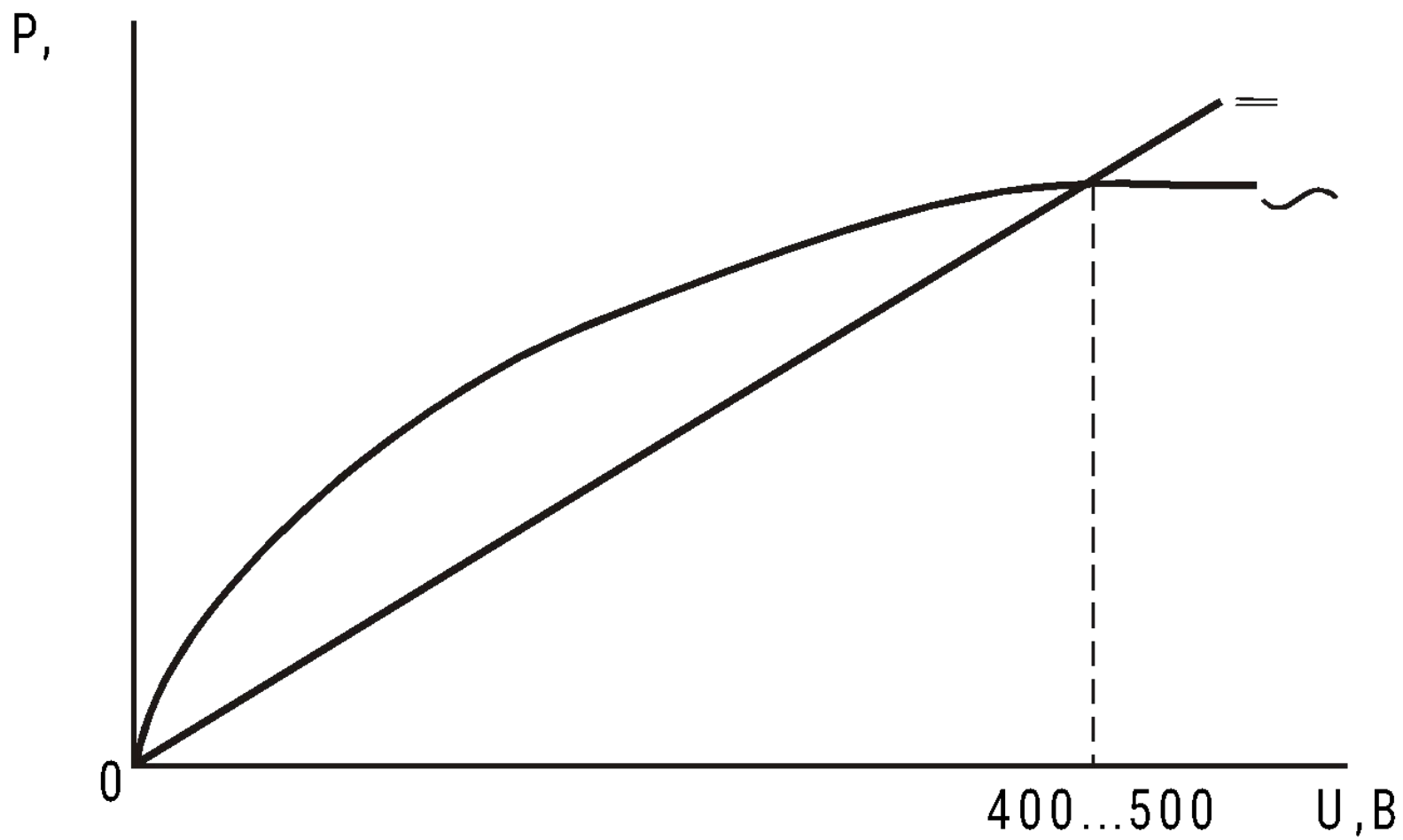
Электрические знаки



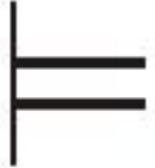
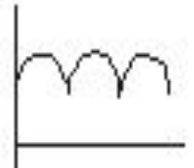
Факторы, влияющие на исход электропоражения

- сила тока
- частота и род тока
- длительности воздействия тока
- напряжение
- сопротивление тела человека
- пути прохождения тока
- индивидуальные свойства человека

Род тока



Пороговые ощутимые токи в зависимости от K_Φ

Форма кривой					
Значение K_Φ	1,0	1,002	1,031	1,11	1,57
Величина порогового ощутимого тока	8,31	3,82	1,85	1,45	0,55

Величина тока ($f=50$, $t>1\text{с}$)

	М	Ж
$I_{\text{пот}}$	1 ... 1,5 мА	0,6 ... 0,9 мА
$I_{\text{пнт}}$	10 ... 15 мА	6 ... 9 мА
$I_{\text{ф}}$	$\approx 80 \text{ мА}$	

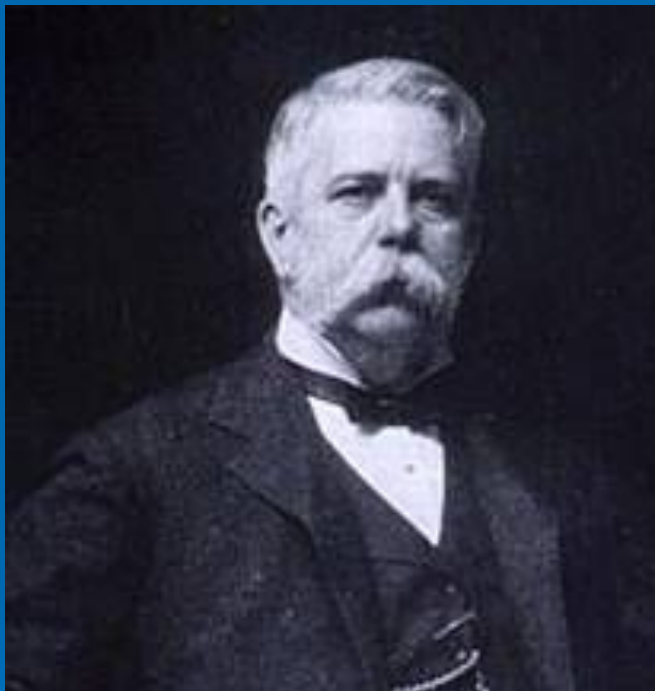
Величина тока (постоянный, $t > 1\text{с}$)

$I_{\text{пот}}$ 10...15 мА (нагрев в месте
контакта)

$I_{\text{пнт}}$ 100 мА (нагрев становится очень
болезненным)

Эффекта фибрилляции нет!

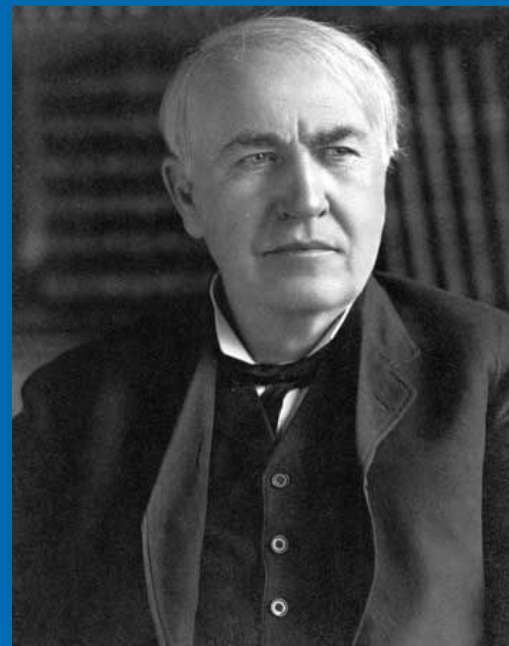
Электрический стул



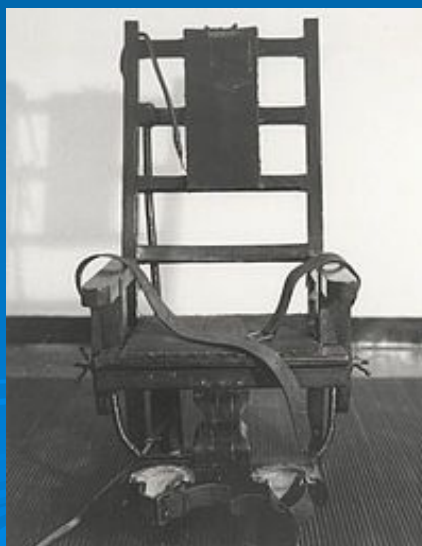
Джордж Вестингауз

1888

~



Томас Эдисон



Дэвид Макмиллан (1881 год)

~

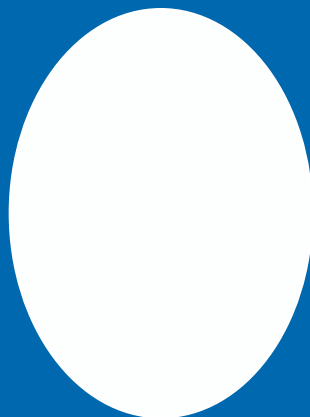
=

Электрический стул

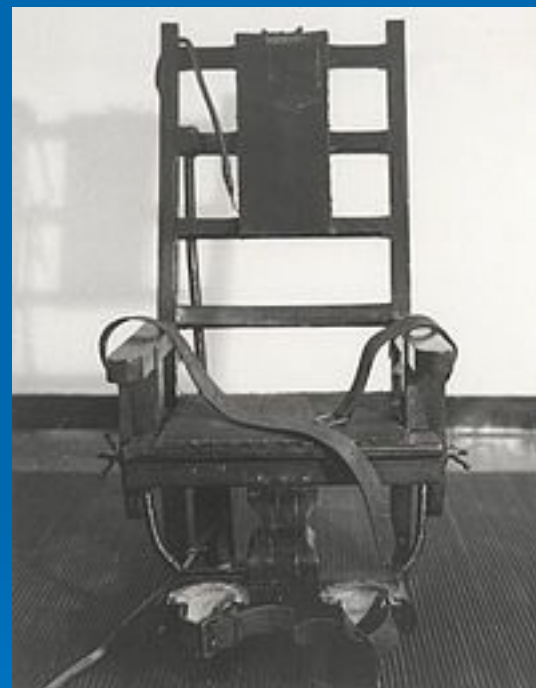
6 августа 1890 года



Уильям
Кеммлер



Джозеф Шапло

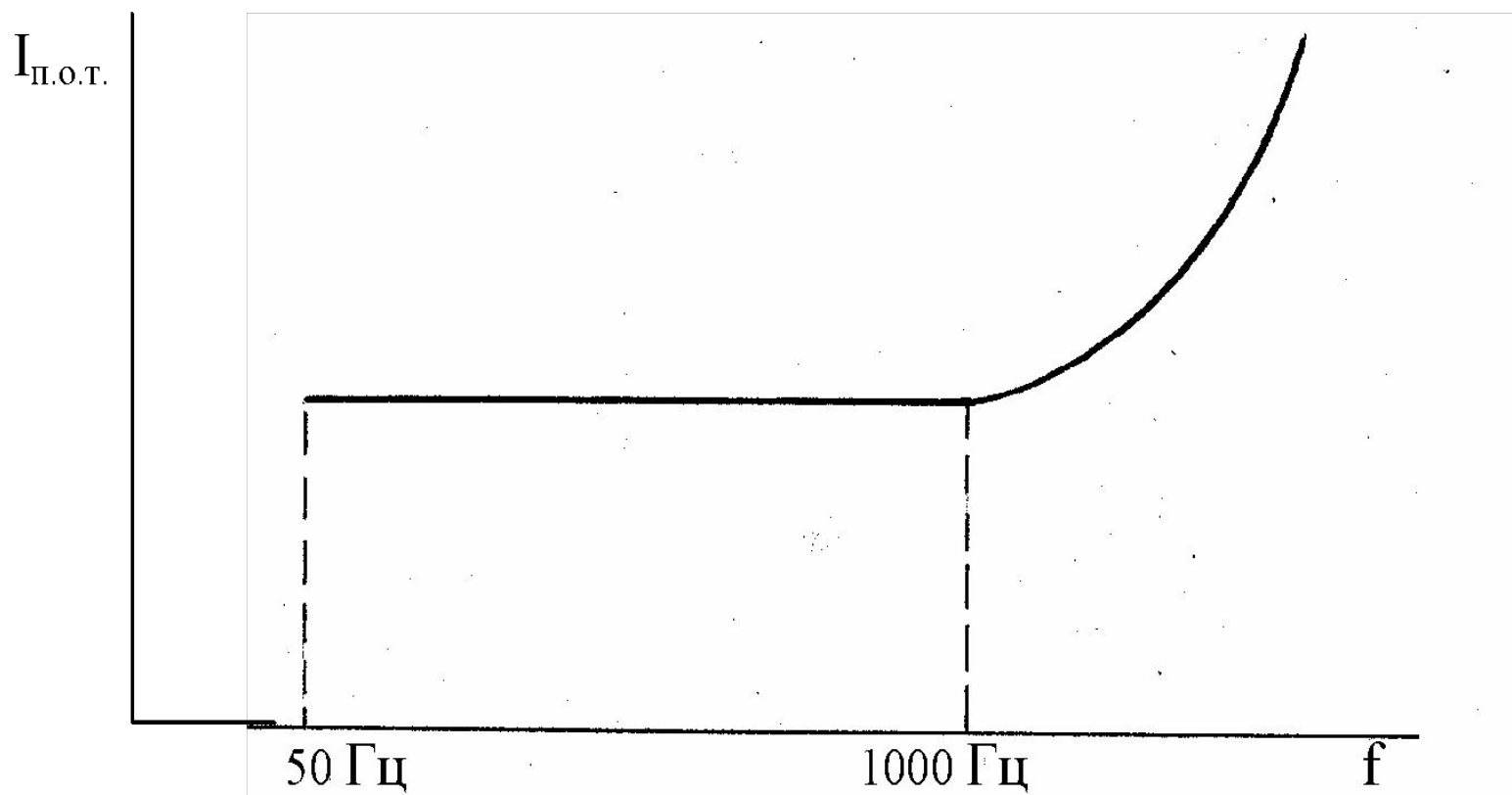


Электрический стул
тюрьмы Синг-Синг

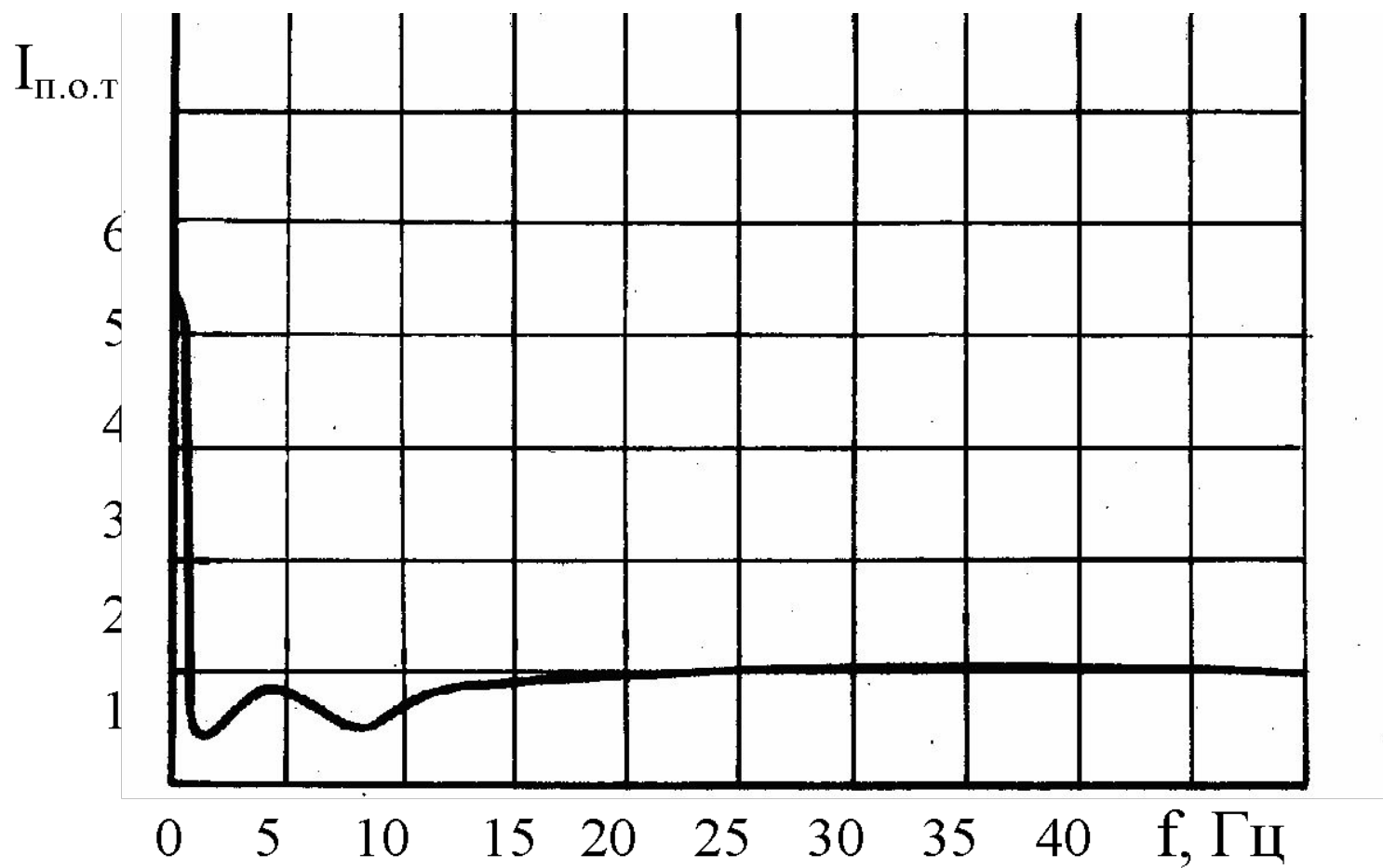
Сегодня:

во время исполнения казни на контакты подаётся переменный ток с напряжением порядка 2700 В, система ограничения тока поддерживает ток через тело осуждённого порядка 5 А.

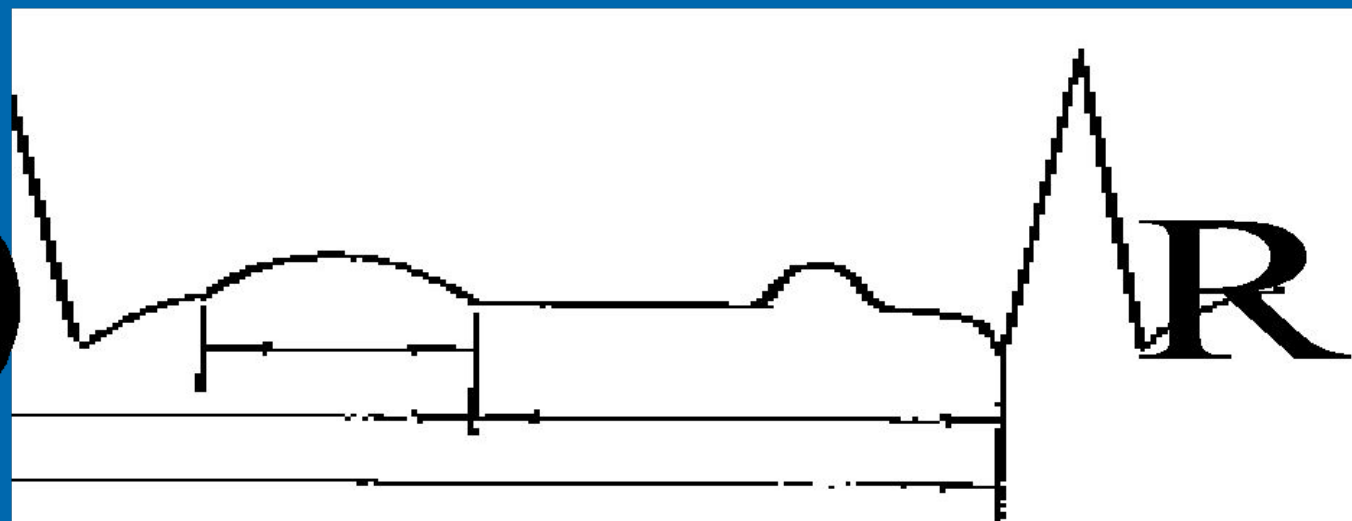
Частота электрического тока



Частота электрического тока



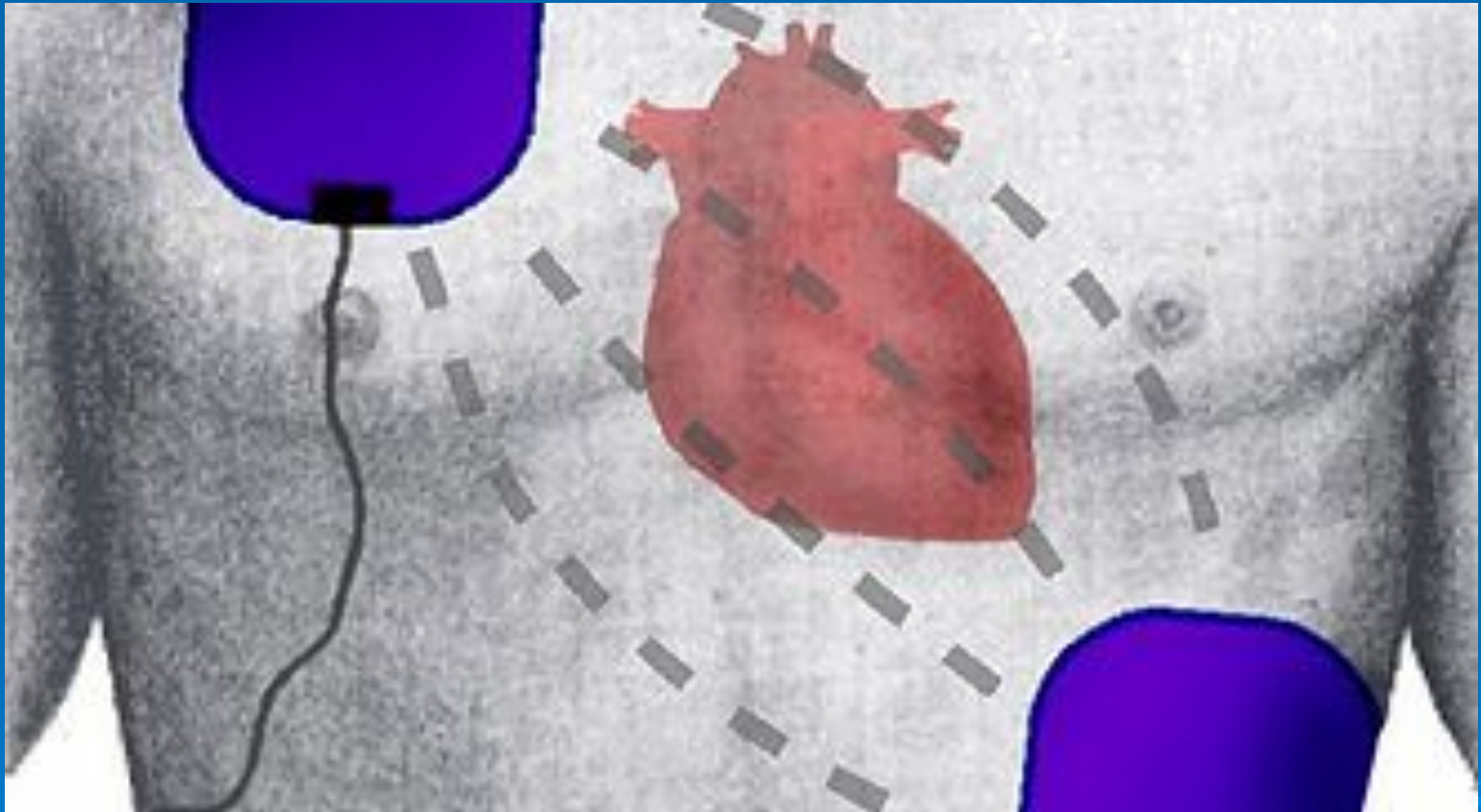
a)



Переносной дефибриллятор ДФР-02

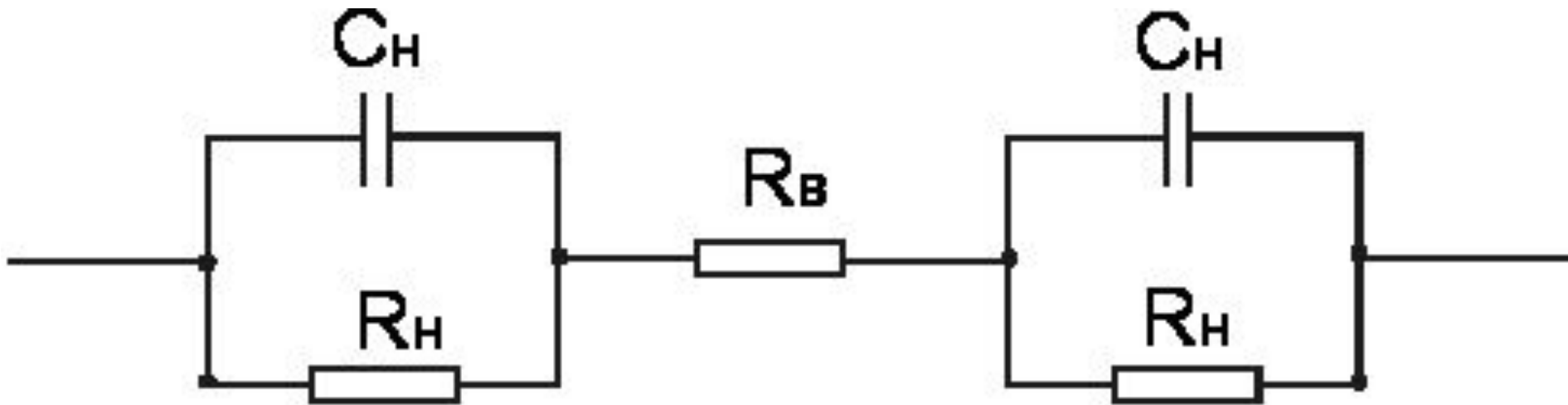


Размещение электродов

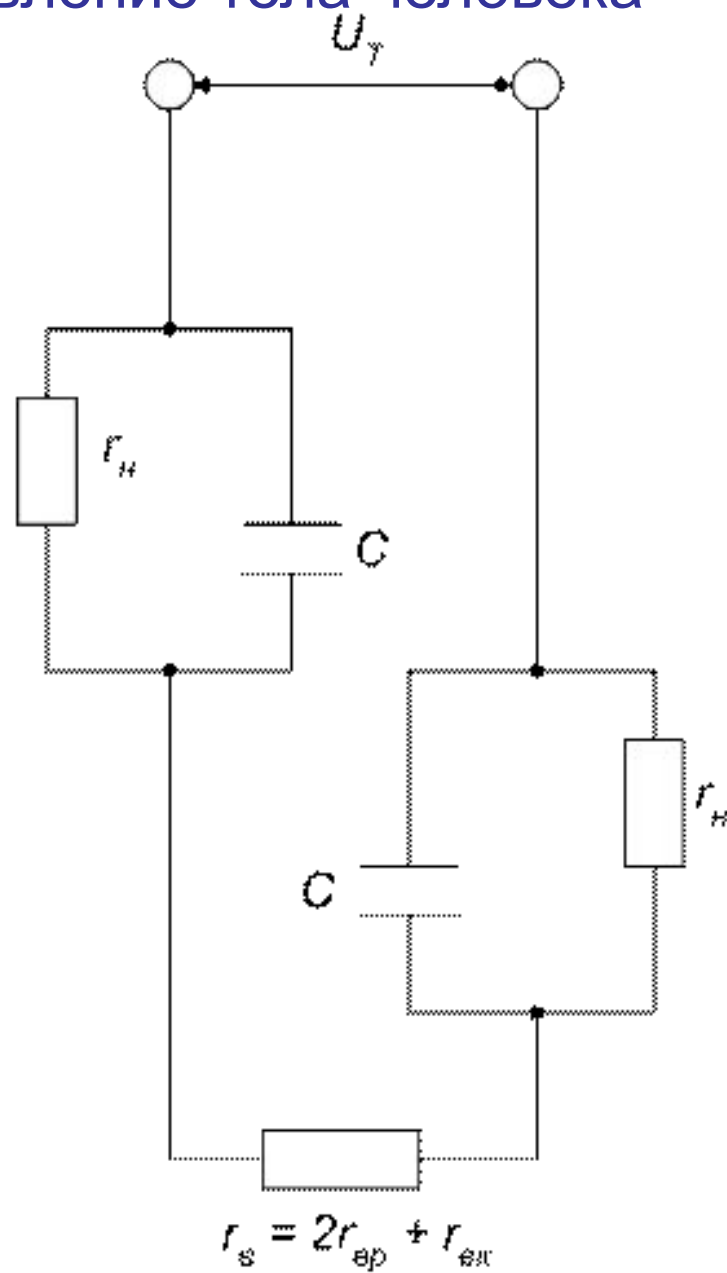
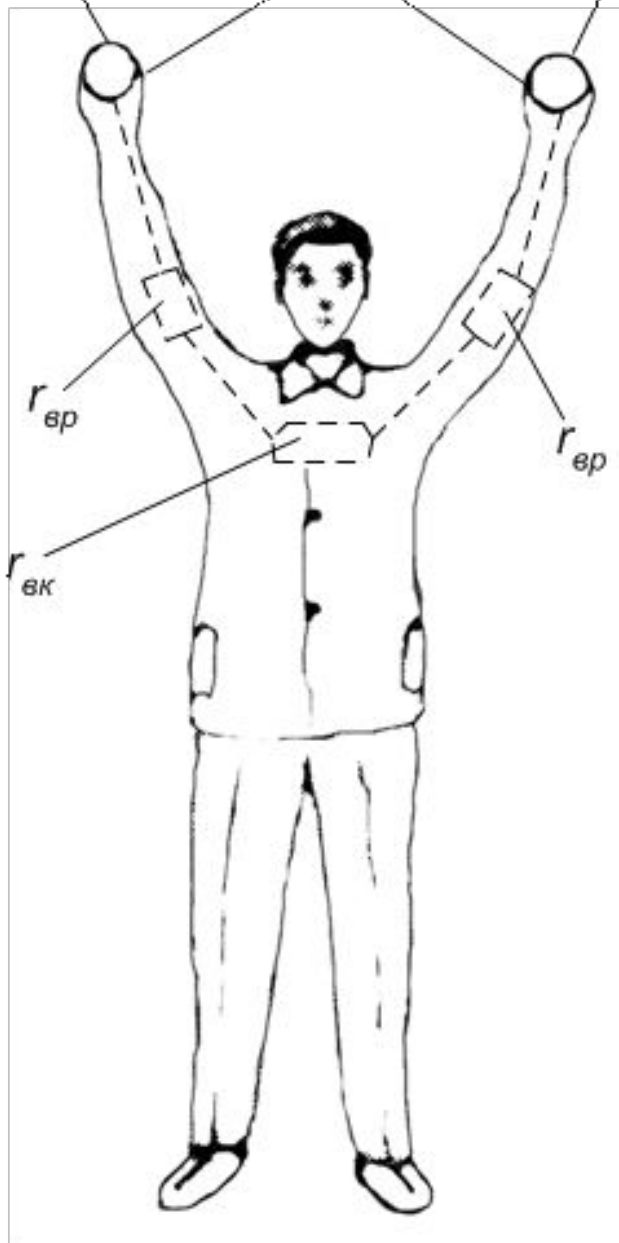


Электрическое сопротивление тела человека

Общепринятая схема замещения тела
человека:



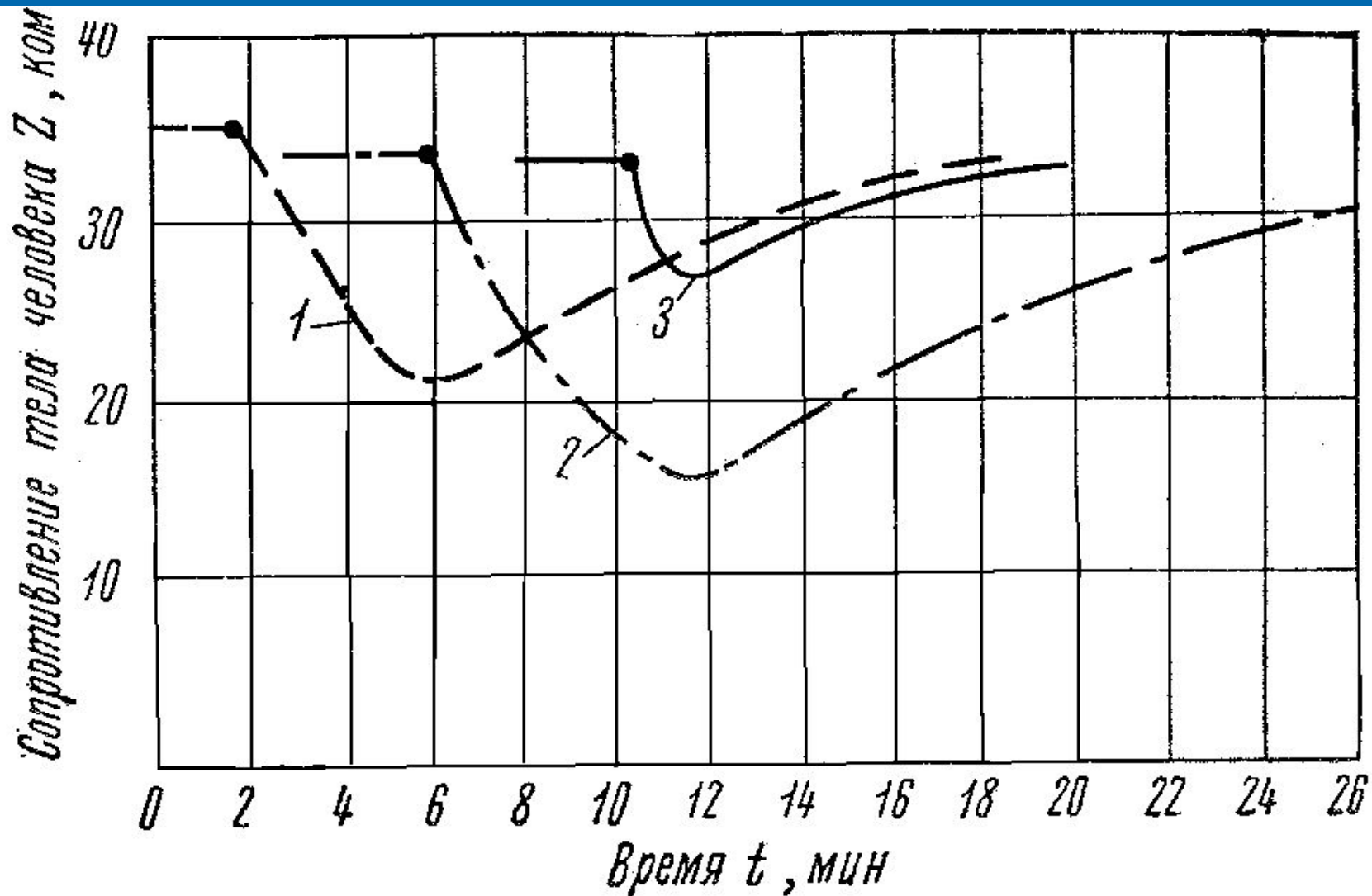
Электрическое сопротивление тела человека



Прочие факторы, влияющие на исход поражения

- Вес человека;
- Возраст;
- Факторы окружающей среды;
- Фактор внимания;
- Состояние кожного покрова;
- Приложенное напряжение;
- Внезапные раздражители;
- Алкогольное (наркотическое) опьянение.

Внезапные раздражители



Классификация помещений по опасности поражения электрическим током

Помещения I класса. Особо опасные помещения.

1. 100 % влажность;
2. наличие активной среды
3. Наличие 2 или более признаков повышенной опасности.

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

1. повышенная температура воздуха ($t = + 35\text{ }^{\circ}\text{C}$);
2. повышенная влажность ($> 75\%$);
3. наличие токопроводящей пыли;
4. наличие токопроводящих полов;
5. наличие эл. установок (заземленных) — возможности прикосновения одновременно и к эл. установке и к заземлению или к двум эл. установкам одновременно.

Помещения III класса. Без повышенной опасности.

Отсутствуют признаки, характерные для двух предыдущих классов.

Технические средства защиты от электрического тока

- 1. заземление и зануление;
- 2. защитное отключение;
- 3. уравнивание потенциалов;
- 4. использование малых напряжений;
- 5. расположение токоведущих частей в недоступных для неэлектротехнического персонала местах

Опасность электрооборудования

- **электрическое замыкание на корпус** - случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетокведущими частями электроустановки.
- **электрическое замыкание на землю** - случайное электрическое соединение токоведущей части непосредственно с землей или нетокведущими проводящими конструкциями.

Опасность электрооборудования

- **Ток замыкания на землю** – это ток, проходящий через место замыкания на землю.
- **Зона растекания тока замыкания на землю** – зона земли, за пределами которой электрический потенциал может быть условно принят равным нулю.

Опасность электрооборудования

- **напряжение прикосновения** - напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек.
- **напряжение шага** - напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения (В) и токов через человека (мА)

Род тока	Нормируемый параметр	Длительности воздействия, с						
		0,01–0,08	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	свыше 1,0
Переменный ток 50Гц	$U, В$	550	340	160	105	85	60	20
	$I, мА$	650	400	190	125	90	50	6
Переменный ток 400 Гц	$U, В$	650	500	500	200	140	100	36
	$I, мА$	650	500	500	200	140	100	8
Постоянный ток	$U, В$	650	500	400	250	230	200	40
	$I, мА$	650	500	400	250	230	200	15

Средства защиты от электропоражения

- Защитное зануление
- Защитное отключение
- Защитное шунтирование
- Защитное заземление
- Электрическое разделение сети
- Использование малых напряжений
- Рабочая изоляция, дополнительная изоляция, двойная изоляция
- Расположение токоведущих частей на недосягаемой высоте
- Контроль изоляции
- Электрозащитные средства

Согласно ПУЭ 7

издание

Сопротивление защитного заземления:

До 1 кВ (изолированная нейтраль)

$R = 50 / I_{\text{озз}} \leq 4$ Ом, мощность трансформатора > 100 кВА

10 Ом, мощность трансформатора ≤ 100 кВА

Свыше 1 кВ

$R = 250 / I_{\text{озз}} \leq 10$ Ом (изолированная)

$R \leq 0,5$ Ом (эффективно заземленная)

Согласно ПУЭ 7 издание

До 1 кВ

Сопротивление заземления нейтрали:

2 Ом, при номинальном напряжении 660 В

4 Ом, при номинальном напряжении 380 В

8 Ом, при номинальном напряжении 220 В

Суммарное сопротивление повторных
заземлителей PEN проводника:

5 Ом, при номинальном напряжении 660 В

10 Ом, при номинальном напряжении 380 В

20 Ом, при номинальном напряжении 220 В

Шина заземления

Глубинный заземлитель

10 м

10 м

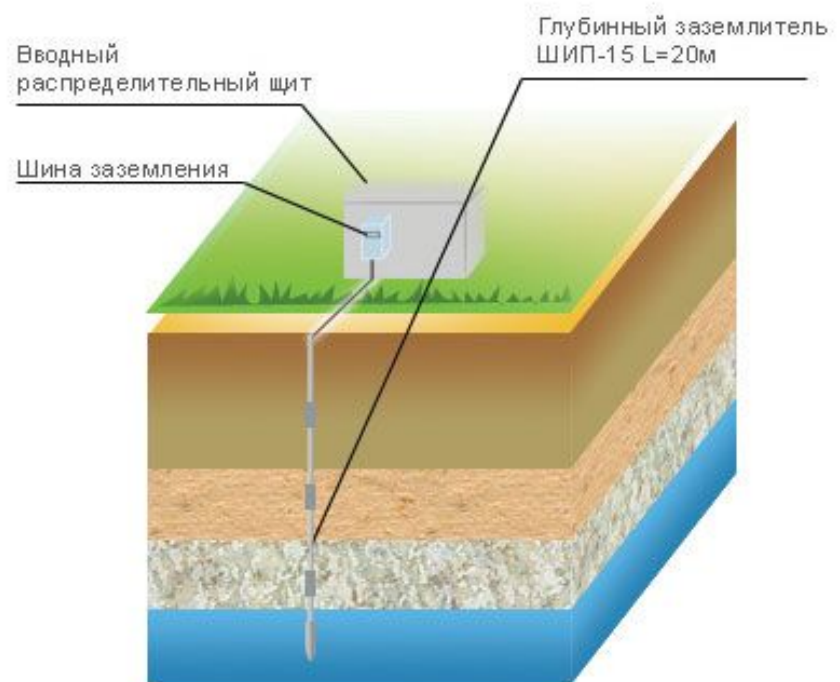
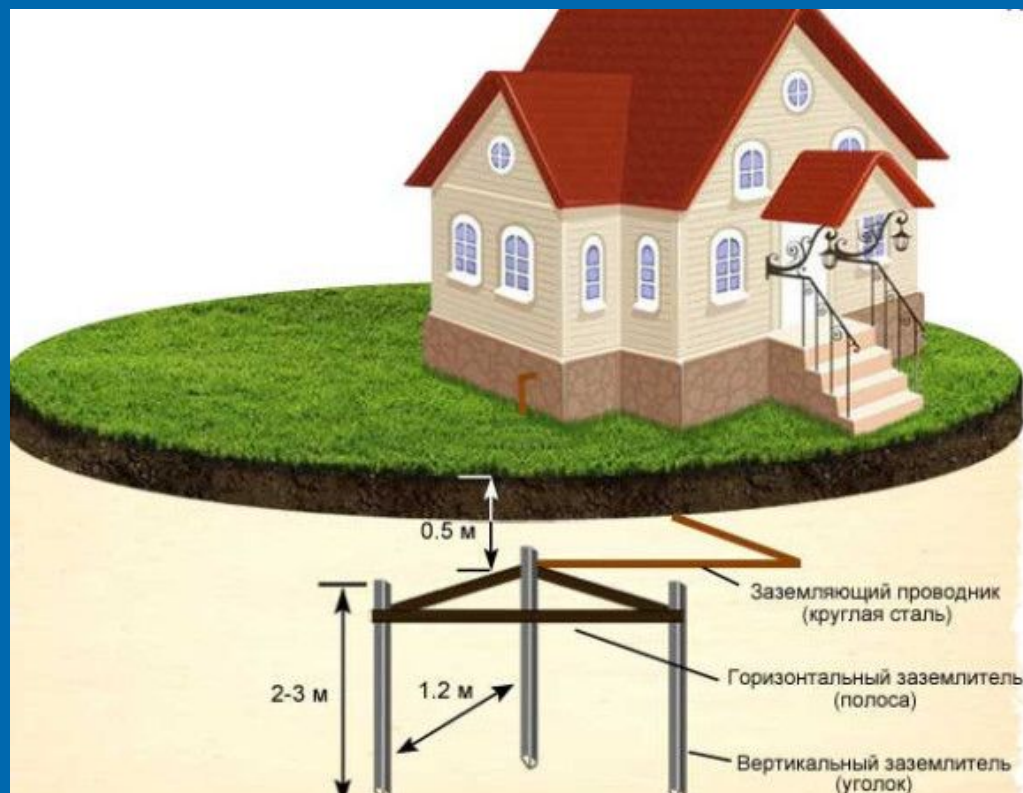
3 м

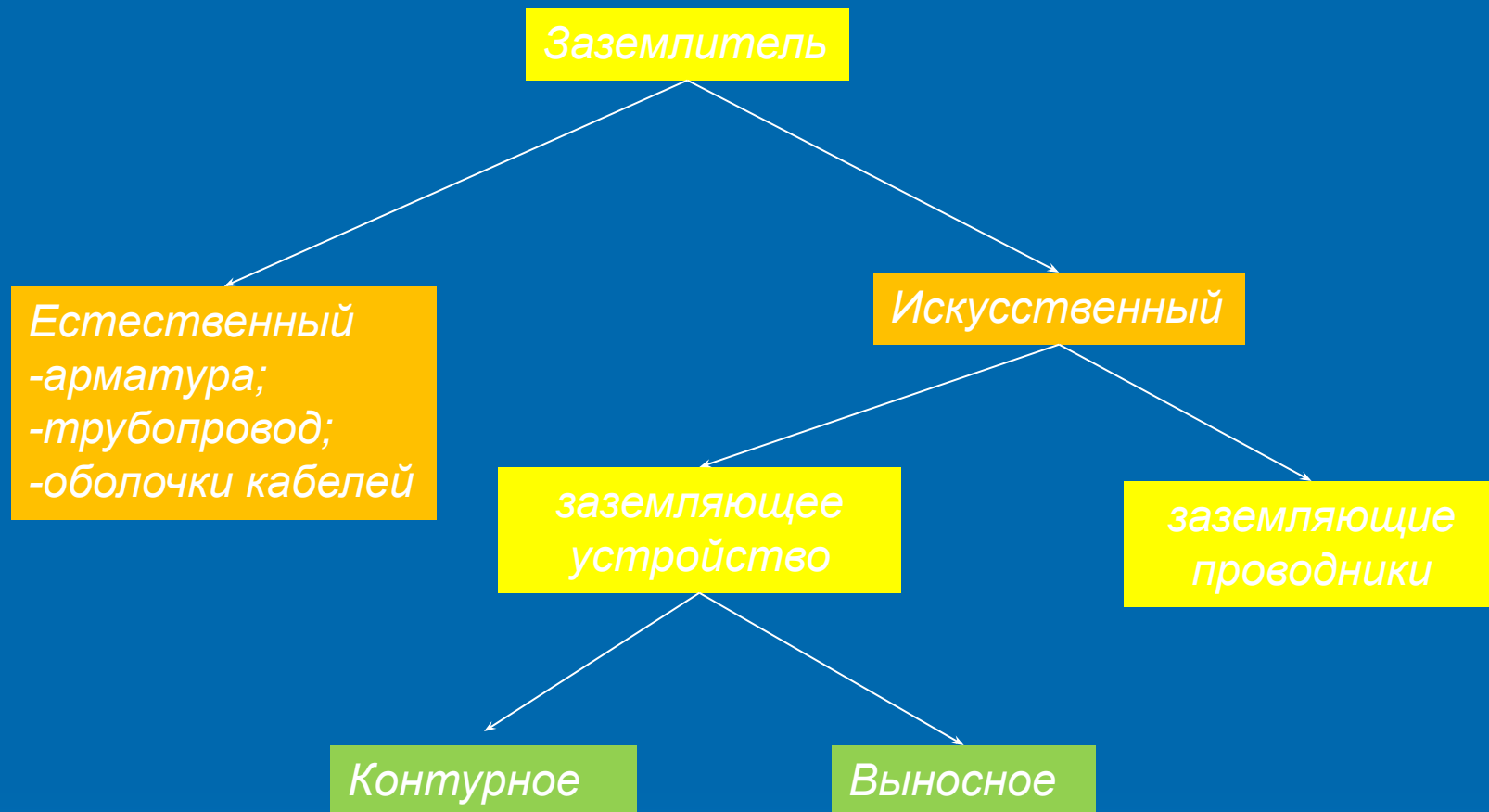
8 м

6 м

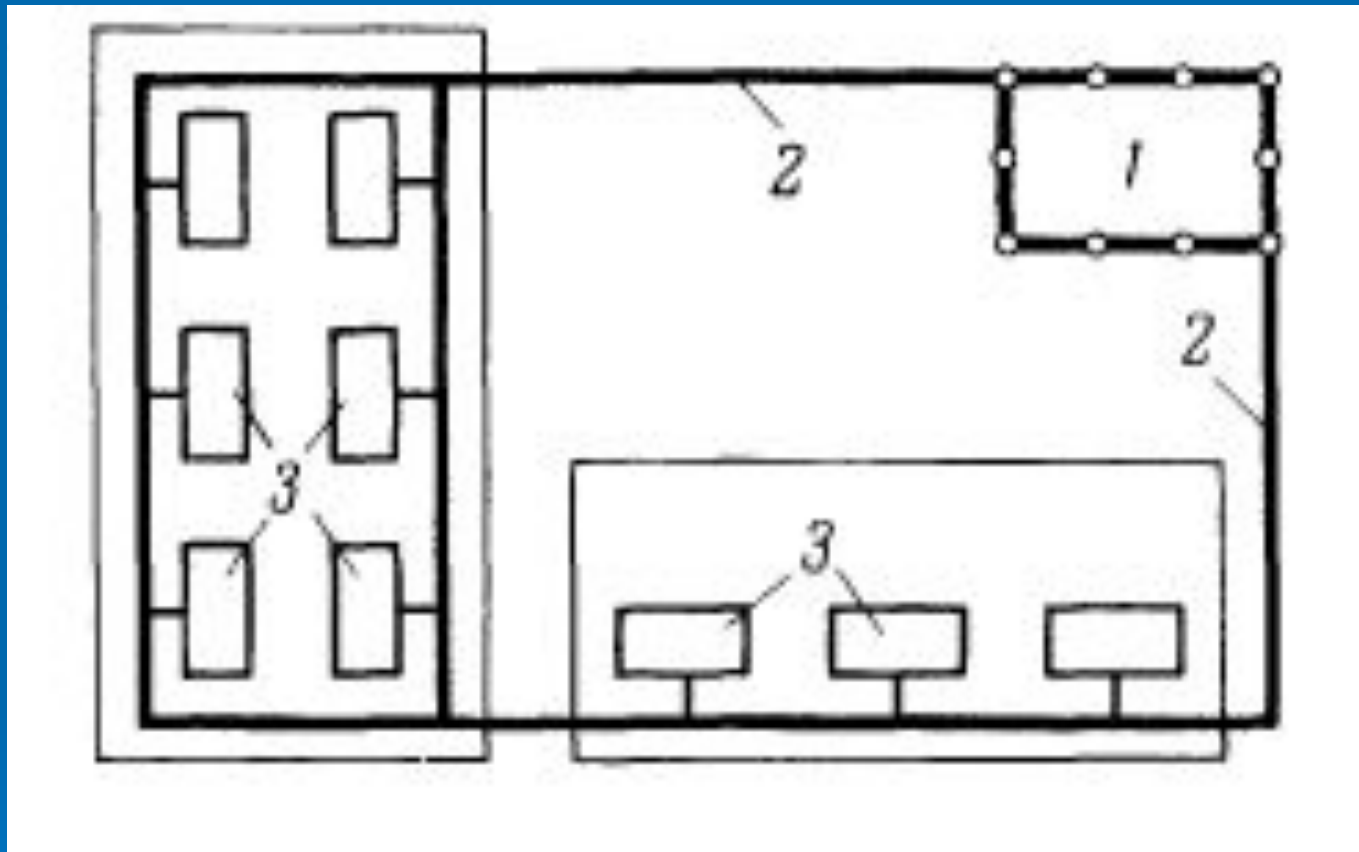
Скальная порода







Выносное заземляющее устройство

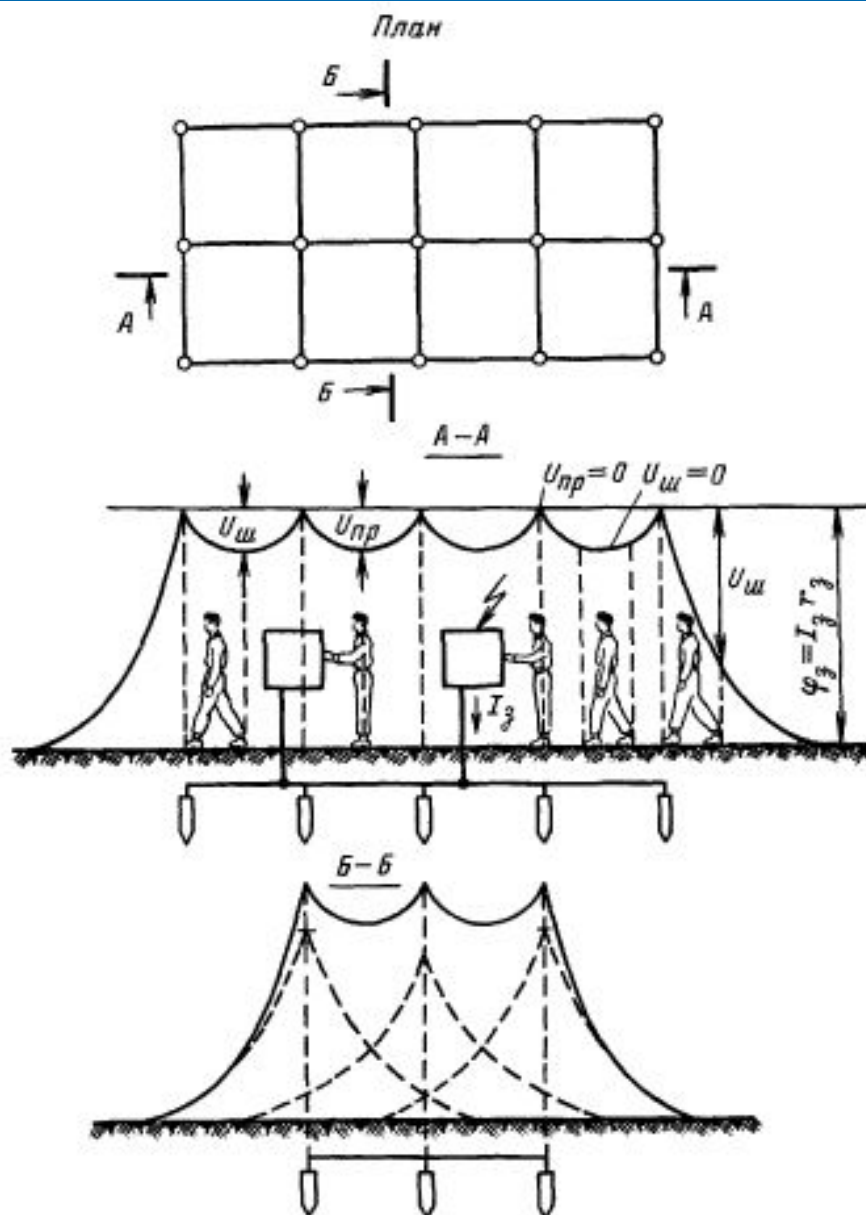


1 – заземляющее устройство;

2 – заземляющие проводники

3- заземляемое оборудование

Контурное заземляющее устройство



Пример исполнения заземляющих устройств

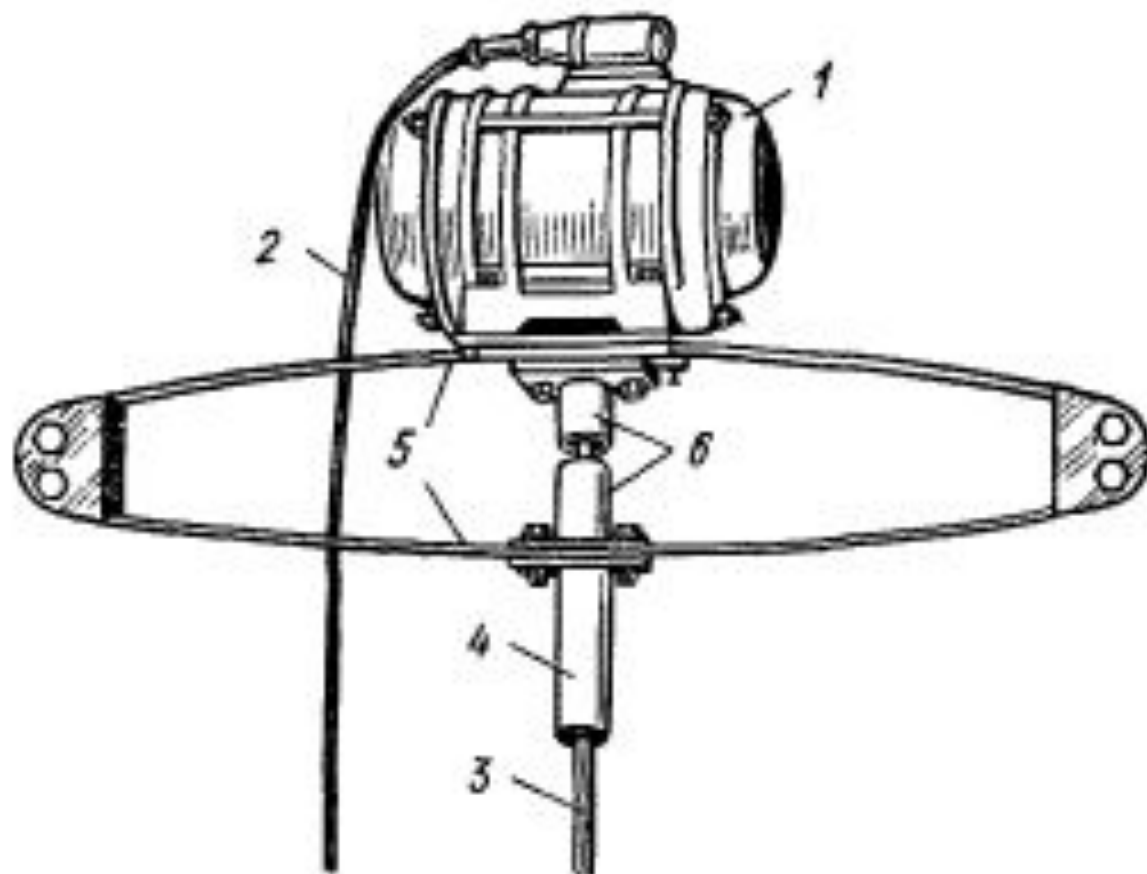
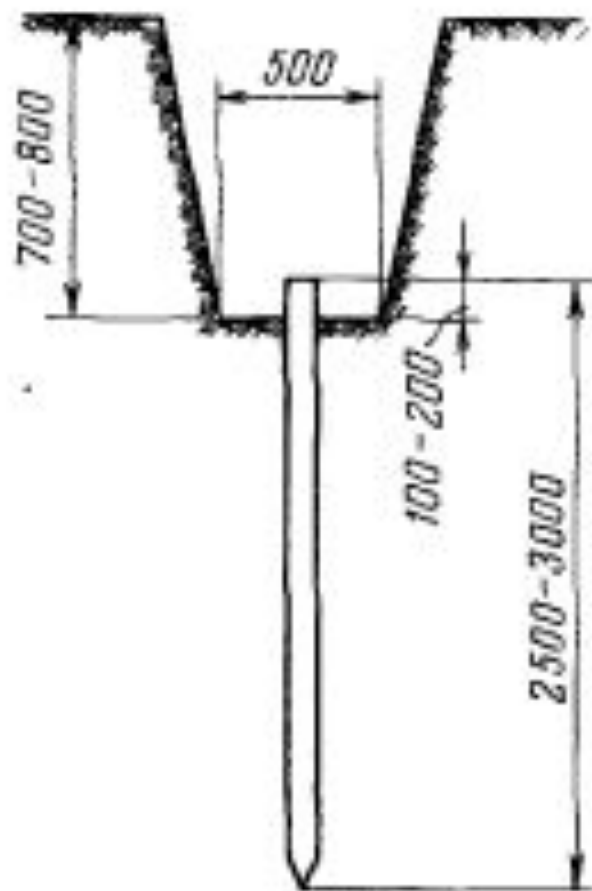
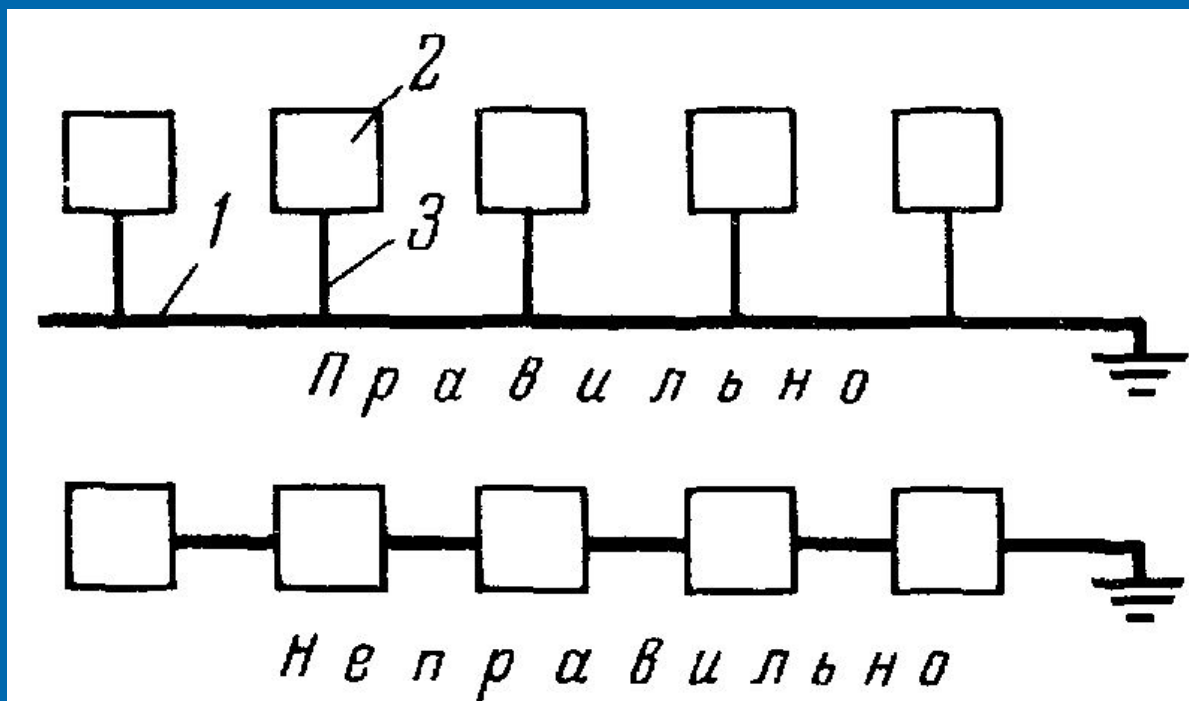


Рис. 5.5. Установка стержневого электрода в траншее

Рис. 5.6. Вибрационный электродозаглубитель системы Б. С. Гаврилова:

Пример подключения к заземляющим устройствам



Приборы для измерения сопротивления заземления

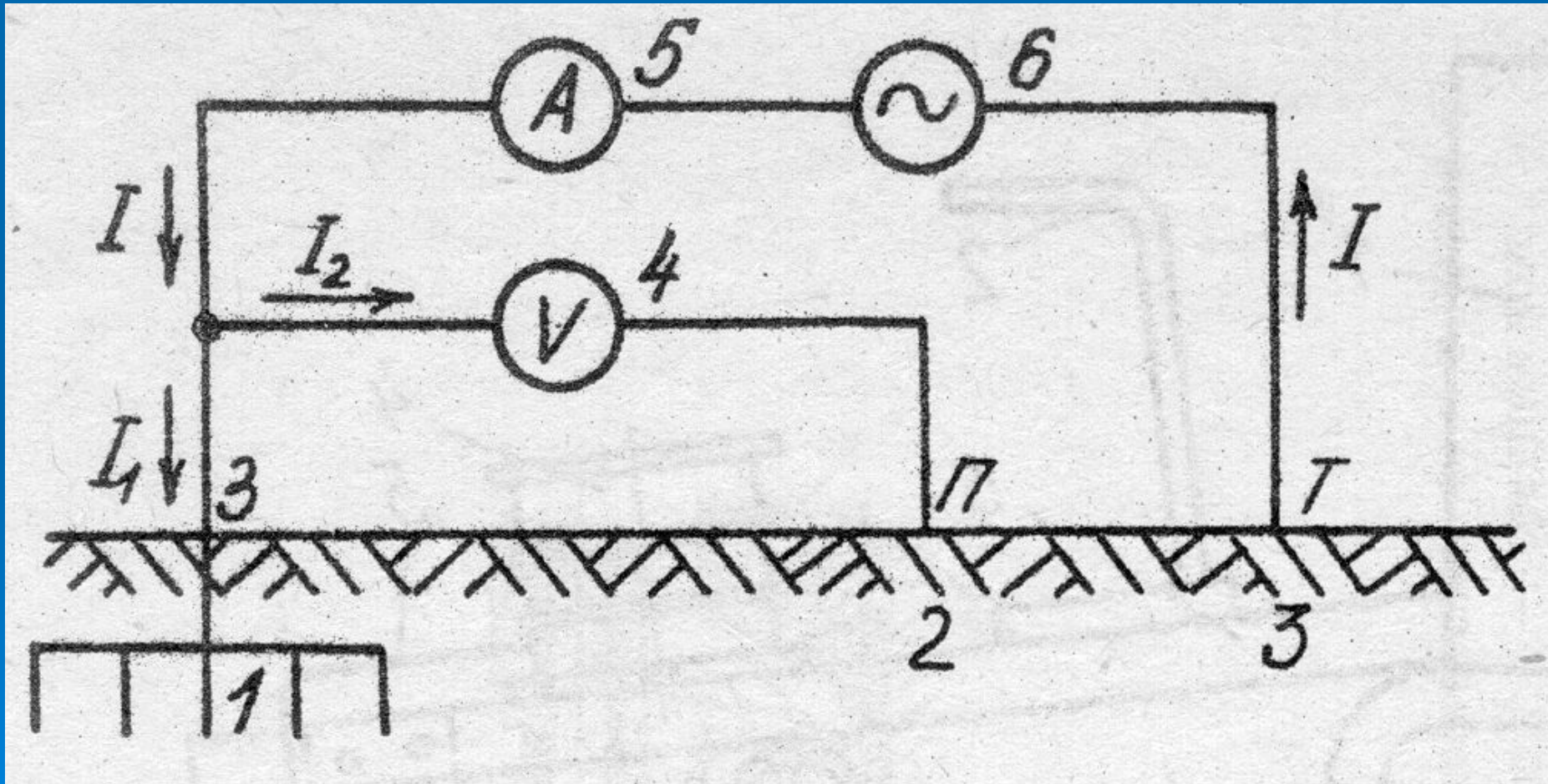


M416

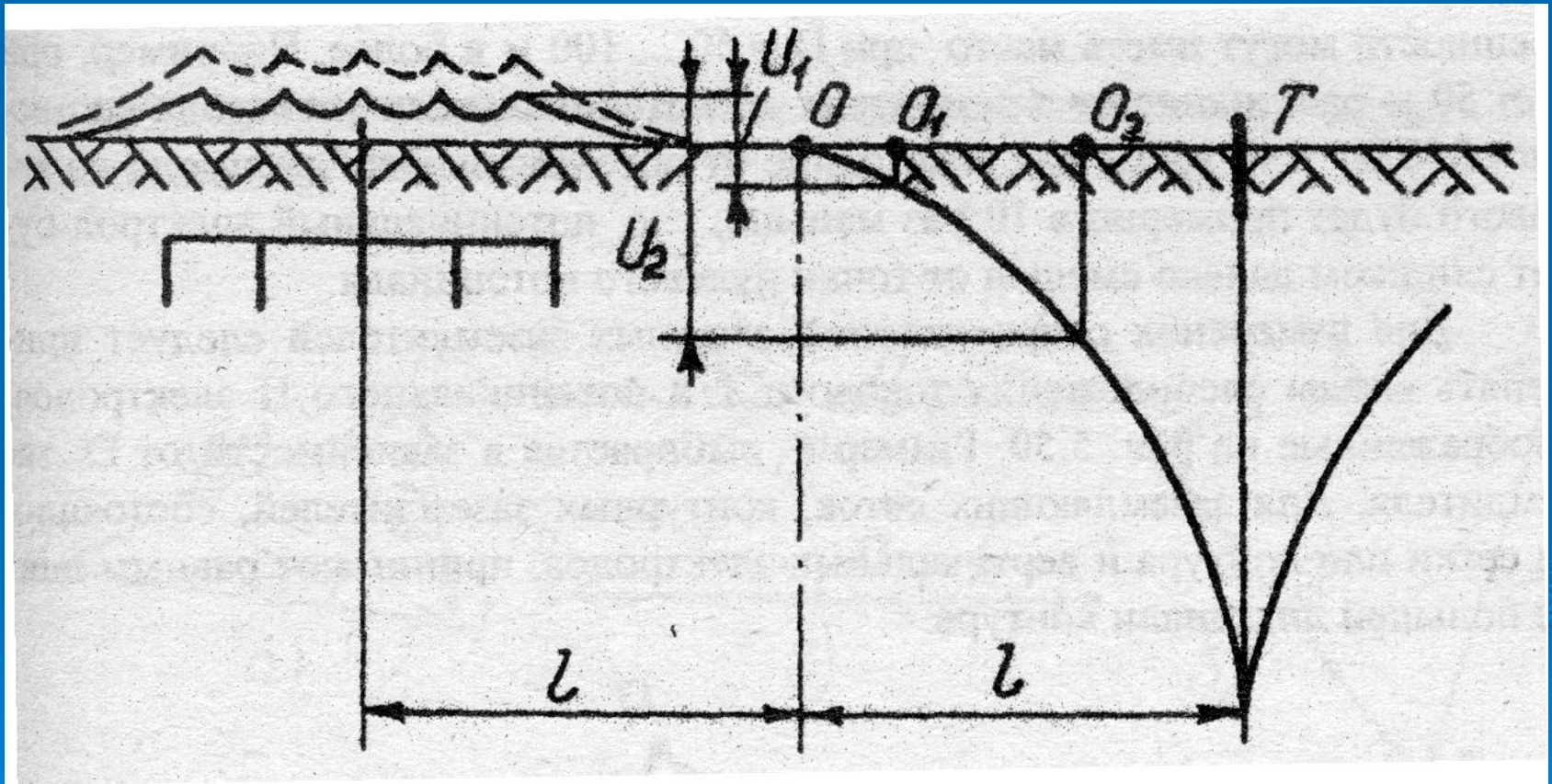


Ф4103М1

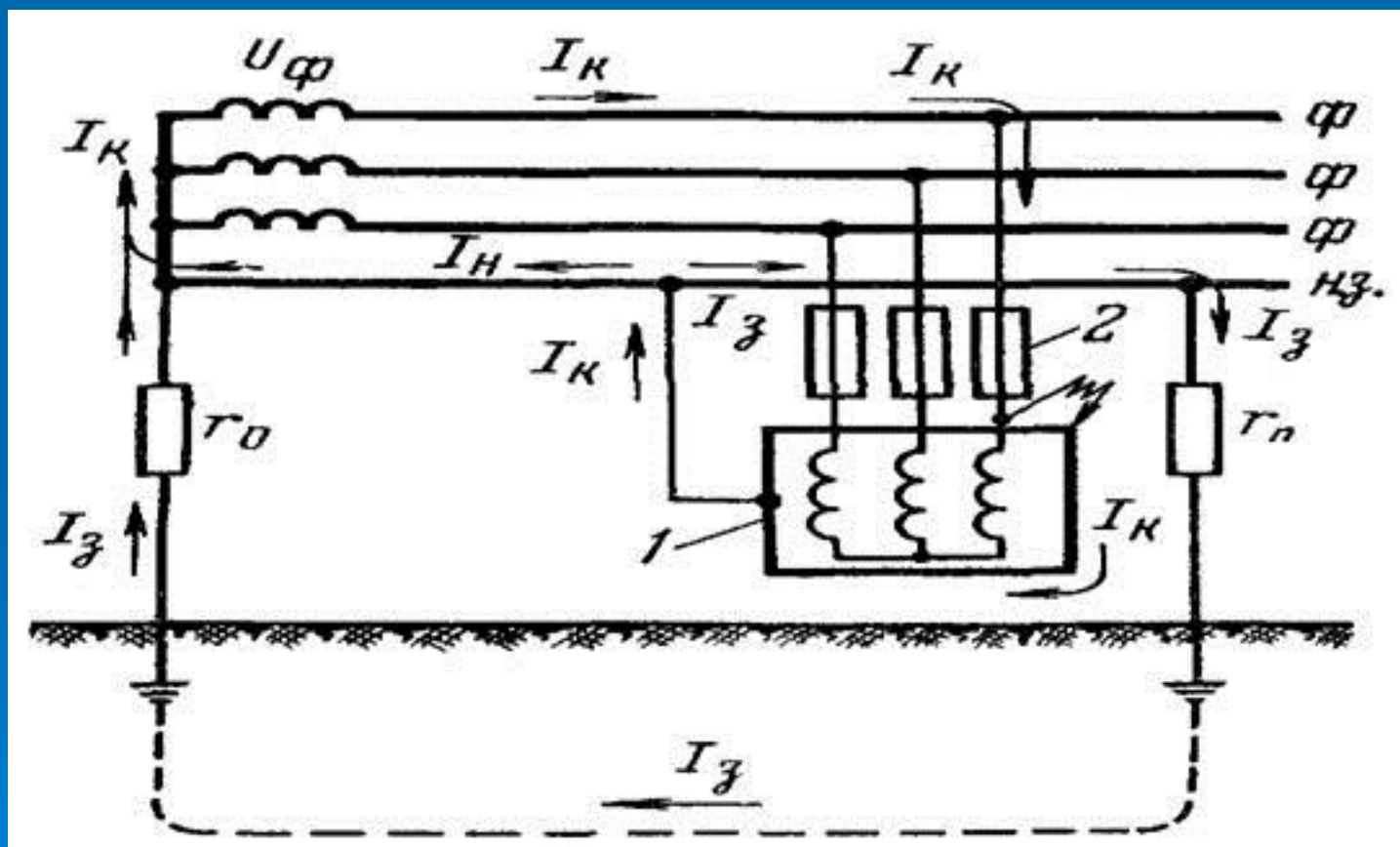
Принципиальная схема измерения сопротивления заземления по методу амперметра-вольтметра



Распределение потенциала на поверхности земли при измерении сопротивления заземления



Зануление



Определение:

Зануление – преднамеренное соединение металлических проводящих нетоковедущих частей электроустановки с нулевой точкой трансформатора (генератора).

Принцип действия:

Превращение однофазного замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание.



Расчет защитного зануления:

1. Заключается в определении площади сечения защитного нулевого проводника.
2. Определяем ток каждого замыкания, который сравнивается с номинальным током, который дан в паспорте на защитное коммутационное оборудование (плавкую вставку или автоматический выключатель)
 $I_{k3} \geq k \cdot I_{ном}$.
 $k=2-3$ для плавкой вставки;
 $k=1,2-1,5$ для автоматического выключателя.
3. Определяем соответствие зануления требованиям ПУЭ.
4. Дополнительно определяем значение сопротивления повторного заземления нейтрали.

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения

TN (IT фазное напряжение)

127 В - 0,8 с

220 В - 0,4 с

380 В - 0,2 с

> 380 В - 0,1 с

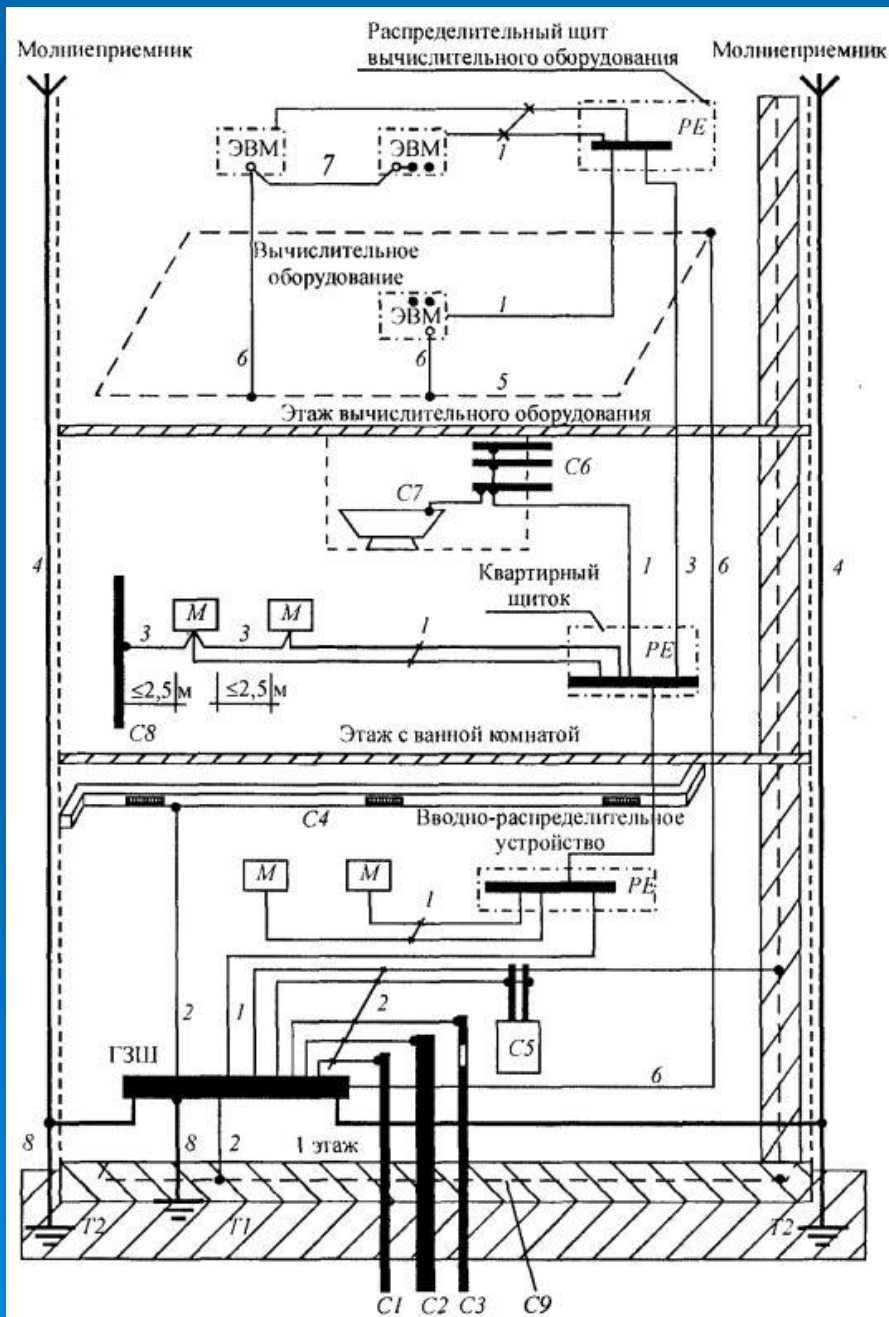
Уравнивание потенциалов

Основная система уравнивания потенциалов в электроустановках до 1 кВ должна соединять между собой следующие проводящие части:

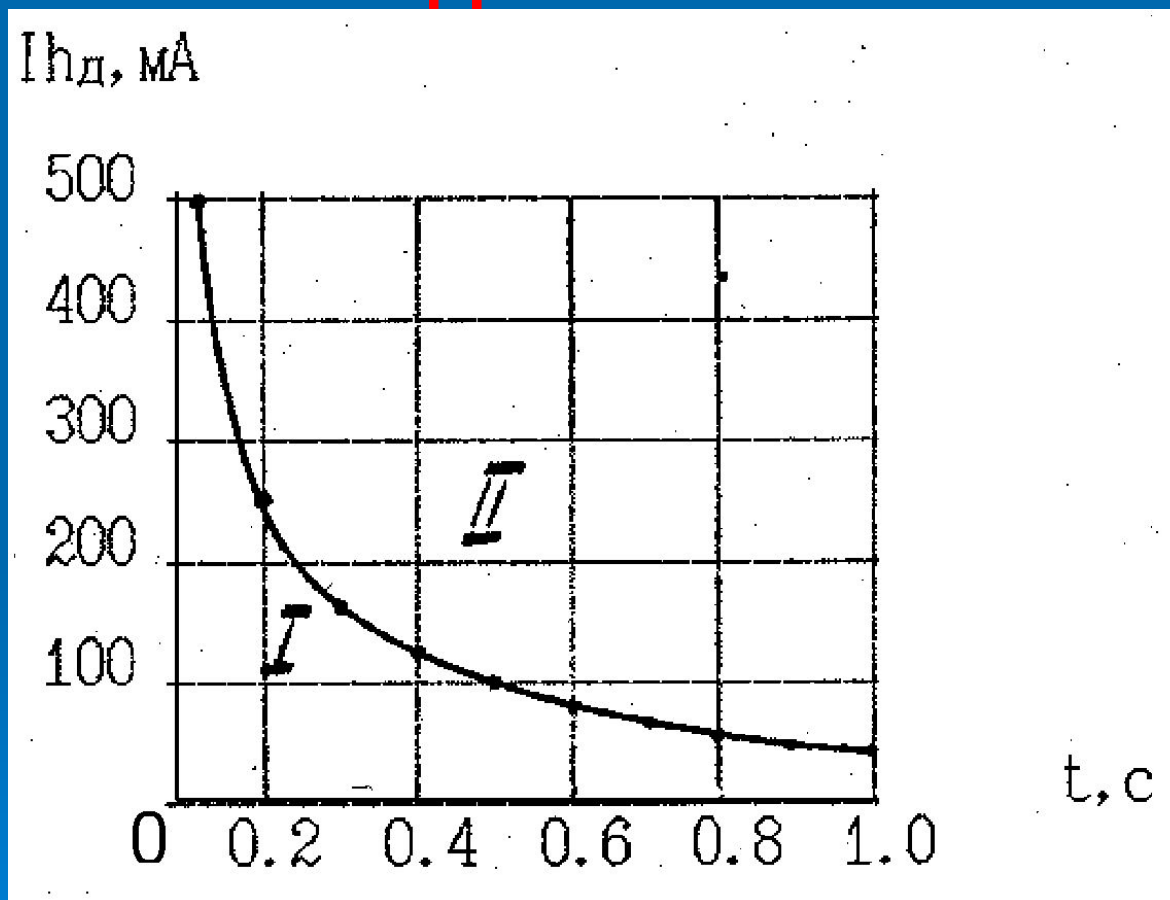
- 1) нулевой защитный *РЕ*- или *PEN*-проводник питающей линии в системе *TN*;
- 2) заземляющий проводник, присоединенный к заземляющему устройству электроустановки, в системах *IT* и *TT*;
- 3) заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание(если есть заземлитель);
- 4) металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления и т.п.

- 5)металлические части каркаса здания;
 - 6)металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования. При наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды следует присоединять к шине *РЕ* щитов питания вентиляторов и кондиционеров;
 - 7) заземляющее устройство системы молниезащиты 2-й и 3-й категорий;
 - 8) заземляющий проводник функционального (рабочего) заземления, если такое имеется и отсутствуют ограничения на присоединение сети рабочего заземления к заземляющему устройству защитного заземления;
 - 9)металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.
- Проводящие части, входящие в здание извне, должны быть соединены как можно ближе к точке их ввода в здание.

уравнивание потенциалов

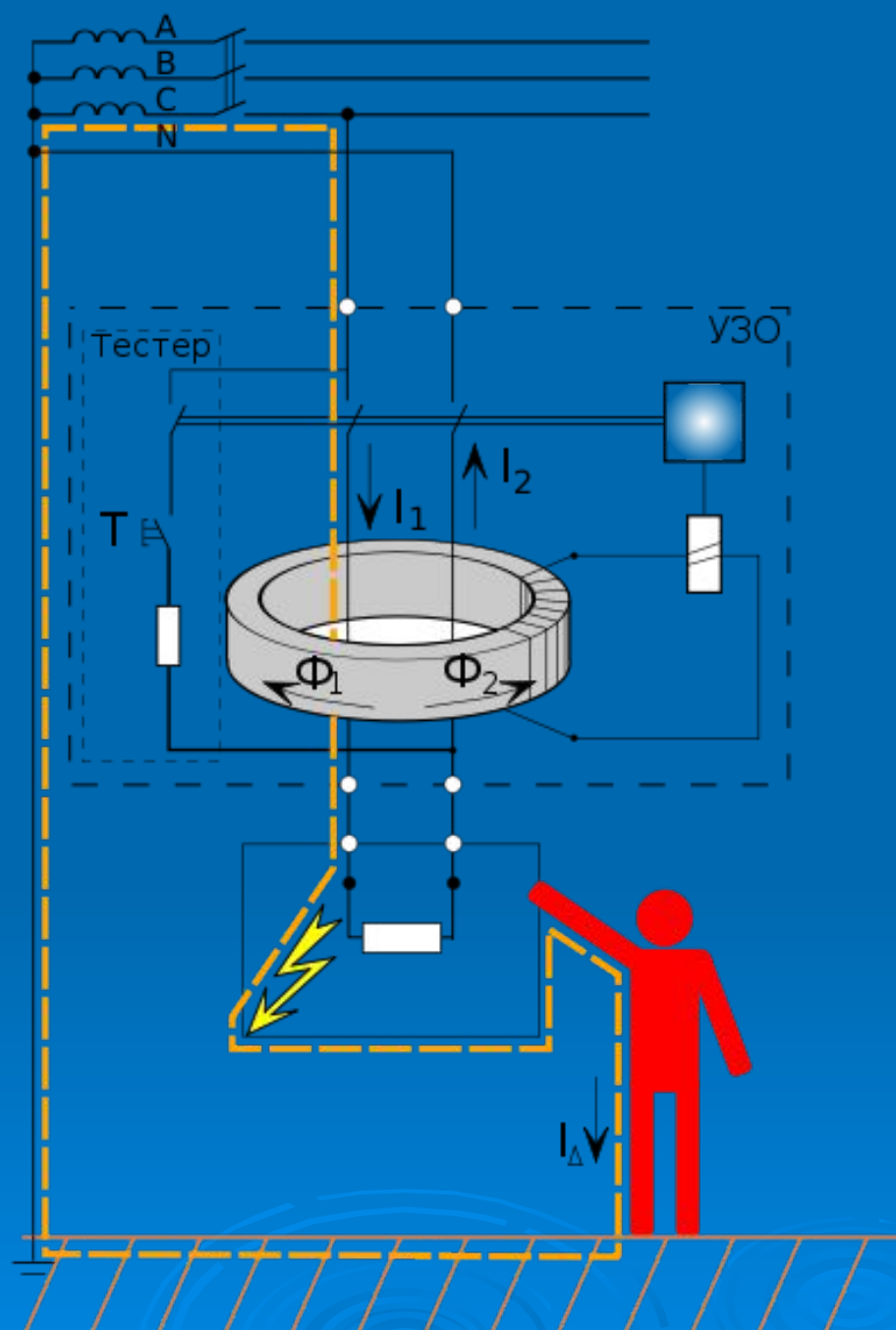


Зависимость допустимого для человека тока от времени его воздействия

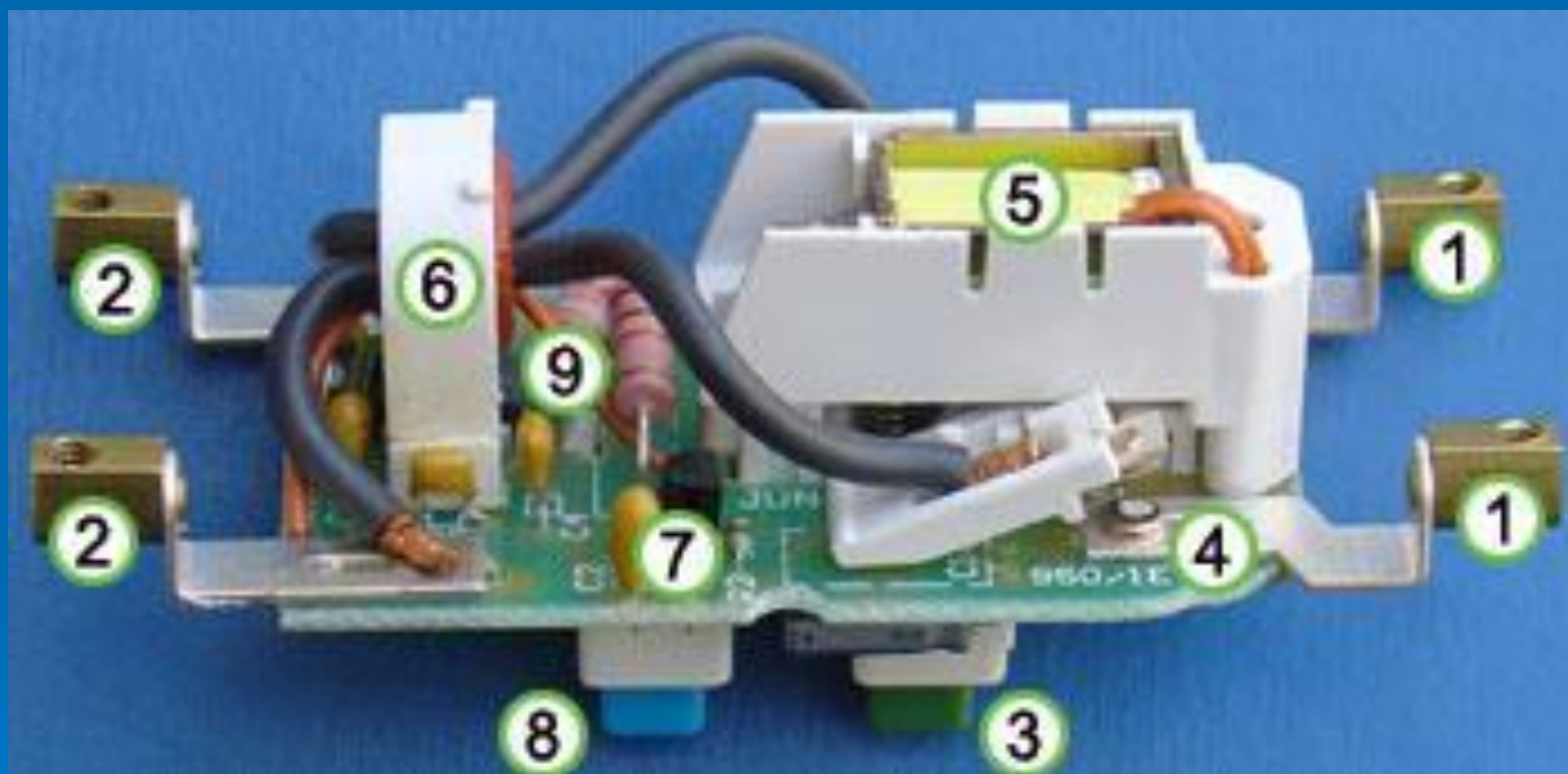


I — область эффективной защиты;

II — область неэффективной защиты



Внутреннее устройство УЗО, подключаемого в разрыв шнура питания



Контроль изоляции

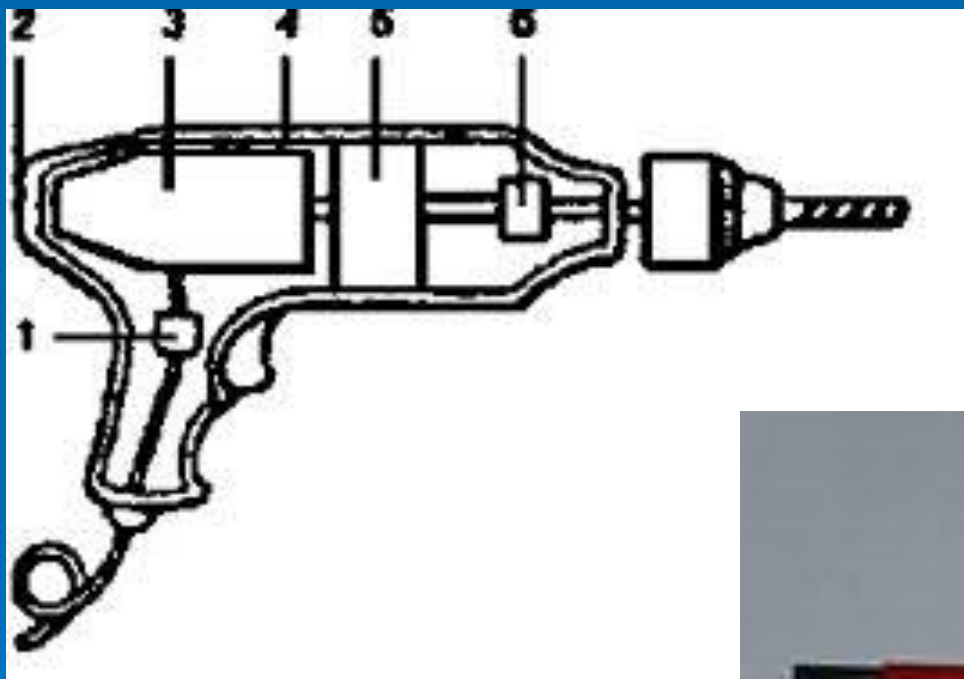
- **Контроль изоляции** - это измерение ее активного или омического сопротивления с целью обнаружения дефектов и предупреждения замыкания на землю и коротких замыканий.
- Существует два вида контроля изоляции:
- **Постоянный контроль** - это наблюдение за сопротивлением изоляции под рабочим напряжением в течение всего времени работы электроустановки без автоматического отключения.
- **Периодический контроль** состояния изоляции электроустановок напряжением до 1000 В производится не реже одного раза в три года.
- Состояние изоляции проверяется также перед вводом электроустановок в эксплуатацию и после длительного пребывания в нерабочем положении.

Контроль изоляции

- Измерение сопротивления изоляции производят при помощи мегомметра.
- Изоляцию электроустановок испытывают напряжением промышленной частоты, как, правило, в течение 1 мин. Дальнейшее воздействие может испортить изоляцию.
- Испытание изоляции повышенным напряжением производят при капитальном и текущем ремонтах электрооборудования, а также в случаях, когда во время работы обнаружен дефект.



Двойная изоляция

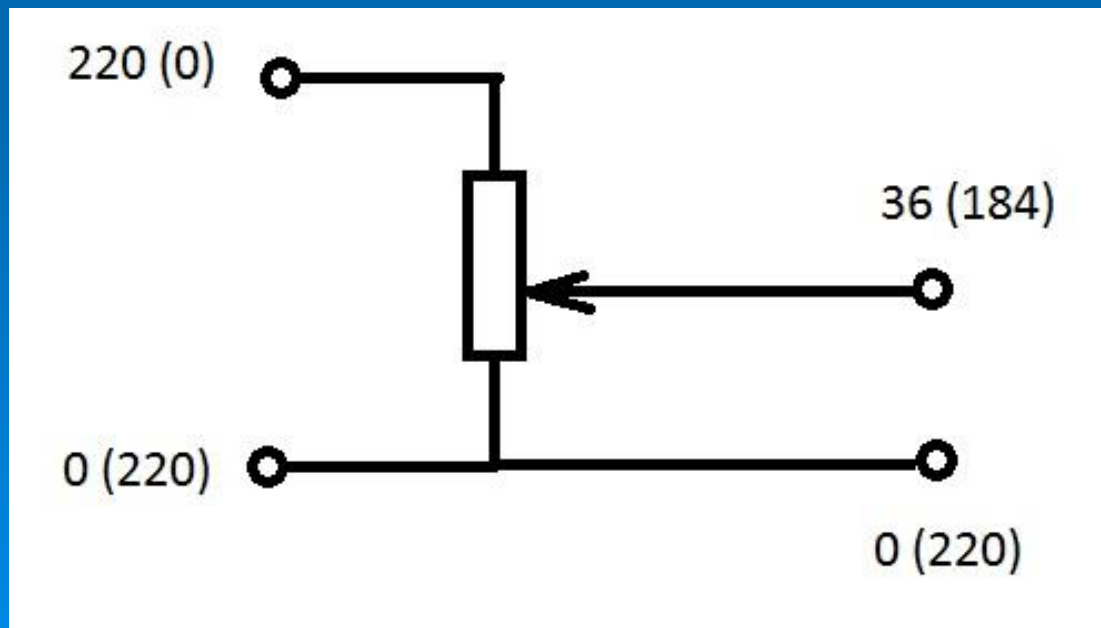


Применение малых напряжений

- Малые напряжения, номинальное значение которых не превышает 42 В переменного и 110 В постоянного тока, применяют в электрических установках для уменьшения опасности поражения электрическим током. При таких напряжениях через тело человека проходит тока силой не более 1-15 мА, а это безопасно для человека.

Применение малых напряжений

- Источниками питания малых напряжений бывают понижающие трансформаторы, аккумуляторы, и др.
- Понижающий трансформатор можно питать несколько электроприемников.
- Нельзя использовать реостаты и автотрансформаторы, т.к. они не имеют гальванической развязки



Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли (крон деревьев) вне населенной и труднодоступной местности

	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ						
	до 20	35 – 110	150	220	330	500	750
Ненаселенная местность; районы тундры, степей с почвами, непригодными для земледелия, и пустыни	6	6	6,5	7	7,5	8	12
Труднодоступная местность	5	5	5,5	6	6,5	7	10
Недоступные склоны гор, скалы, утесы и т.п.	3	3	3,5	4	4,5	5	7,5

Напряжение ВЛ, кВ	До 20	35 - 110	150 - 220	330 - 500	750
Наименьшее расстояние до	3	4	5	6	7

Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли в населенной местности

Условия работы ВЛ	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ						
	до 35	110	150	220	330	500	750
Нормальный режим:							
до поверхности земли	7	7	7,5	8	11	15,5	23
до производственных зданий и сооружений	3	4	4	5	7,5	8	12
Обрыв провода в смежном пролете до поверхности земли	5,5	5,5	5,5	5,5	6	-	-

Электрозащитные средства

```
graph TD; A[Электрозащитные средства] --> B[Основные]; A --> C[Дополнительные];
```

Основные

Обеспечивают защиту человека при работе на токоведущих частях электрооборудования

Дополнительные

Не обеспечивают защиту человека при работе на токоведущих частях электрооборудования, *усиливают действие основных*

Электрозащитные средства

- изолирующие штанги (измерительные, для наложения заземления);
- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- изолированный инструмент,
- диэлектрические перчатки, боты, галоши, ковры, изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты, ширмы, изолирующие колпаки и накладки);
- переносные заземления;
- указатели напряжения для проверки совпадения фаз;
- плакаты и знаки безопасности.

- Переносные заземления
- Индикаторы и указатели
- Штанги оперативные



ПЗУ-1 заземление переносное

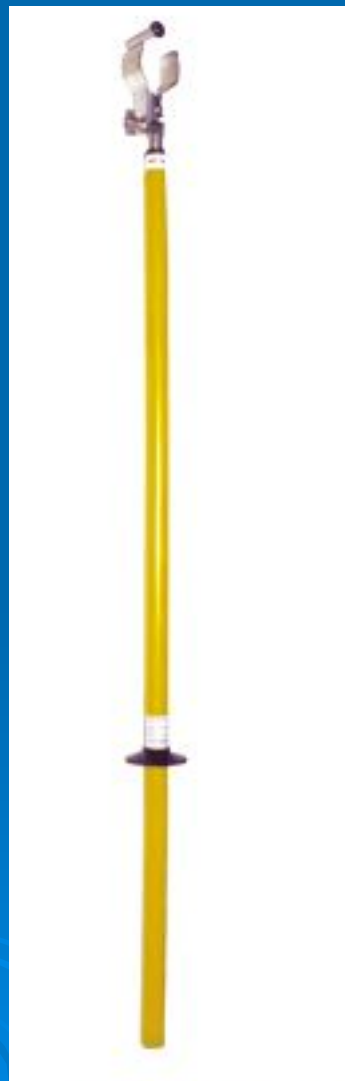
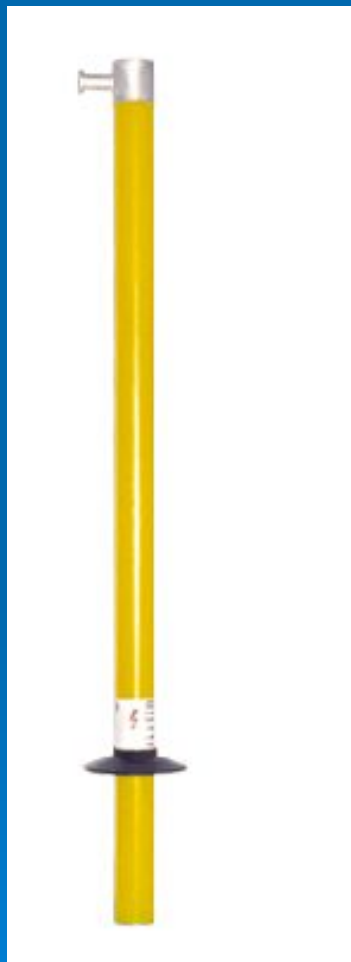
Переносные заземления **ПЗУ-1** предназначены для защиты работающих на отключенных участках воздушных линий на случай ошибочной подачи напряжения на этот участок или появления на нем наведенного напряжения.

В стандартном исполнении **переносные заземления ПЗУ-1** поставляются с сечением заземляющего провода **16 мм²**.

По заказу переносные заземления ПЗУ-1 могут поставляться с сечением заземляющего провода 25мм², 35мм², 50мм², 70мм².



Штанги изолирующие оперативные ШО-1, ШО-10, ШО-15, ШО-35, ШО-110, ШО-220



Индивидуальные средства защиты

- Ножницы диэлектрические
- Коврик диэлектрический 75x75
- Коврик диэлектрический 50x50
- Перчатки диэлектрические
- Боты диэлектрические



Толщина: 6 мм
Размер: 75 x 75 см
Цвет: черный

Ножницы диэлектрические





3.4. Знаки безопасности. Плакаты



Группы по электробезопасности

<i>Группа</i>	<i>Специальность, профессия</i>	<i>Стаж работы на электроустановках</i>	<i>Необходимые знания</i>
V	Мастер, техник, инженер со специальным образованием, электромонтер, электрослесарь	Не менее полугода	Схемы и устройство оборудования, правила оказания помощи пострадавшему от воздействия электрического тока, обучение персонала безопасным методам работам
IV	Начинающий инженер, техник, оперативно-ремонтный персонал	Не менее года	Электротехника, правила первой помощи, правила безопасности, умение свободно производить переключения
III	То же	Не менее полугода	Элементарные знания электротехники, правила безопасности
II	Монтер, электрик	Один месяц	Элементарное знакомство с электроустановкой, представление об опасности, основные меры предосторожности
I	—	—	Отсутствие электротехнических знаний и представлений об опасности