

# Устройство электроустановок

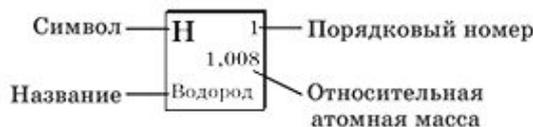




Рисунок 1.1— Атом водорода

## Периодическая система химических элементов

Период	1 IA группа											18 VIIIA группа	Период						
1	<b>H</b> 1 1,008 Водород	<b>2</b> IIA группа											<b>He</b> 2 4,003 Гелий	1					
2	<b>Li</b> 3 6,94 Литий	<b>Be</b> 4 9,01 Бериллий											<b>B</b> 5 10,81 Бор	<b>C</b> 6 12,01 Углерод	<b>N</b> 7 14,007 Азот	<b>O</b> 8 15,999 Кислород	<b>F</b> 9 18,998 Фтор	<b>Ne</b> 10 20,18 Неон	2
3	<b>Na</b> 11 22,99 Натрий	<b>Mg</b> 12 24,31 Магний	<b>3</b> IIIB группа	<b>4</b> IVB группа	<b>5</b> VB группа	<b>6</b> VIB группа	<b>7</b> VIIB группа	<b>8</b> VIIIB <sub>0</sub> группа	<b>9</b> VIIIB <sub>1</sub> группа	<b>10</b> VIIIB <sub>2</sub> группа	<b>11</b> IB группа	<b>12</b> IIB группа	<b>Al</b> 13 26,98 Алюминий	<b>Si</b> 14 28,086 Кремний	<b>P</b> 15 30,97 Фосфор	<b>S</b> 16 32,066 Сера	<b>Cl</b> 17 35,45 Хлор	<b>Ar</b> 18 39,95 Аргон	3
4	<b>K</b> 19 39,10 Калий	<b>Ca</b> 20 40,08 Кальций	<b>Sc</b> 21 44,96 Скандий	<b>Ti</b> 22 47,88 Титан	<b>V</b> 23 50,94 Ванадий	<b>Cr</b> 24 51,996 Хром	<b>Mn</b> 25 54,94 Марганец	<b>Fe</b> 26 55,85 Железо	<b>Co</b> 27 58,93 Кобальт	<b>Ni</b> 28 58,69 Никель	<b>Cu</b> 29 63,55 Медь	<b>Zn</b> 30 65,39 Цинк	<b>Ga</b> 31 69,72 Галлий	<b>Ge</b> 32 72,61 Германий	<b>As</b> 33 74,92 Мышьяк	<b>Se</b> 34 78,96 Селен	<b>Br</b> 35 79,90 Бром	<b>Kr</b> 36 83,80 Криптон	4
5	<b>Rb</b> 37 85,47 Рубидий	<b>Sr</b> 38 87,62 Стронций	<b>Y</b> 39 88,91 Иттрий	<b>Zr</b> 40 91,22 Цирконий	<b>Nb</b> 41 92,91 Ниобий	<b>Mo</b> 42 95,94 Молибден	<b>Tc</b> 43 97,91 Технеций	<b>Ru</b> 44 101,07 Рутений	<b>Rh</b> 45 102,91 Родий	<b>Pd</b> 46 106,42 Палладий	<b>Ag</b> 47 107,87 Серебро	<b>Cd</b> 48 112,41 Кадмий	<b>In</b> 49 114,82 Индий	<b>Sn</b> 50 118,71 Олово	<b>Sb</b> 51 121,76 Сурьма	<b>Te</b> 52 127,60 Теллур	<b>I</b> 53 126,90 Иод	<b>Xe</b> 54 131,29 Ксенон	5
6	<b>Cs</b> 55 132,91 Цезий	<b>Ba</b> 56 137,33 Барий	<b>57—71</b> <b>La—Lu</b> *	<b>Hf</b> 72 178,49 Гафний	<b>Ta</b> 73 180,95 Тантал	<b>W</b> 74 183,84 Вольфрам	<b>Re</b> 75 186,21 Рений	<b>Os</b> 76 190,23 Осмий	<b>Ir</b> 77 192,22 Иридий	<b>Pt</b> 78 195,08 Платина	<b>Au</b> 79 196,97 Золото	<b>Hg</b> 80 200,59 Ртуть	<b>Tl</b> 81 204,38 Таллий	<b>Pb</b> 82 207,2 Свинец	<b>Bi</b> 83 208,98 Висмут	<b>Po</b> 84 208,98 Полоний	<b>At</b> 85 209,99 Астат	<b>Rn</b> 86 222,02 Радон	6
7	<b>Fr</b> 87 223,02 Франций	<b>Ra</b> 88 226,03 Радий	<b>89—103</b> <b>Ac—Lr</b> **	<b>Rf</b> 104 261,11 Резерфордий	<b>Db</b> 105 262,11 Дубний	<b>Sg</b> 106 266,12 Сиборгий	<b>Bh</b> 107 267,12 Борий	<b>Hs</b> 108 269,13 Хассий	<b>Mt</b> 109 268,14 Мейтнерий	110 [271]	111 [272]	112 [277]	113	114 [289]	115	116 [289]	117	118	7



\* Лантаноиды

<b>La</b> 57 138,91 Лантан	<b>Ce</b> 58 140,12 Церий	<b>Pr</b> 59 140,91 Празеодим	<b>Nd</b> 60 144,24 Неодим	<b>Pm</b> 61 144,91 Прометий	<b>Sm</b> 62 150,36 Самарий	<b>Eu</b> 63 151,97 Европий	<b>Gd</b> 64 157,25 Гадолиний	<b>Tb</b> 65 158,93 Тербий	<b>Dy</b> 66 162,50 Диспрозий	<b>Ho</b> 67 164,93 Гольмий	<b>Er</b> 68 167,26 Эрбий	<b>Tm</b> 70 168,93 Тулий	<b>Yb</b> 71 173,04 Иттербий	<b>Lu</b> 72 174,97 Лютеций
----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

\*\* Актиноиды

<b>Ac</b> 89 227,03 Актиний	<b>Th</b> 90 232,04 Торий	<b>Pa</b> 91 231,04 Протактиний	<b>U</b> 92 238,03 Уран	<b>Np</b> 93 237,05 Нептуний	<b>Pu</b> 94 244,06 Плутоний	<b>Am</b> 95 243,06 Америций	<b>Cm</b> 96 247,07 Кюрий	<b>Bk</b> 97 247,07 Берклий	<b>Cf</b> 98 251,08 Калифорний	<b>Es</b> 99 252,08 Эйнштейний	<b>Fm</b> 100 257,10 Фермий	<b>Md</b> 101 258,10 Менделеев	<b>No</b> 102 259,10 Нобелий	<b>Lr</b> 103 262,11 Лоуренсий
-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

# Кристаллическая решетка



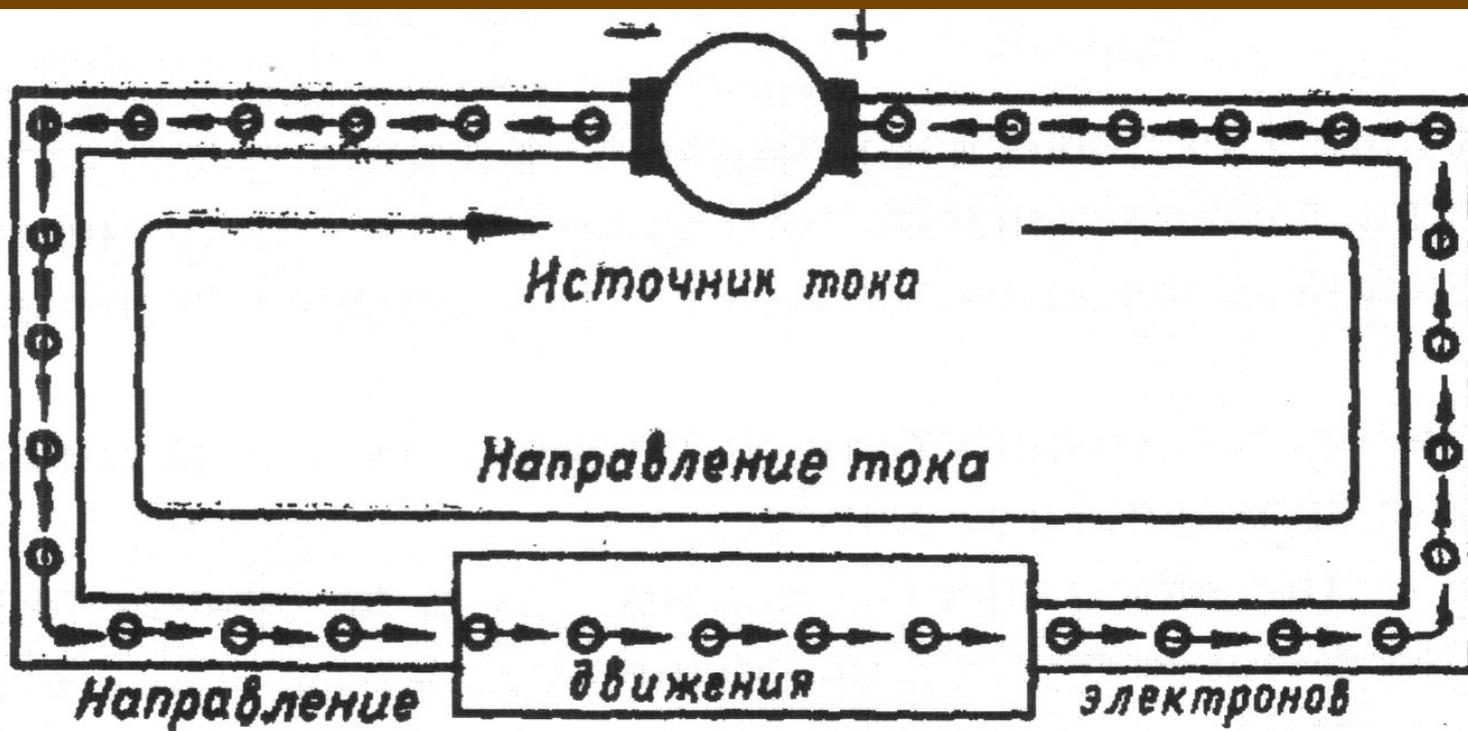
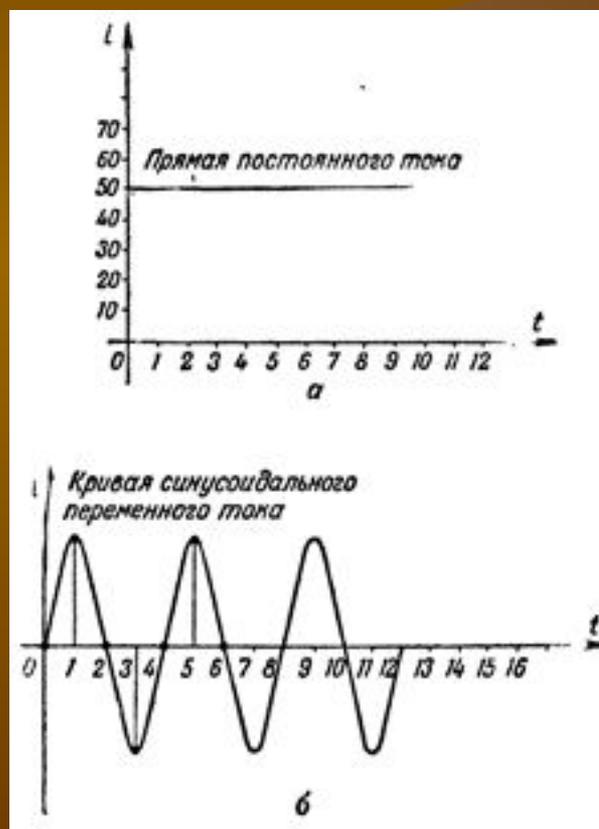


Рисунок 1.2 – Направление тока

# Графики изменения постоянного и переменного тока



# Нагрев проводов

Таблица 1.3.4

Допустимый длительный ток для проводов  
и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией  
с медными жилами

Сечение токопро- водящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одно- жильных	трех одно- жильных	четырёх одно- жильных	одного двух- жильного	одного трех- жильного
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

# ЗАКОНЫ ОМА И КИРХГОФА

## Закон Ома для участка цепи

Сила электрического тока в каком-либо участке проводника пропорциональна напряжению между концами выбранного участка

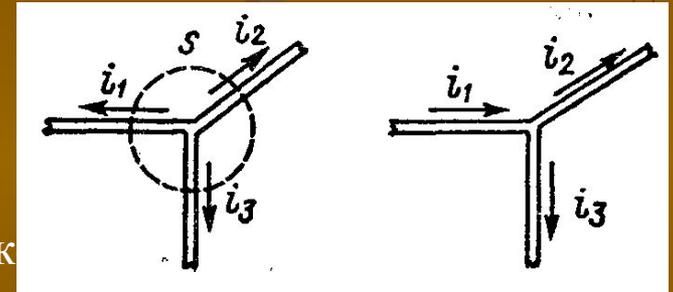
$$I = U/R$$

## I закон Кирхгофа

Сумма токов, расходящихся от узла электрической цепи, равна нулю

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

Для случая, представленного на правом рисунке, закон Кирхгофа будет выглядеть



## II закон Кирхгофа

$$-i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

Сумма падений напряжения во всех ветвях любого замкнутого контура электрической цепи равна сумме э.д.с. источников энергии, действующих в этом контуре

$$\sum_{k=1}^{k=n} u_k = \sum_{k=1}^{k=n} e_k$$

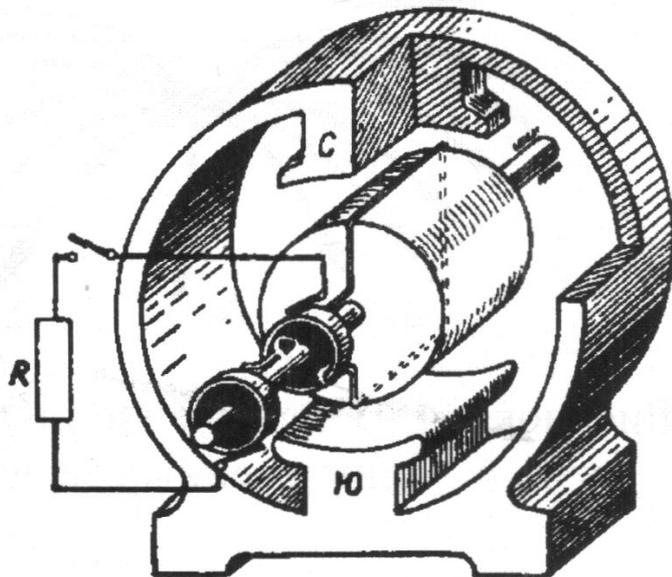


Рисунок 1.5 – Схема генератора переменного тока

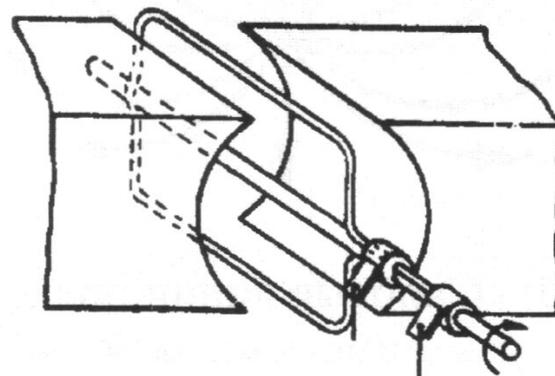
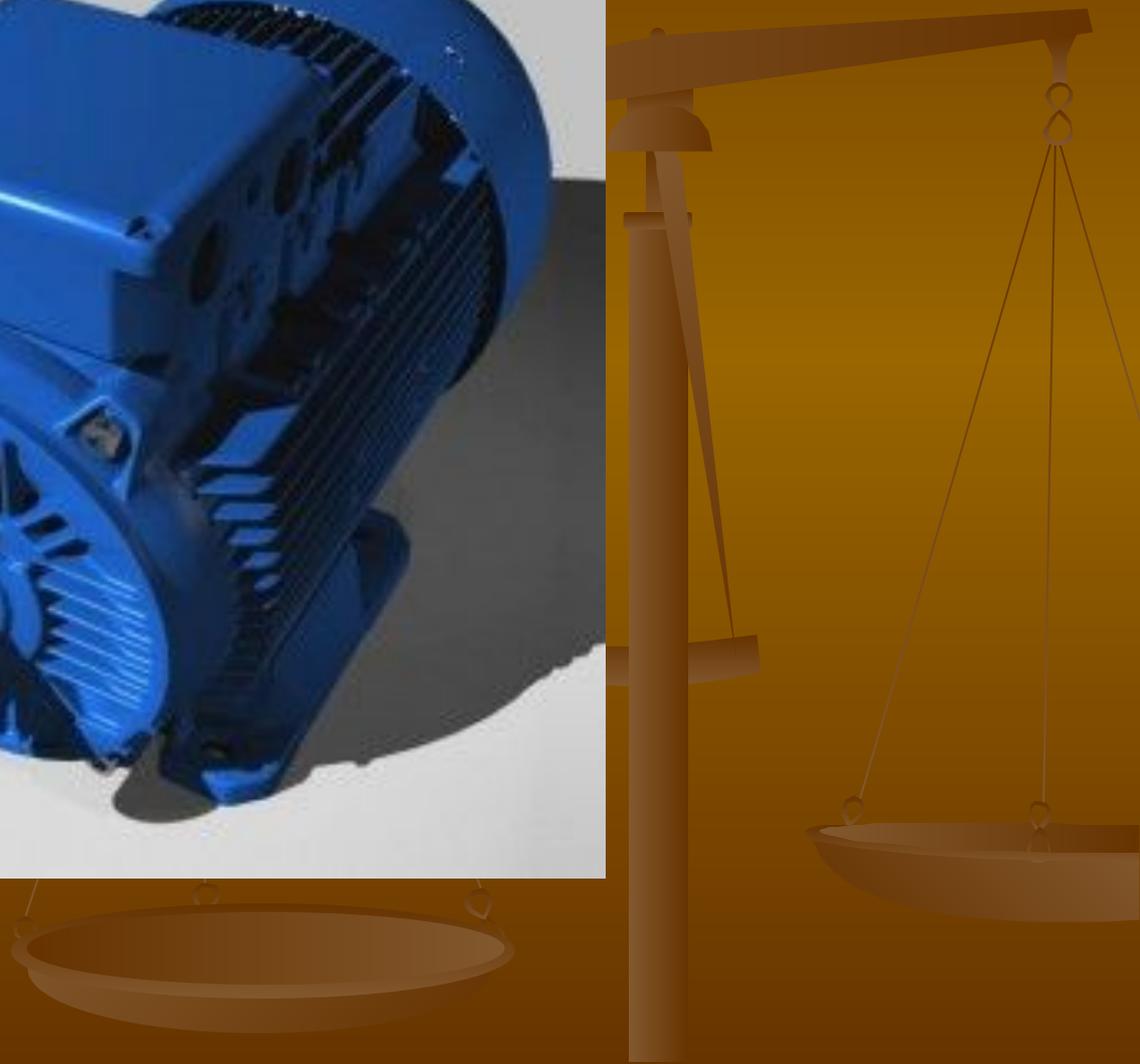


Рисунок 1.6 – Вращение витка между полюсами магнита

# Асинхронный двигатель



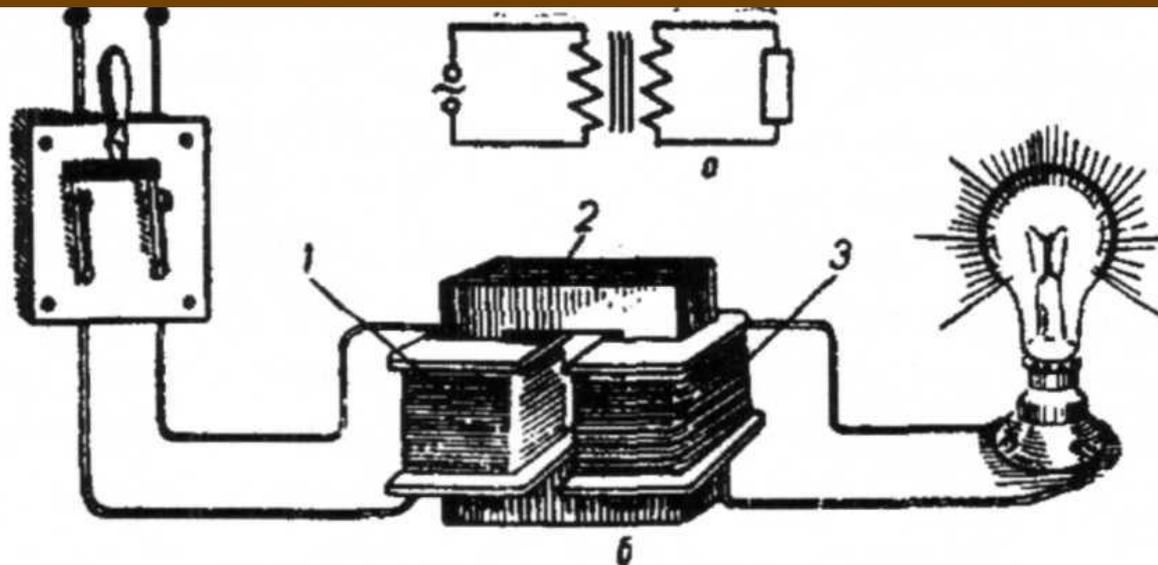
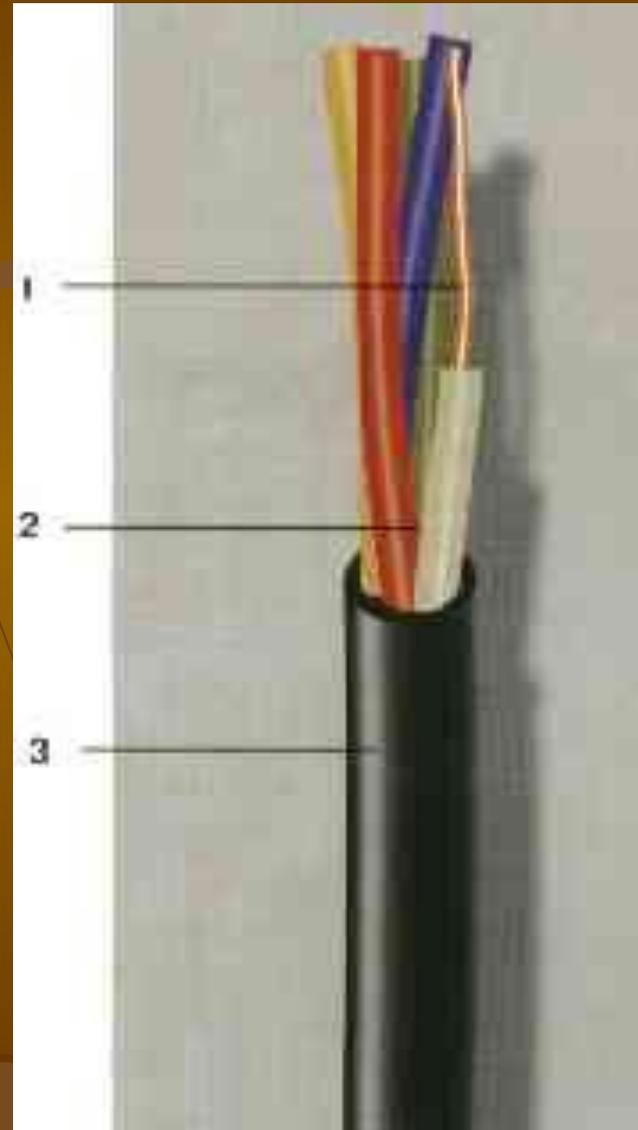


Рисунок 1.7 - Трансформатор: 1 - первичная обмотка; 2 - железный сердечник; 3 - вторичная обмотка.

# Силовой кабель ВВГ

## Конструкция:

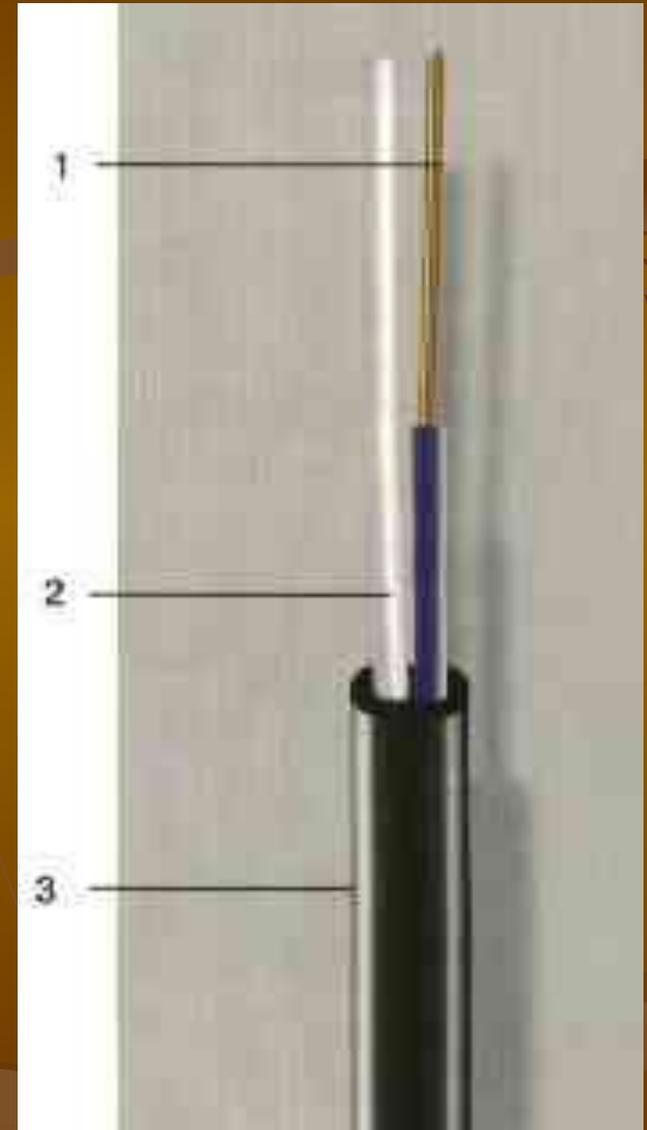
1. Жила: медная гибкая проволока
2. Изоляция - ПВХ пластикат
3. Оболочка - ПВХ пластикат



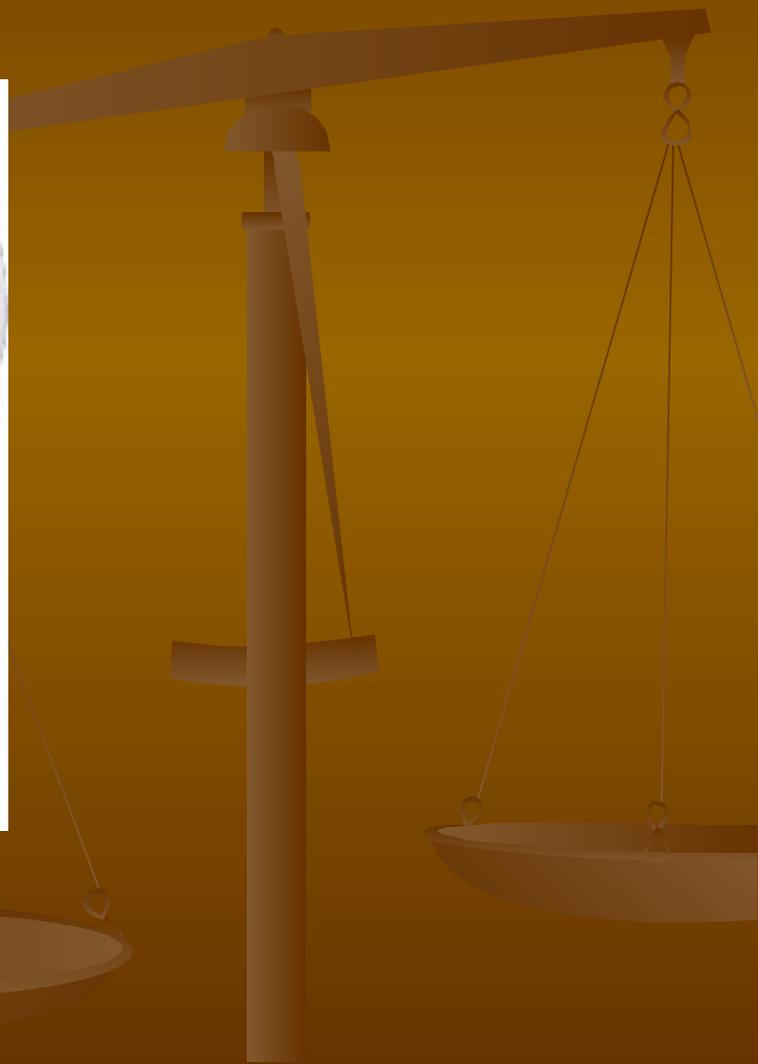
# Провода бытового назначения (ПУНП, ПУГНП)

## Конструкция:

1. Жила: ПУНП - медная мягкая проволока  
ПУНГП - медная гибкая проволока
2. Изоляция - ПВХ пластикат
3. Оболочка - ПВХ пластикат



# Лампа накаливания



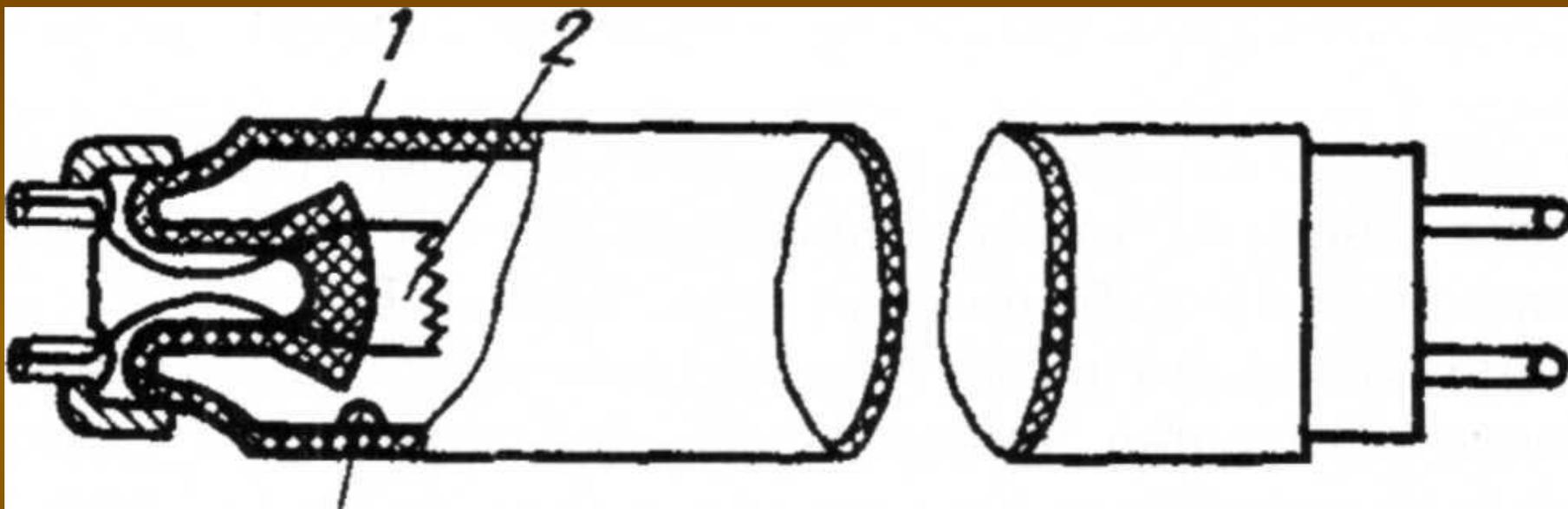


Рисунок 2.10 - Устройство люминесцентной лампы:

1 - стеклянная трубка, покрытая изнутри люминофором; 2 - электроды;  
3 - капля ртути.

# Энергосберегающая лампа



# Светодиодная лампа яркая ЛМС-4



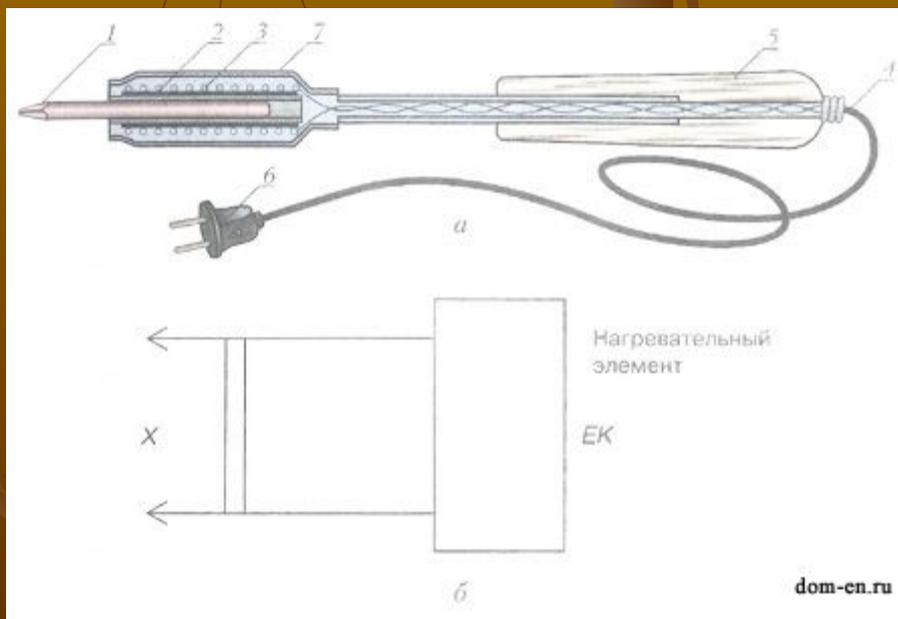
# Электрический паяльник

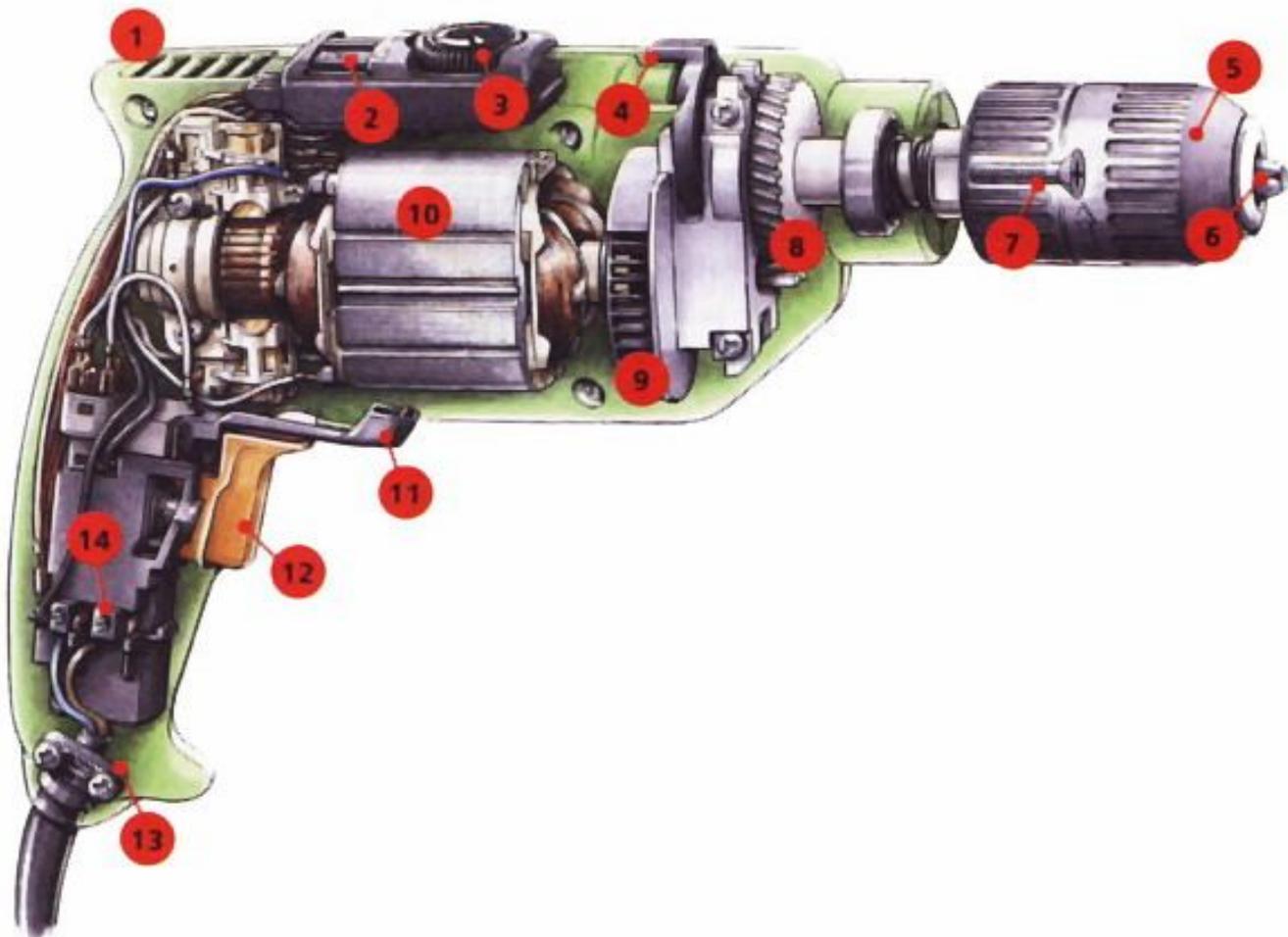
## Устройство паяльника

Нагревающаяся часть паяльника — медный стержень 1 с заостренным под углом 30-45° концом — жалом. Стержень вставлен в металлическую трубку 2, вокруг которой располагается нагревательный элемент 3 в оболочке из теплостойкой изоляции — керамики или слюды. Концы спирали присоединены к проводам питающего шнура (провода) 4 с вилкой 6. Нагревательный элемент закрыт снаружи кожухом 7. Шнур паяльника пропущен через его ручку 5 (пластмассовую или деревянную). При включении в электрическую сеть нагревательный элемент паяльника нагревается до температуры 300-350 °С и его тепло передается медному стержню, которым плавят припой и нагревают соединяемые детали.

Промышленностью выпускаются электрические паяльники, рассчитанные на напряжение городской осветительной сети 220 В, а для школ — паяльники, рассчитанные на напряжение 42 В. Это связано с обеспечением безопасности учащихся.

При случайном прикосновении к токоведущим частям паяльника или при его электрическом пробое через тело человека пойдет электрический ток. Этот ток будет тем больше, чем больше электрическое напряжение. Поэтому электропаяльник под напряжением 42 В безопаснее паяльника под напряжением 220 В.





### Устройство дрели электрической

1. Вентиляционная решетка. 8. Редуктор. 2. Регулятор мощности для закручивания винтов/шурупов. 9. Крыльчатка охлаждающего вентилятора. 3. Регулятор скорости/ограничитель крутящего момента. 10. Электрический двигатель. 4. Переключатель ударного действия. 11. Рычаг реверса. 5. Быстрозажимный патрон. 12. Курок. 6. Самоцентрирующиеся кулачки. 13. Фиксатор шнура питания. 7. Крепления патрона. 14. Клеммы шнура питания

# Правила устройства электроустановок



# Глава 1.1. Общая часть



# Основные понятия и определения

**П.1.1.3. Электроустановка (ЭУ)** – это 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 ее в другие виды энергии.

**П.1.1.4. Открытые или наружные ЭУ** - ЭУ, не защищенные зданием от атмосферных воздействий.

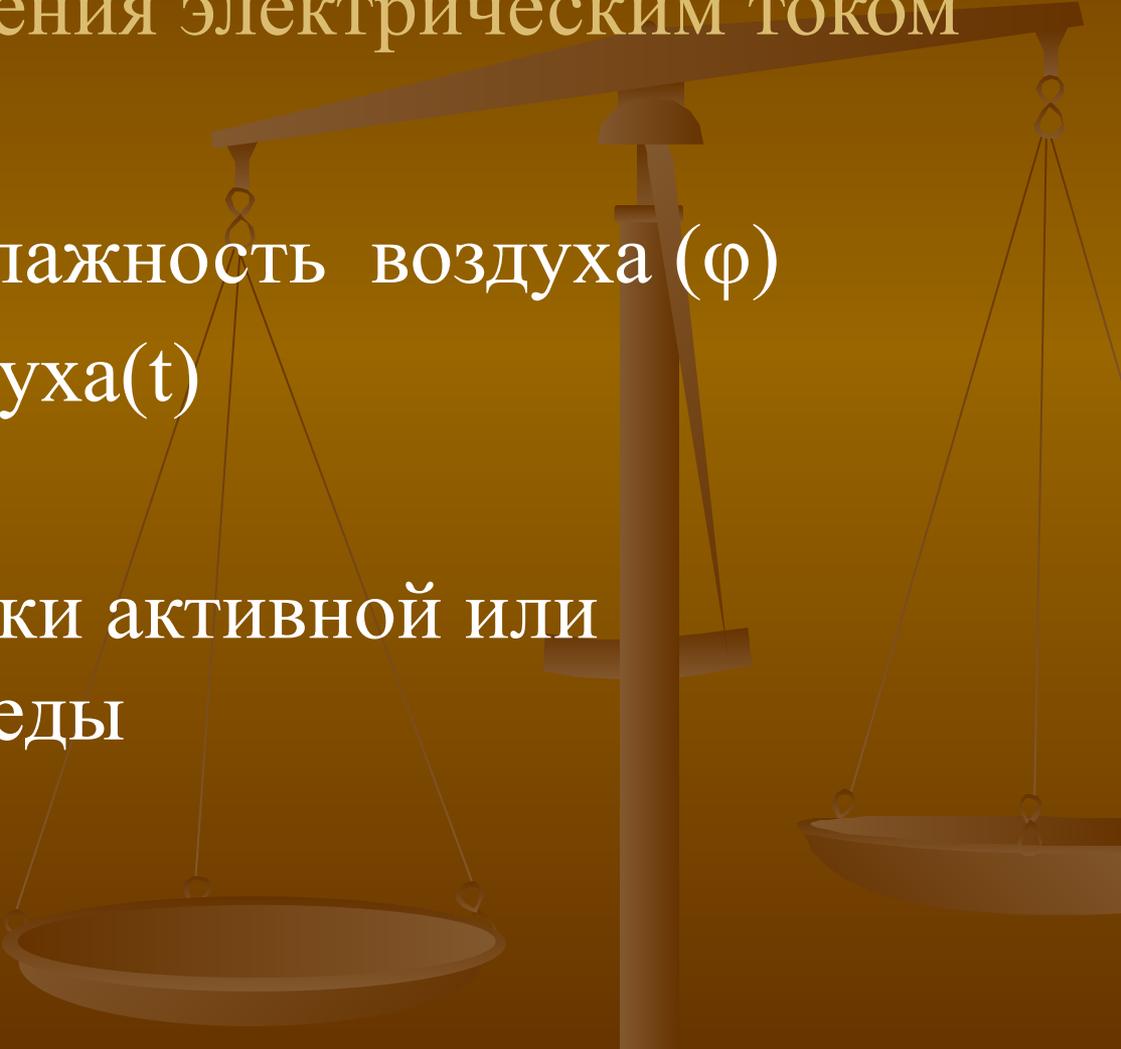
ЭУ, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т.п., рассматриваются как наружные.

**Закрытые или внутренние ЭУ** - ЭУ, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

**П.1.1.5. Электropомещения** - помещения или отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала.

**П.1.1.14. Квалифицированный обслуживающий персонал** - специально подготовленные работники, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности), и имеющие группу по электробезопасности, предусмотренную действующими правилами охраны труда при эксплуатации ЭУ.

# Факторы, применяемые при классификации производственных помещений и влияющие на опасность поражения электрическим током

- относительная влажность воздуха ( $\varphi$ )
  - температура воздуха ( $t$ )
  - наличие пыли
  - наличие химически активной или органической среды
- 

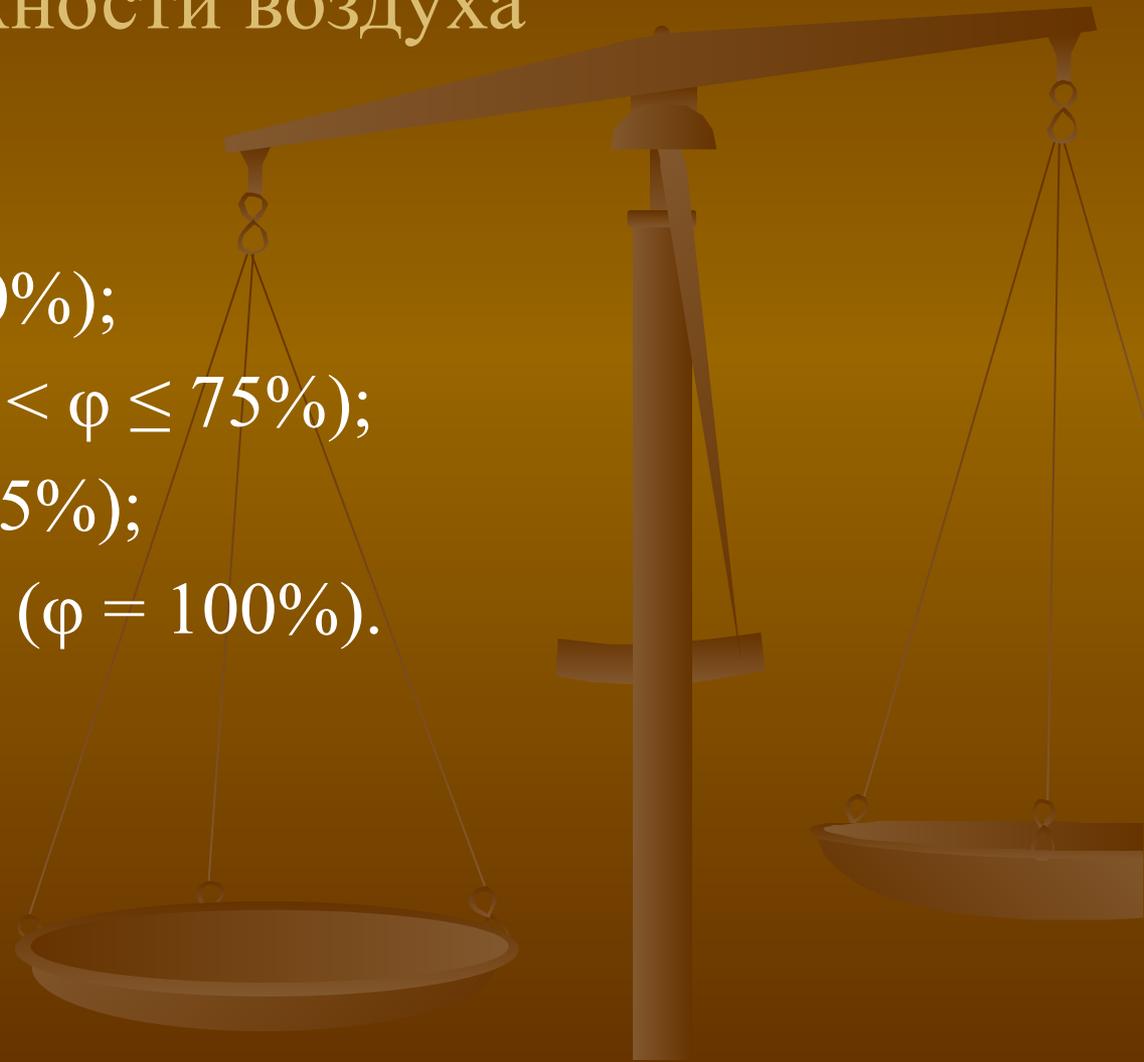
# Классификация производственных помещений по величине относительной влажности воздуха

*П.1.1.5. сухие ( $\varphi \leq 60\%$ );*

*П.1.1.7. влажные ( $60 < \varphi \leq 75\%$ );*

*П.1.1.8. сырые ( $\varphi > 75\%$ );*

*П.1.1.9. особо сырые ( $\varphi = 100\%$ ).*



# Классификация производственных помещений по температуре воздуха

**П.1.1.10. Жаркие помещения** - помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура постоянно или периодически (более 1 суток) превышает  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  (например, помещения с сушилками, обжигательными печами, котельные).

# Классификация производственных помещений по наличию пыли

*П.1.1.11. Пыльные помещения* - помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин и аппаратов и т.п.

Пыльные помещения разделяются на помещения с токопроводящей пылью и помещения с не токопроводящей пылью.

# Классификация производственных помещений по наличию химически активной или органической среды

*П.1.1.12. Помещения с химически активной или органической средой* - помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

# Классификация производственных помещений по степени

## опасности поражения электрическим током (п.1.1.13)

- 1) *помещения без повышенной опасности*, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;
- 2) *помещения с повышенной опасностью*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:
  - сырость или токопроводящая пыль;
  - токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.);
  - высокая температура;
  - возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой;
- 3) *особо опасные помещения*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:
  - особая сырость;
  - химически активная или органическая среда;
  - одновременно два или более условий повышенной опасности;
- 4) территория открытых ЭУ в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к **особо опасным помещениям**.

# Обозначения нулевых проводников

## ***П.1.1.29.***

1. Проводники защитного заземления во всех ЭУ, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, в т.ч. шины, должны иметь буквенное обозначение **РЕ** и цветовое обозначение **чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины (для шин от 15 до 100 мм) желтого и зеленого цветов.**
2. Нулевые рабочие (нейтральные) проводники обозначаются буквой **N** и **голубым цветом.**
3. Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь буквенное обозначение **PEN** и цветовое обозначение: **голубой цвет по всей длине и желто-зеленые полосы на концах.**

## Обозначение шин

**П.1.1.30.** Буквенно-цифровые и цветовые обозначения одноименных шин в каждой ЭУ должны быть одинаковыми.

Шины должны быть обозначены:

1. при переменном трехфазном токе: шины фазы А - желтым, фазы В - зеленым, фазы С - красным цветом;
2. при переменном однофазном токе шина В, присоединенная к концу обмотки источника питания, - красным цветом, шина А, присоединенная к началу обмотки источника питания, - голубым цветом (т.к. она считается нулевой рабочей шиной).

Шины однофазного тока, если они являются ответвлением от шин трехфазной системы, обозначаются как соответствующие шины трехфазного тока;

3. при постоянном токе: положительная шина (+) - красным цветом, отрицательная (-) - синим и нулевая рабочая М - голубым цветом.

# Глава 1.2. Электроснабжение и электрические сети



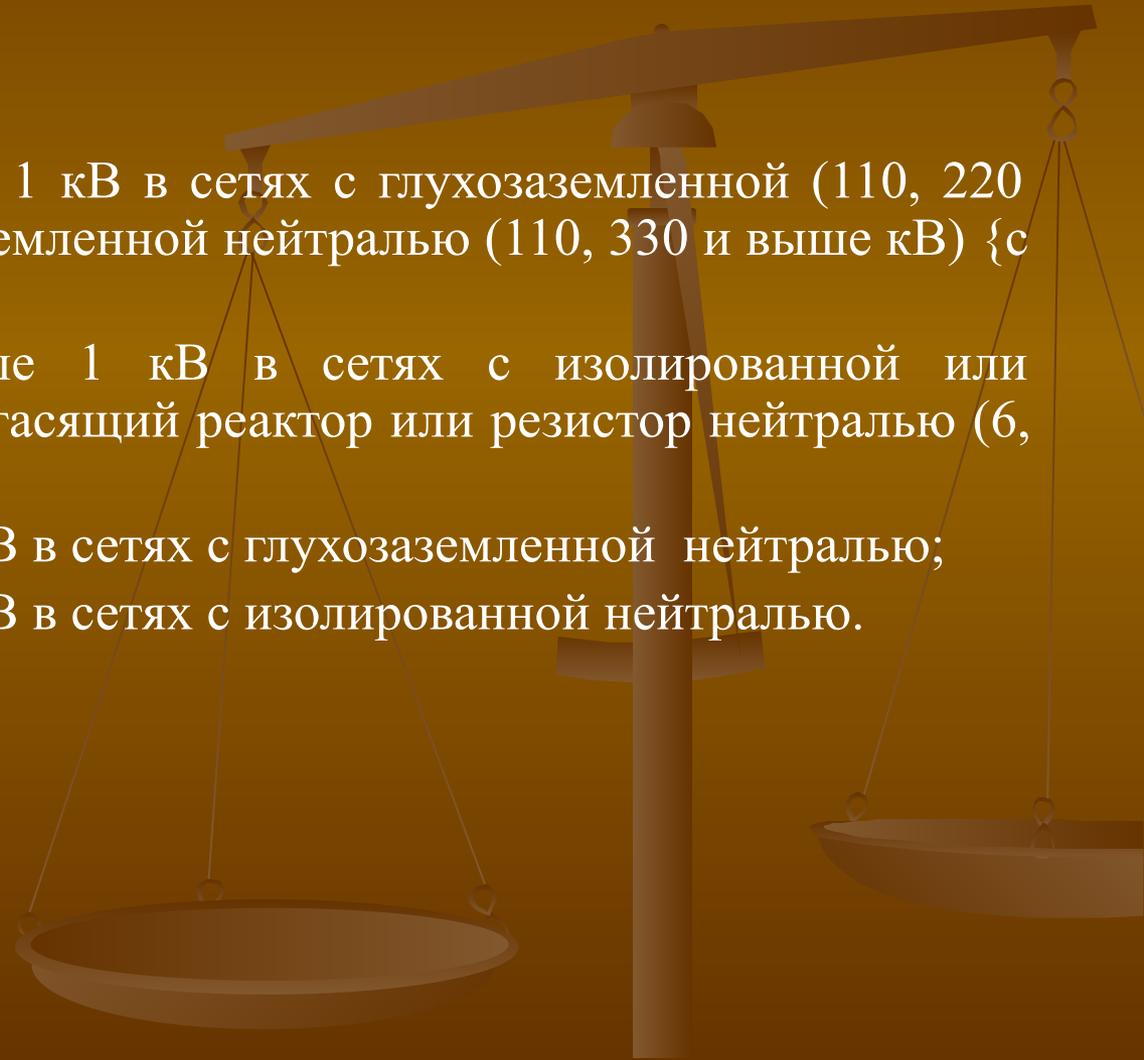
# Глава 1.7. Заземление и защитные меры безопасности



# Классификация ЭУ в отношении мер электробезопасности (по режимам нейтрали)

## П.1.7.2.

1. ЭУ напряжением выше 1 кВ в сетях с глухозаземленной (110, 220 кВ) или эффективно заземленной нейтралью (110, 330 и выше кВ) {с учетом п.1.2.16};
2. ЭУ напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью (6, 10 и 35 кВ);
3. ЭУ напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью;
4. ЭУ напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.



# Система заземления

(классификация ЭУ до 1 кВ по режимам нейтрали)

## П.1.7.3.

1. Система TN - система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников:
  - система TN-C - система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении;
  - система TN-S - система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении;
  - 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;
2. 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;
3. Система TT - система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника

# Термины и определения

Продолжение *П.1.7.3.*

Первая буква - состояние нейтрали источника питания относительно земли:

T - заземленная нейтраль;

I - изолированная нейтраль.

Вторая буква - 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 (после N) буквы - совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

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

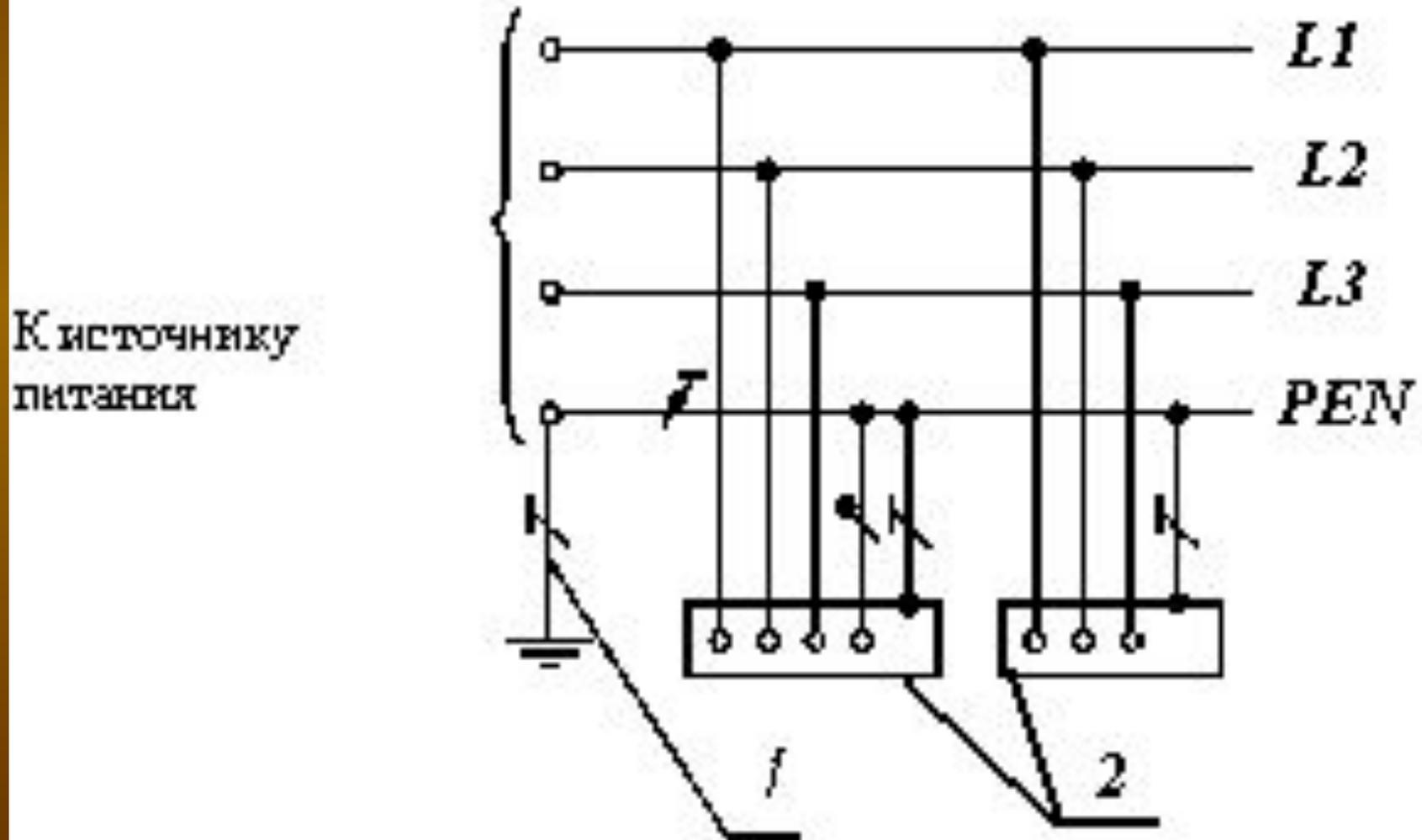
C - функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (PEN-проводник).

N -  - нулевой рабочий (нейтральный) проводник;

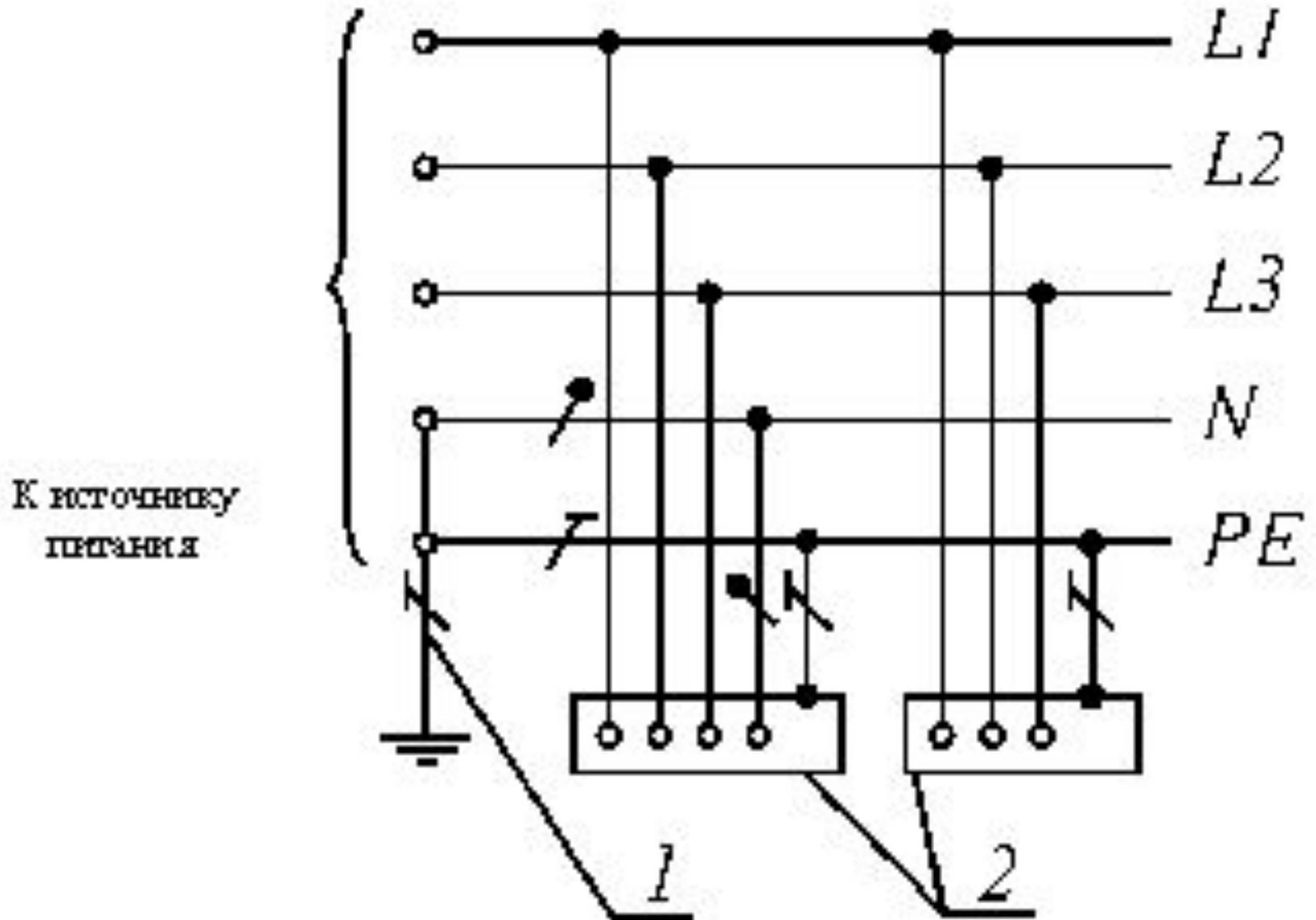
PE -  - защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов);

PEN -  - совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник.

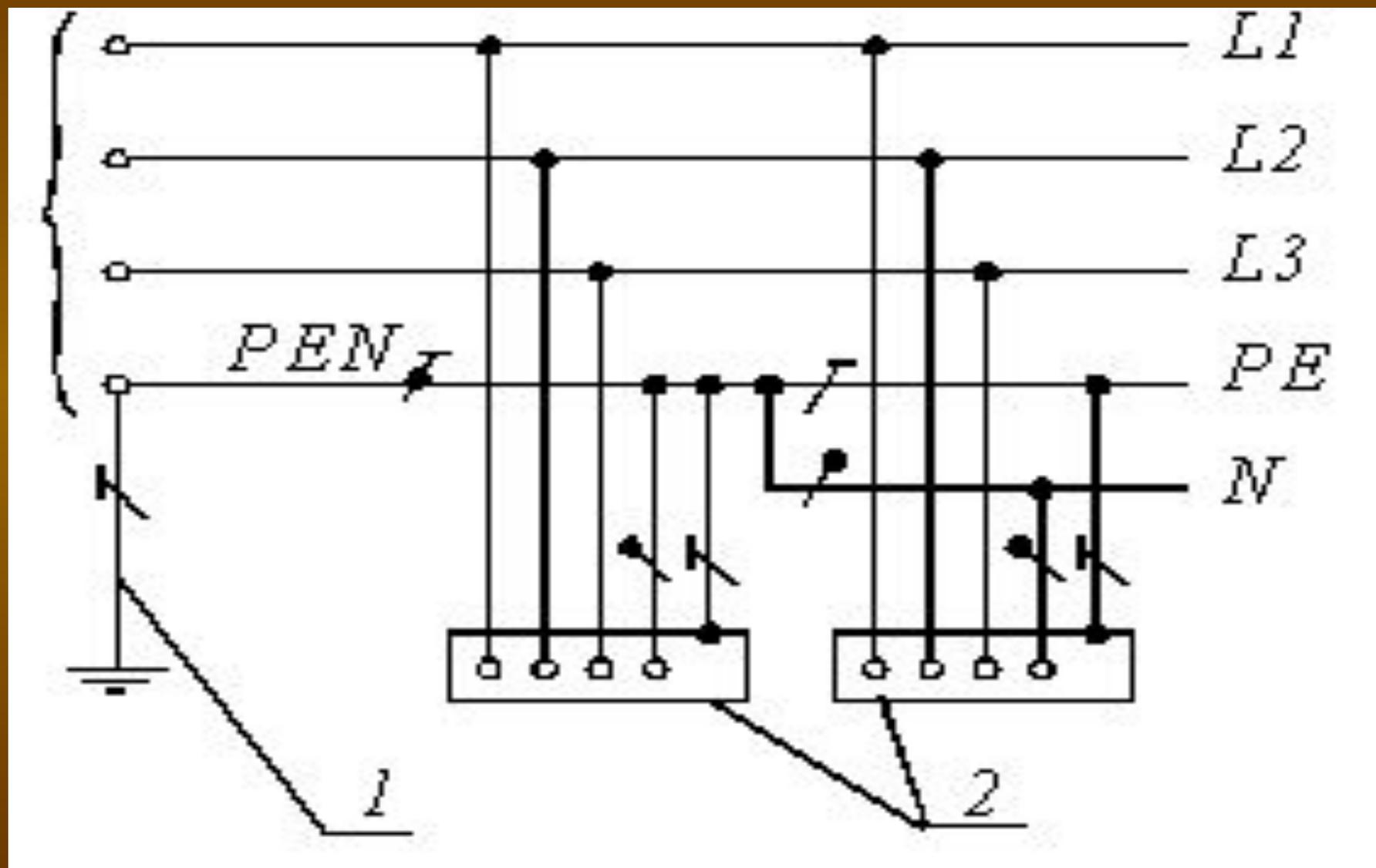
# Система TN-C



# Система TN-S

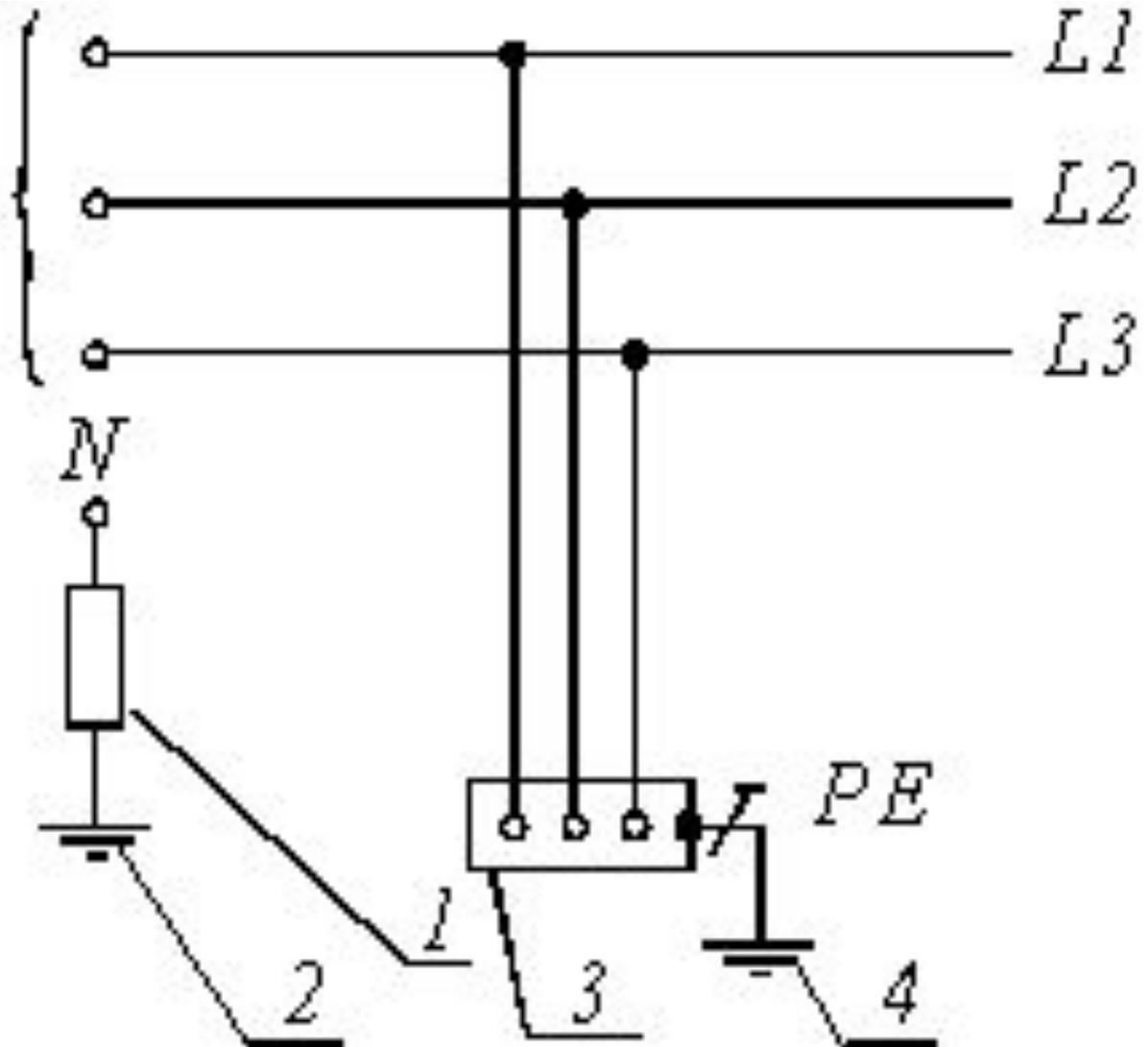


# Система TN-C-S

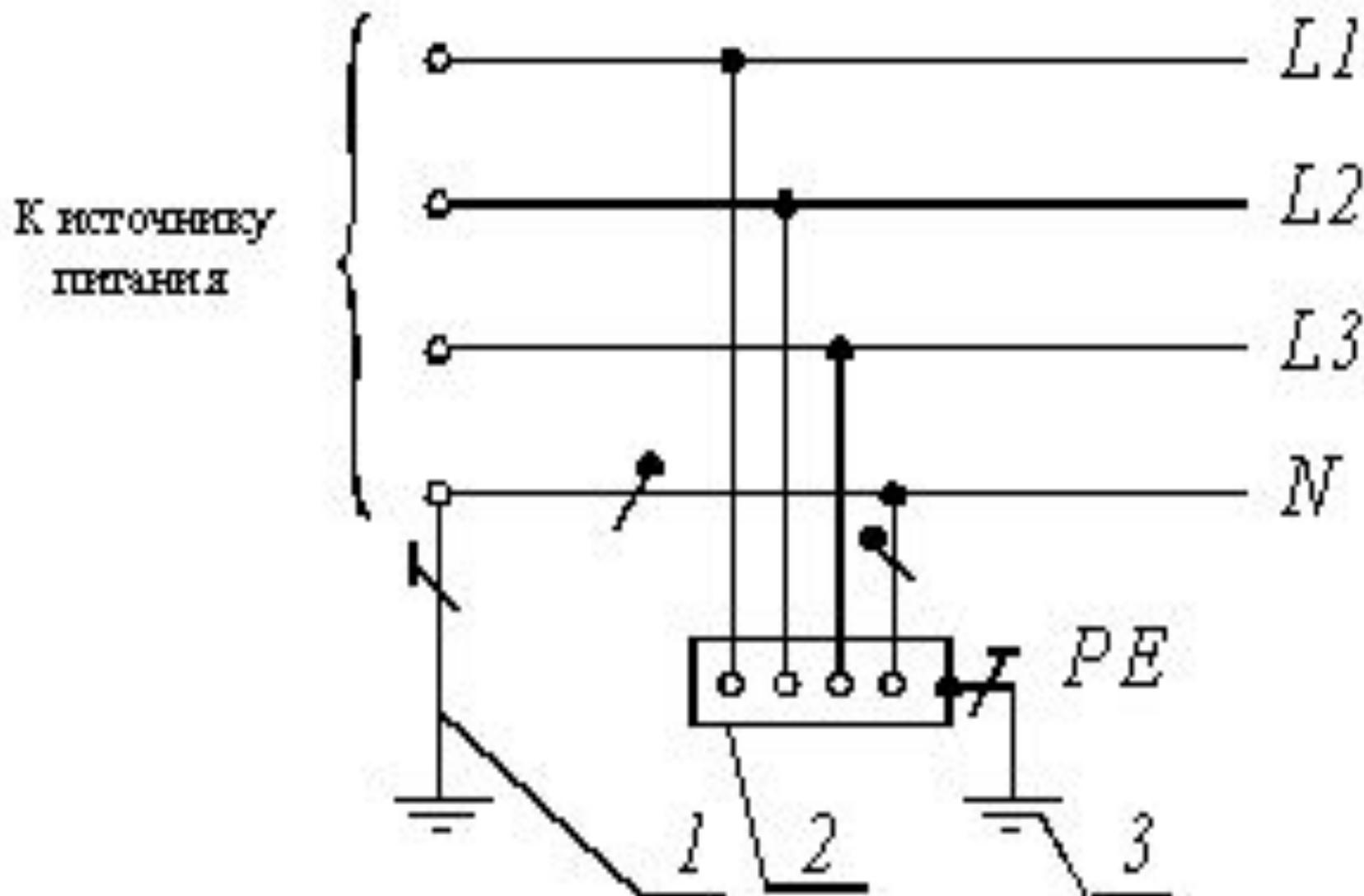


# Система IT

К источнику  
питания



# Система ТТ



# Термины и определения

**П.1.7.24. Напряжение прикосновения** - напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

**П.1.7.25. Напряжение шага** - напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.

**П.1.7.26. Сопротивление заземляющего устройства** - отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.



# Термины и определения

**П.1.7.34. Защитный (РЕ) проводник** - проводник, предназначенный для целей электробезопасности.

**Защитный заземляющий проводник** - защитный проводник, предназначенный для защитного заземления.

**Защитный проводник уравнивания потенциалов** - защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов.

**Нулевой защитный проводник** - защитный проводник в ЭУ до 1 кВ, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника питания.

**П.1.7.35. Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N)** - проводник в ЭУ до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников и соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.

**П.1.7.36. Совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий (PEN) проводник** - проводник в ЭУ напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.

**П.1.7.37. Главная заземляющая шина** - шина, являющаяся частью заземляющего устройства ЭУ до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

# Классификация мер защиты от поражения электрическим током

1. Обязательные мероприятия
2. Меры защиты от прямого прикосновения
3. Меры защиты от косвенного прикосновения



# Определения прямого и косвенного прикосновения

**П.1.7.9. Открытая проводящая часть** – это доступная прикосновению проводящая часть ЭУ, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

**П.1.7.10. Сторонняя проводящая часть** – это проводящая часть, не являющаяся частью ЭУ.

**П.1.7.11. Прямое прикосновение** – это электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.

**П.1.7.12. Косвенное прикосновение** – это электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.

# Обязательные мероприятия

**П.1.1.32** Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением мер защиты, предусмотренных в гл. 1.7, а также следующих мероприятий:

- соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;
- применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
- применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
- применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

# Меры защиты от прямого прикосновения

**П.1.7.50.** Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ при наличии требований других глав ПУЭ следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

# Международные стандарты защиты (IP International Protection )

Согласно DIN 40050, EN 60529, IEC 529.

В соответствии с международными стандартами, электрическое оборудование изготавливается с различными степенями защиты от внешних воздействий, которые идентифицированы международными символами (IP = Международная Защита).

Сокращение "IP" сопровождается номером (числом) с двумя цифрами.

Первая цифра - степень защиты от механических повреждений (проникновения твердых предметов).

Вторая цифра обозначает степень защиты от проникновения влаги.

Защита не предусмотрена, если цифра заменена символом "х".

**Таким образом, чем больше указанное двухзначное число, тем выше степень защиты оборудования от вредного воздействия окружающей среды.**

# Международные стандарты защиты (IP International Protection )

## Первая цифра IP стандарта – защита от механических повреждений

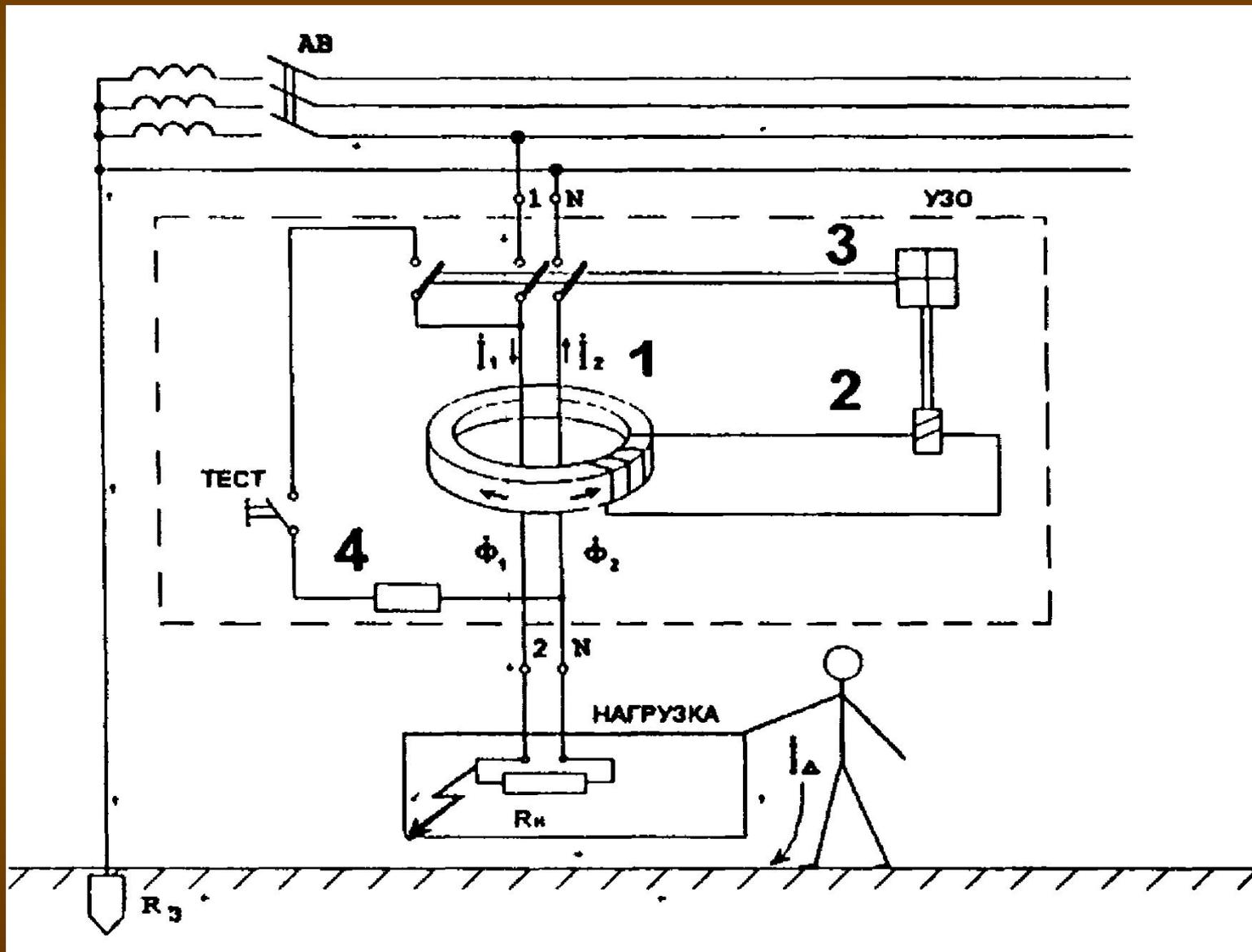
- IP0x** Нет защиты от механических повреждений. Открытая конструкция, никакой защиты от пыли, никакой защиты персонала от прикосновения к токоведущим частям.
- IP1x** Защита от проникновения в конструкцию крупных предметов диаметром более 50 мм. Частичная защита от случайного касания токоведущих частей человеком (защита от касания ладонью).
- IP2x** Защита конструкции от проникновения внутрь предметов диаметром более 12 мм. Защита от прикосновения пальцами к токоведущим частям.
- IP3x** Конструкция не допускает проникновения внутрь предметов диаметром более 2,5 мм. Защита персонала от случайного касания токоведущих частей инструментом или пальцами.
- IP4x** В конструкцию не могут попасть предметы диаметром более 1 мм. Конструкция защищает от прикосновения пальцами или инструментом к токоведущим частям изделия.
- IP5x** Снижена возможность проникновения пыли внутрь корпуса изделия. Полная защита от прикосновения к токоведущим частям оборудования.
- IP6x** Пыленепроницаемость. Никакая пыль не может проникать внутрь конструкции.

# Международные стандарты защиты (IP International Protection )

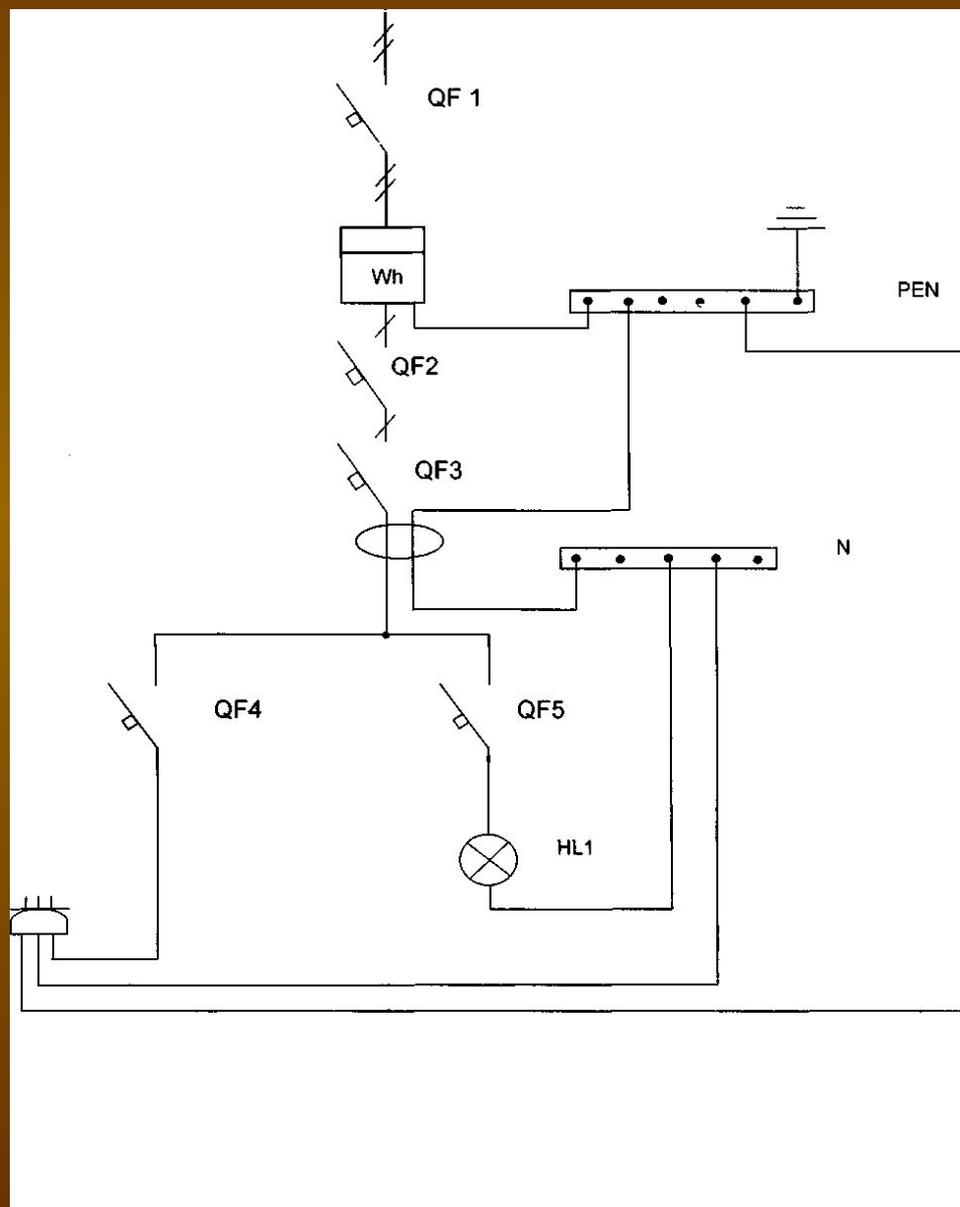
**Вторая цифра IP стандарта – защита от проникновения внутрь корпуса  
влаги или воды**

- IPx0** Нет защиты от проникновения внутрь корпуса влаги
- IPx1** Защита от вертикально падающих капель воды
- IPx2** Защита от брызг воды, с углом отклонения до 15 град от вертикали
- IPx3** Защита от брызг воды, с углом отклонения до 60 град от вертикали
- IPx4** Защита от водяных брызг с любого направления
- IPx5** Защита от водяных потоков с любого направления
- IPx6** Защита от водяных потоков или сильных струй с любого направления
- IPx7** Защита при частичном или кратковременном погружении в воду на глубину до 1 м
- IPx8** Защита при полном и длительном погружении в воду на глубину более 1 м

# Устройство защитного отключения (УЗО)



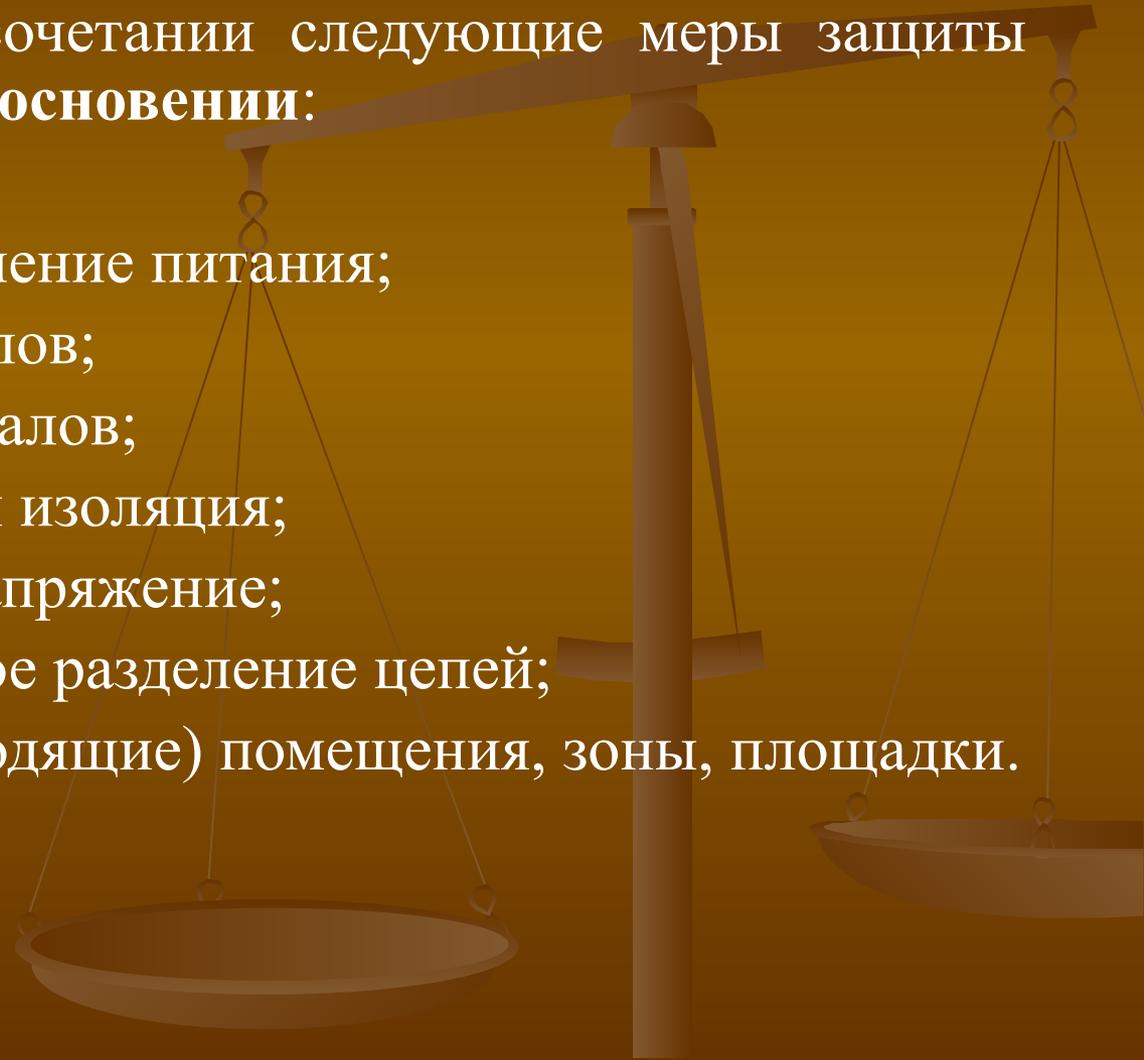
# Пример подключения УЗО



# Меры защиты от косвенного прикосновения

**П.1.7.51.** Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

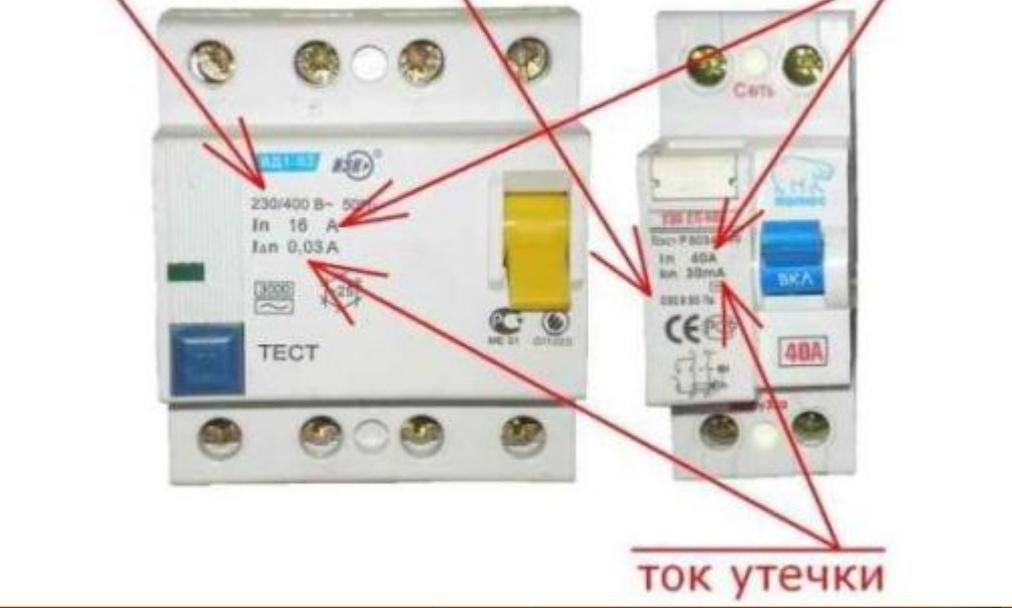
- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.



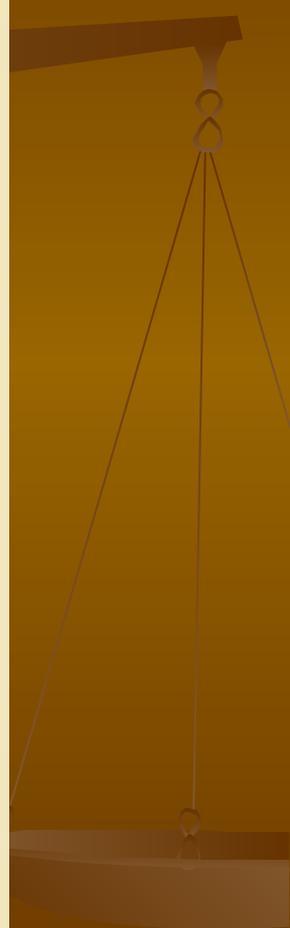
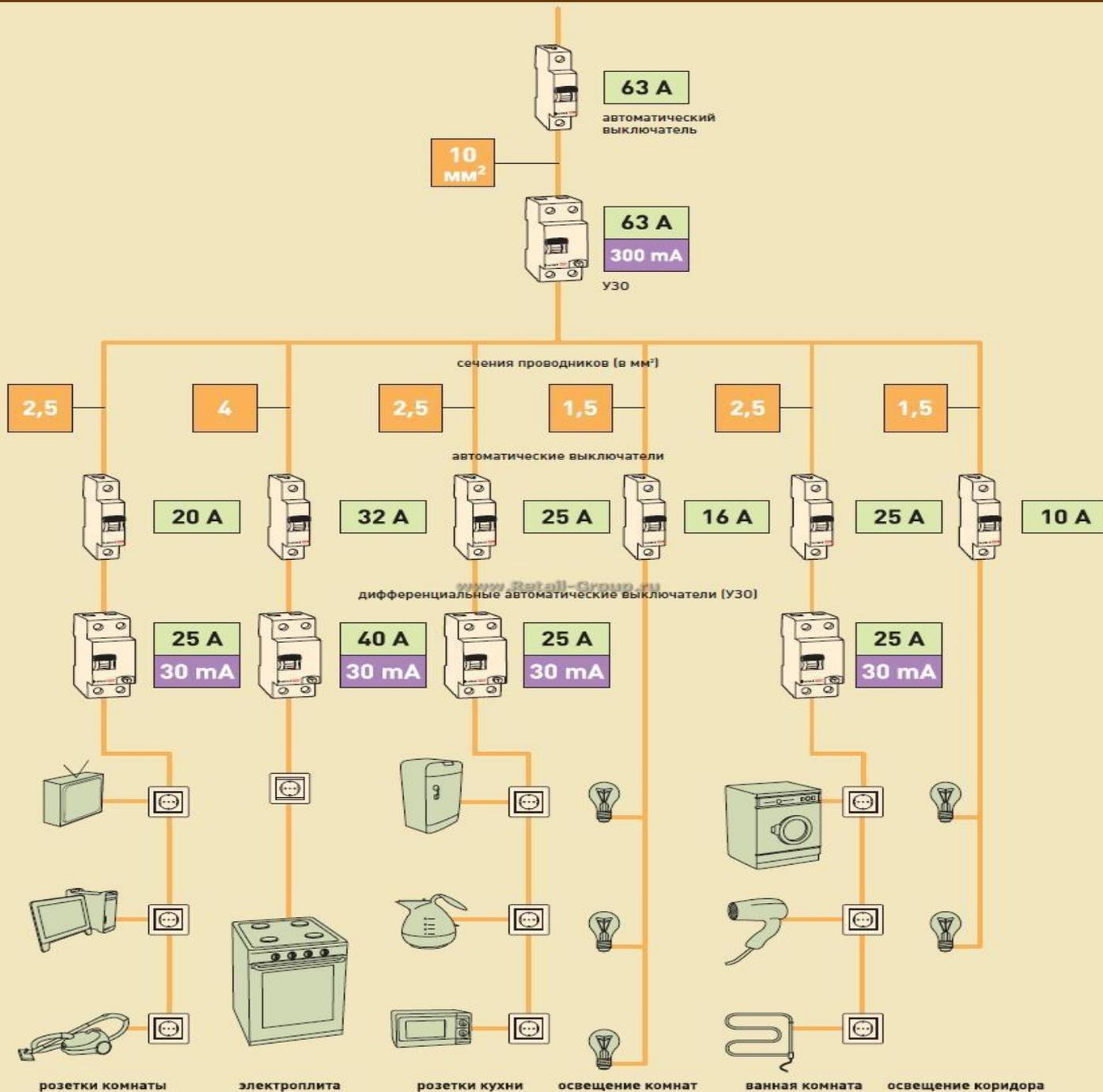


рабочее напряжение

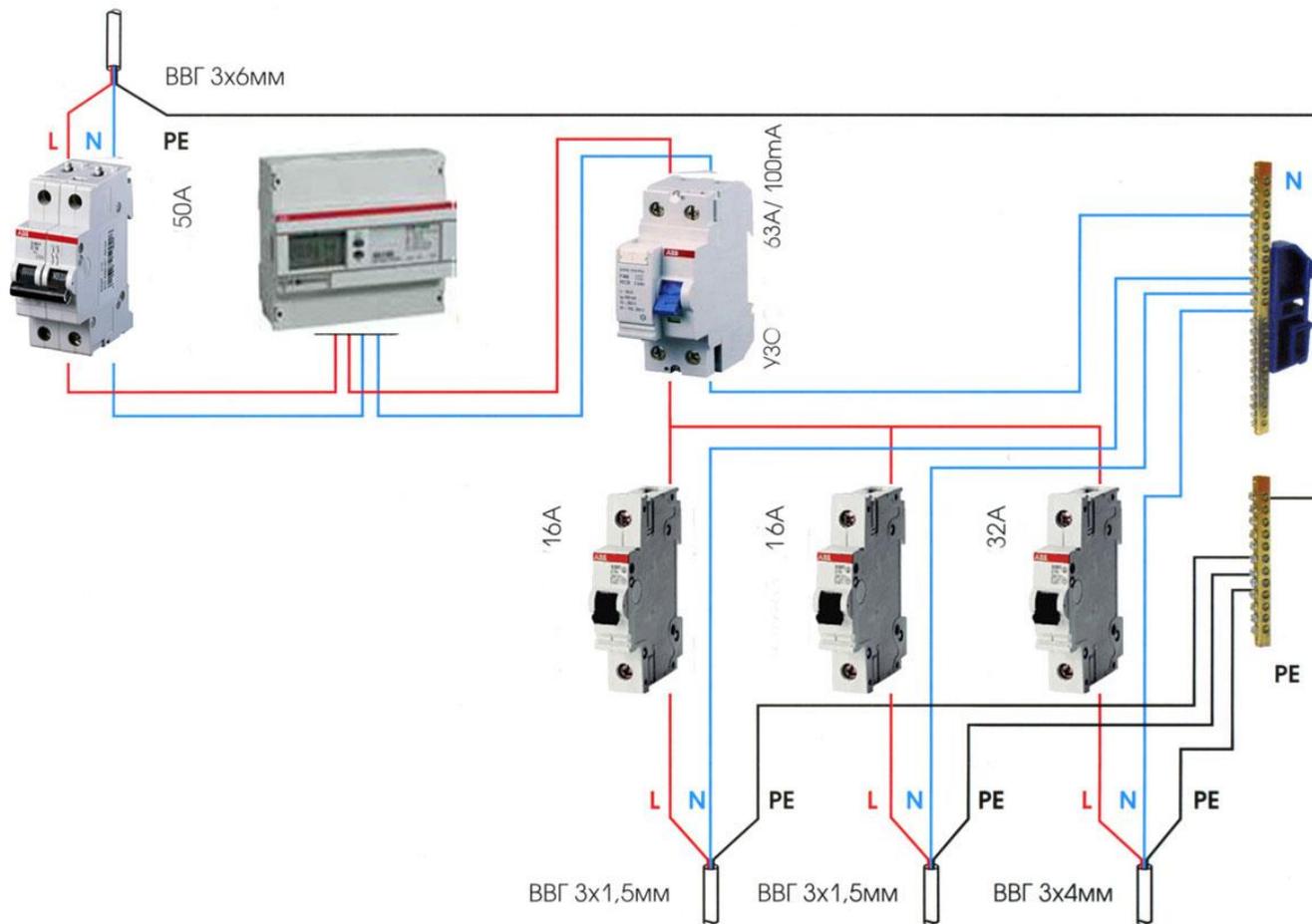
номинальный ток



ток утечки



# Схема подключения УЗО и автоматов



# Классификация заземлений

**П.1.7.28. Заземление** – это преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, ЭУ или оборудования с заземляющим устройством.

По назначению:

1. **П.1.7.30.** Рабочее (функциональное) заземление – это заземление точки или точек токоведущих частей ЭУ, выполняемое для обеспечения работы ЭУ (не в целях электробезопасности).
2. **П.1.7.29.** Защитное заземление – это заземление, выполняемое в целях электробезопасности.
3. Повторное заземление нулевого провода – это заземление нулевого провода, выполняемое отдельно от заземления нейтрали для снижения напряжения прикосновения в аварийных режимах (замыкании на корпус и обрывах нулевого провода).

# Классификация заземлений

По расположению заземлителей:

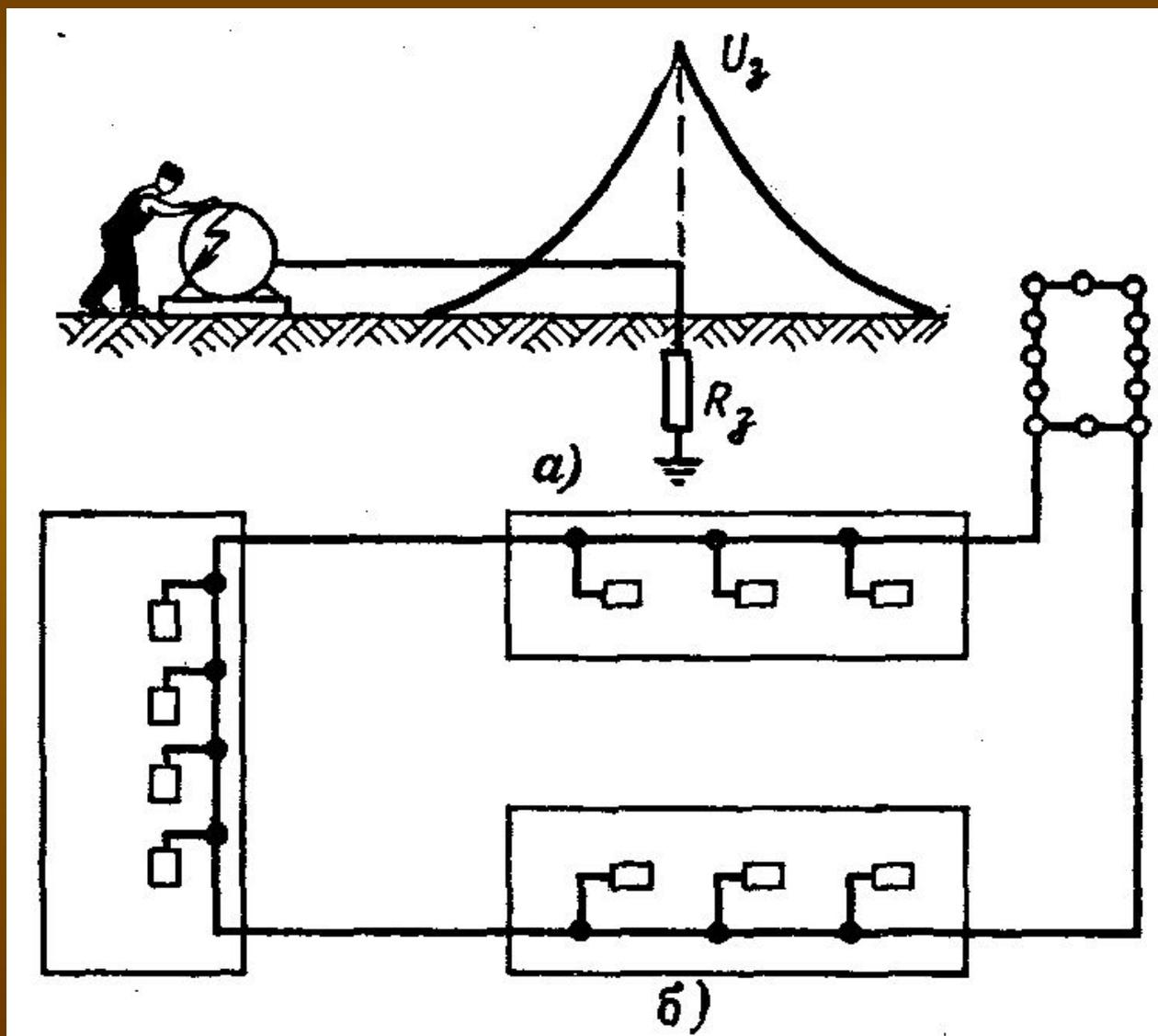
1. **Выносное заземление** – заземлители расположены на некотором удалении от заземляемого оборудования.

Защищает только за счет малого сопротивления заземления.

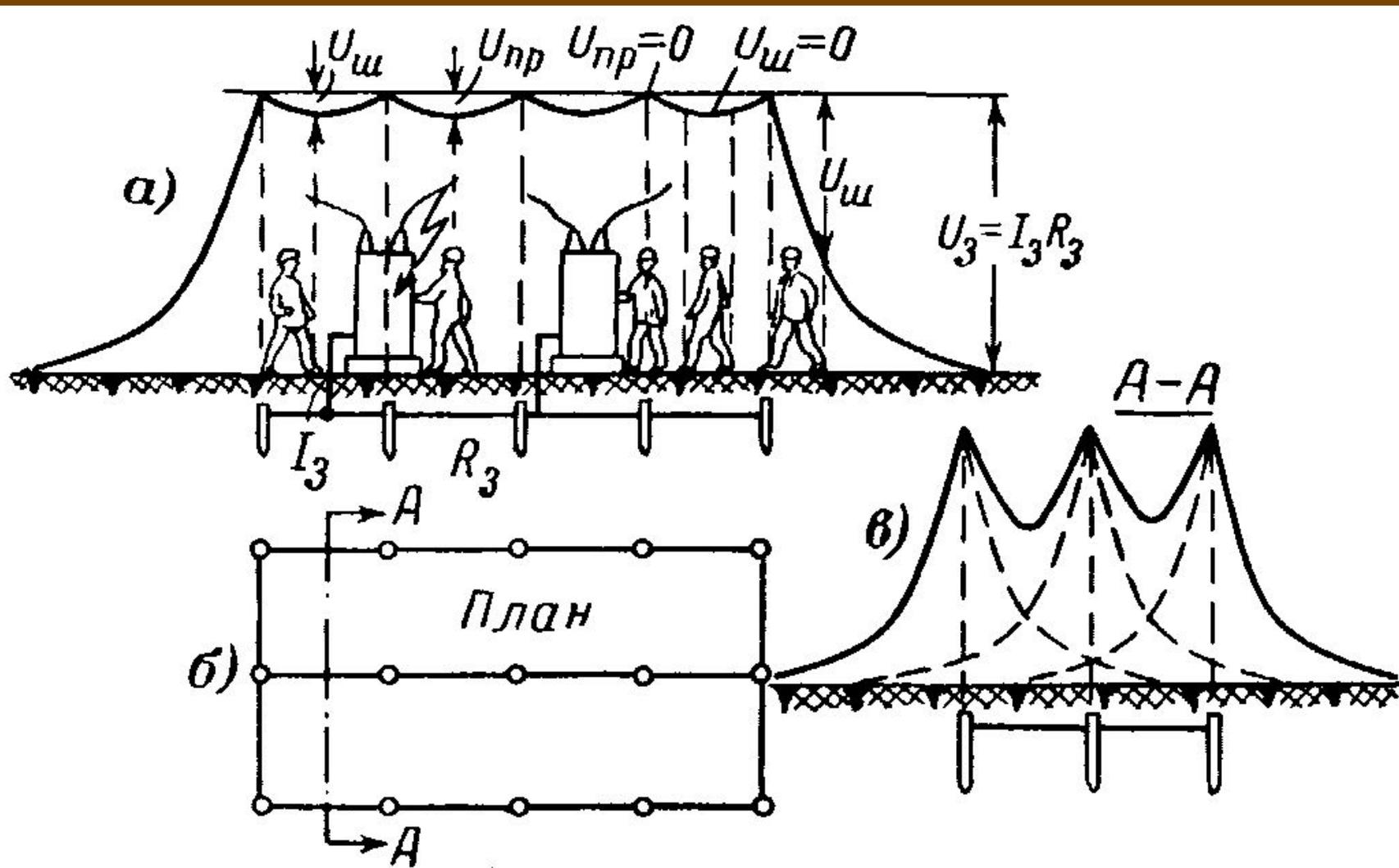
2. **Контурное заземление** – заземлители расположены по контуру вокруг заземленного оборудования на небольшом (несколько метров) расстоянии друг от друга.

Защищает за счет наличия значительного потенциала на поверхности земли внутри контура при однофазном замыкании на землю, и как следствие снижения напряжения прикосновения.

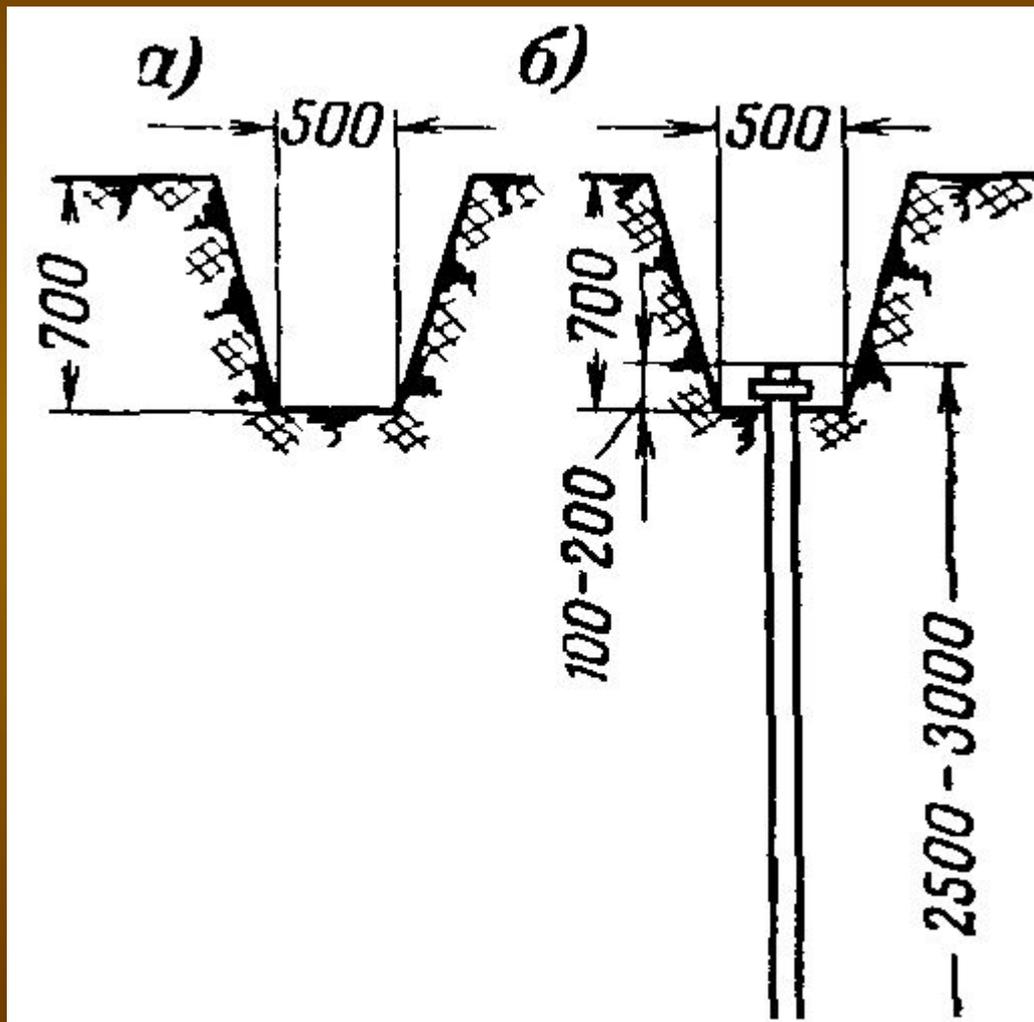
# ВЫНОСНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ



# КОНТУРНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ



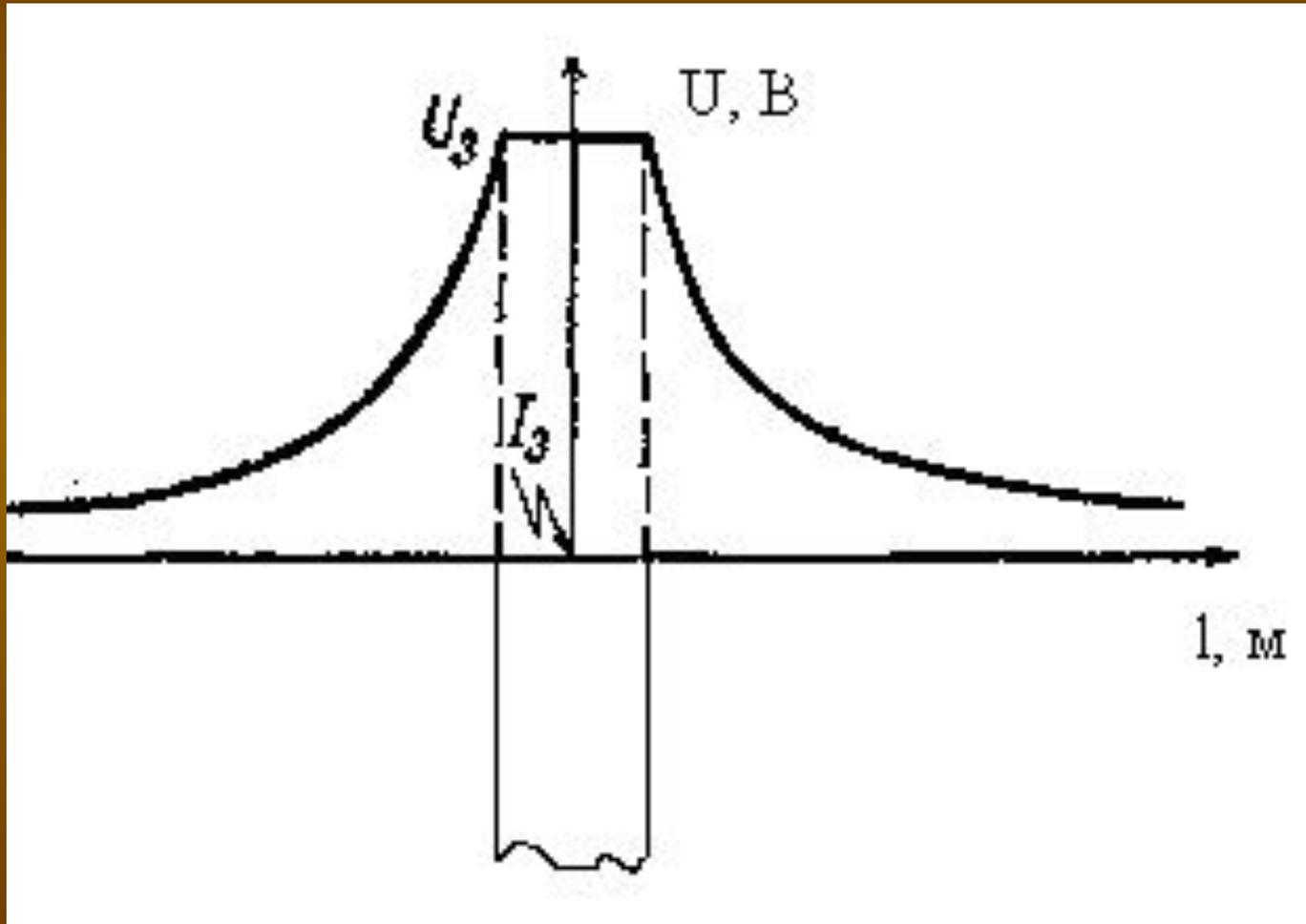
# УСТАНОВКА ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ В ГРУНТЕ



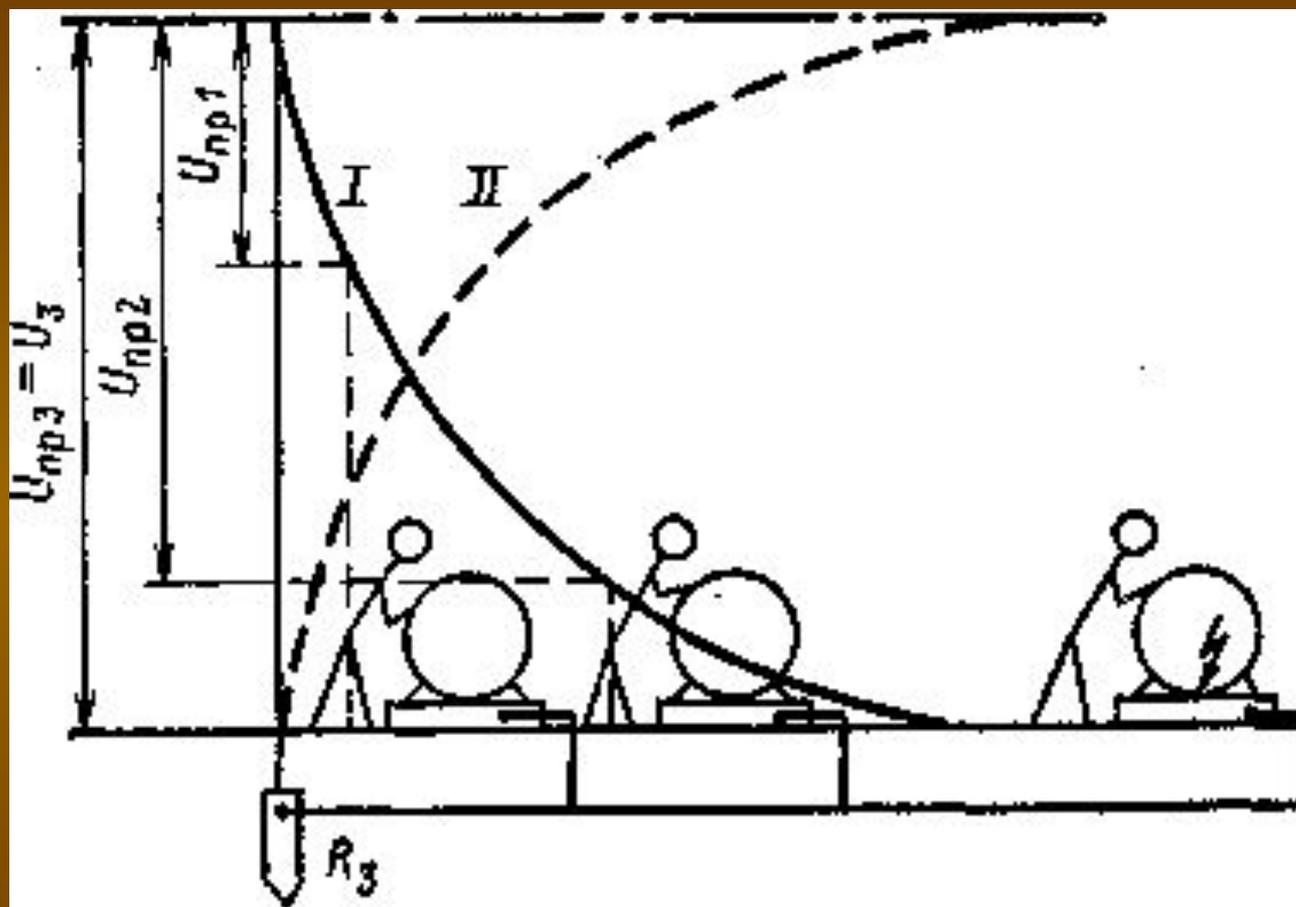
# Явления при растекании тока в земле



# Растекание тока замыкания в земле



# Напряжение прикосновения к заземленным нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением



II - кривая распределения напряжения прикосновения.

# Защитное заземление

**Защитное действие** заземления заключается в создании цепи параллельной протеканию тока через человека на землю при пробое фазной изоляции на корпус электроустановки.

При этом сопротивление заземления составляет 4 Ом, а расчетное сопротивление тела человека 1000 Ом.

Ток на землю перераспределится, большая часть потечет через заземление. Человек останется жив.

Защитное заземление может быть эффективным только в том случае, если ток замыкания на землю не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления.

Это возможно в сетях с **изолированной нейтралью** напряжением до и выше 1 кВ, где при глухом замыкании на землю или на заземленный корпус ток практически не зависит от величины сопротивления заземления.

# Защитное заземление

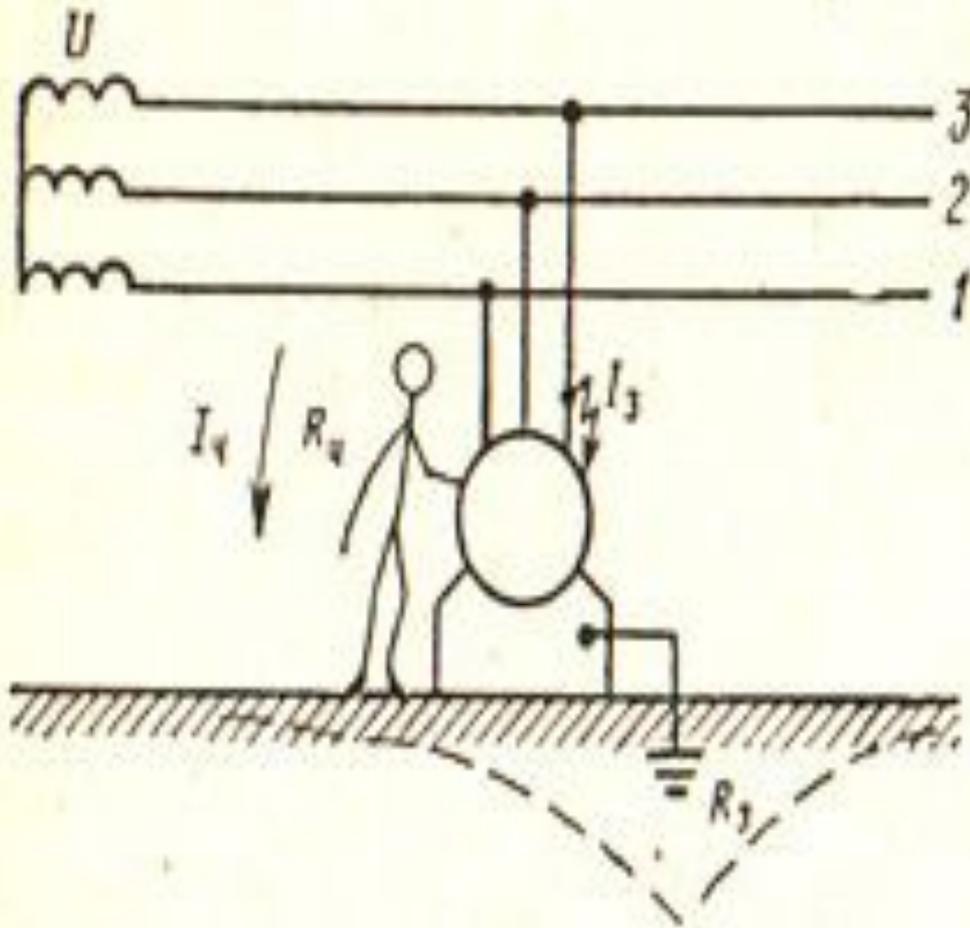


Рис. 17.1. Схема защитного заземления

## Область применения защитного заземления

Защитное заземление может быть эффективным только в том случае, если ток замыкания на землю не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления.

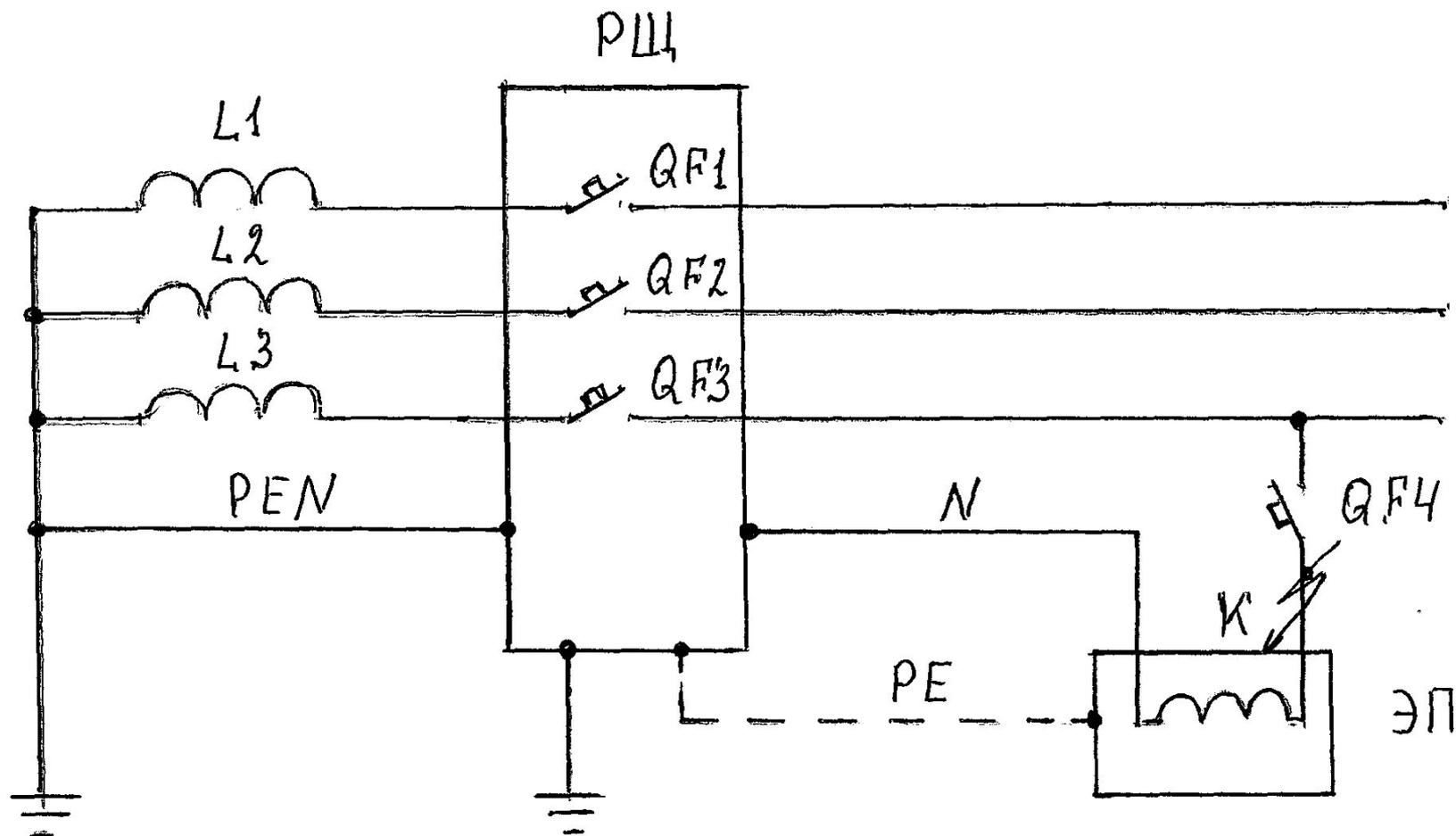
1. Это возможно в сетях с **изолированной нейтралью напряжением до и выше 1 кВ**, где при глухом замыкании на землю или на заземленный корпус ток практически не зависит от величины сопротивления заземления.
2. Защитное заземление применяется также в сетях с большими токами замыкания на землю, т. е. в сетях **напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью**. В последнем случае замыкание на землю является коротким замыканием, при этом срабатывает максимальная токовая защита.
3. В сети с **глухозаземленной нейтралью напряжением до 1 кВ** ток замыкания на землю тем больше, чем меньше сопротивление заземления, что значительно снижает эффективность защитного заземления. Поэтому, в таких сетях защитное заземление применяется совместно с автоматическим отключением питания (защитным занулением).

# Защитное автоматическое отключение питания

**П.1.7.38. Защитное автоматическое отключение питания** – это автоматическое размыкание цепи одного или нескольких фазных проводников (и, если требуется, нулевого рабочего проводника), выполняемое в целях электробезопасности.

**П.1.7.31. Защитное зануление в ЭУ** напряжением до 1 кВ – это преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

# Защитное зануление



# Предохранитель

Основными элементами предохранителя являются плавкая вставка, включаемая в рассечку защищаемой цепи, и дугогасительное устройство, гасящее дугу, возникающую после плавления вставки.

Предохранитель ПН-2



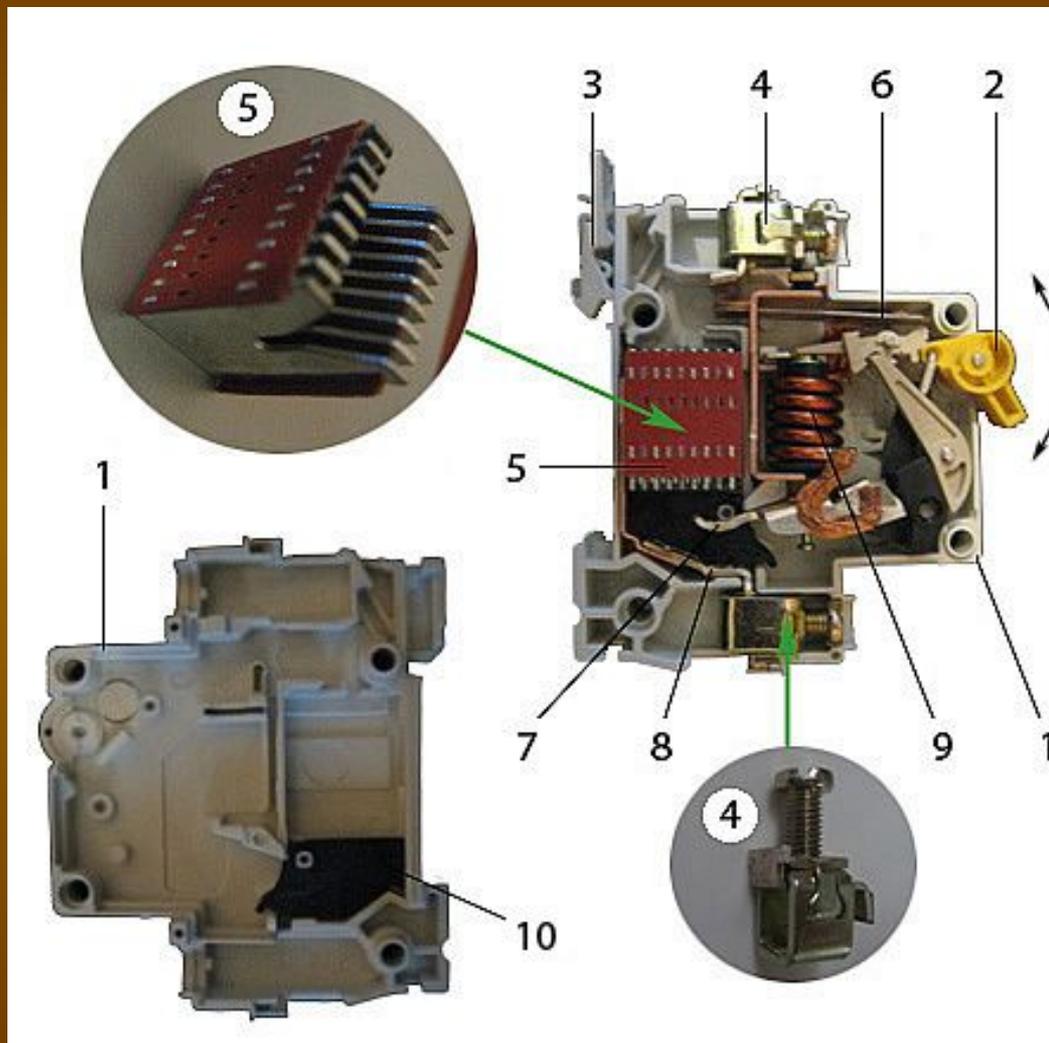
Предохранитель ПР-2



Плавкие вставки



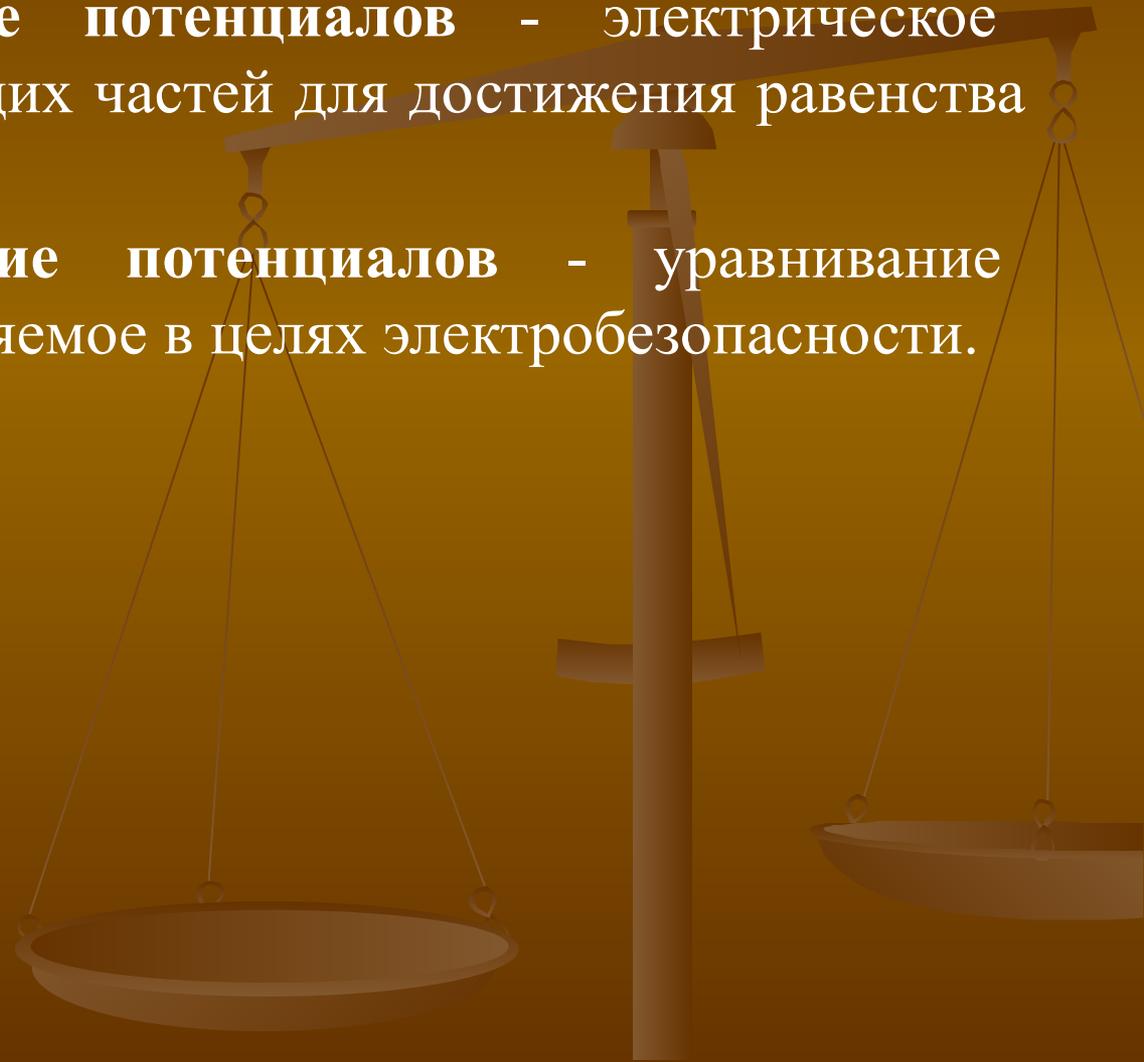
# Устройство автоматического выключателя

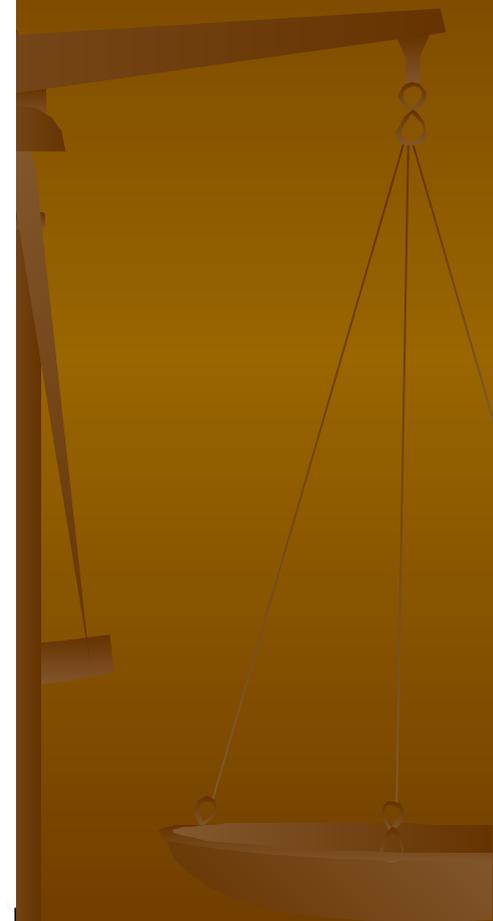
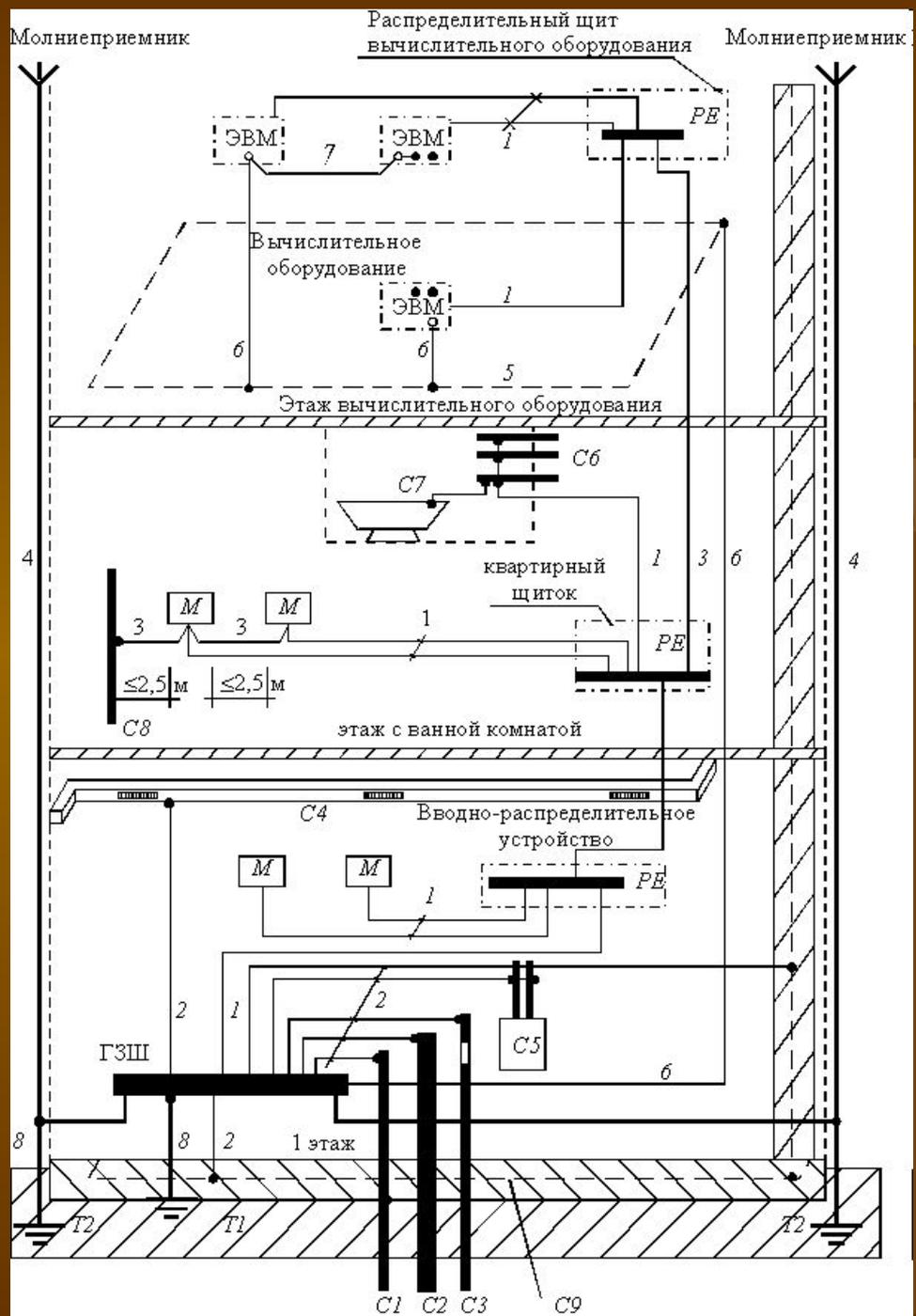


# Уравнивание потенциалов

**П.1.7.32. Уравнивание потенциалов** - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

**Защитное уравнивание потенциалов** - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.





# Система уравнивания потенциалов в здании

М - открытая проводящая часть;

С1 - металлические трубы водопровода, входящие в здание;

С2 - металлические трубы канализации, входящие в здание;

С3 - металлические трубы газоснабжения с изолирующей вставкой на вводе, входящие в здание;

С4 - воздуховоды вентиляции и кондиционирования;

С5 - система отопления;

С6 - металлические водопроводные трубы в ванной комнате;

С7 - металлическая ванна;

С8 - сторонняя проводящая часть в пределах досягаемости от открытых проводящих частей;

С9 - арматура железобетонных конструкций;

ГЗШ - главная заземляющая шина;

Т1 - естественный заземлитель; Т2 - заземлитель молниезащиты (если имеется);

1 - нулевой защитный проводник;

2 - проводник основной системы уравнивания потенциалов;

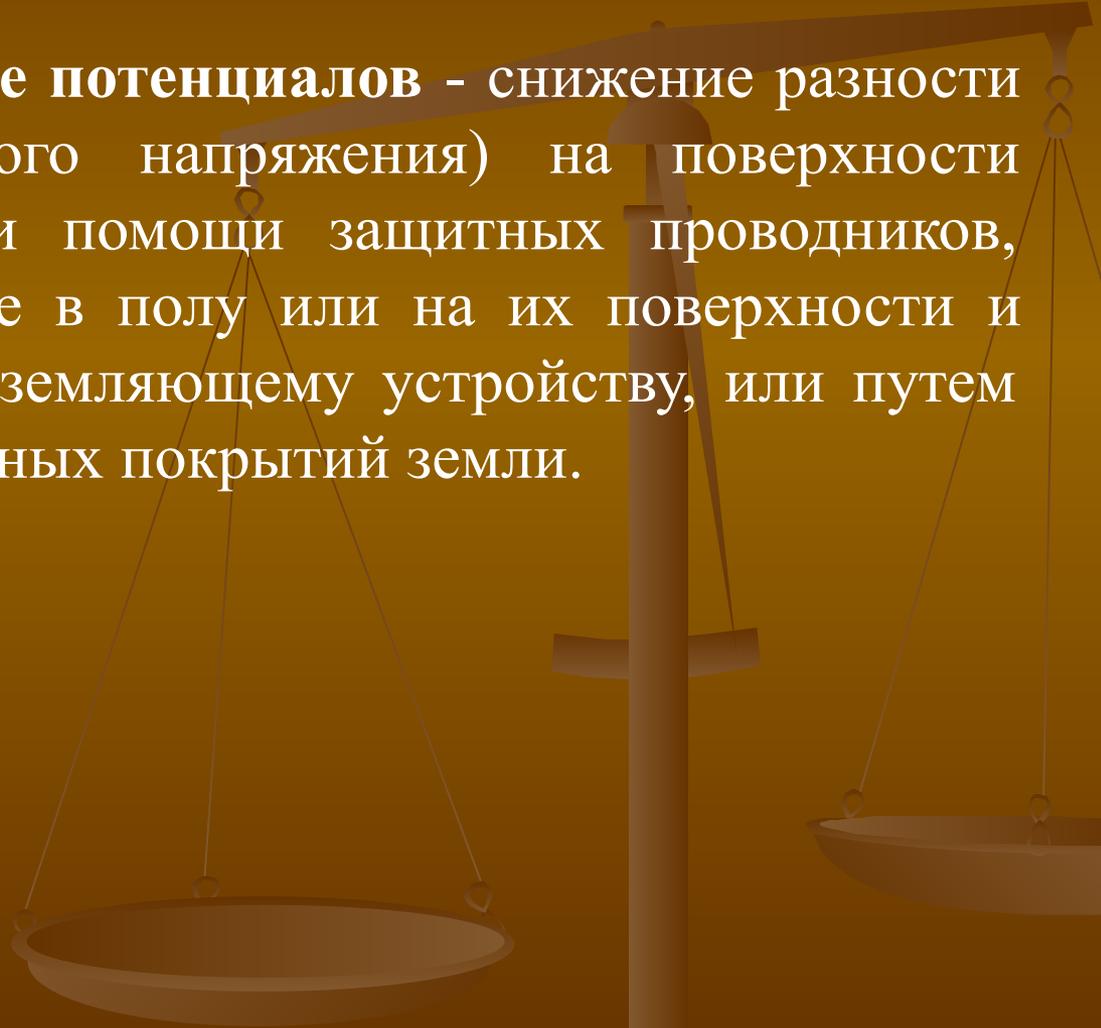
3 - проводник дополнительной системы уравнивания потенциалов;

4 - токоотвод системы молниезащиты;

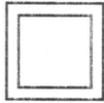
5 - контур (магистраль) рабочего заземления в помещении информационного вычислительного оборудования; 6 - проводник рабочего (функционального) заземления; 7 - проводник уравнивания потенциалов в системе рабочего (функционального) заземления; 8 - заземляющий проводник.

# Выравнивание потенциалов

**П.1.7.33. Выравнивание потенциалов** - снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.



# Применение электрооборудования в электроустановках напряжением до 1 кВ

Класс	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановках
Класс 0	-	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях. 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника.
Класс I	Защитного зажима знаком  Или буквами PE, или желто-зелеными полосами	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки
Класс II	Знаком 	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс III	Знаком 	От прямого и косвенного прикосновений	Питание от безопасного разделительного трансформатора

# Нормирование сопротивления заземления



# Заземляющие устройства ЭУ до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью

**П.1.7.101.** Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генератора или трансформатора или выводы источника однофазного тока, в любое время года должно быть не более **2, 4 и 8 Ом** соответственно при линейных напряжениях **660, 380 и 220 В** источника трехфазного тока или **380, 220 и 127 В** источника однофазного тока.

**Сопротивление заземлителя**, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более **15, 30 и 60 Ом** соответственно при линейных напряжениях **660, 380 и 220 В** источника трехфазного тока или **380, 220 и 127 В** источника однофазного тока.

При удельном сопротивлении земли  $\rho > 100$  Ом·м допускается увеличивать указанные нормы в  $0,01 \rho$  раз, но не более десятикратного.

# Естественные заземлители

**П.1.7.109.** В качестве естественных заземлителей могут быть использованы:

- 1) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;
- 2) металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
- 3) обсадные трубы буровых скважин;
- 4) металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т.п.;
- 5) рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами;
- 6) другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения;
- 7) металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле. Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при количестве кабелей не менее двух.

Алюминиевые оболочки кабелей использовать в качестве заземлителей не допускается.

# Наименьшие размеры искусственных заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	Толщина стенки, мм
Сталь черная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей,	16	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	100	4
	Угловой	-	100	4
Трубный	32	-	3,5	
Сталь оцинкованная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей,	12	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	75	3
Трубный	25	-	2	
Медь	Круглый	12	-	-
	Прямоугольный	-	50	2
	Трубный	20	-	2
	Канат многопроволочный	1,8*	35	-

## Заземляющие проводники

**П.1.7.113.** Сечения заземляющих проводников в ЭУ напряжением до 1 кВ должны соответствовать требованиям 1.7.126 к защитным проводникам.

**П.1.7.115.** В ЭУ напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников сечением до 25 кв.мм по меди или равноценное ему из других материалов должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников. Как правило, не требуется применение медных проводников сечением более 25 кв.мм, алюминиевых - 35 кв.мм, стальных - 120 кв.мм.

**П.1.7.116.** Для выполнения измерений сопротивления заземляющего устройства в удобном месте должна быть предусмотрена возможность отсоединения заземляющего проводника. В ЭУ напряжением до 1 кВ таким местом, как правило, является главная заземляющая шина. Отсоединение заземляющего проводника должно быть возможно только при помощи инструмента.

**П.1.7.117.** Заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в ЭУ напряжением до 1 кВ, должен иметь сечение не менее: медный - 10 кв.мм, алюминиевый - 16 кв.мм, стальной - 75 кв.мм.

**П.1.7.118.** У мест ввода заземляющих проводников в здания должен быть предусмотрен опознавательный знак 

# Защитные проводники (РЕ-проводники)

**П.1.7.121.** В качестве РЕ-проводников в ЭУ напряжением до 1 кВ могут использоваться:

1) специально предусмотренные проводники:

- жилы многожильных кабелей;
- изолированные или неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами;
- стационарно проложенные изолированные или неизолированные проводники;

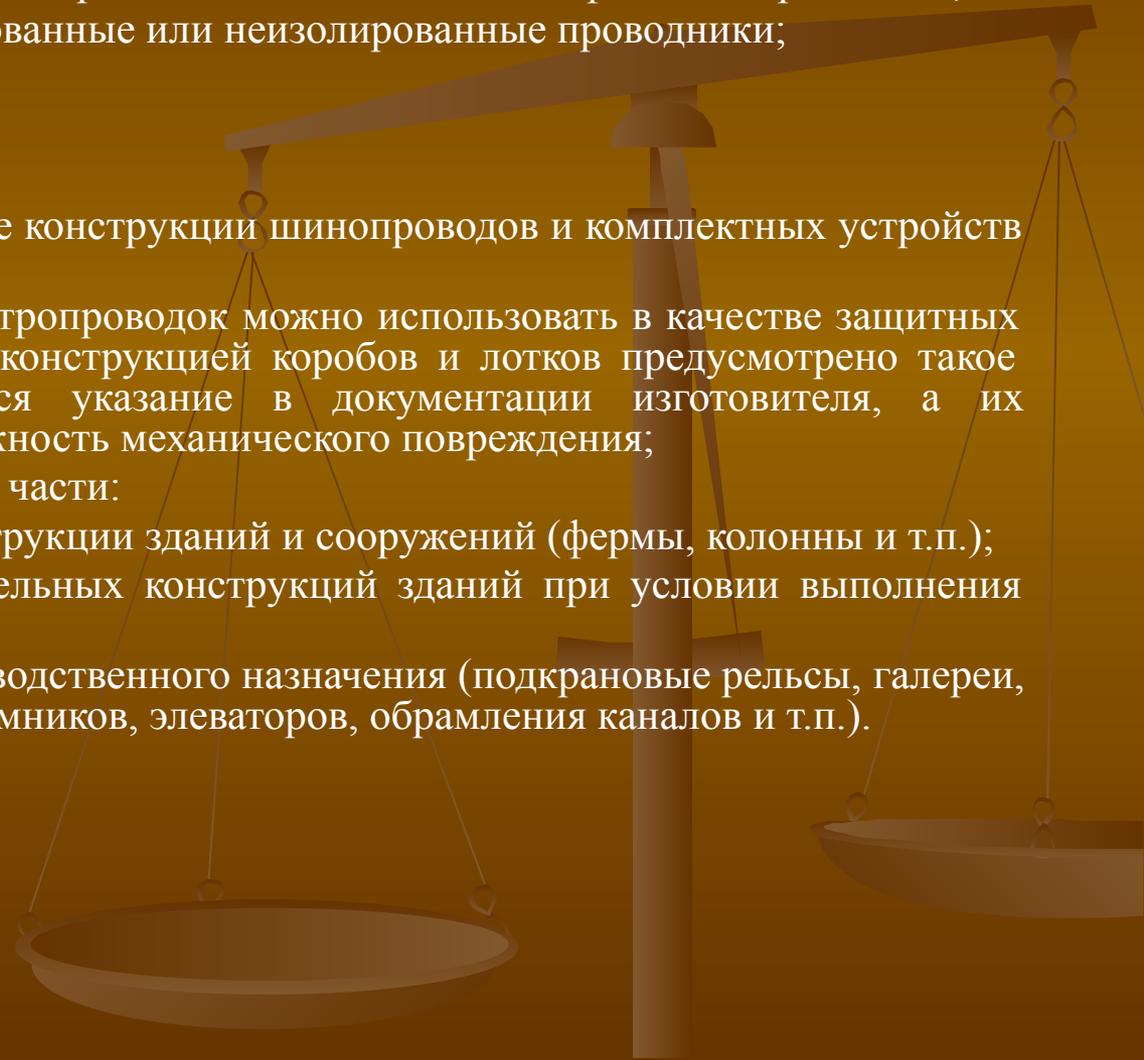
2) открытые проводящие части ЭУ:

- алюминиевые оболочки кабелей;
- стальные трубы электропроводок;
- металлические оболочки и опорные конструкции шинпроводов и комплектных устройств заводского изготовления.

Металлические корпуса и лотки электропроводок можно использовать в качестве защитных проводников при условии, что конструкцией корпусов и лотков предусмотрено такое использование, о чем имеется указание в документации изготовителя, а их расположение исключает возможность механического повреждения;

3) некоторые сторонние проводящие части:

- металлические строительные конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны и т.п.);
- арматура железобетонных строительных конструкций зданий при условии выполнения требований п.1.7.122;
- металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамления каналов и т.п.).



## Защитные проводники (РЕ-проводники) (продолжение)

**П.1.7.123.** Не допускается использовать в качестве РЕ-проводников:

- металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металлорукава, а также свинцовые оболочки проводов и кабелей;
- трубопроводы газоснабжения и другие трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, трубы канализации и центрального отопления;
- водопроводные трубы при наличии в них изолирующих вставок.

**П.1.7.126.** Наименьшие площади поперечного сечения защитных проводников должны соответствовать:

Фазный $S \leq 16$ мм кв.	Защитный $S$
Фазный $16 < S \leq 35$ мм кв.	Защитный 16 мм кв.
Фазный $S > 35$ мм кв.	Защитный $S/2$

Площади сечений приведены для случая, когда защитные проводники изготовлены из того же материала, что и фазные проводники.

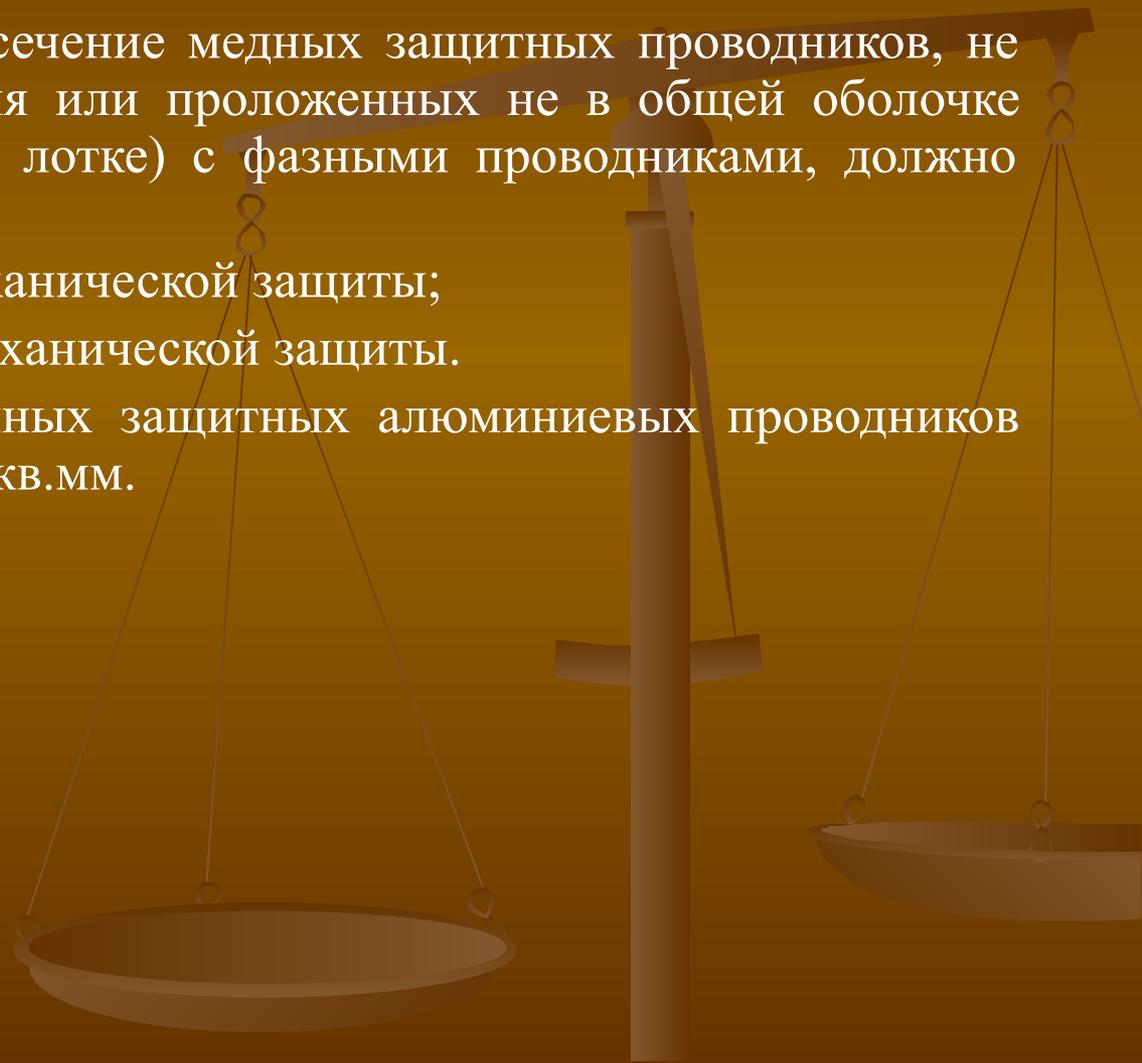
Сечения защитных проводников из других материалов должны быть эквивалентны по проводимости приведенным.

# Защитные проводники (РЕ-проводники) (продолжение)

**П.1.7.127.** Во всех случаях сечение медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе, на одном лотке) с фазными проводниками, должно быть не менее:

- 2,5 кв.мм - при наличии механической защиты;
- 4 кв.мм - при отсутствии механической защиты.

Сечение отдельно проложенных защитных алюминиевых проводников должно быть не менее 16 кв.мм.



# Совмещенные нулевые защитные и нулевые рабочие проводники (PEN-проводники)

**П.1.7.131.** В многофазных цепях в системе TN для стационарно проложенных кабелей, жилы которых имеют площадь поперечного сечения не менее 10 кв. мм по меди или 16 кв.мм по алюминию, функции нулевого защитного (PE) и нулевого рабочего (N) проводников могут быть совмещены в одном проводнике (PEN-проводник).

**П.1.7.132.** Не допускается совмещение функций нулевого защитного и нулевого рабочего проводников в цепях однофазного и постоянного тока. В качестве нулевого защитного проводника в таких цепях должен быть предусмотрен отдельный третий проводник. Это требование не распространяется на ответвления от ВЛ напряжением до 1 кВ к однофазным потребителям электроэнергии.

**П.1.7.135.** Когда нулевой рабочий и нулевой защитный проводники разделены, начиная с какой-либо точки ЭУ, не допускается объединять их за этой точкой по ходу распределения энергии.

В месте разделения PEN-проводника на нулевой защитный и нулевой рабочий проводники необходимо предусмотреть отдельные зажимы или шины для проводников, соединенные между собой. PEN-проводник питающей линии должен быть подключен к зажиму или шине нулевого защитного (PE) проводника.

# Проводники системы уравнивания потенциалов

**П.1.7.136.** В качестве проводников системы уравнивания потенциалов могут быть использованы открытые и сторонние проводящие части, указанные в п.1.7.121 (РЕ-проводники), или специально проложенные проводники или их сочетание.

**П.1.7.137.** Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее половины наибольшего сечения защитного проводника электроустановки, если сечение проводника уравнивания потенциалов при этом не превышает 25 кв.мм по меди или равноценное ему из других материалов. Применение проводников большего сечения, как правило, не требуется.

Сечение проводников основной системы уравнивания потенциалов в любом случае должно быть не менее: медных - 6 кв.мм, алюминиевых - 16 кв.мм, стальных - 50 кв.мм.

**П.1.7.138.** Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее:

- при соединении двух открытых проводящих частей - сечения меньшего из защитных проводников, подключенных к этим частям;
- при соединении открытой проводящей части и сторонней проводящей части - половины сечения защитного проводника, подключенного к открытой проводящей части.

Сечения проводников дополнительного уравнивания потенциалов, не входящих в состав кабеля, должны соответствовать требованиям п.1.7.127.

# Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов

**П.1.7.139.** Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи.

Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки. Допускается в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред соединять заземляющие и нулевые защитные проводники другими способами, обеспечивающими требования ГОСТ 10434 "Соединения контактные электрические. Общие технические требования" ко 2-му классу соединений.

Соединения должны быть защищены от **коррозии и механических повреждений**.

Для болтовых соединений должны быть предусмотрены **меры против ослабления контакта**.

**П.1.7.140.** Соединения должны быть доступны для осмотра и выполнения испытаний за исключением соединений, заполненных компаундом или герметизированных, а также сварных, паяных и опрессованных присоединений к нагревательным элементам в системах обогрева и их соединений, находящихся в полах, стенах, перекрытиях и в земле.

**П.1.7.142.** Присоединения заземляющих и нулевых защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов к открытым проводящим частям должны быть выполнены при помощи **сварки или болтовых соединений**.

Присоединения оборудования, подвергающегося частому демонтажу или установленного на движущихся частях или частях, подверженных сотрясениям и вибрации, должны выполняться при помощи **гибких проводников**.

**П.1.7.144.** Присоединение каждой открытой проводящей части ЭУ к нулевому защитному или защитному заземляющему проводнику должно быть выполнено при помощи **отдельного ответвления**. Последовательное включение в защитный проводник открытых проводящих частей **не допускается**.

# Электропроводки



# Виды электропроводок

**П.2.1.4.** Электропроводки разделяются на следующие виды:

**1. Открытая электропроводка**, проложенная по поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т.п.

При открытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей:

- непосредственно по поверхности стен, потолков и т. п.;
- на струнах, тросах, роликах, изоляторах;
- в трубах, коробах, гибких металлических рукавах, на лотках, в электротехнических плинтусах и наличниках, свободной подвеской и т. п.

Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной.

**2. Скрытая электропроводка** — проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т. п.

При скрытой электропроводке применяются следующие способы прокладки проводов и кабелей:

- в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций;
- в штукатуриваемых бороздах, под штукатуркой, а также замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении.



**КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ  
ДО 220 кВ**

# ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**П.2.3.13.** Над подземными кабельными линиями в соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей должны устанавливаться охранные зоны в размере площадки над кабелями:

- для кабельных линий выше 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;
- для кабельных линий до 1 кВ по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении кабельных линий в городах под тротуарами — на 0,6 м в сторону зданий сооружений и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

**П.2.3.15.** Кабельные линии должны выполняться так, чтобы в процессе монтажа и эксплуатации было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений, для чего:

- кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены; укладывать запас кабеля в виде колец (витков) запрещается;
- кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и т. п., должны быть жестко закреплены в конечных точках, непосредственно у концевых заделок, с обеих сторон изгибов и у соединительных и стопорных муфт;
- кабели, проложенные вертикально по конструкциям и стенам, должны быть закреплены так, чтобы была предотвращена деформация оболочек и не нарушались соединения жил в муфтах под действием собственного веса кабелей;
- конструкции, на которые укладываются небронированные кабели, должны быть выполнены таким образом, чтобы была исключена возможность механического повреждения оболочек кабелей; в местах жесткого крепления оболочки этих кабелей должны быть предохранены от механических повреждений и коррозии при помощи эластичных прокладок;
- кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение автотранспорта, механизмов и грузов, доступность для посторонних лиц), должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;
- при прокладке кабелей рядом с другими кабелями, находящимися в эксплуатации, должны быть приняты меры для предотвращения повреждения последних;
- кабели должны прокладываться на расстоянии от нагретых поверхностей, предотвращающем нагрев кабелей выше допустимого, при этом должна предусматриваться защита кабелей от прорыва горячих веществ в местах установки задвижек и фланцевых соединений.

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ (продолжение)

**П.2.3.23.** Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование.

Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д.

Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками с обозначением на бирках кабелей и концевых муфт марки, напряжения, сечения, номера или наименования линии; на бирках соединительных муфт — номера муфты и даты монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. На кабелях, проложенных в кабельных сооружениях, бирки должны располагаться по длине не реже чем через каждые 50 м.

**П.2.3.24.** На трассе кабельной линии, проложенной в незастроенной местности, должны быть установлены опознавательные знаки.

Трасса кабельной линии, проложенной по пахотным землям, должна быть обозначена знаками, устанавливаемыми не реже чем через 500 м, а также в местах изменения направления трассы.

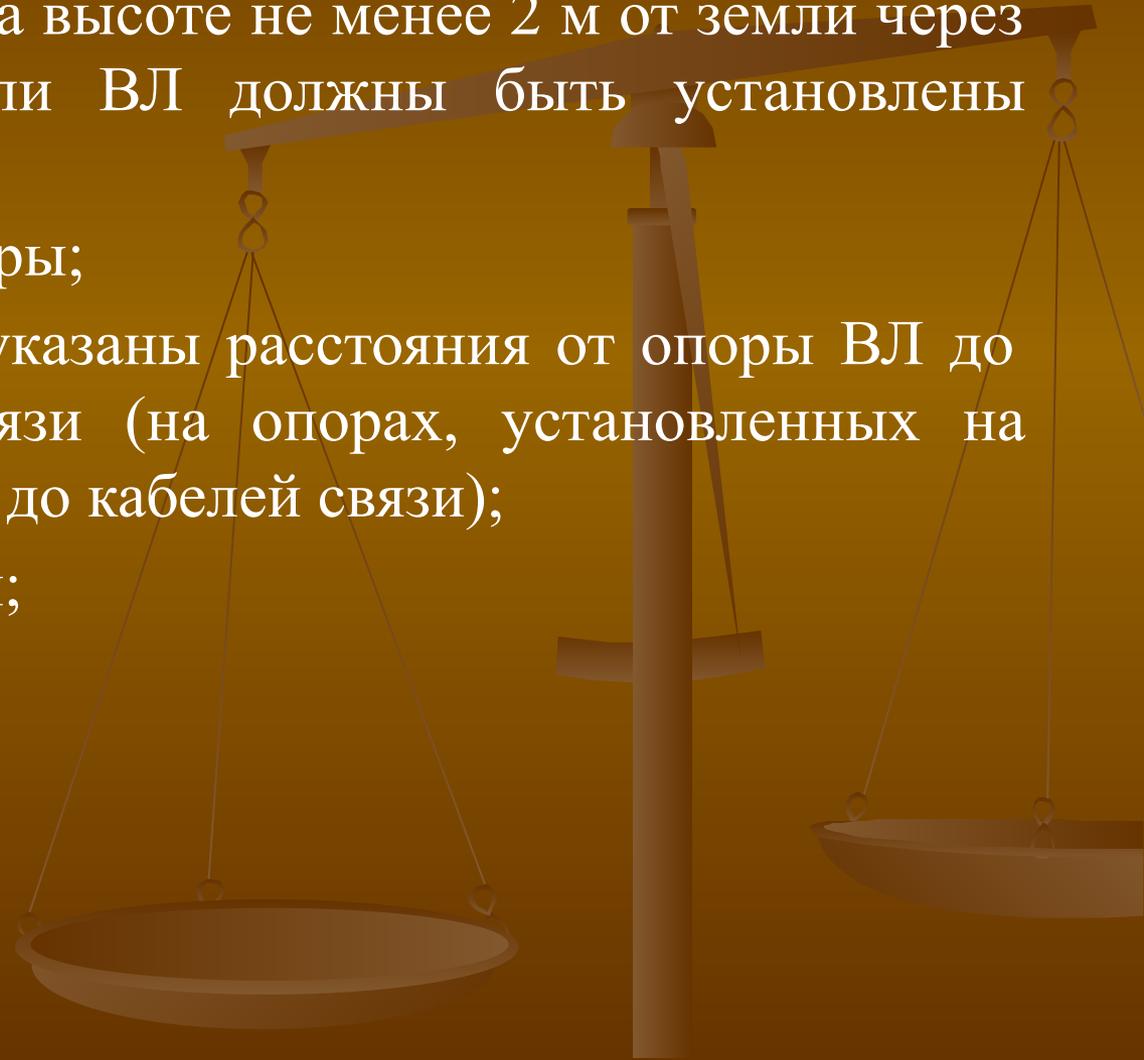


**ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ  
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ  
НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ**

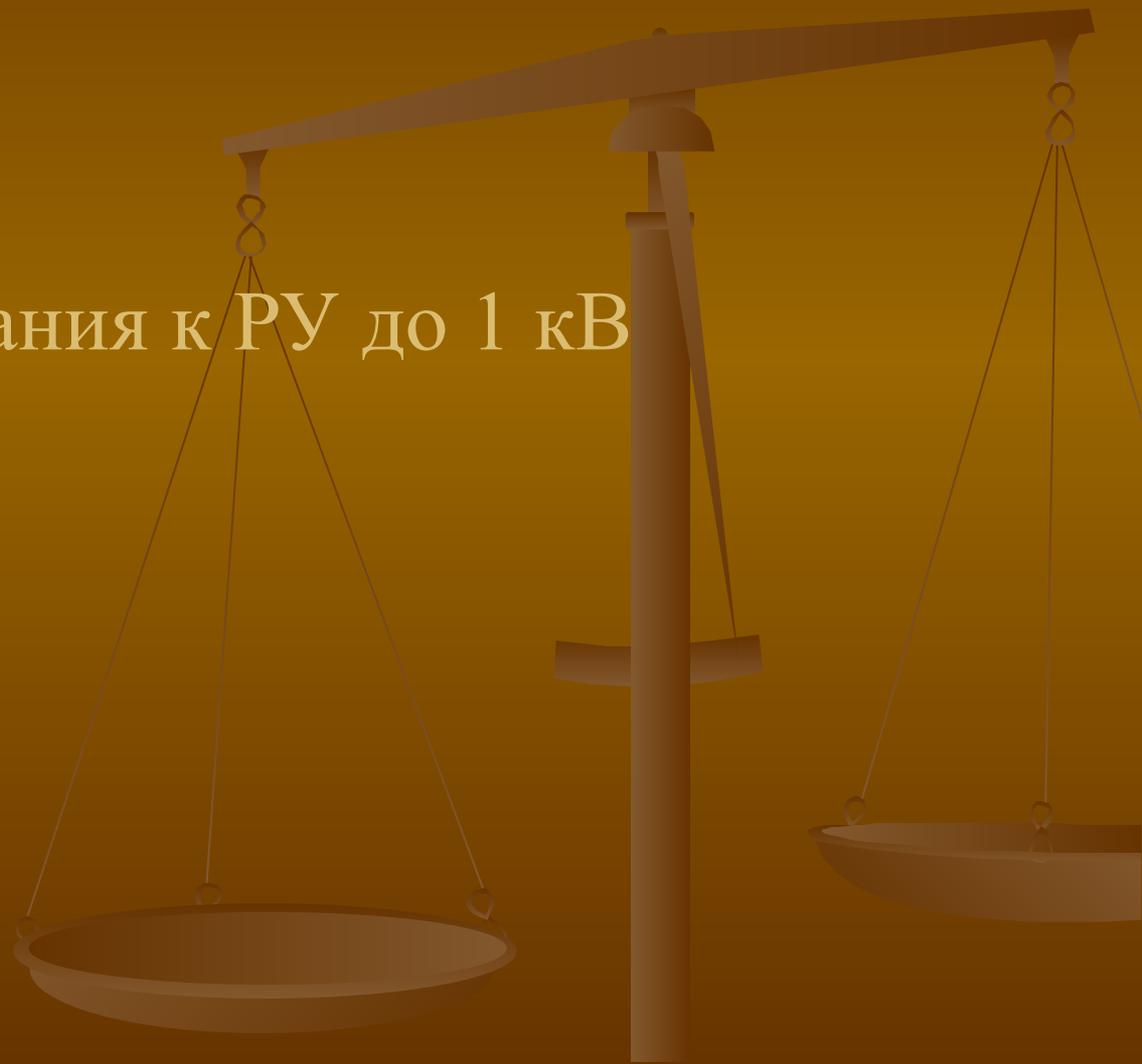
## Общие требования

**П.2.4.6.** На опорах ВЛ на высоте не менее 2 м от земли через 250 м на магистрали ВЛ должны быть установлены (нанесены):

- порядковый номер опоры;
- плакаты, на которых указаны расстояния от опоры ВЛ до кабельной линии связи (на опорах, установленных на расстоянии менее 4 м до кабелей связи);
- ширина охранной зоны;
- телефон владельца ВЛ.



# Требования к РУ до 1 кВ



# Установка приборов и аппаратов

**П.4.1.9.** Аппараты рубящего типа должны устанавливаться так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно, под действием силы тяжести. Их подвижные токоведущие части в отключенном положении, как правило, не должны быть под напряжением.

**П.4.1.10.** Рубильники с непосредственным ручным управлением (без привода), предназначенные для включения и отключения тока нагрузки и имеющие контакты, обращенные к оператору, должны быть защищены несгораемыми оболочками без отверстий и щелей. Указанные рубильники, предназначенные лишь для снятия напряжения, допускается устанавливать открыто при условии, что они будут недоступны для неквалифицированного персонала.

**П.4.1.11.** На приводах коммутационных аппаратов должны быть четко указаны положения «включено», «отключено».

**П.4.1.13.** Резьбовые (пробочные) предохранители должны устанавливаться так, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам — к винтовой гильзе.

**П.4.1.14.** Установку приборов и аппаратов на РУ и НКУ следует производить в зоне от 400 до 2000 мм от уровня пола.

Аппараты ручного оперативного управления (переключатели, кнопки), рекомендуется располагать на высоте не более 1900 мм и не менее 700 мм от уровня пола.

Измерительные приборы рекомендуется устанавливать таким образом, чтобы шкала каждого из приборов находилась на высоте 1000-1800 мм от пола.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ



# Общие требования

**П.6.1.11.** Для электрического освещения следует, как правило, применять разрядные лампы низкого давления (например люминесцентные), лампы высокого давления (например металлогалогенные типа ДРИ, ДРИЗ, натриевые типа ДНаТ, ксеноновые типов ДКсТ, ДКсТЛ, ртутно-вольфрамовые, ртутные типа ДРЛ). Допускается использование и ламп накаливания.

**П.6.1.12.** Для аварийного освещения рекомендуется применять светильники с лампами накаливания или люминесцентными.

Разрядные лампы высокого давления допускается использовать при обеспечении их мгновенного зажигания и перезажигания.

**П.6.1.13.** Для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения, как правило, должно применяться напряжение не выше 220 В переменного или постоянного тока.

В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов вне зависимости от высоты их установки.

**П.6.1.14.** В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников общего освещения над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м применение светильников класса защиты 0 запрещается, необходимо применять светильники класса защиты 2 или 3.

Допускается использование светильников класса защиты 1, в этом случае цепь должна быть защищена устройством защитного отключения (УЗО) с током срабатывания до 30 мА.

# Аварийное освещение

**П.6.1.21.** Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное. Освещение безопасности предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

Светильники рабочего освещения и светильники освещения безопасности в производственных и общественных зданиях и на открытых пространствах должны питаться от независимых источников.

**П.6.1.22.** Светильники и световые указатели эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением и в общественных и жилых зданиях должны быть присоединены к сети, не связанной с сетью рабочего освещения, начиная от щита подстанции (распределительного пункта освещения) или, при наличии только одного ввода, начиная от вводного распределительного устройства.

**П.6.1.23.** Питание светильников и световых указателей эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения следует выполнять аналогично питанию светильников освещения безопасности (п. 6.1.21).

В производственных зданиях без естественного света в помещениях, где может одновременно находиться 20 человек и более, независимо от наличия освещения безопасности должно предусматриваться эвакуационное освещение по основным проходам и световые указатели «выход», автоматически переключаемые при прекращении их питания на третий независимый внешний или местный источник (аккумуляторная батарея, дизель-генераторная установка и т.п.), не используемый в нормальном режиме для питания рабочего освещения, освещения безопасности и эвакуационного освещения, или светильники эвакуационного освещения и указатели «выход» должны иметь автономный источник питания.

## Аварийное освещение (продолжение)

**П.6.1.25.** Светильники эвакуационного освещения, световые указатели эвакуационных и (или) запасных выходов в зданиях любого назначения, снабженные автономными источниками питания, в нормальном режиме могут питаться от сетей любого вида освещения, не отключаемых во время функционирования зданий.

**П.6.1.26.** Для помещений, в которых постоянно находятся люди или которые предназначены для постоянного прохода персонала или посторонних лиц и в которых требуется освещение безопасности или эвакуационное освещение, должна быть обеспечена возможность включения указанных видов освещения в течение всего времени, когда включено рабочее освещение, или освещение безопасности и эвакуационное освещение должны включаться автоматически при аварийном погасании рабочего освещения.

**П.6.1.27.** Применение для рабочего освещения, освещения безопасности и (или) эвакуационного освещения общих групповых щитков, а также установка аппаратов управления рабочим освещением, освещением безопасности и (или) эвакуационным освещением, за исключением аппаратов вспомогательных цепей (например сигнальных ламп, ключей управления), в общих шкафах не допускается.

Разрешается питание освещения безопасности и эвакуационного освещения от общих щитков.

**П.6.1.28.** Использование сетей, питающих силовые электроприемники, для питания освещения безопасности и эвакуационного освещения в производственных зданиях без естественного освещения не допускается.

**П.6.1.29.** Допускается применение ручных осветительных приборов с аккумуляторами или сухими элементами для освещения безопасности и эвакуационного освещения взамен стационарных светильников (здания и помещения без постоянного пребывания людей, здания площадью застройки не более 250 м кв.).

## Защитные меры безопасности

**П.6.1.38.** Защитное заземление металлических корпусов светильников общего освещения с лампами накаливания и с лампами люминесцентными, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, натриевыми со встроенными внутрь светильника пускорегулирующими аппаратами следует осуществлять:

1. В сетях с заземленной нейтралью – присоединением к заземляющему винту корпуса светильника РЕ проводника.

Заземление корпуса светильника ответвлением от нулевого рабочего провода внутри светильника запрещается.

2. В сетях с изолированной нейтралью, а также в сетях, переключаемых на питание от аккумуляторной батареи, – присоединением к заземляющему винту корпуса светильника защитного проводника.

При вводе в светильник проводов, не имеющих механической защиты, защитный проводник должен быть гибким.

**П.6.1.39.** Защитное заземление корпусов светильников общего освещения с лампами ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ и люминесцентными с вынесенными пускорегулирующими аппаратами следует осуществлять при помощи перемычки между заземляющим винтом заземленного пускорегулирующего аппарата и заземляющим винтом светильника.

**П.6.1.40.** Металлические отражатели светильников с корпусами из изолирующих материалов заземлять не требуется.

**П.6.1.44.** Защитные проводники в сетях с заземленной нейтралью в групповых линиях, питающих светильники общего освещения и штепсельные розетки (пп. 6.1.42, 6.1.43), нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать под общий контактный зажим.

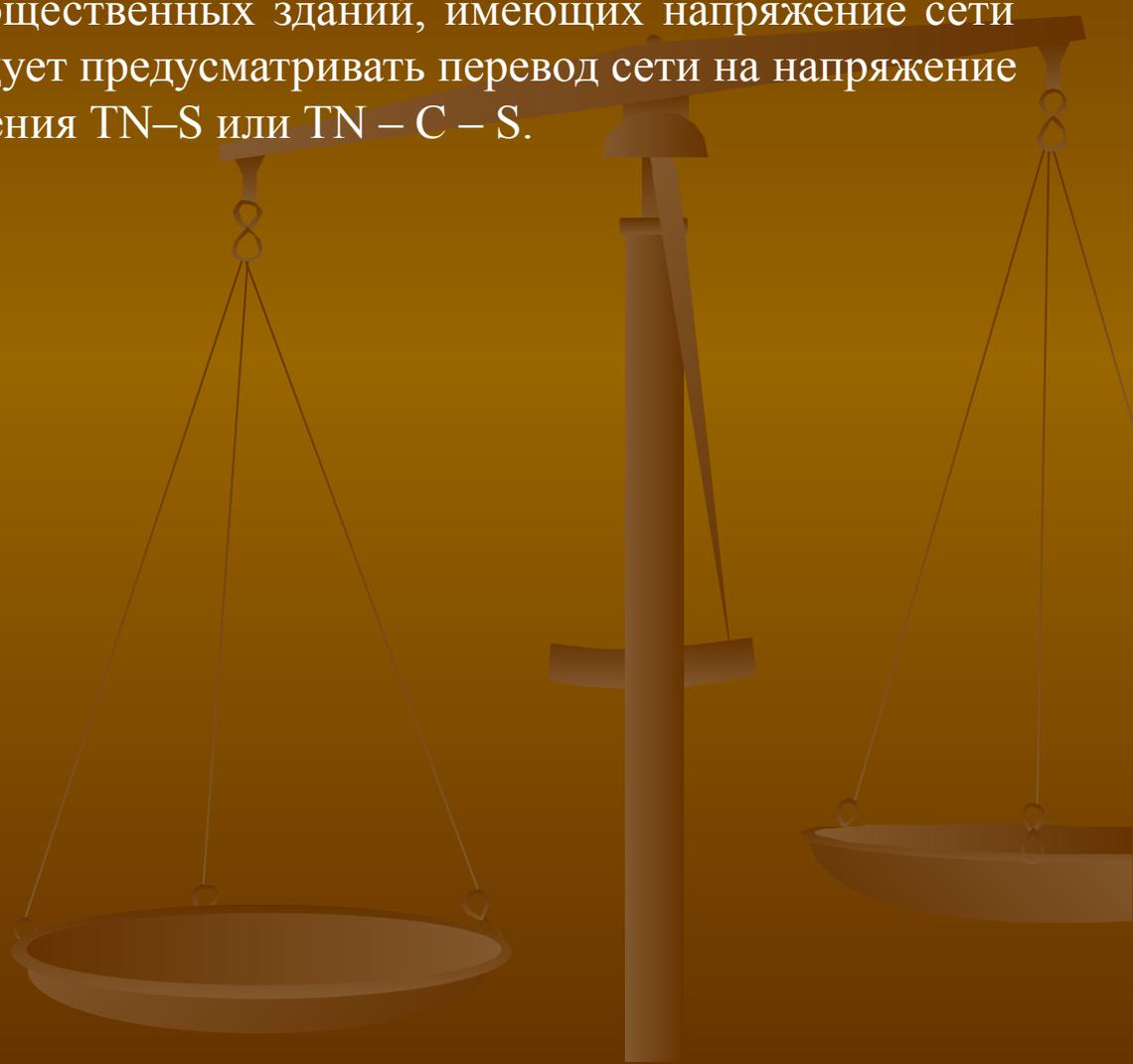


**ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ЖИЛЫХ,  
ОБЩЕСТВЕННЫХ,  
АДМИНИСТРАТИВНЫХ  
И БЫТОВЫХ ЗДАНИЙ**

# Общие требования. Электроснабжение

**П.7.1.13.** Питание электроприемников должно выполняться от сети 380/220 В с системой заземления TN – S или TN – C – S.

При реконструкции жилых и общественных зданий, имеющих напряжение сети 220/127 В или 3 х 220 В, следует предусматривать перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления TN–S или TN – C – S.



# Вводные устройства, распределительные щиты, распределительные пункты, групповые щитки

**П.7.1.22.** На вводе в здание должно быть установлено ВУ или ВРУ. В здании может устанавливаться одно или несколько ВУ или ВРУ.

При наличии в здании нескольких обособленных в хозяйственном отношении потребителей у каждого из них рекомендуется устанавливать самостоятельное ВУ или ВРУ.

От ВРУ допускается также питание потребителей, расположенных в других зданиях, при условии, что эти потребители связаны функционально.

При ответвлениях от ВЛ с расчетным током до 25 А ВУ или ВРУ на вводах в здание могут не устанавливаться, если расстояние от ответвления до группового щитка, выполняющего в этом случае функции ВУ, не более 3 м. Данный участок сети должен выполняться гибким медным кабелем с сечением жил не менее 4 мм<sup>2</sup>, не распространяющим горение, проложенным в стальной трубе, при этом должны быть выполнены требования по обеспечению надежного контактного соединения с проводами ответвления.

При воздушном вводе должны устанавливаться ограничители импульсных перенапряжений.

**П.7.1.24.** ВУ, ВРУ, ГРЩ должны иметь аппараты защиты на всех вводах питающих линий и на всех отходящих линиях.

**П.7.1.25.** На вводе питающих линий в ВУ, ВРУ, ГРЩ должны устанавливаться аппараты управления. На отходящих линиях аппараты управления могут быть установлены либо на каждой линии, либо быть общими для нескольких линий. Автоматический выключатель следует рассматривать как аппарат защиты и управления.

**П.7.1.27.** Этажный щиток должен устанавливаться на расстоянии не более 3 м по длине электропроводки от питающего стояка с учетом требований [гл. 3.1.](#)

## Вводные устройства, распределительные щиты, распределительные пункты, групповые щитки (продолжение)

**П.7.1.28.** ВУ, ВРУ, ГРЩ, как правило, следует устанавливать в электрощитовых помещениях, доступных только для обслуживающего персонала. В районах, подверженных затоплению, они должны устанавливаться выше уровня затопления.

ВУ, ВРУ, ГРЩ могут размещаться в помещениях, выделенных в эксплуатируемых сухих подвалах, при условии, что эти помещения доступны для обслуживающего персонала и отделены от других помещений перегородками с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

При размещении ВУ, ВРУ, ГРЩ, распределительных пунктов и групповых щитков вне электрощитовых помещений они должны устанавливаться в удобных и доступных для обслуживания местах, в шкафах со степенью защиты оболочки не ниже IP31.

Расстояние от трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки), газопроводов и газовых счетчиков до места установки должно быть не менее 1 м.

**П.7.1.29.** Электрощитовые помещения, а также ВУ, ВРУ, ГРЩ не допускается располагать под санузлами, ванными комнатами, душевыми, кухнями (кроме кухонь квартир), мойками, моечными и парильными помещениями бань и другими помещениями, связанными с мокрыми технологическими процессами, за исключением случаев, когда приняты специальные меры по надежной гидроизоляции, предотвращающие попадание влаги в помещения, где установлены распределительные устройства.

Трубопроводы (водопровод, отопление) прокладывать через электрощитовые помещения не рекомендуется.

## Вводные устройства, распределительные щиты, распределительные пункты, групповые щитки (продолжение)

Трубопроводы (водопровод, отопление), вентиляционные и прочие короба, прокладываемые через электрощитовые помещения, не должны иметь ответвлений в пределах помещения (за исключением ответвления к отопительному прибору самого щитового помещения), а также люков, задвижек, фланцев, вентиля и т.п.

Прокладка через эти помещения газо- и трубопроводов с горючими жидкостями, канализации и внутренних водостоков не допускается.

Двери электрощитовых помещений должны открываться наружу.

**П.7.1.30.** Помещения, в которых установлены ВРУ, ГРЩ, должны иметь естественную вентиляцию, электрическое освещение. Температура помещения не должна быть ниже +5°C.

**П.7.1.31.** Электрические цепи в пределах ВУ, ВРУ, ГРЩ, распределительных пунктов, групповых щитков следует выполнять проводами с медными жилами.

# Электропроводки и кабельные линии

**П.7.1.33.** Питающие сети от подстанций до ВУ, ВРУ, ГРЩ должны быть защищены от токов КЗ.

**П.7.1.34.** В зданиях следует применять кабели и провода с медными жилами\*.

\*До 2001 г. по имеющемуся заделу строительства допускается использование проводов и кабелей с алюминиевыми жилами.

Питающие и распределительные сети, как правило, должны выполняться кабелями и проводами с алюминиевыми жилами, если их расчетное сечение равно 16 мм<sup>2</sup> и более.

Питание отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию зданий (насосы, вентиляторы, калориферы, установки кондиционирования воздуха и т.п.), может выполняться проводами или кабелем с алюминиевыми жилами сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>.

В жилых зданиях сечения медных проводников должны соответствовать расчетным значениям, но быть не менее:

- линии групповых сетей - 1,5 мм кв.;
- линии от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику - 2,5 мм кв.;
- линии распределительной сети (стояки) для питания квартир – 4 мм кв.

**П.7.1.36.** Во всех зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых, этажных и квартирных щитков до светильников общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электроприемников, должны выполняться трехпроводными (фазный – L, нулевой рабочий – N и нулевой защитный – PE проводники).

Не допускается объединение нулевых рабочих и нулевых защитных проводников различных групповых линий.

Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не допускается подключать на щитках под общий контактный зажим.

Сечения проводников должны отвечать требованиям [п. 7.1.45.](#)

# Электропроводки и кабельные линии (продолжение)

**П.7.1.37.** Электропроводку в помещениях следует выполнять сменяемой:

- скрыто – в каналах строительных конструкций, замоноличенных трубах;
- открыто – в электротехнических плинтусах, коробах и т.п.

В технических этажах, подпольях, неотапливаемых подвалах, чердаках, вентиляционных камерах, сырых и особо сырых помещениях электропроводку рекомендуется выполнять открыто.

В зданиях со строительными конструкциями, выполненными из негорючих материалов, допускается несменяемая замоноличенная прокладка групповых сетей в бороздах стен, перегородок, перекрытий, под штукатуркой, в слое подготовки пола или в пустотах строительных конструкций, выполняемая кабелем или изолированными проводами в защитной оболочке.

Применение несменяемой замоноличенной прокладки проводов в панелях стен, перегородок и перекрытий, выполненной при их изготовлении на заводах стройиндустрии или выполняемой в монтажных стыках панелей при монтаже зданий, не допускается.

**П.7.1.38.** Электрические сети, прокладываемые за непроходными подвесными потолками и в перегородках, рассматриваются как скрытые электропроводки и их следует выполнять:

- за потолками и в пустотах перегородок из горючих материалов в металлических трубах, обладающих локализационной способностью,
- и в закрытых коробах; за потолками и в перегородках из негорючих материалов\* – в выполненных из негорючих материалов трубах и коробах, а также кабелями, не распространяющими горение. При этом должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей.

\* Под подвесными потолками из негорючих материалов понимают такие потолки, которые выполнены из негорючих материалов, при этом другие строительные конструкции, расположенные над подвесными потолками, включая междуэтажные перекрытия, также выполнены из негорючих материалов.

# Электросварочные установки



## Общие требования

- П.7.6.20.** Первичная цепь электросварочной установки должна содержать коммутационный (отключающий) и защитный электрические аппараты (аппарат), ее номинальное напряжение должно быть не выше 660 В.
- П.7.6.22.** Для определения значения сварочного тока электросварочная установка должна иметь измерительный прибор.
- П.7.6.25.** Кабельная линия первичной цепи переносной (передвижной) электросварочной установки от коммутационного аппарата до источника сварочного тока должна выполняться переносным гибким шланговым кабелем с алюминиевыми или медными жилами, с изоляцией и в оболочке (шланге) из нераспространяющей горение резины или пластмассы.
- Источник сварочного тока должен располагаться на таком расстоянии от коммутационного аппарата, при котором длина соединяющего их гибкого кабеля не превышает 15 м.
- П.7.6.28.** В электросварочных установках кроме защитного заземления открытых проводящих частей и подключения к системе уравнивания потенциалов сторонних проводящих частей (согласно требованиям [гл. 1.7](#)) должно быть предусмотрено заземление одного из выводов вторичной цепи источников сварочного тока: сварочных трансформаторов, статических преобразователей и тех двигатель-генераторных преобразователей, у которых обмотки возбуждения генератора присоединяются к электрической сети без разделительных трансформаторов (см. также п.7.6.30).
- П.7.6.29.** Сварочное электрооборудование для присоединения защитного РЕ-проводника должно иметь болт (винт, шпильку) с контактной площадкой, расположенной в доступном месте, с надписью «Земля».