

# **Защитные мероприятия от поражения человека электрическим током**

## **1. Организационные**

## **2. Технические:**

**- основные**

**- дополнительные**

# Организационные защитные мероприятия от поражения электрическим током

- ❖ обучение
- ❖ аттестация (проверка знаний, присвоение квалификационной группы по электробезопасности I-V )
- ❖ инструктажи
- ❖ проверки

# Технические защитные мероприятия от поражения электрическим током

- ◆ Уменьшение вероятности прикосновения к токоведущим частям.
- ◆ Уменьшение вероятности выноса напряжения сети на нетоковедущие части
- ◆ Уменьшения величины напряжения прикосновения
- ◆ Уменьшения длительности протекания через тело человека опасного по величине тока

# **Технические защитные мероприятия от поражения электрическим током**

Выбор вида технических средств защиты зависит от:

- **степени опасности поражения электрическим током, определяемой:**
  - а) параметрами электрической сети
  - б) уровнем квалификации персонала
  - в) условиями размещения оборудования
- **требований к обеспечению непрерывности питания электроприемников**
- **экономических соображений.**

## **Квалификация персонала:**

- электротехнический персонал
- производственный персонал
- население

## **Категории помещений по степени опасности поражения электрическим током**

- без повышенной опасности
- с повышенной опасностью
- особо опасные

## **Признаки повышенной опасности :**

а) сырость ( влажность воздуха длительно более 75%);

б) наличие токопроводящей пыли;

в) высокая температура (длительно более 35 С);

г) токопроводящие полы;

**д) возможность прикосновения человека одновременно к металлическому корпусу прибора и к имеющим соединение с землей металлоконструкциями**

## **Признаки особой опасности помещений :**

- а) особая сырость (относительная влажность воздуха близка к 100%);
- б) химически активная (агрессивная) среда;
- в) одновременное наличие двух и более признаков повышенной опасности.

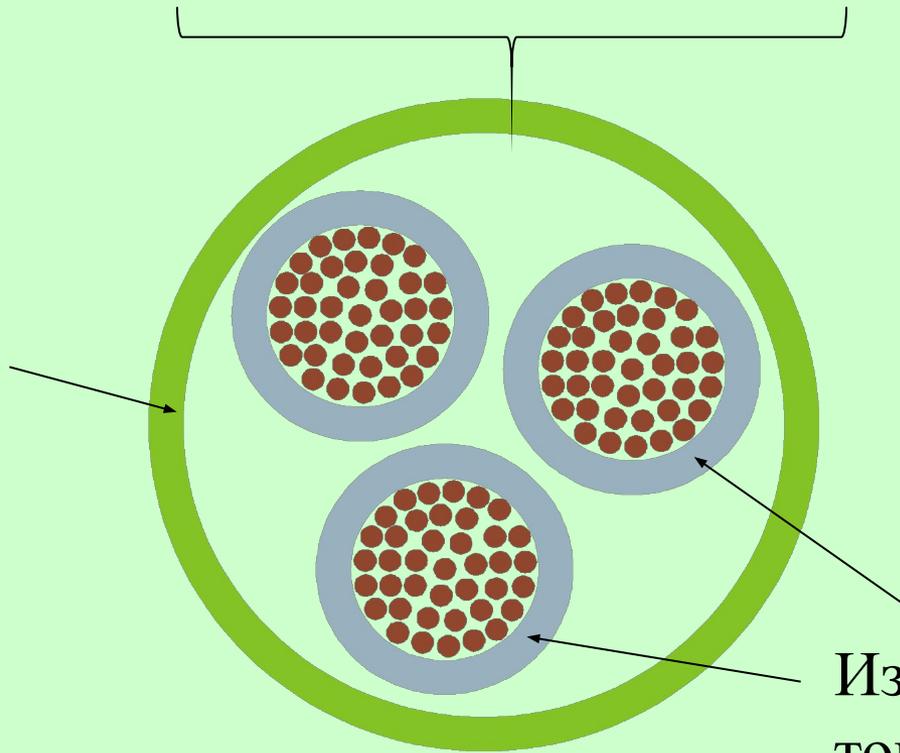
# Основные технические мероприятия по защите от поражения электрическим током

- электрическая изоляция токоведущих частей
- расположение токоведущих частей вне зон досягаемости
- корпуса устройств, ограждения, барьеры
- блокировки
- сигнализации, маркировка (организационно-технические)
- низковольтные (безопасные) источники напряжения

# *ИЗОЛЯЦИЯ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ*

двойная изоляция

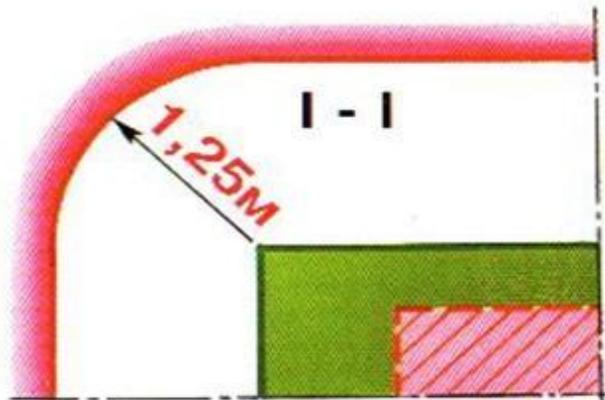
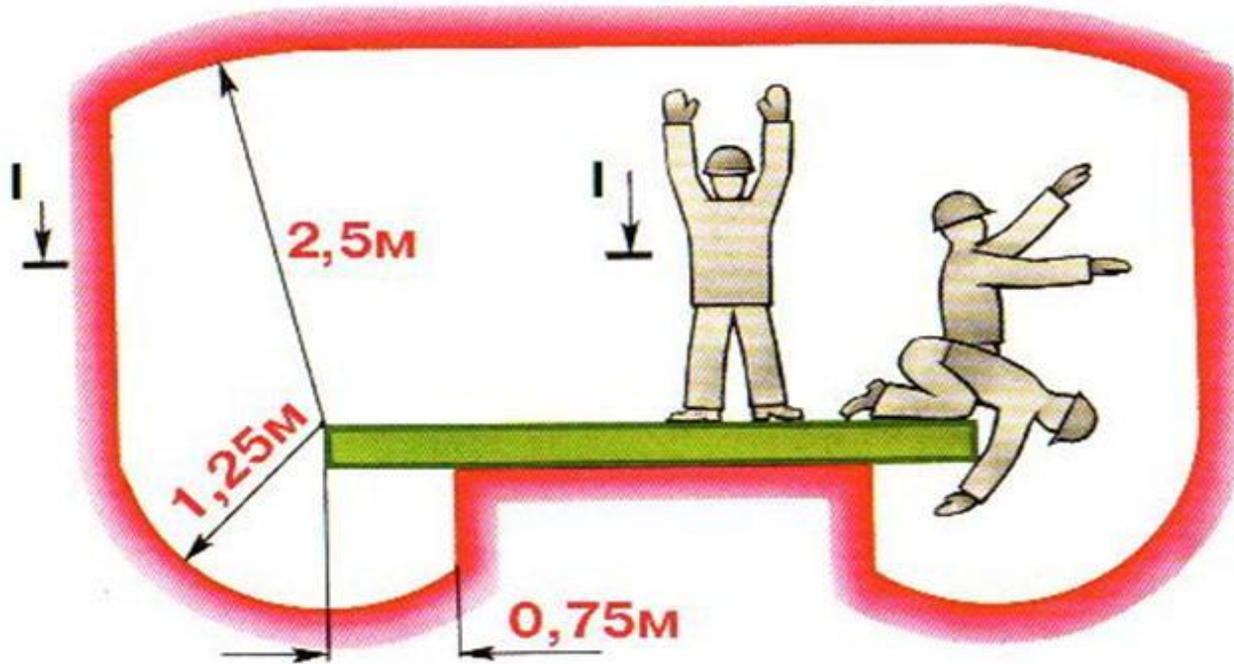
Изоляционная  
оболочка



Изоляция  
токоведущей жилы

# Расположение токоведущих частей вне зон досягаемости

## ЗОНА ДОСЯГАЕМОСТИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ДО 1000 В



Размеры приведены без учета использования вспомогательных средств (инструмента, лестниц, длинномерных деталей и т.д.)

# Корпуса устройств

ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89)

## СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ, ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЕ ОБОЛОЧКАМИ (КОД IP)

Буквы кода

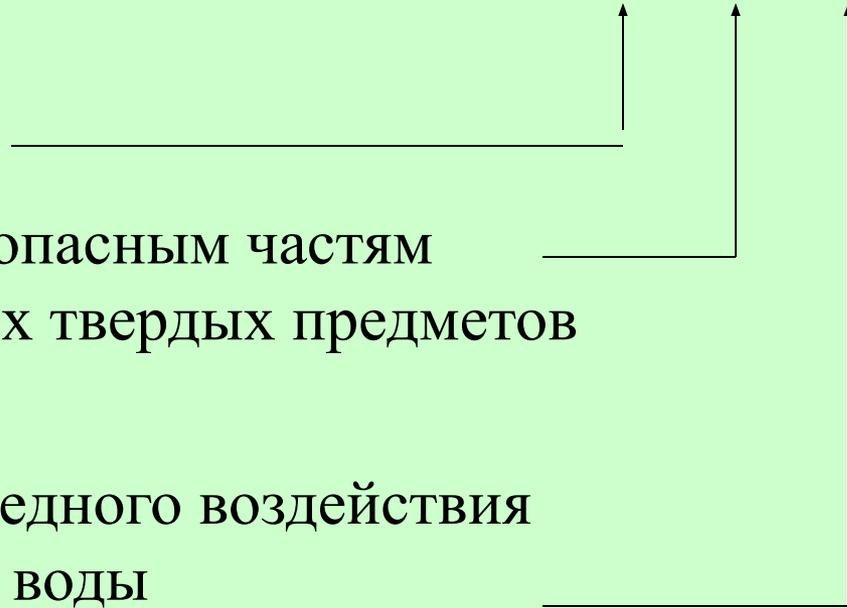
I P 2 3

(Международная защита)

(International Protection)

Защита людей от доступа к опасным частям  
и от проникновения внешних твердых предметов  
(цифры от 0 до 6)

защиты оборудования от вредного воздействия  
в результате проникновения воды  
(цифры от 0 до 8)



# **Защита от попадания твердых частиц**

0 – никакой защиты

1 – Защита от твердых предметов диаметром более 50 мм

2 - Защита от предметов диаметром более 12,5 мм

3 - Защита от предметов диаметром более 2,5 мм

4 - Защита от тел (провода) диаметром более 1 мм

5 - Полная защита от соприкосновения с токоведущими частями; частичная защита оборудования от пыли.

6 - Полная защита от соприкосновения с токоведущими частями и попадания пыли.

## **Защита от попадания воды**

- 0 - защита отсутствует
- 1 - защита от падающих сверху капель конденсата
- 2 - защита от капель воды, падающих под углом  $15^{\circ}$
- 3 - защита от дождя (распыление под углом  $60^{\circ}$  от вертикали)
- 4 - защита от брызг
- 5 - защита от водяных струй
- 6 - защита от захлестывания волной
- 7 - защита при кратковременном погружении в воду
- 8 - защита при длительном погружении в воду

Для наружных установок IP44

Лабораторное оборудование IP20.

## БЛОКИРОВКА

Блокировка предотвращает ошибочные действия оператора и исключает возможность доступа к токоведущим частям, находящимся под напряжением.



## Ограждения и оболочки

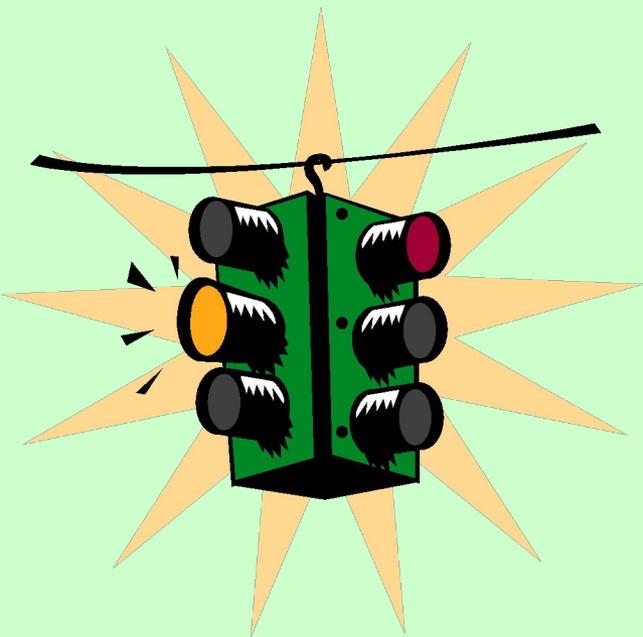
### Барьеры

Вход за **ограждение** или вскрытие **оболочки** должны быть возможны только при помощи специального ключа или инструмента, либо после снятия напряжения с токоведущих частей

**Барьеры** не исключают преднамеренного прикосновения и приближения к токоведущим частям при обходе барьера. Для удаления барьера не требуется применение ключа или инструмента, однако они должны быть закреплены так, чтобы их нельзя было снять непреднамеренно.

# СИГНАЛИЗАЦИЯ

ГОСТ Р 12.4.026-2001 ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики.

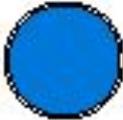
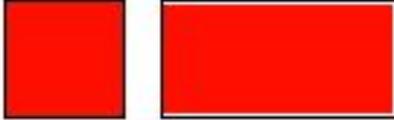


Для световых сигналов должны применяться следующие цвета:

красный - запрещающие и аварийные сигналы;

желтый - привлечение внимания (предупреждающий);

зеленый - сигнализация безопасности (нормальный режим работы, разрешение на начало действия и т.п.);

Группа	Геометрическая форма
Запрещающие знаки	Круг с поперечной полосой 
Предупреждающие знаки	Треугольник 
Предписывающие знаки	Круг 
Знаки пожарной безопасности*	Квадрат или прямоугольник 
Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения	Квадрат или прямоугольник 
Указательные знаки	Квадрат или прямоугольник 



# Запрещающие плакаты и знаки безопасности

Применяются для запрещения действий с коммутационными аппаратами, при ошибочном включении которых может быть подано напряжение на место работы



**ДЛЯ ГАРАНТИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЬЗУЙТЕСЬ ЗАПРЕЩАЮЩИМИ ПЛАКАТАМИ И ЗАМКАМИ**

## ЗАПРЕЩАЮЩИЕ



Запрещает включение коммутационной аппаратуры.



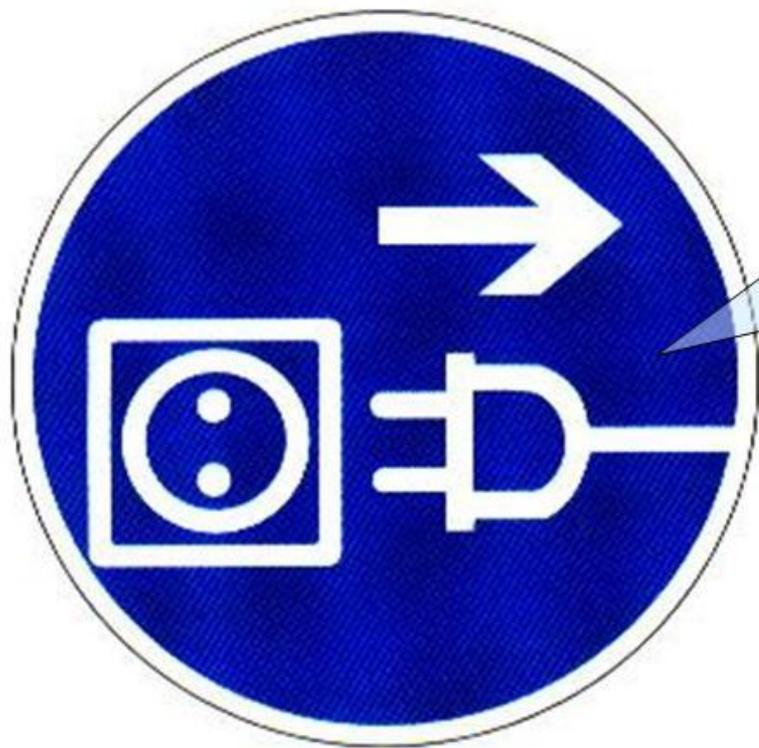
Запрещает открывать запорную арматуру на воздуховодах, газо-паропроводах и т.д.

Запрещается включать коммутационную аппаратуру при работе людей на удаленных от коммутационной аппаратуры объектах



# Предписывающие знаки

Применяются для разрешения определенных действий только при выполнении конкретных требований



Отключить штепсельную  
вилку

Размещают на рабочих местах и оборудовании, где требуется отключение от электросети при наладке или остановке электрооборудования и в других случаях

## ПРЕДПИСЫВАЮЩИЕ

определяют подготовленное место работ, где обеспечена безопасность



# Предупреждающие плакаты и знаки безопасности

Применяют для предупреждения об опасности приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением



**ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ**  
предупреждают об опасности приближения к токоведущим частям

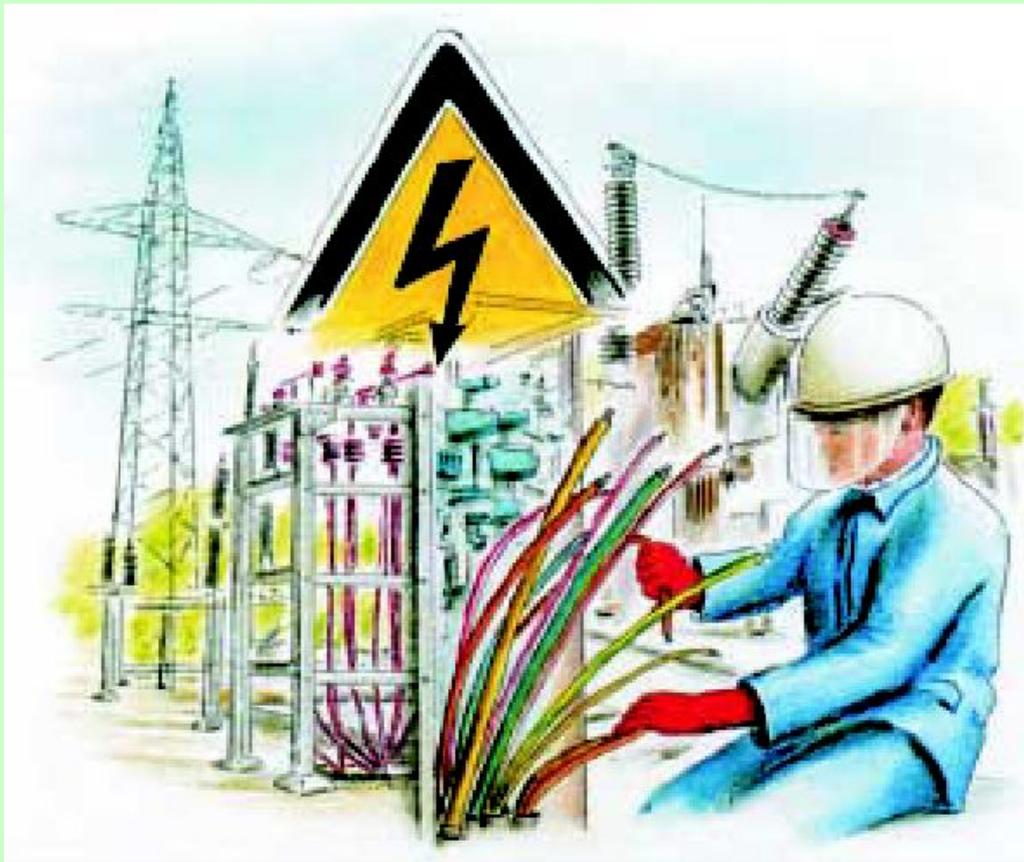
 <p><b>ИСПЫТАНИЕ</b> ОПАСНО для жизни</p>	 <p><b>НЕ ВЛЕЗАЙ!</b> УБЬЕТ</p>	 <p><b>СТОЙ!</b> НАПРЯЖЕНИЕ</p>
---	--	--



The complex block contains three rows of safety signs. The top row features the heading 'ПРЕДУПРЕЖДАЮЩИЕ' followed by the explanatory text 'предупреждают об опасности приближения к токоведущим частям'. Below this, three rectangular signs with red borders are arranged horizontally. Each sign contains a red lightning bolt symbol on the left and text on the right. The first sign reads 'ИСПЫТАНИЕ' in large letters, with 'ОПАСНО для жизни' in smaller letters below it. The second sign reads 'НЕ ВЛЕЗАЙ!' in large letters, with 'УБЬЕТ' in smaller letters below it. The third sign reads 'СТОЙ!' in large letters, with 'НАПРЯЖЕНИЕ' in smaller letters below it. The bottom row of the block contains a single yellow triangular warning sign with a black lightning bolt symbol and a downward-pointing arrow.

# МАРКИРОВКА

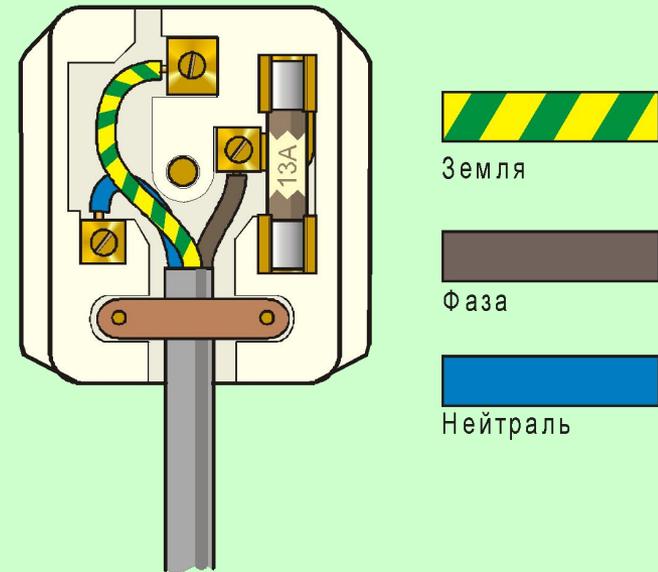
ГОСТ Р 50462 «Идентификация проводников по цветам или цифровым обозначениям».



Проводники защитного заземления,  
а также нулевые защитные проводники  
буквенное обозначение : *PE*  
цветовое обозначение:  
полосами желтого и зеленого цветов.

Нулевые рабочие проводники.  
буквенное обозначение : *N*  
цветовое обозначение: голубой цвет

Совмещенные нулевые защитные и  
нулевые рабочие проводники.  
буквенное обозначение : *PEN*  
цветовое обозначение:  
голубой цвет по всей длине  
и желто-зеленые полосы на концах.



Шины должны быть обозначены:

**1) при переменном трехфазном токе:**

фаза *A* - желтый

фаза *B* - зеленый

фаза *C* - красный

**2) при переменном однофазном токе:**

шина *B* (конец обмотки питания) - красный

шина *A* (начало обмотки питания) – желтый

**3) при постоянном токе:**

положительная шина (+) - красный,

отрицательная (-) - синий,

нулевая рабочая (*M*) - голубой.

# Международная классификация электрических сетей

(в соответствии с ГОСТ Р 50571-94)

**I** - isolato (изолированный);

**T** - terra (земля);

**C** - commune (общий);

**S** - separate (раздельный);

**N** - neutral (нейтральный).

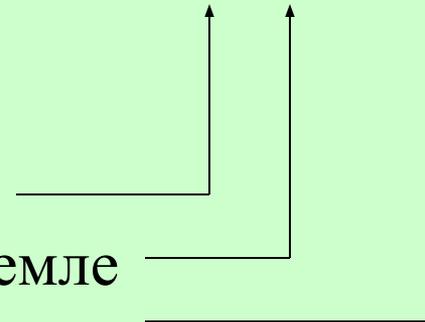


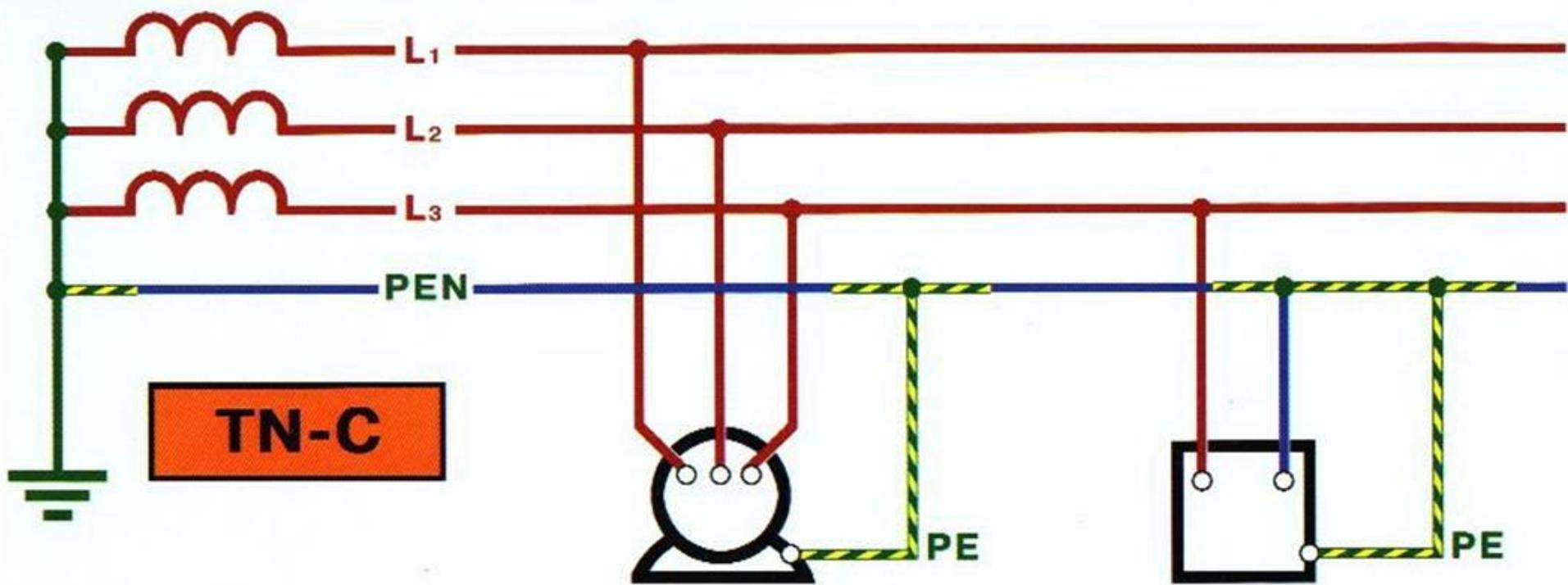
T N – C

Отношение нейтрали к земле

Отношение корпуса приёмника к земле

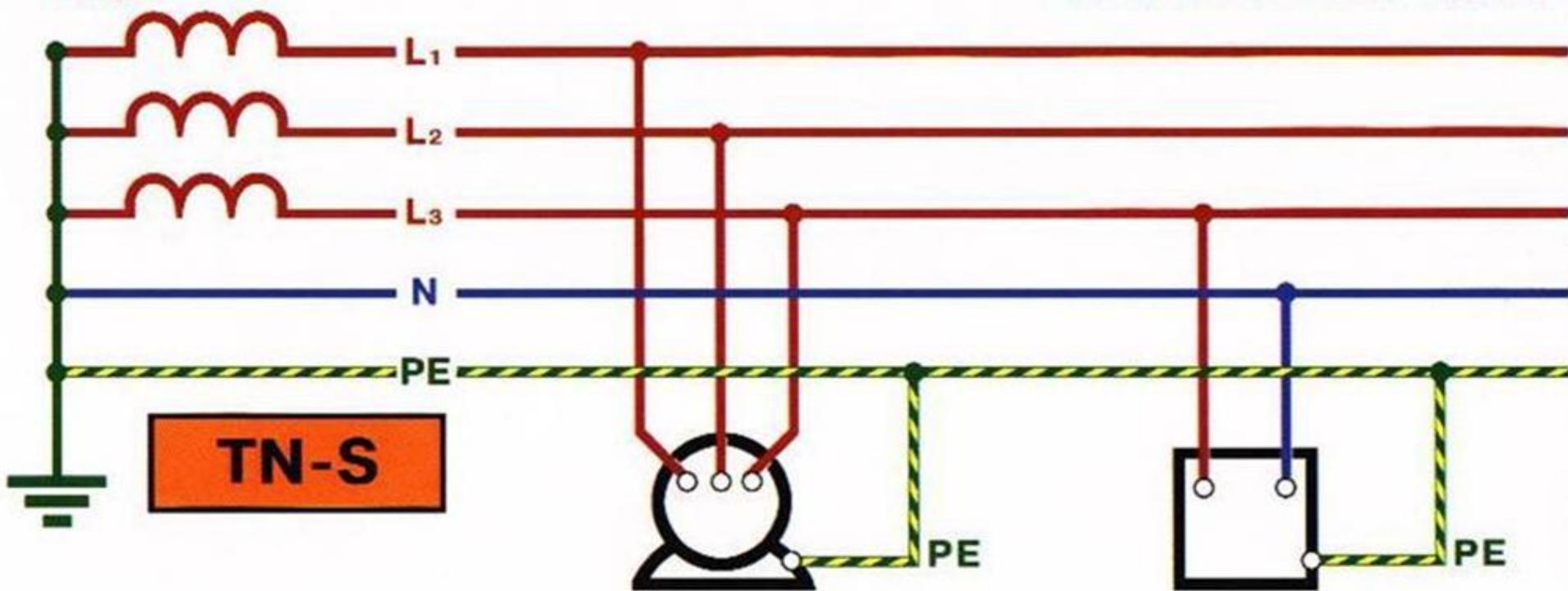
Выполнение защитного проводника

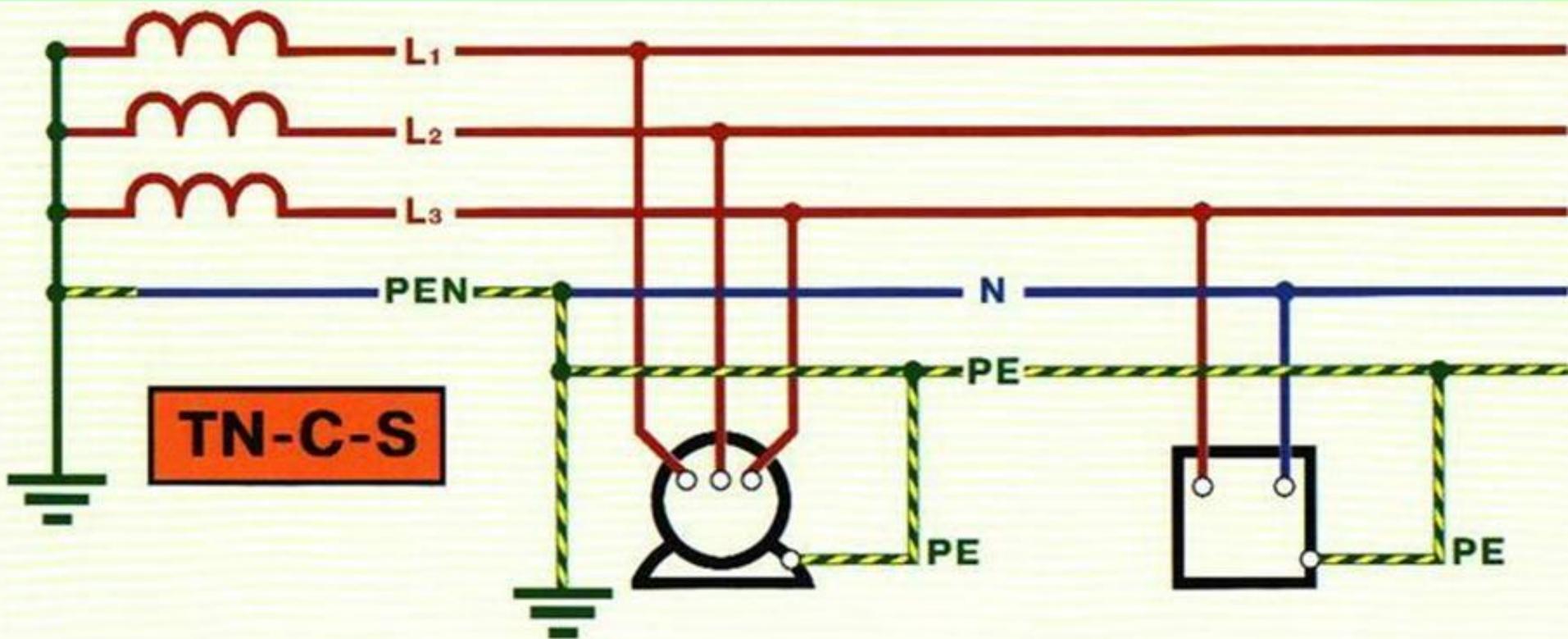


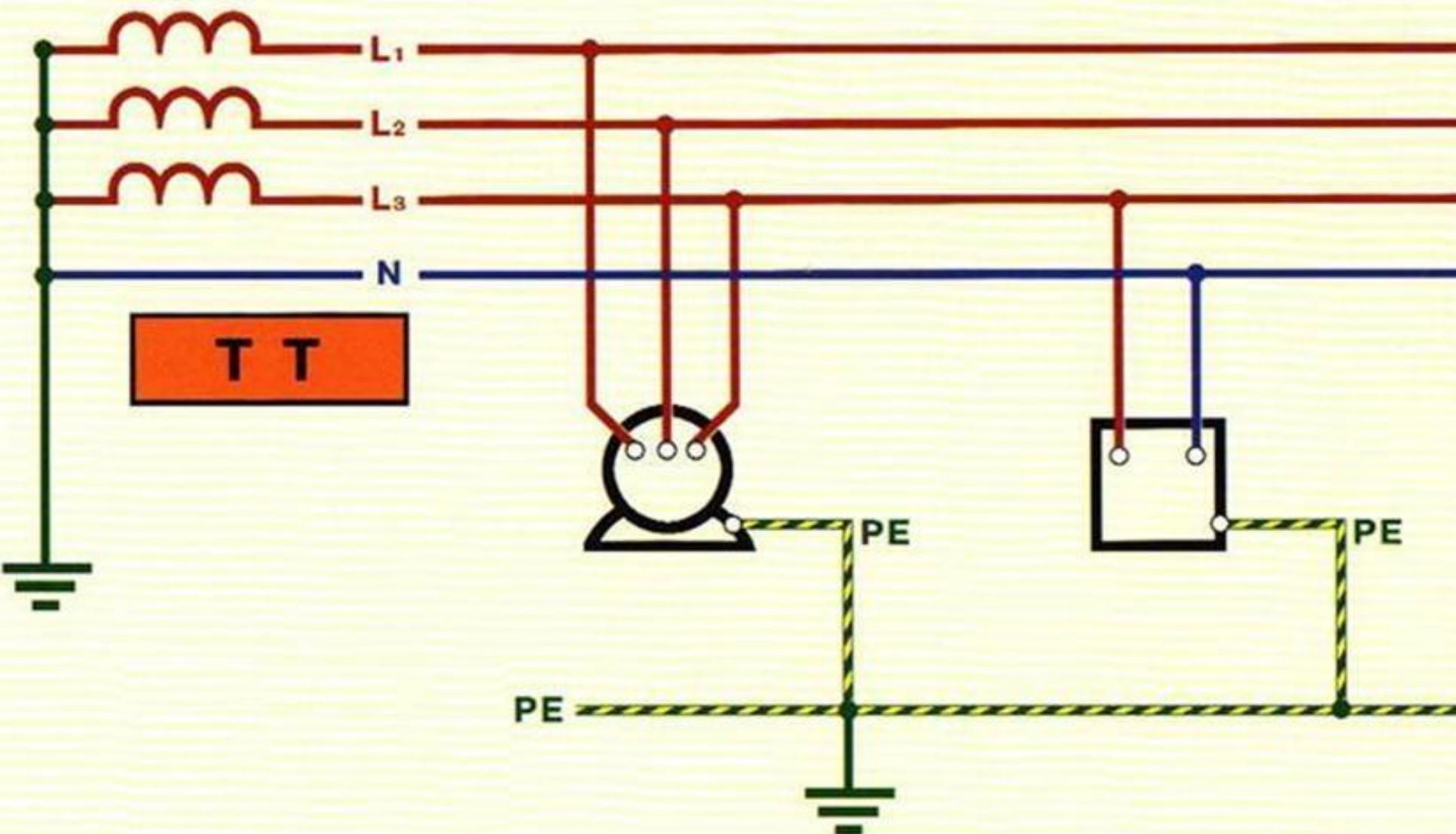


ПОДСТАНЦИЯ

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКА ЗДАНИЯ







## **ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

Дополнительная защита от прямого прикосновения не требуется, если наибольшее рабочее **напряжение не превышает**

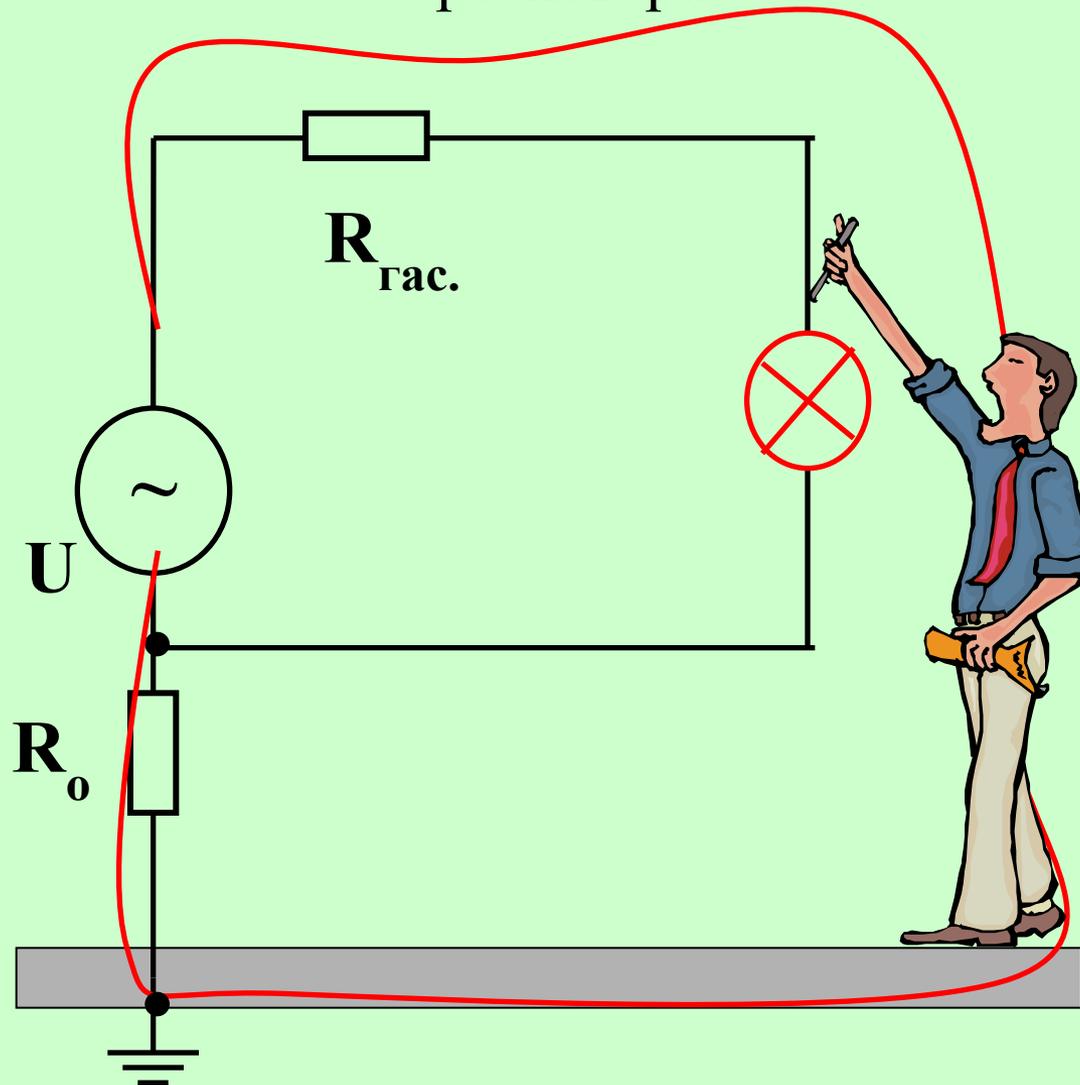
	~, 50Гц	=
в помещениях без повышенной опасности	25 В	60 В
в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках	6 В	15 В

## **Честные, с точки зрения электробезопасности, способы получения малых напряжений.**

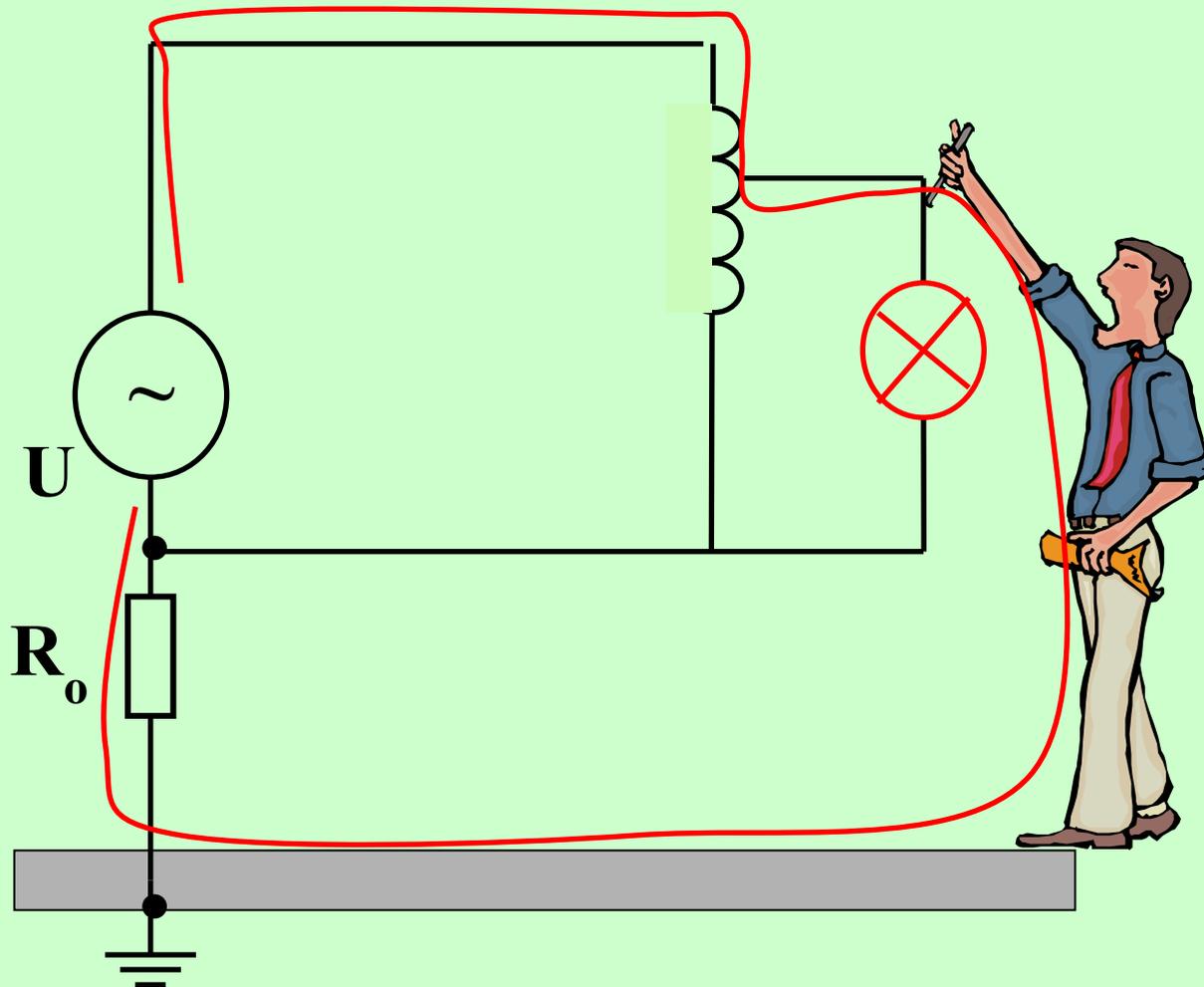
- независимые низковольтные источники питания
- получение малых напряжений от высоковольтных источников, с помощью гальванически развязанных цепей

# Нечестные способы

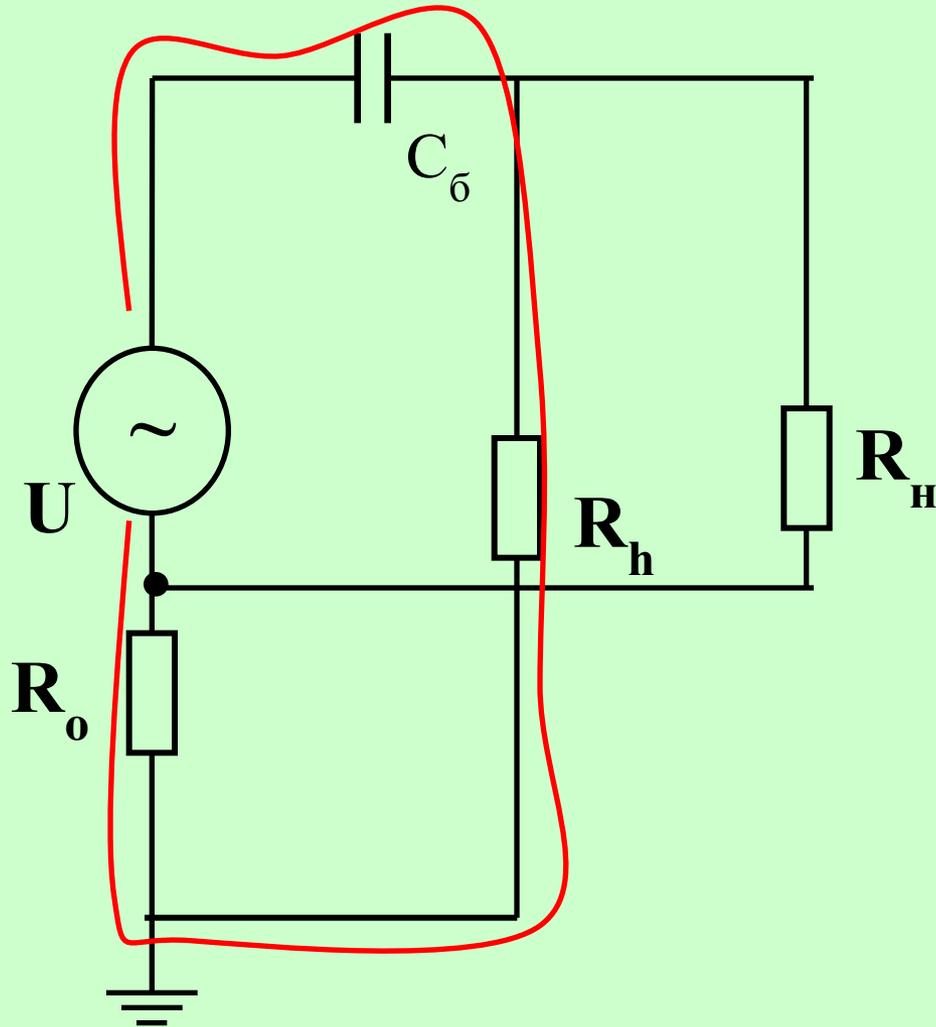
1. Получение малого напряжения с помощью гасящего резистора



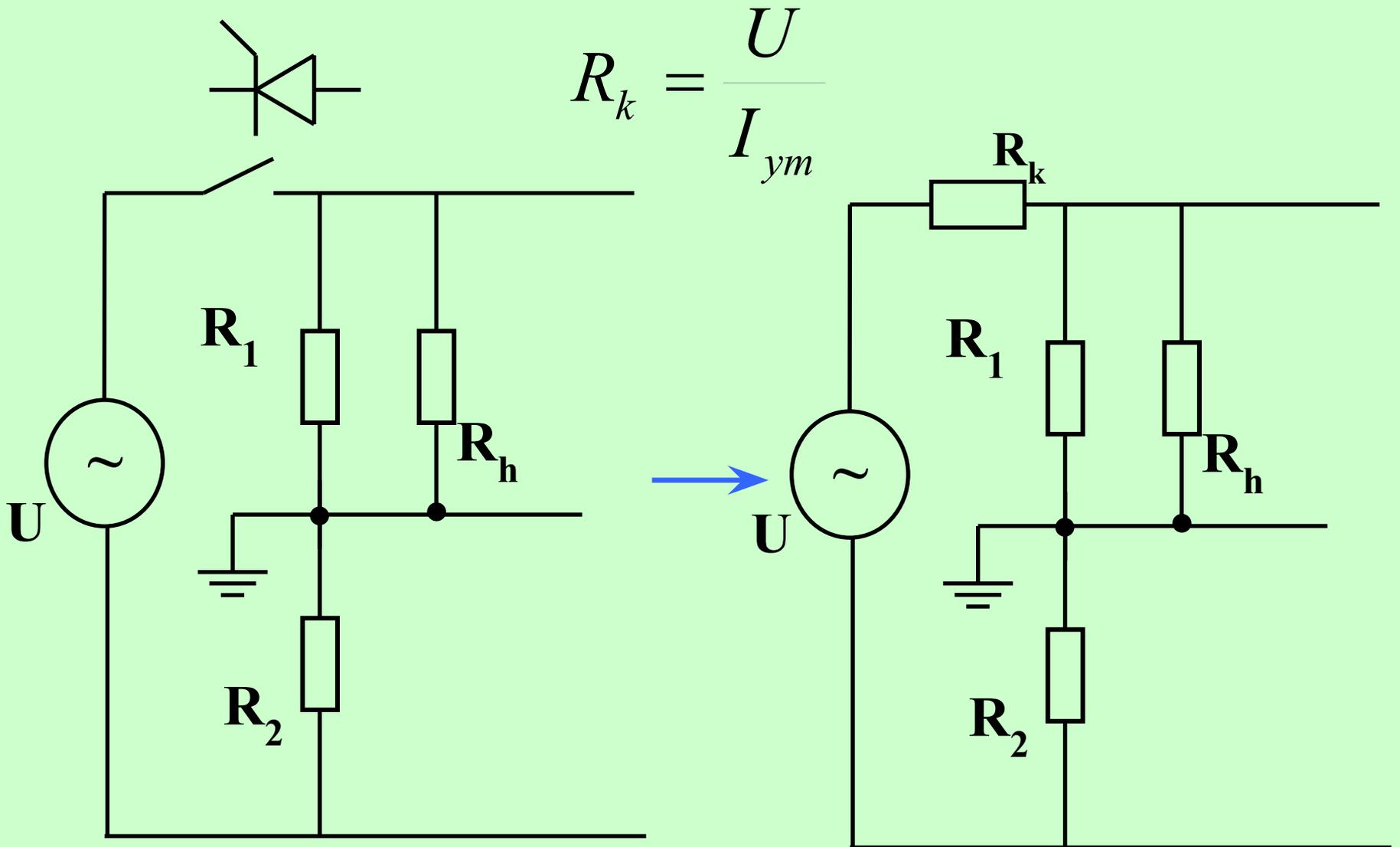
## 2. Получение малого напряжения с помощью автотрансформатора



### 3. Бестрансформаторные блоки питания

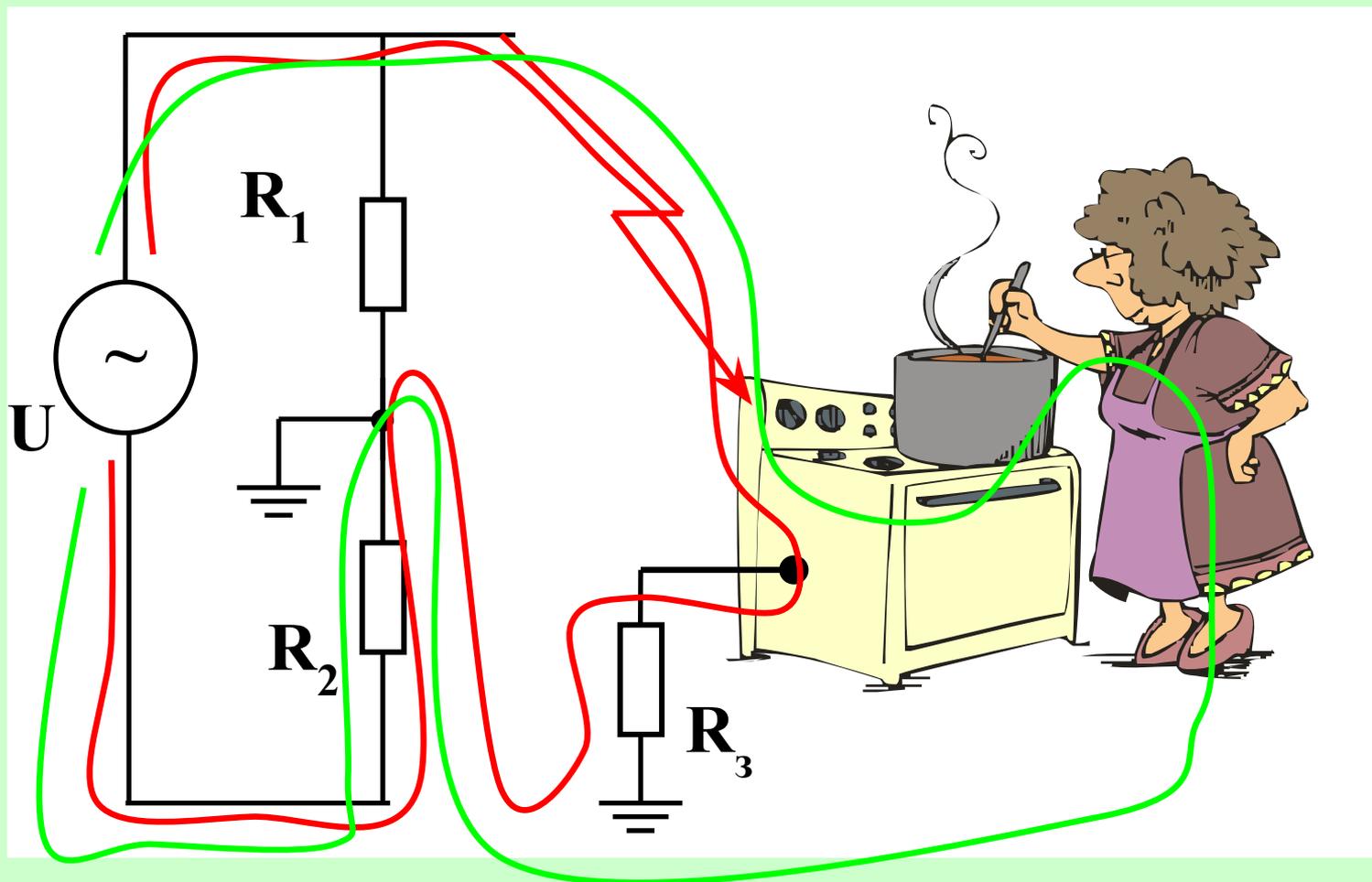


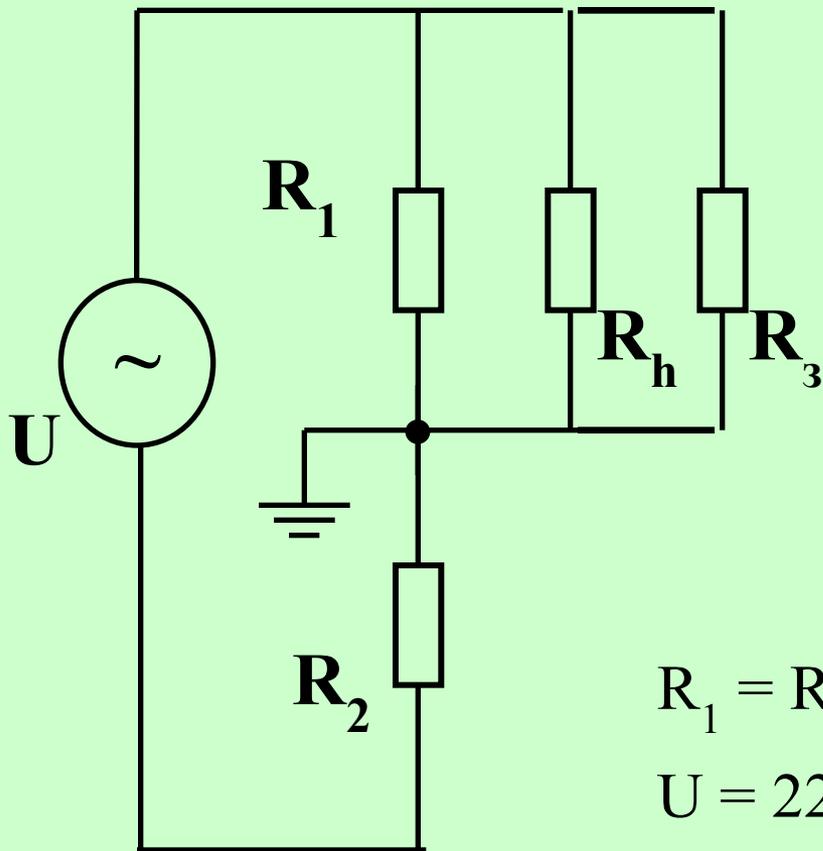
#### 4. Гальванически связанный цепи



# Дополнительные технические мероприятия по защите от поражения электрическим током

## ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ





$$R_1^* = \frac{R_h \cdot R_1 \cdot R_3}{R_h \cdot R_3 + R_1 \cdot R_h + R_1 \cdot R_3}$$

$$R_1^* = \frac{R_h \cdot R_1}{R_h + R_1}$$

$$U_h = U \cdot \frac{R_1^*}{R_2 + R_1^*}$$

$$R_1 = R_2 = R_h = 1 \text{ k}\Omega$$

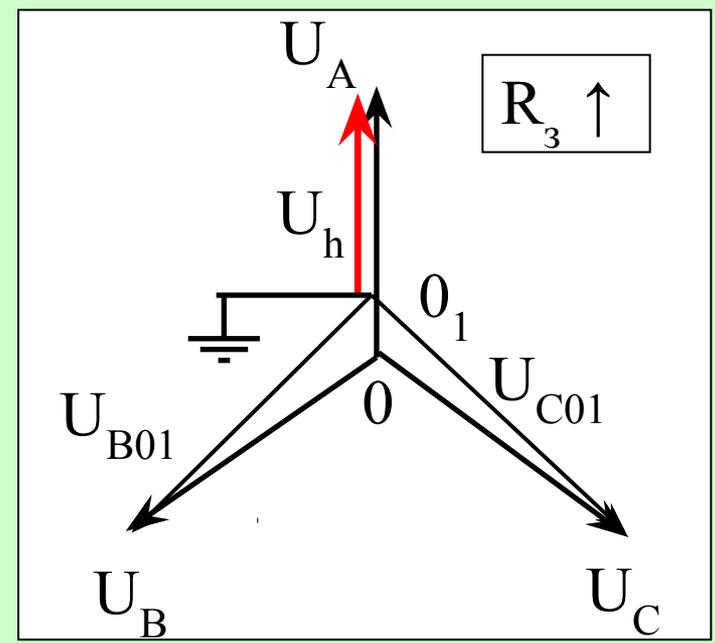
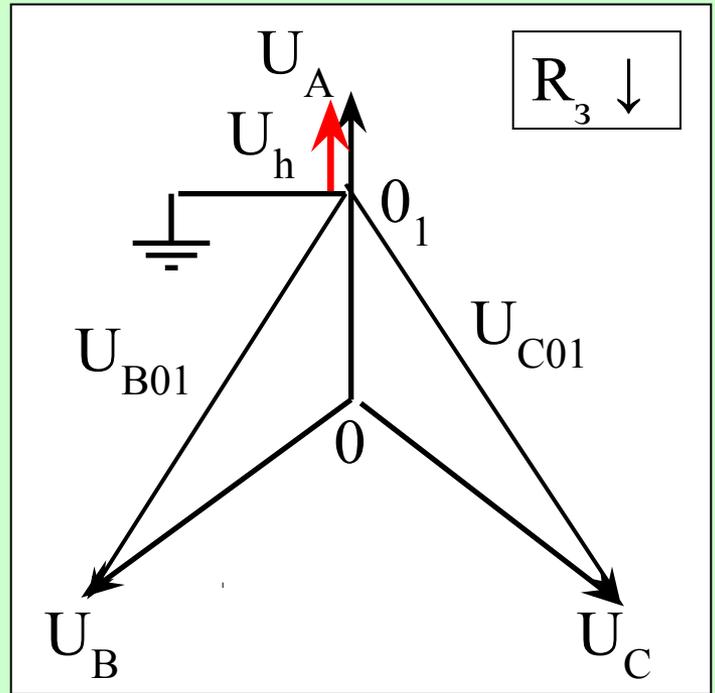
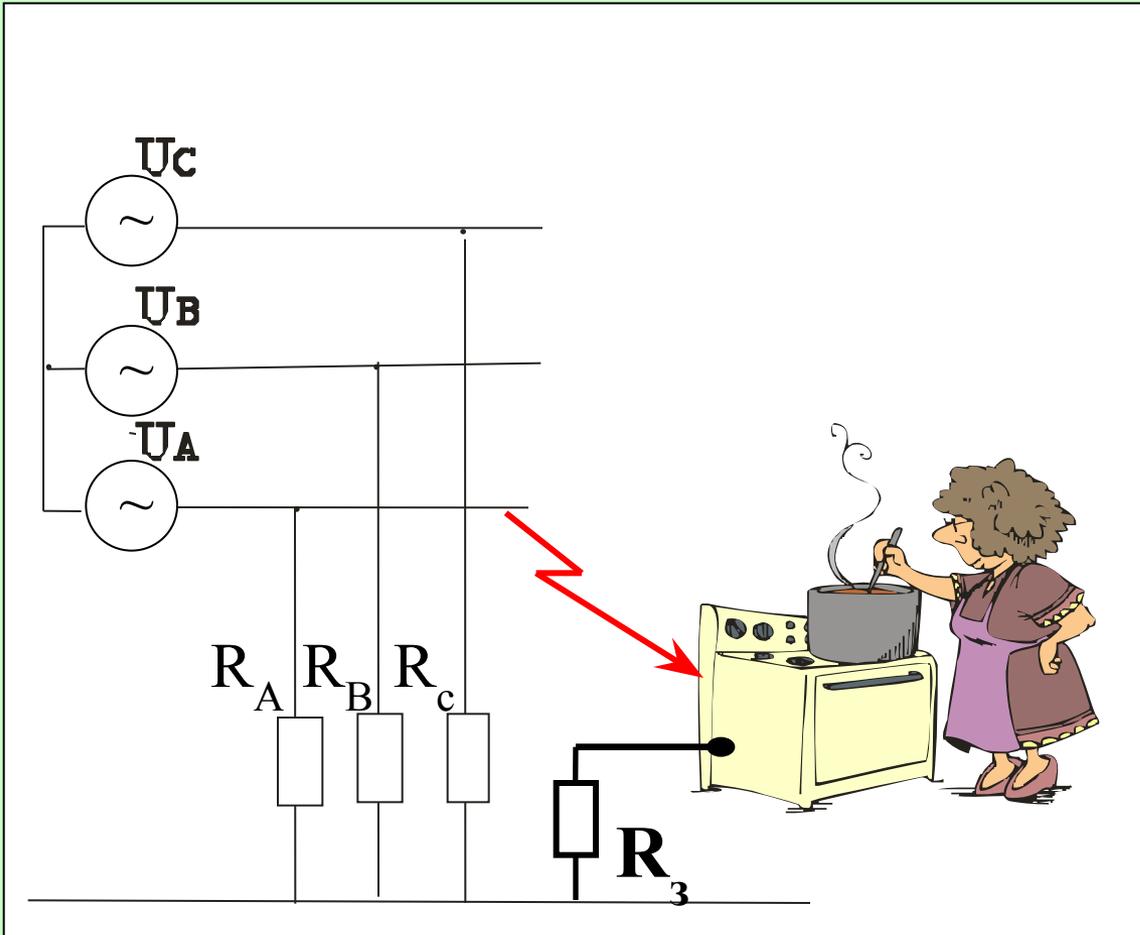
$$U = 220 \text{ B}$$

$$\left. \begin{array}{l} R_1 = R_2 = R_h = 1 \text{ k}\Omega \\ U = 220 \text{ B} \end{array} \right\} U_h \approx 73 \text{ B}$$

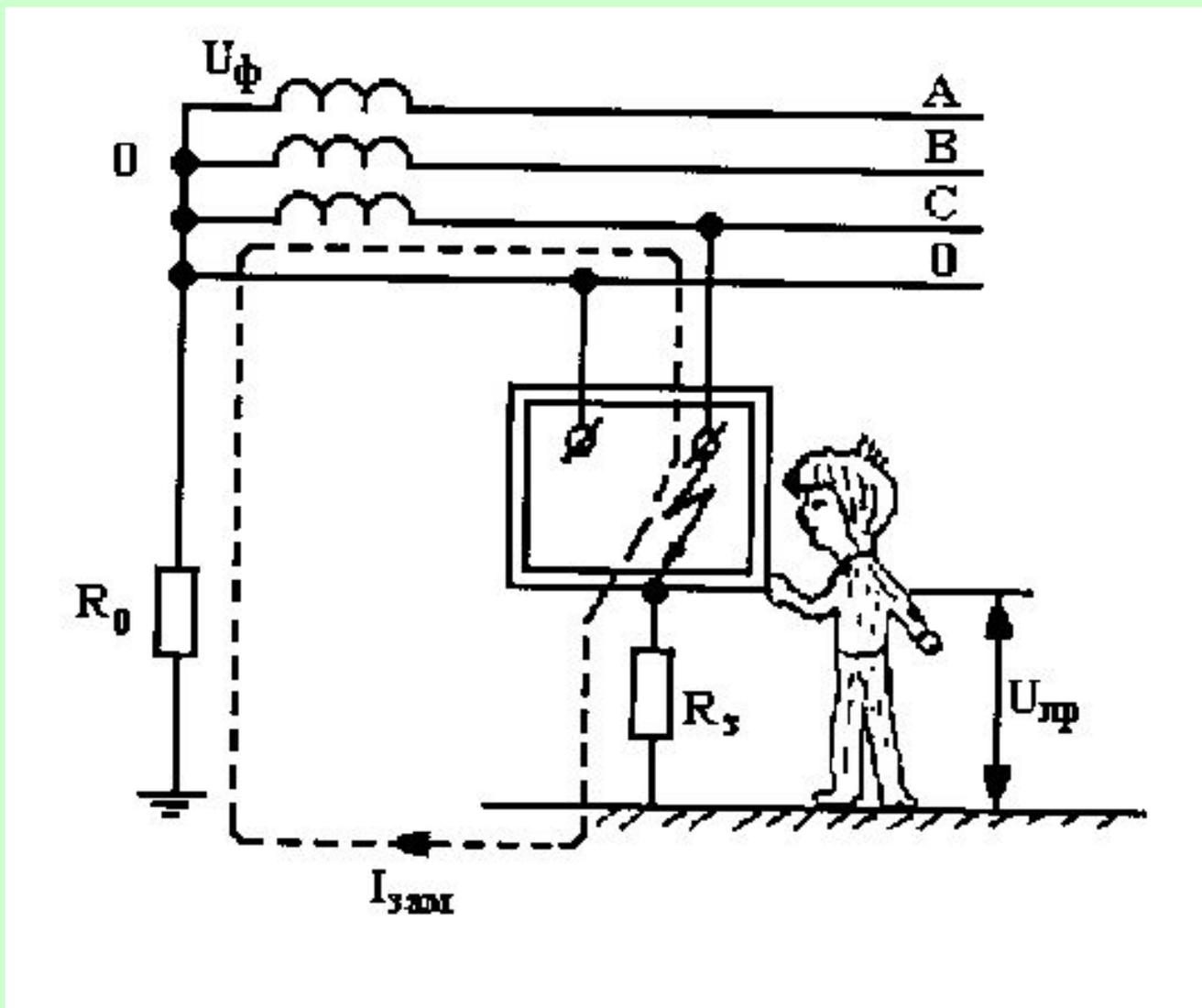
$$R_1 = R_2 = R_h = 1 \text{ k}\Omega$$

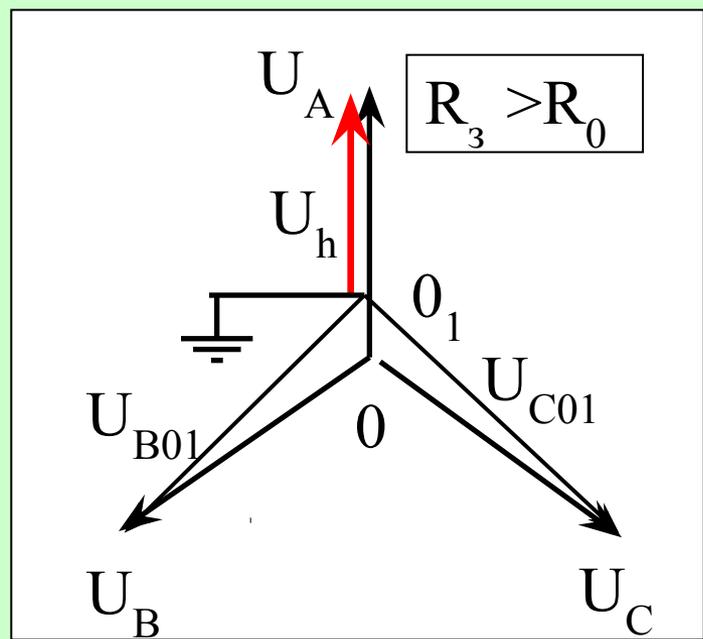
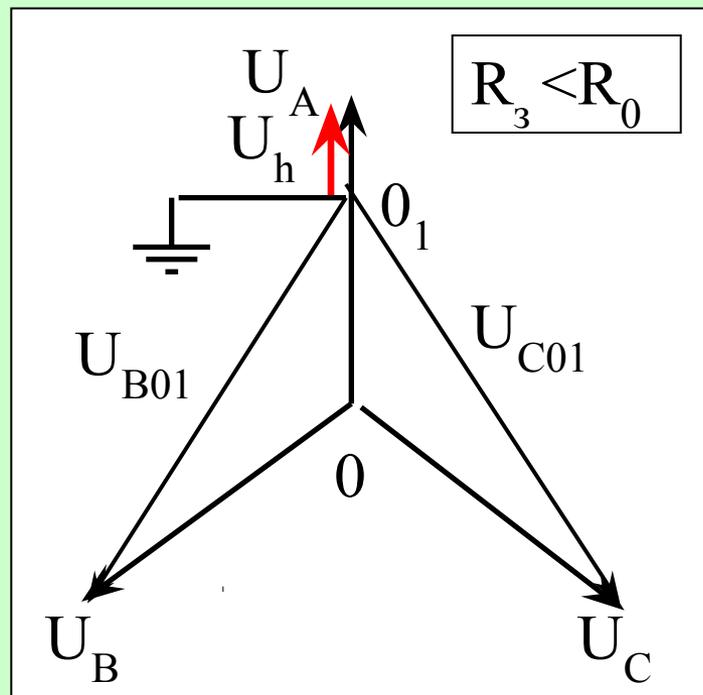
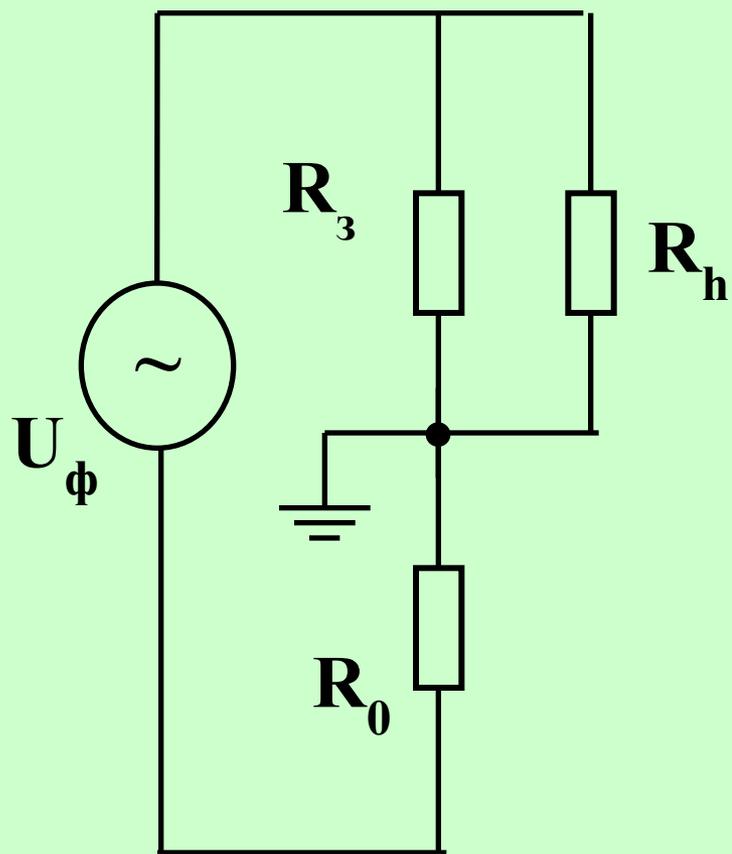
$$U = 220 \text{ B}; R_3 = 4 \text{ M}\Omega$$

$$\left. \begin{array}{l} R_1 = R_2 = R_h = 1 \text{ k}\Omega \\ U = 220 \text{ B}; R_3 = 4 \text{ M}\Omega \end{array} \right\} U_h \approx 0 \text{ B}$$

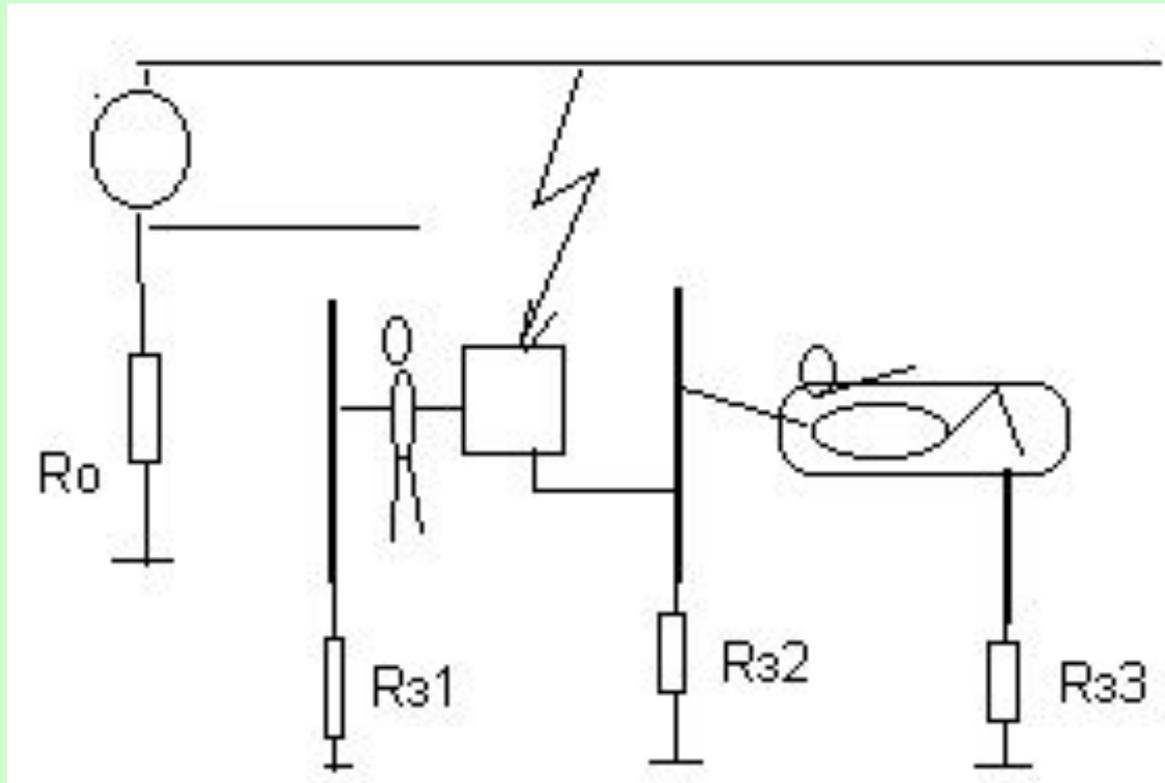


# НЕЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В СЕТЯХ С ЗАЗЕМЛЕННЫМ НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ



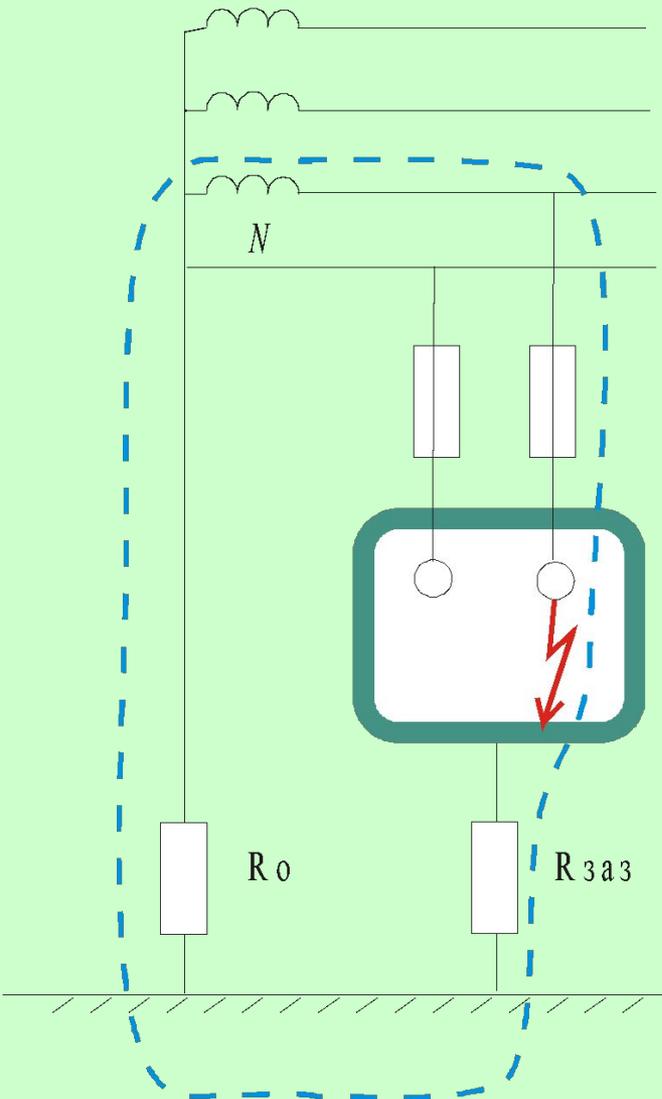


# ОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ И ПОДОБНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ



Использование металлоконструкций, связанных с землей, в целях заземления корпусов электротехнических изделий в сетях с глухозаземленной нейтралью **ЗАПРЕЩЕНО ПУЭ**

# Защитное заземление в высоковольтных сетях с глухозаземленной нейтралью



$$I_{\text{зам}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{зaз}} + R_0)$$

$$R_{\text{зaз}} \approx R_0 < 0.5 \text{ Ом}$$

$$U_{\text{ф}} > 1000 \text{ В}$$

$$I_{\text{зам}} > 1000 \text{ А} > I_{\text{потр}}$$

⇒ **Отключение**

# ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Защитное заземление применяется:

- в СИН

$U \geq 380$  В, 50 Гц

- в изолированных сетях ПТ

$U \geq 440$  В

- во взрывоопасных зонах

независимо от  $U$

- в СИН

$U \geq 50$  (25, 12) В, 50 Гц

- в изолированных сетях ПТ

$U \geq 120$  (60, 30) В

всегда

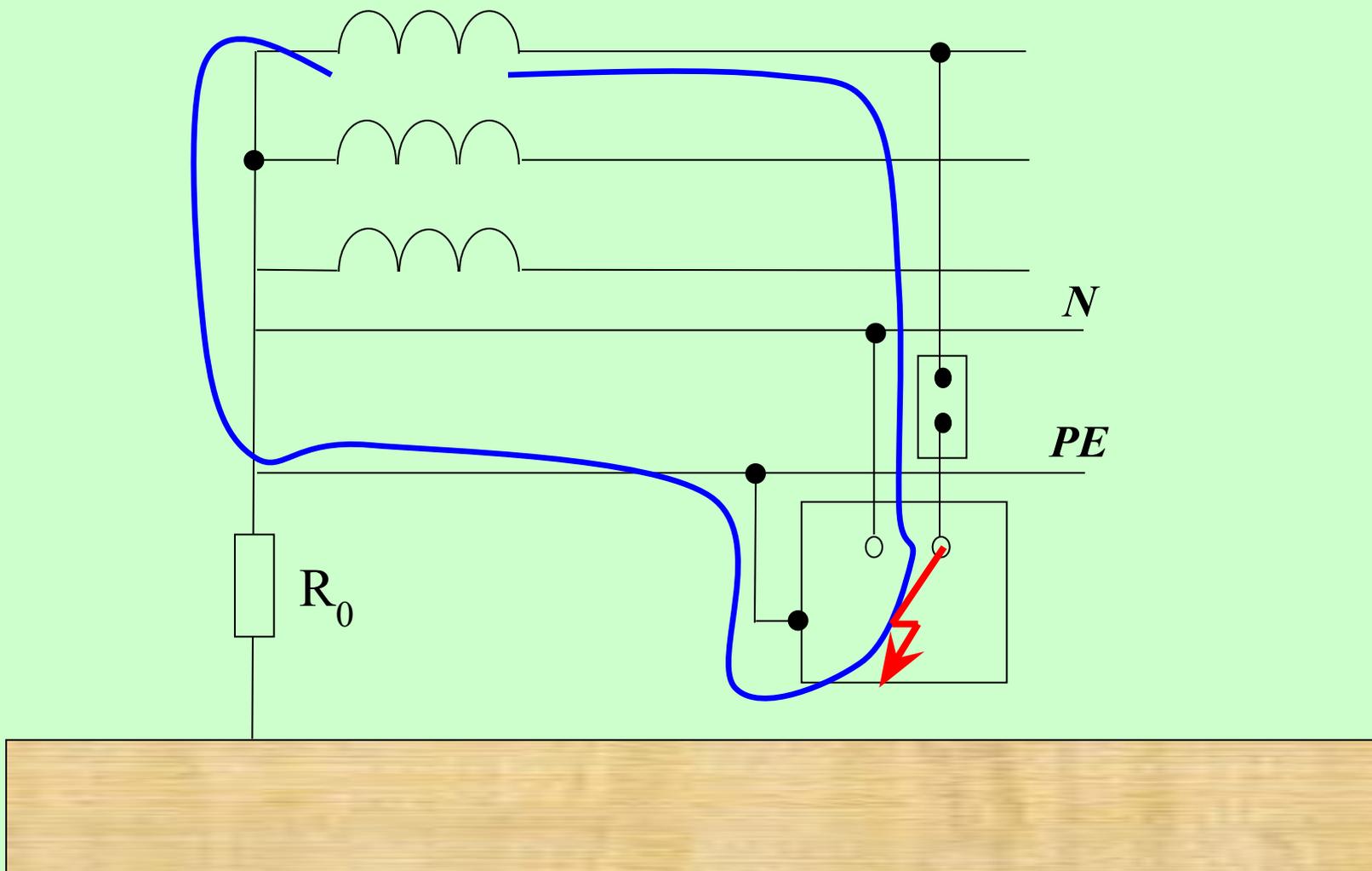
как вариант защиты

- в электроустановках с глухозаземленной нейтралью  
при напряжении более 1000 В

- всегда

# Зануление

- намеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей с многократно заземленным нулевым проводом питающей сети.



# ГОСТ 12.1.038-89

- при аварийном режиме производственных электроустановок

		Продолжительность воздействия , с					
		0.01-0.08	0.1	0.2	0.5	1.0	>1
~ 50 Гц	$U_{пр}$ , В	550	340	160	105	60	20
	$I_h$ , МА	650	400	190	125	50	6

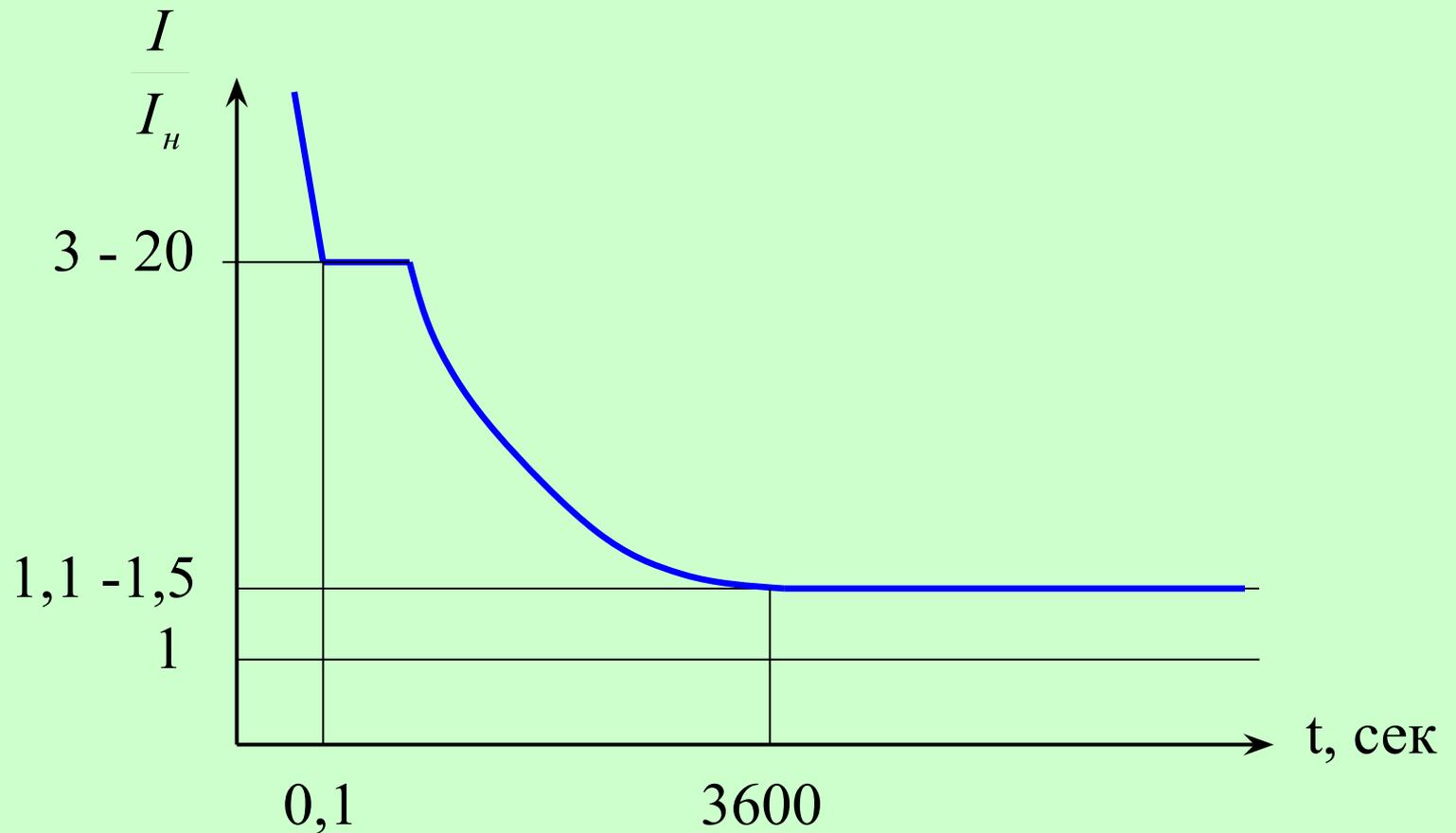
$$t_{откл} \leq 100 - 200 \text{ мс}$$

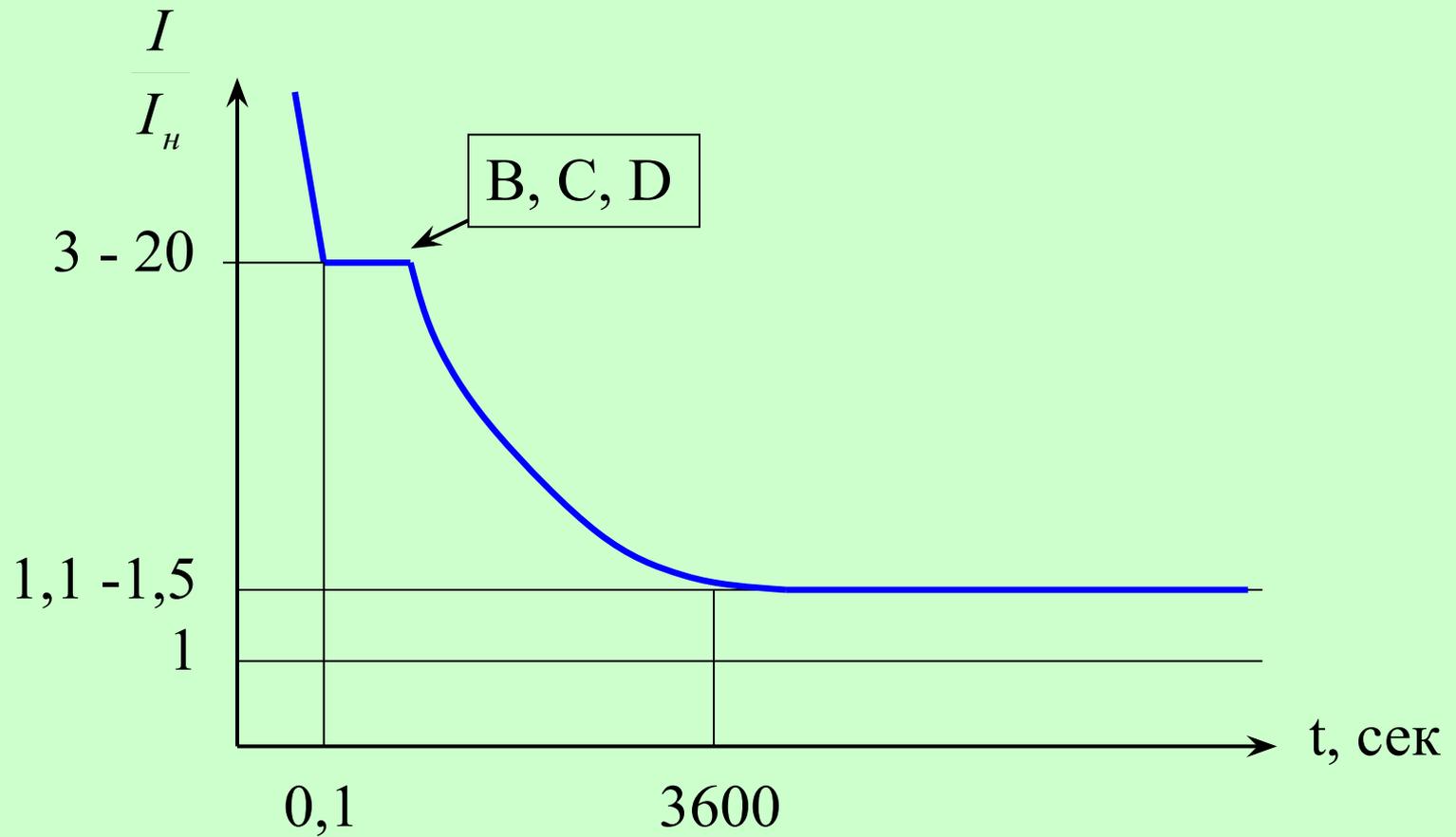
# РАСЧЕТ ЗАНУЛЕНИЯ

1. Выбор автомата или предохранителя:

а) по  $I_n$

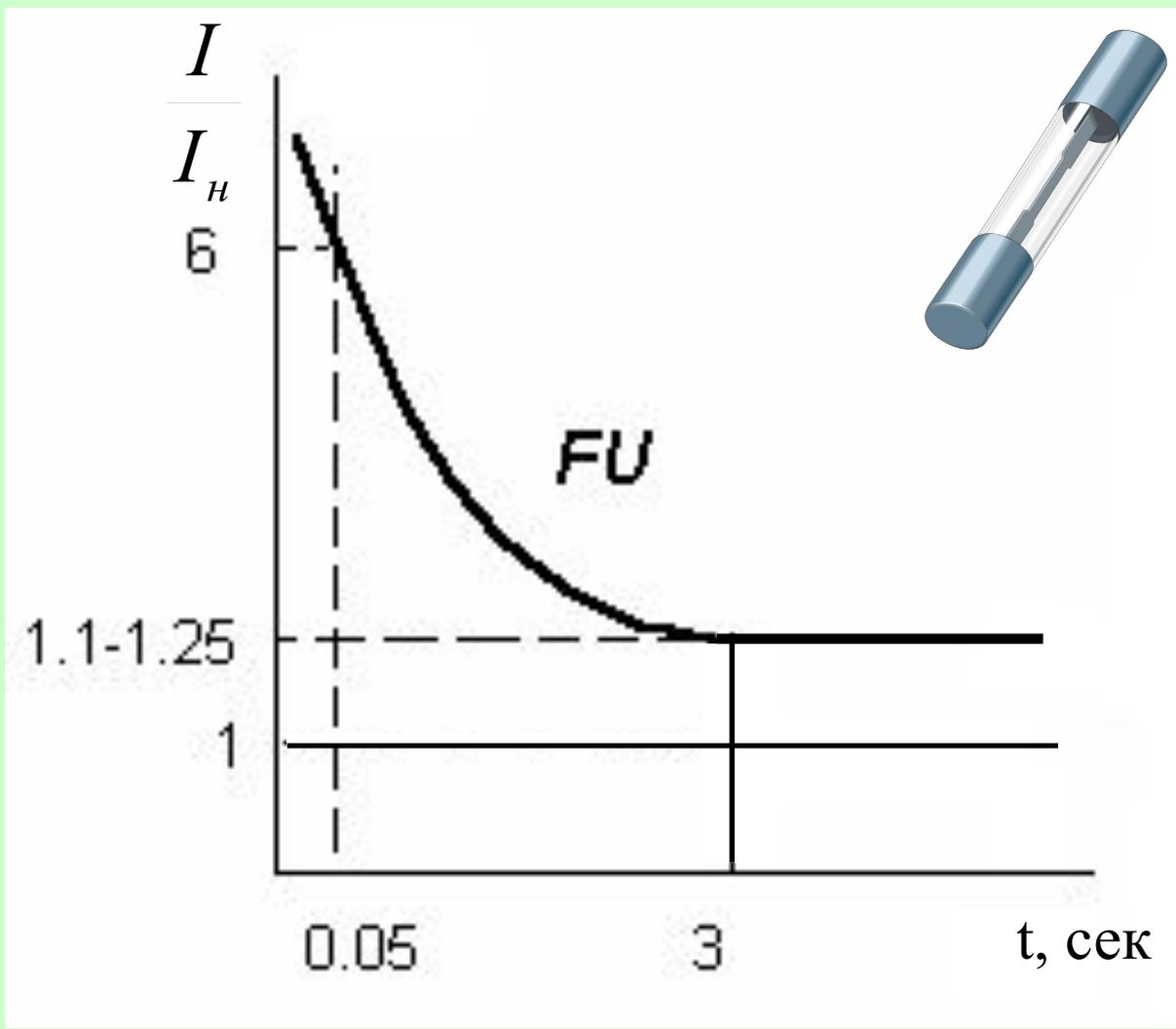
б) по  $I_{откл}$

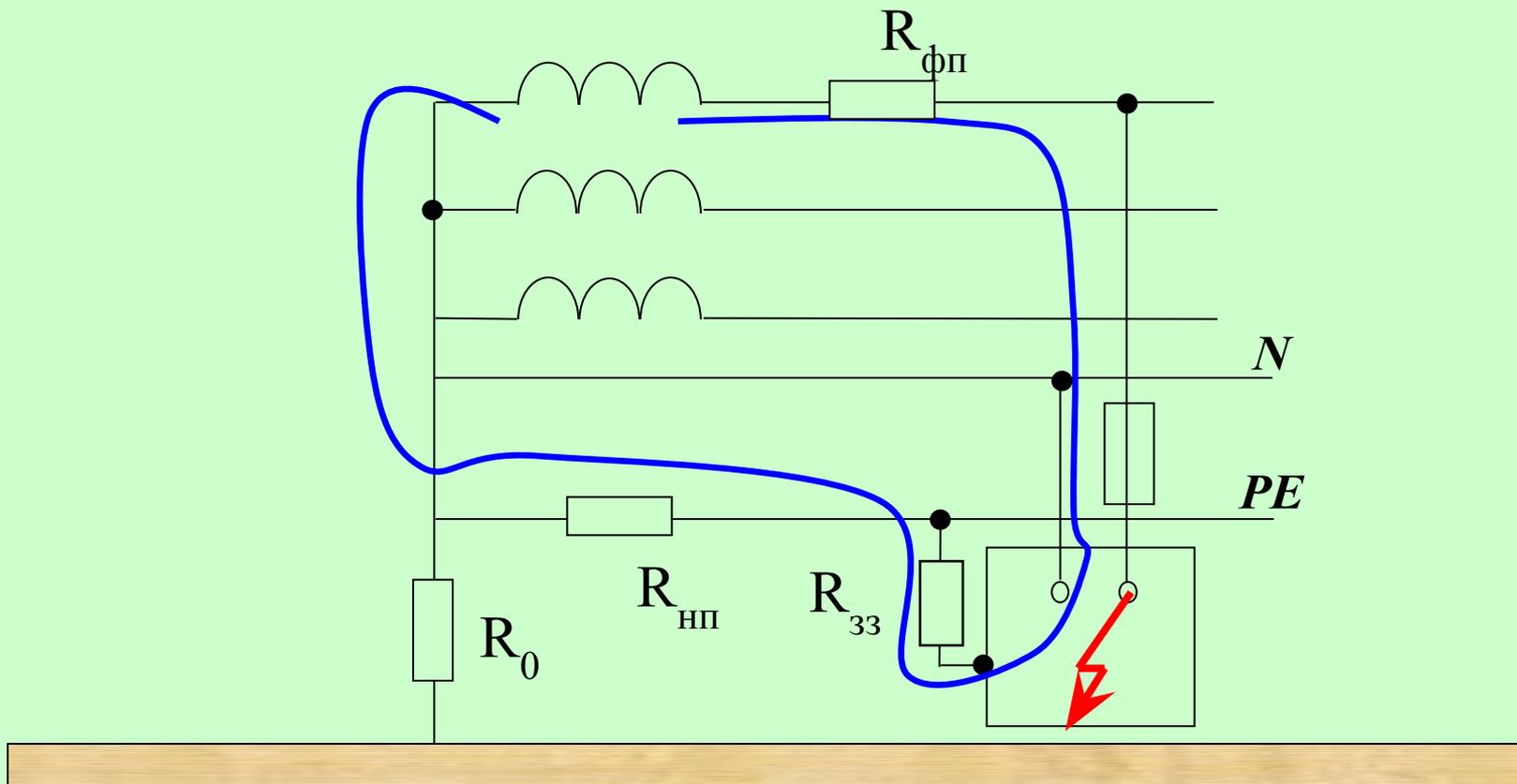




-  $I_{\text{пуск}} = k \cdot I_{\text{НОМ}}$ ,  $k = 1.2$  – для активной нагрузки  
 $k = 5 \sim 6$  – для электродвигателя

$$B \rightarrow I_{\text{кз}} = (3 - 5)I_n \quad C \rightarrow I_{\text{кз}} = (5 - 10)I_n \quad D \rightarrow I_{\text{кз}} = (10 - 20)I_n$$





2. Расчет тока КЗ: 
$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{R_{\Sigma}} = \frac{U_{\phi}}{R_T + R_{\phi n} + R_{нп} + R_{зз}}$$

3. Расчет сопротивления проводника защитного зануления : 
$$R_{зз} \approx \frac{U_{\phi}}{1.5 \cdot I_{кз}} = \rho \frac{l}{S}$$

## Выбор провода по условиям механической прочности $S > S_{\min}$

	Провод зануления		Жила в кабеле (шнуре питания)
	неизолированный	изолированный	
медь	4	1.5	1 (0.35 – в бытовых приборах)
алюминий	6	2.5	2.5

# ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ

Защитное зануление применяется:

- в СГЗН

$U \geq 380$  В, 50 Гц

- в сетях ПТ с заземленным полюсом (ср. точкой)

$U \geq 440$  В

**всегда**

- в СГЗН

$U \geq 50$  (25, 12) В, 50 Гц

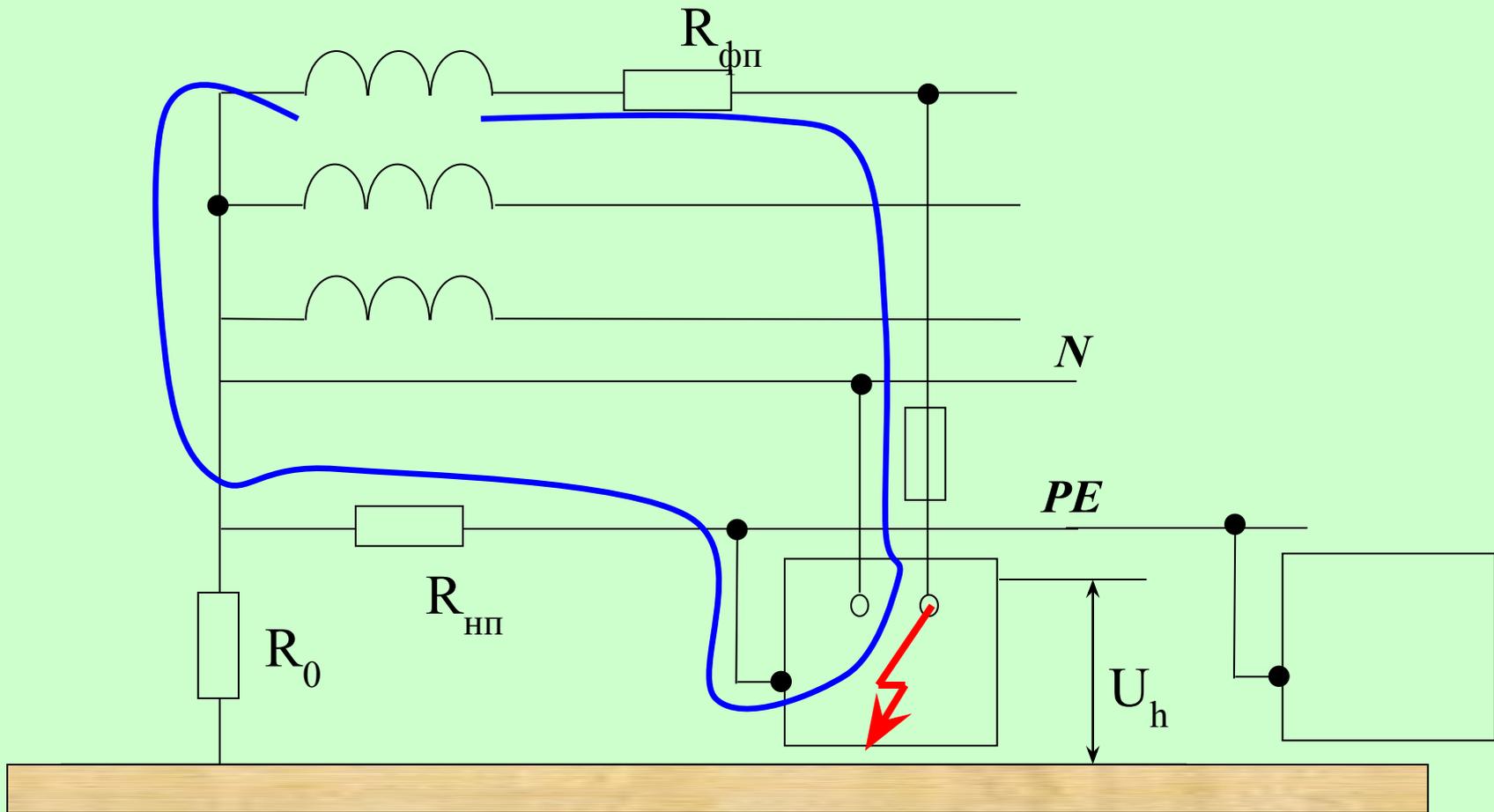
- в сетях ПТ

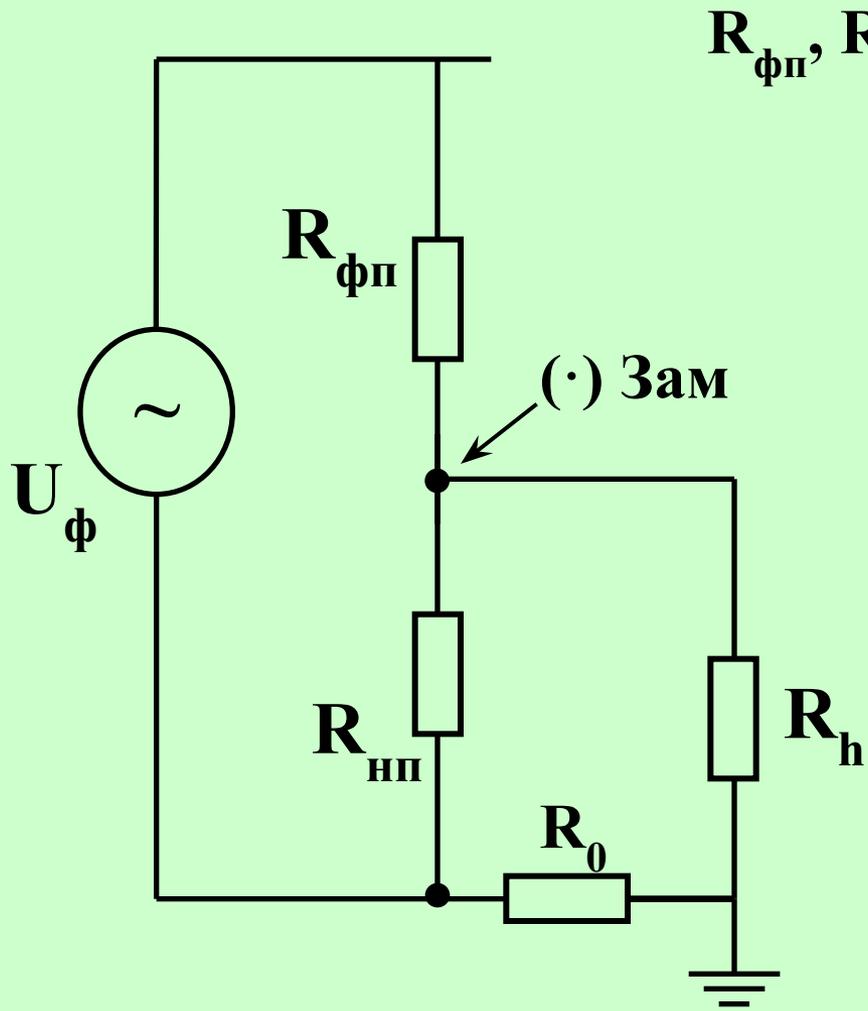
$U \geq 120$  (60, 30) В

**как вариант защиты**

# ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ ЗАНУЛЕНИЯ

## 1. Несоответствие уставок срабатывания параметрам защищаемых цепей.





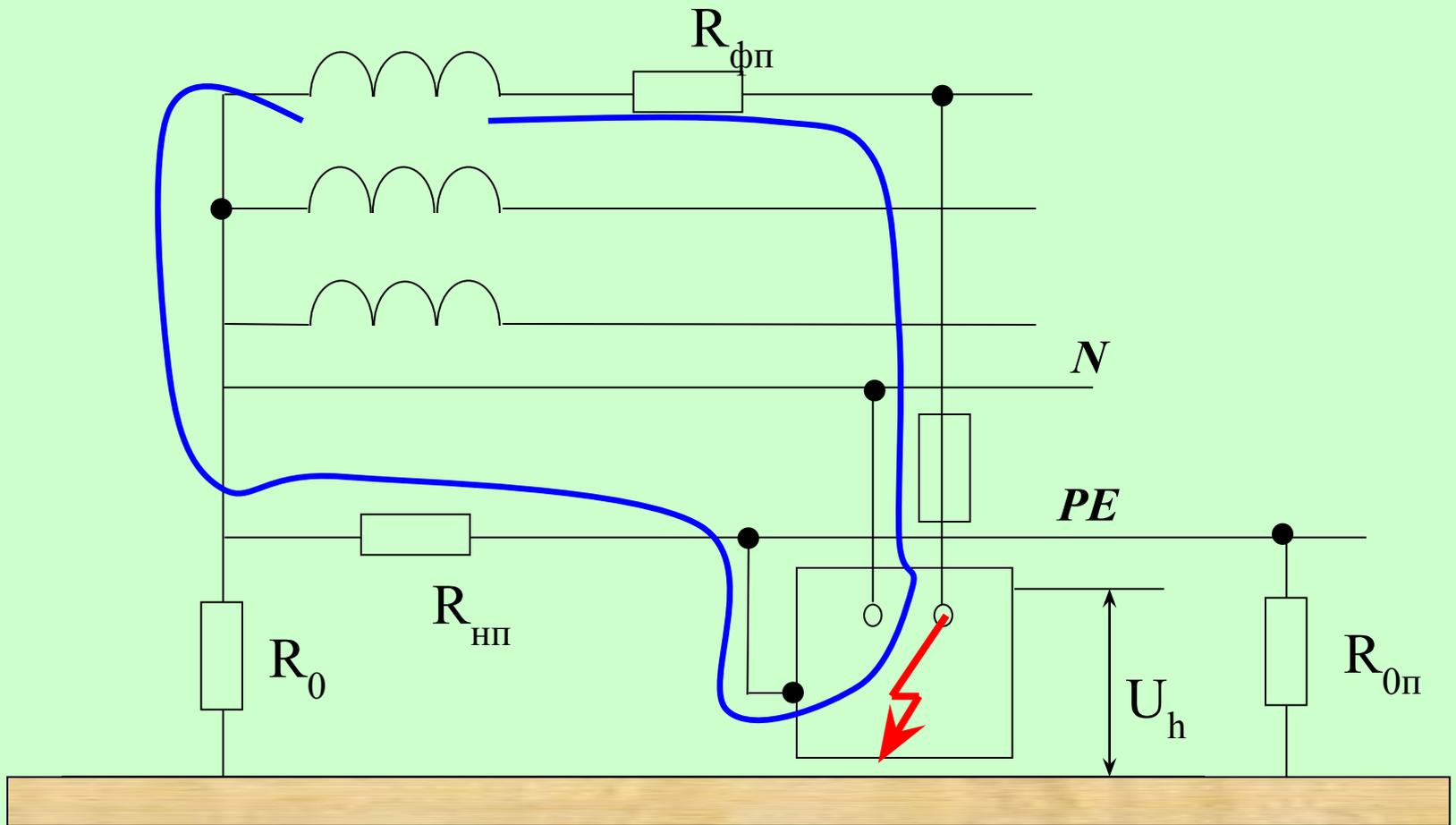
$$R_{\phiп}, R_{нп} \ll R_0$$

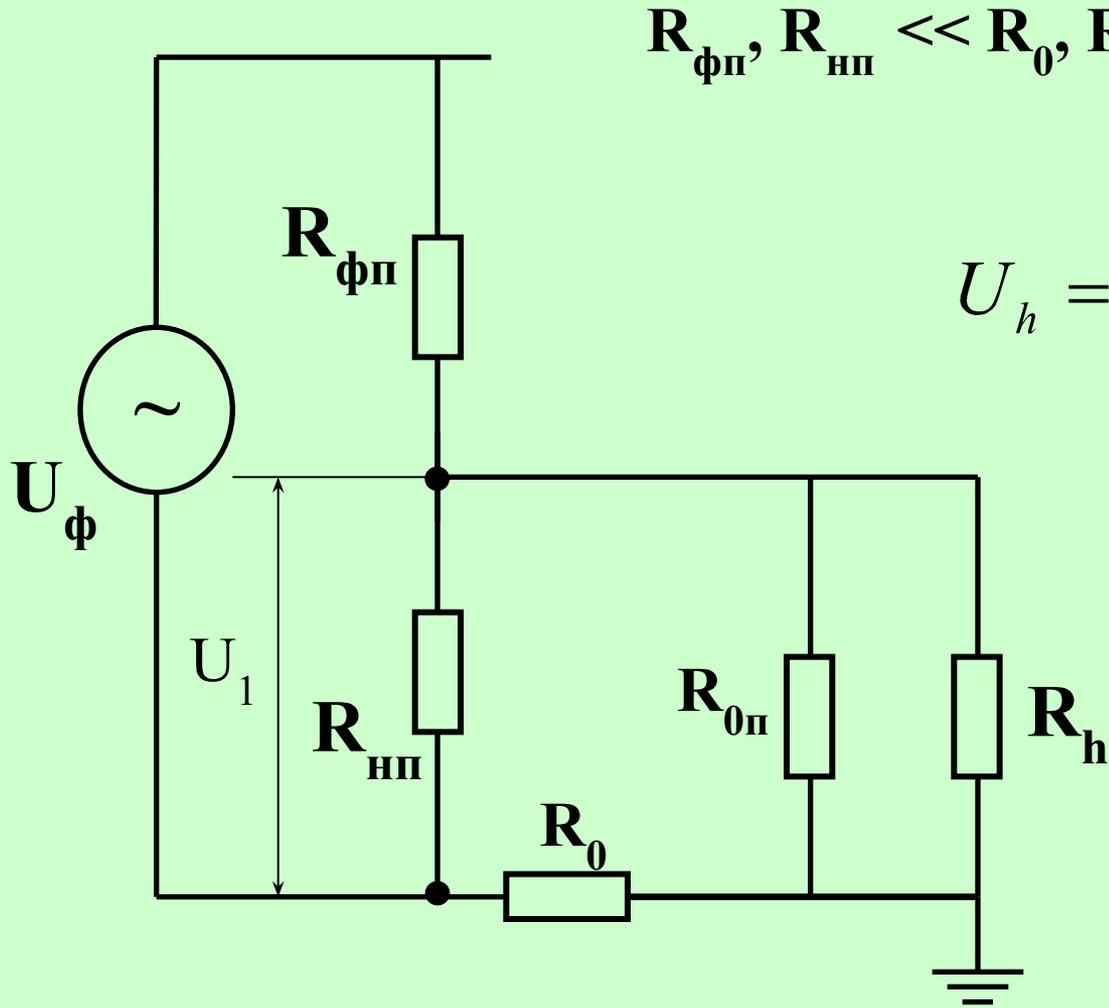
$$R_h \gg R_0$$

$$U_h = U_\phi \frac{R_{нп}}{R_{нп} + R_{\phiп}}$$

$$R_{нп} \approx R_{\phiп} \rightarrow U_h \approx U_\phi / 2$$

$$R_{нп} < R_{\phiп} \rightarrow U_h < U_\phi / 2$$



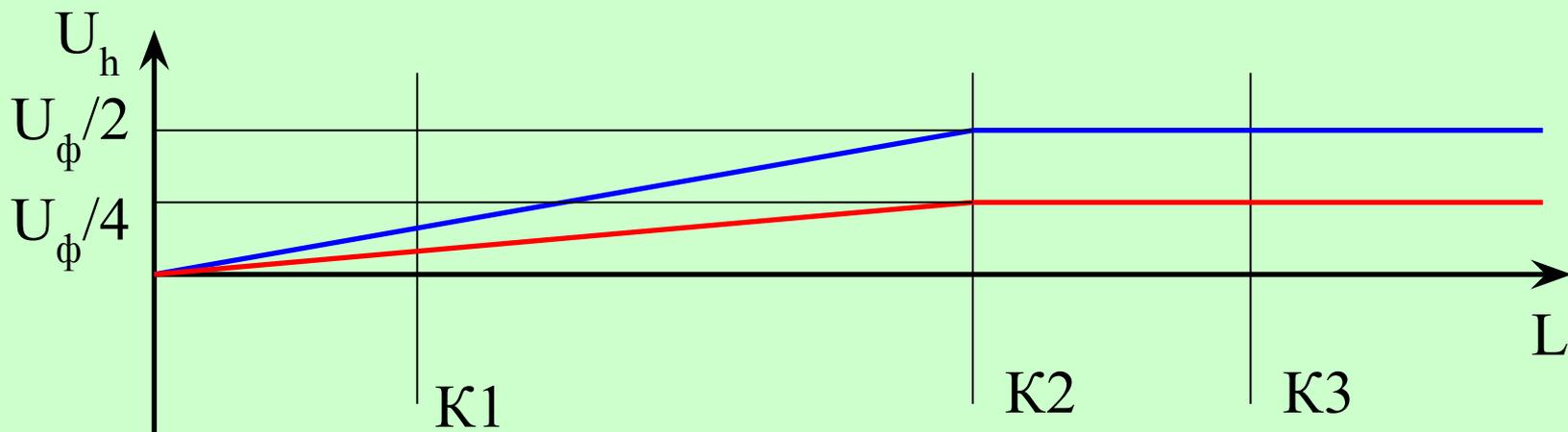
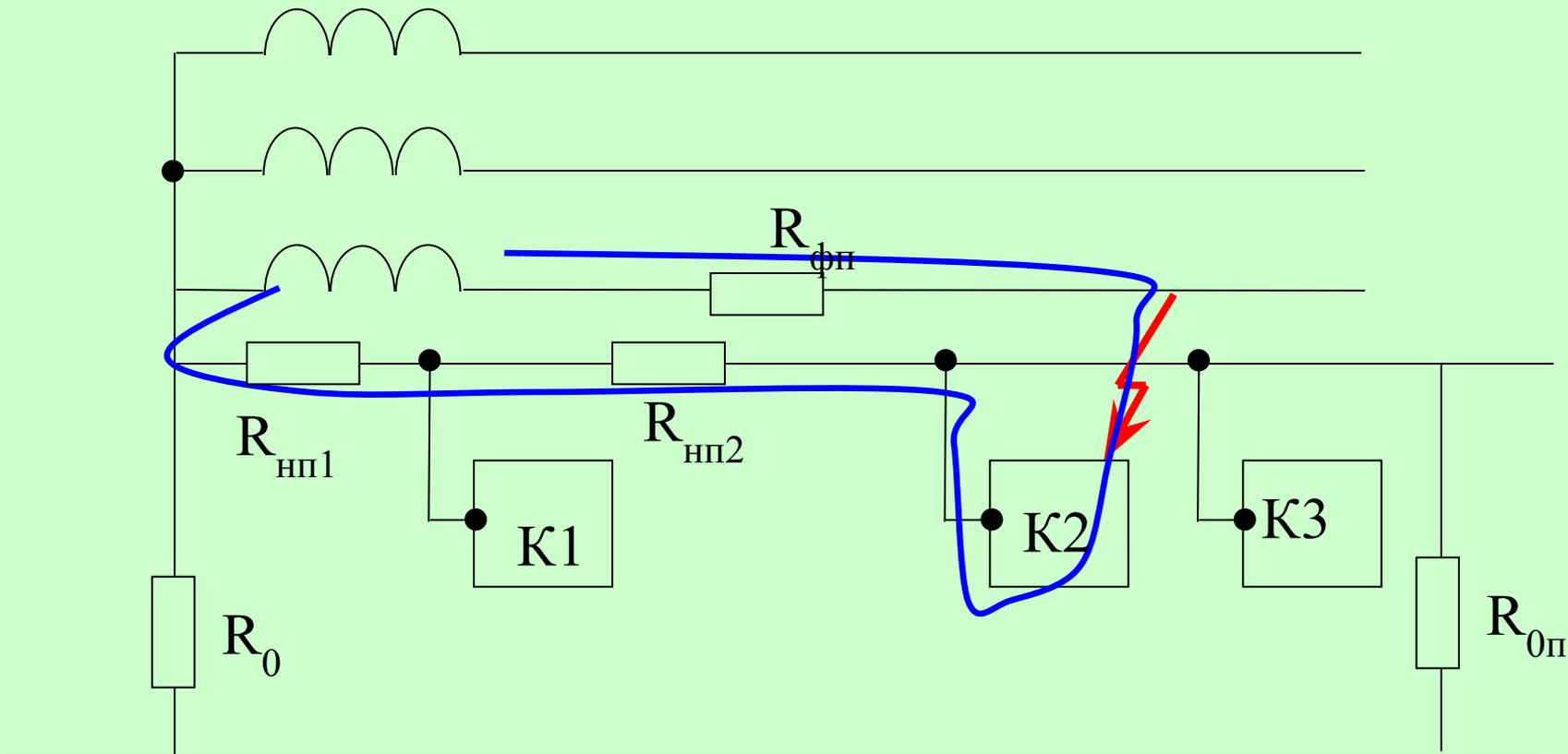


$$R_{\phi n}, R_{n n} \ll R_0, R_{0 n} \quad R_h \gg R_0, R_{0 n}$$

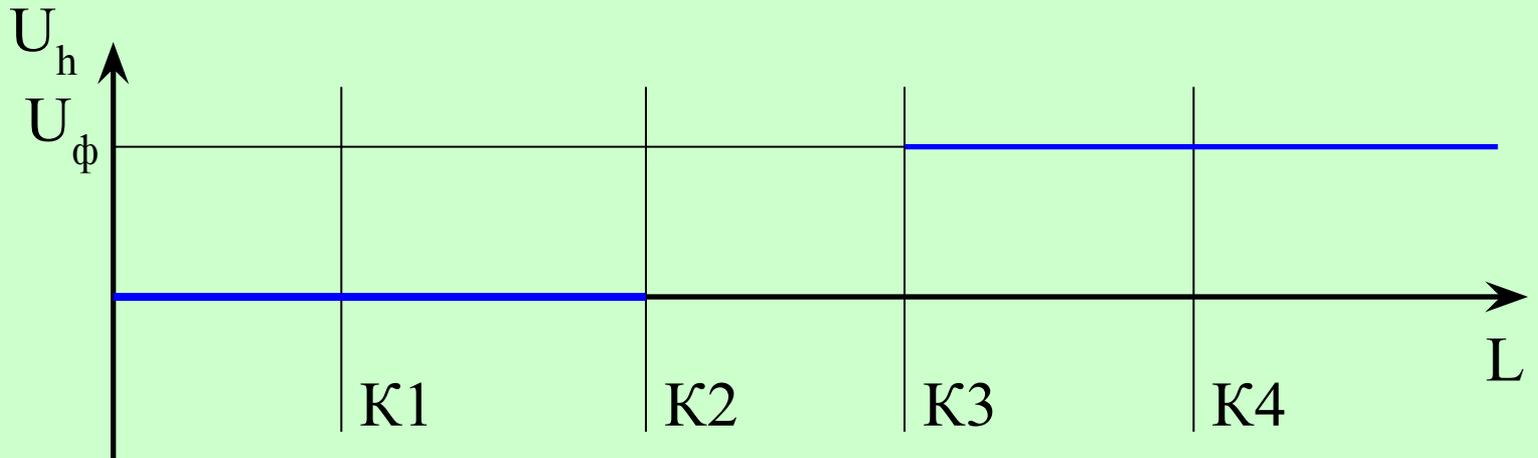
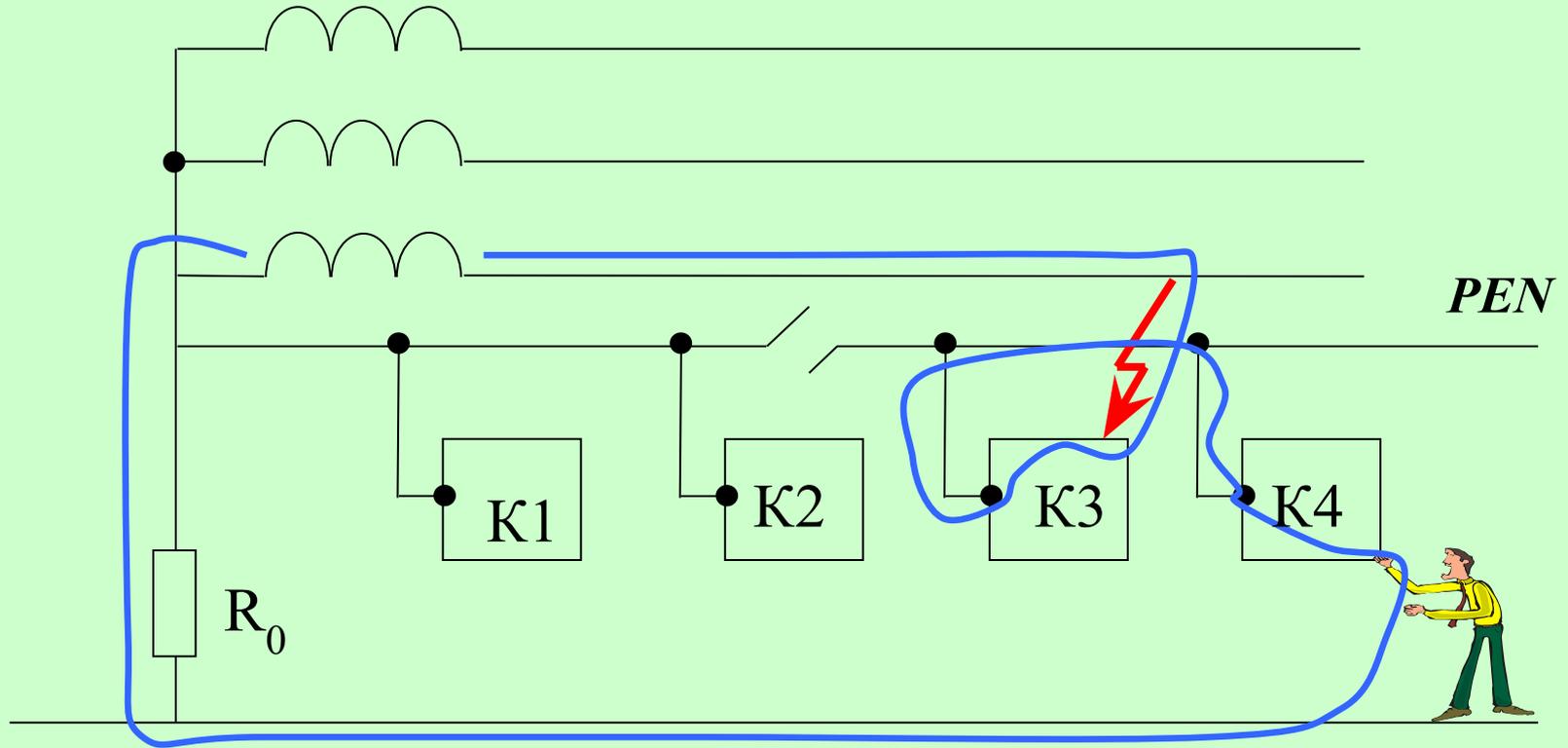
$$U_h = U_1 = U_\phi \frac{R_{n n}}{R_{n n} + R_{\phi n}}$$

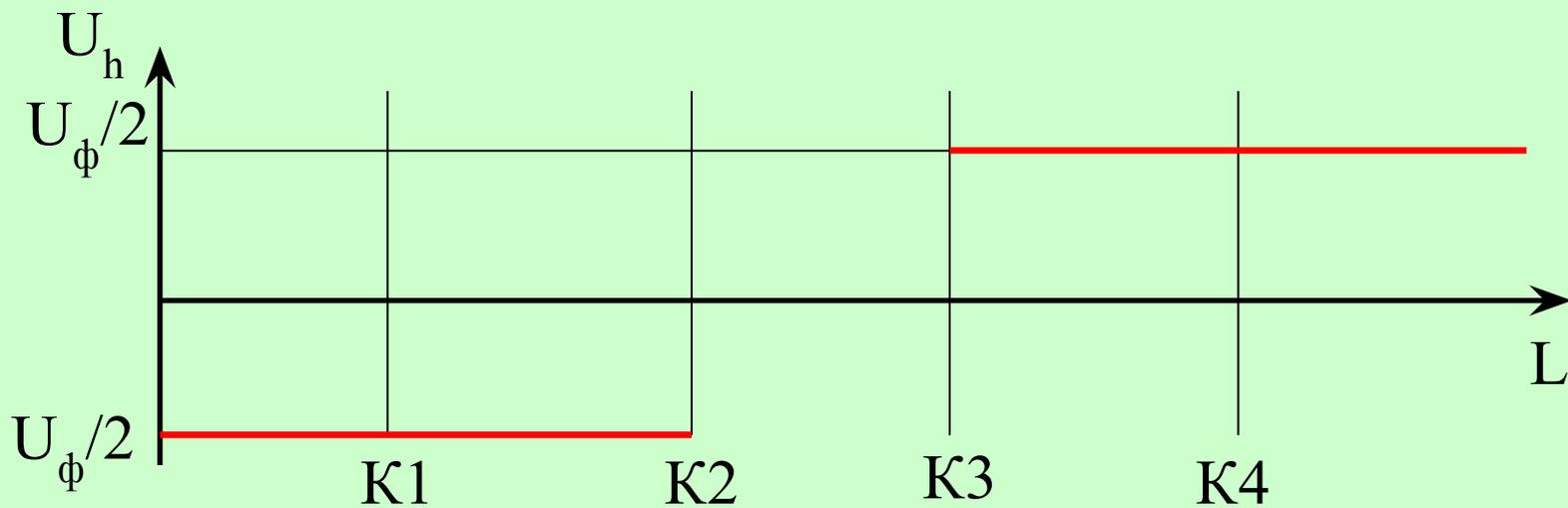
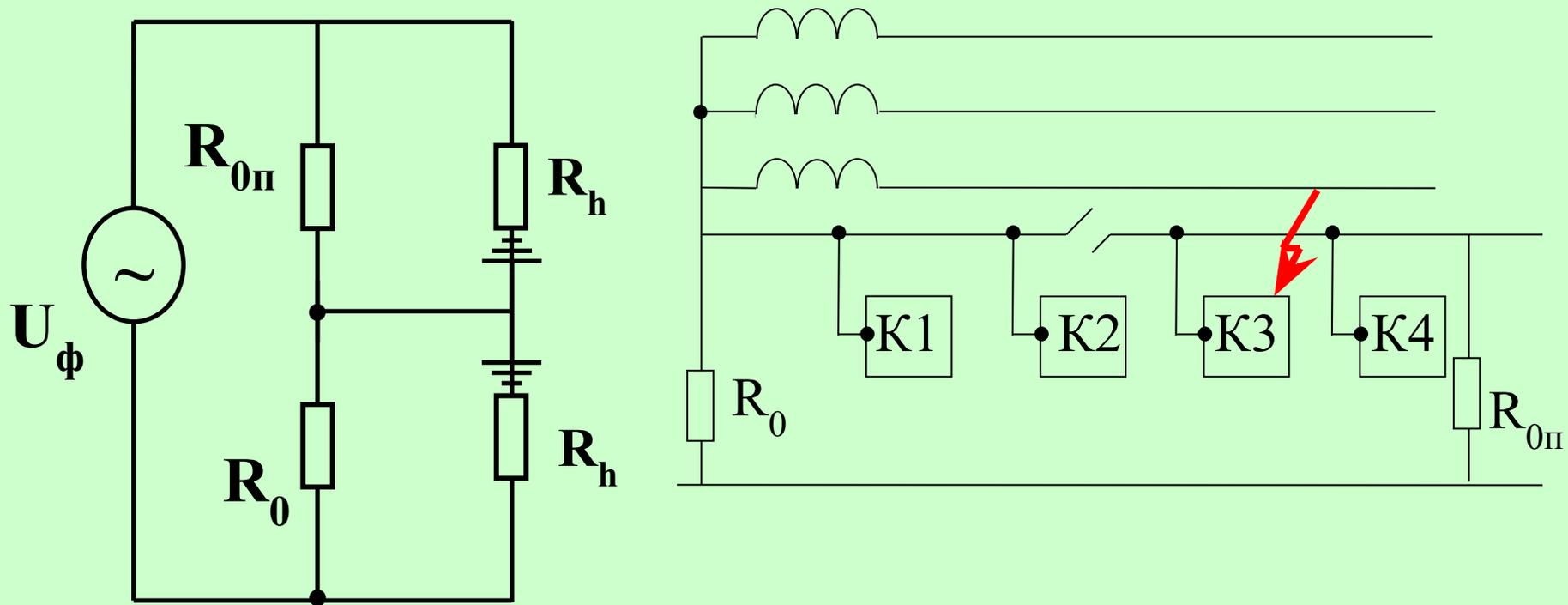
$$U_h = U_1 \frac{R_{0 n}}{R_0 + R_{0 n}}$$

$$U_1 = U_\phi \frac{R_{n n}}{R_{n n} + R_{\phi n}}$$

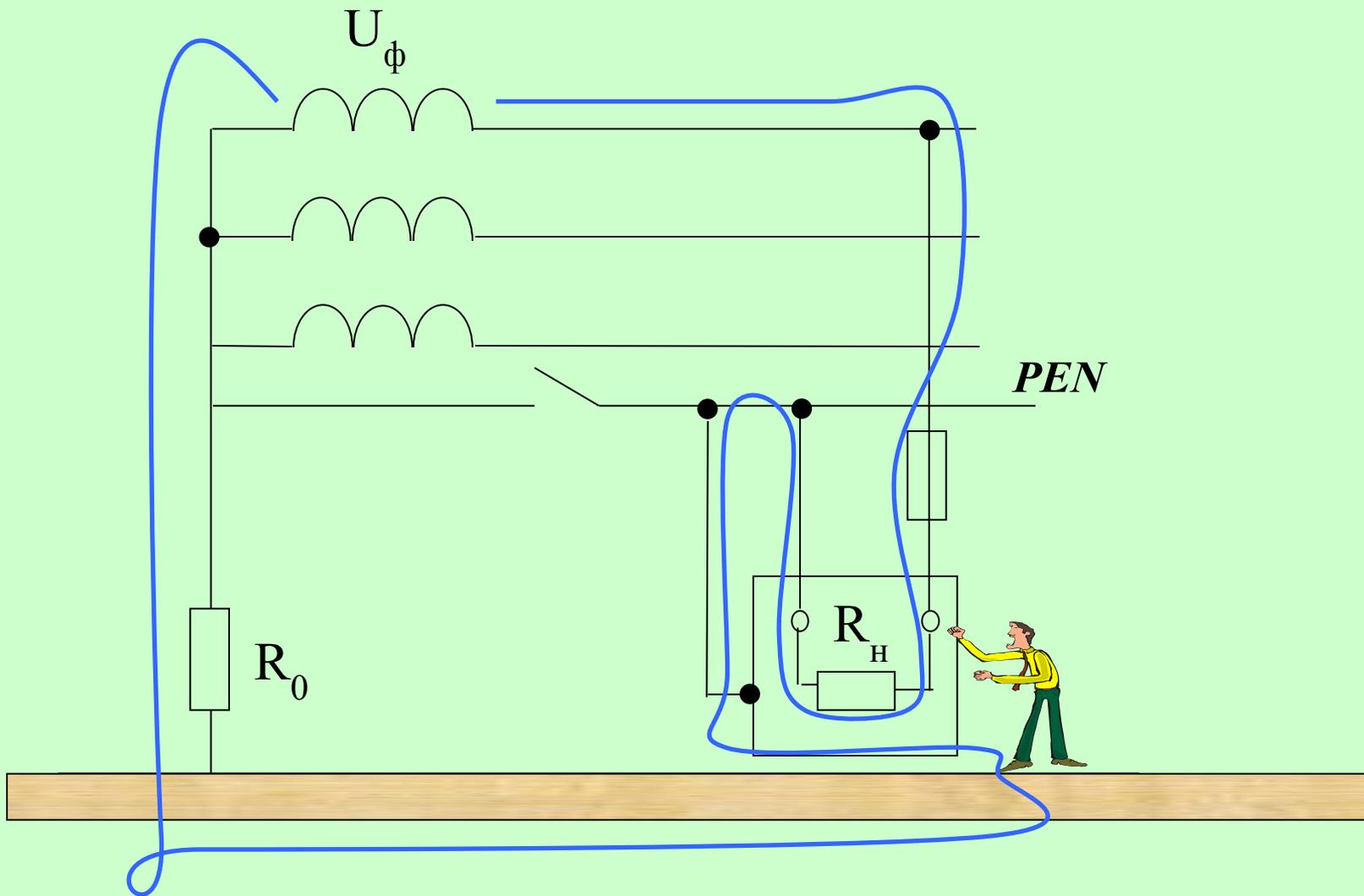


## 2. Обрыв нулевого провода

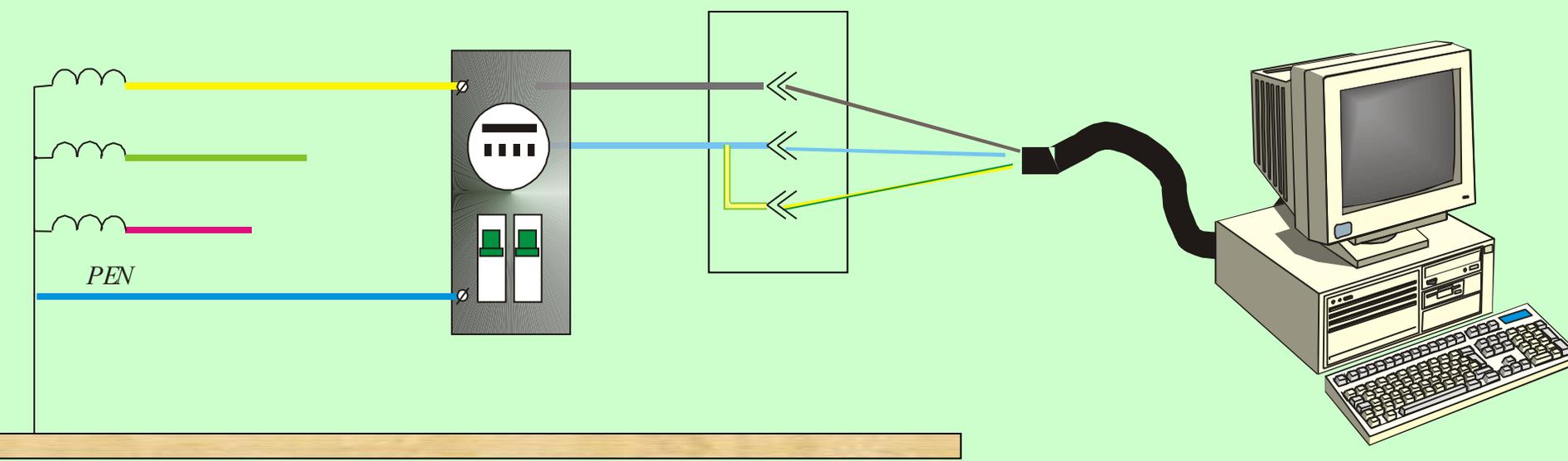




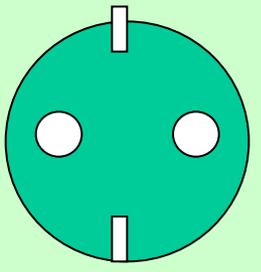
Установка коммутационных аппаратов не в фазном, а в нулевом рабочем проводе.



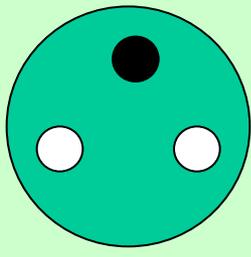
$$U_h \approx U_\phi$$



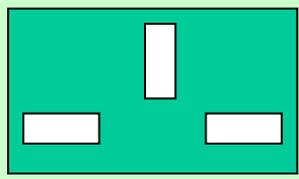
Rus



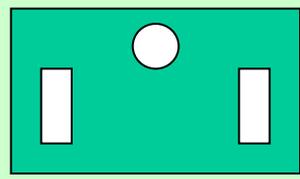
Fr



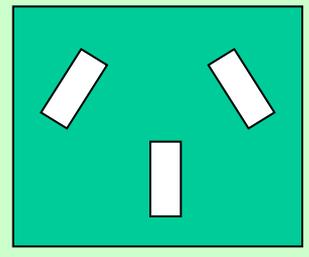
GB

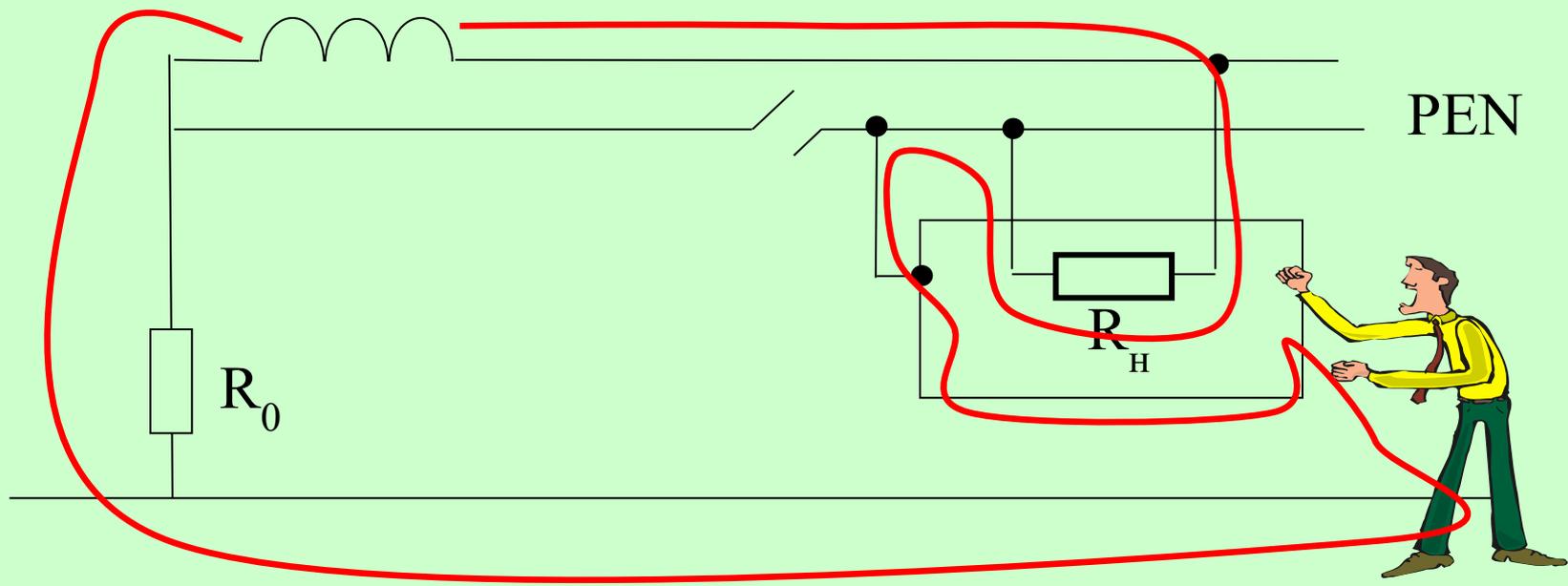


USA

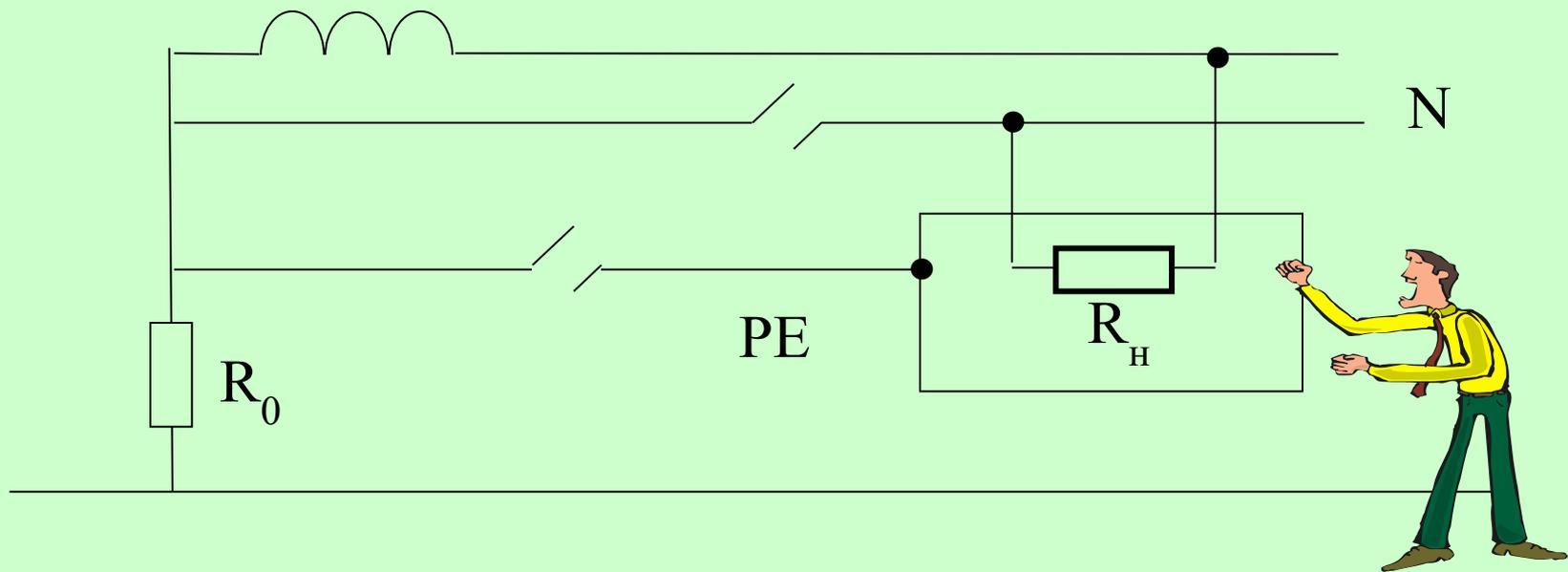


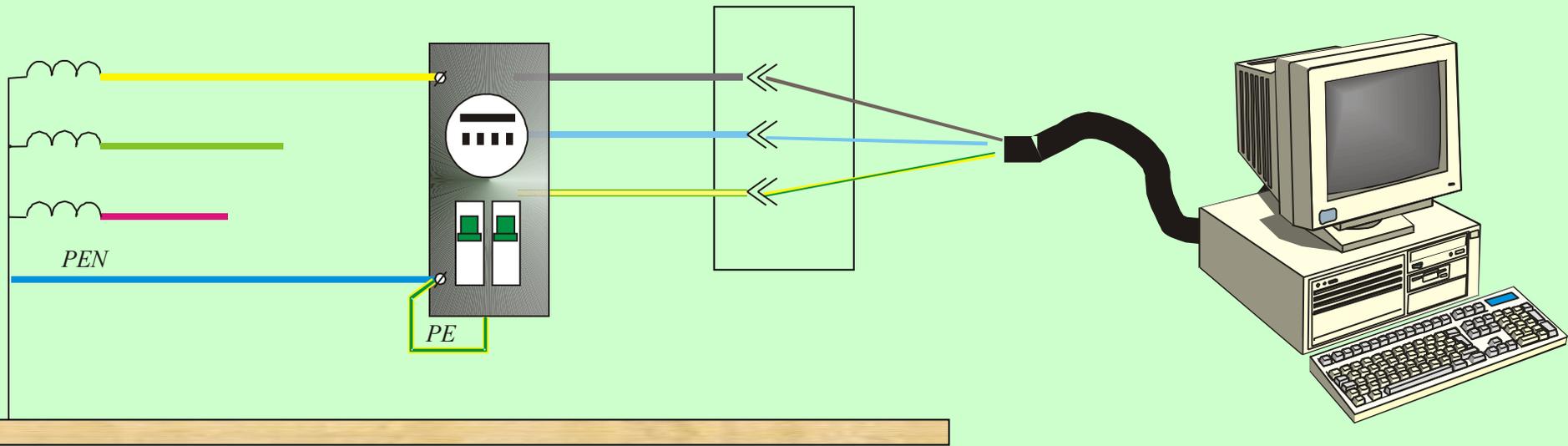
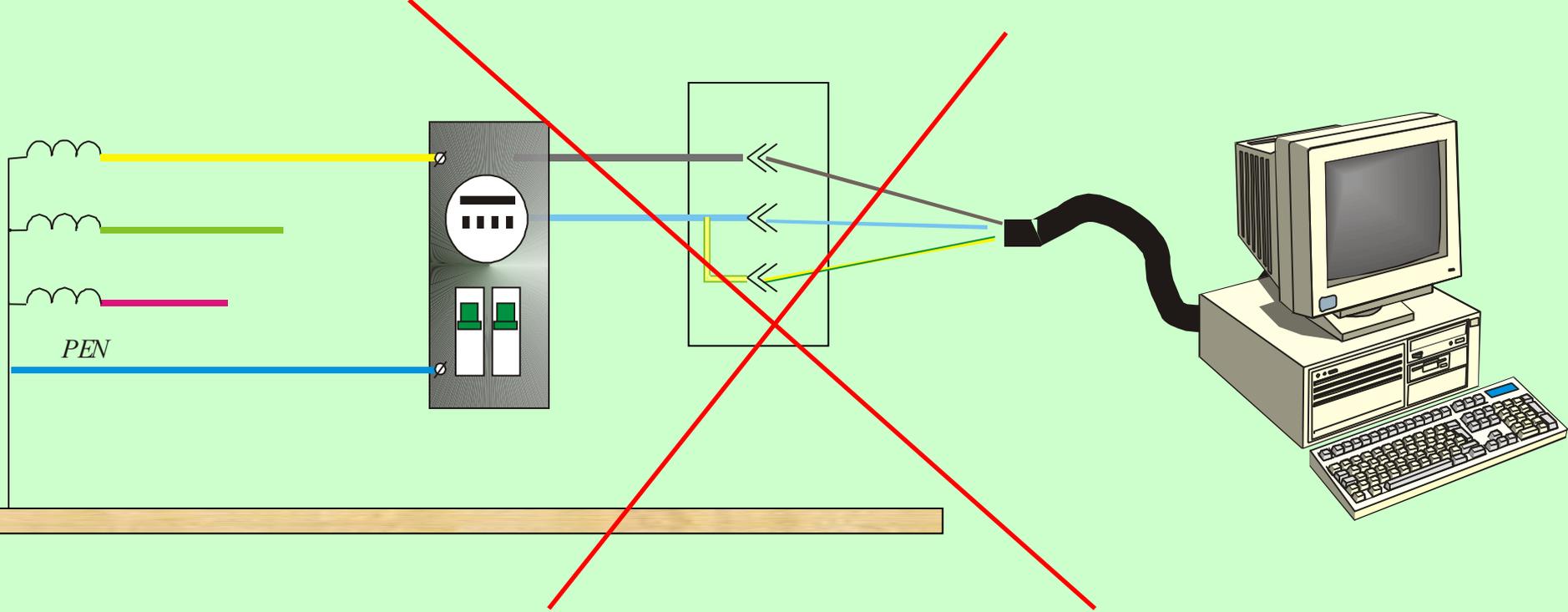
Aus



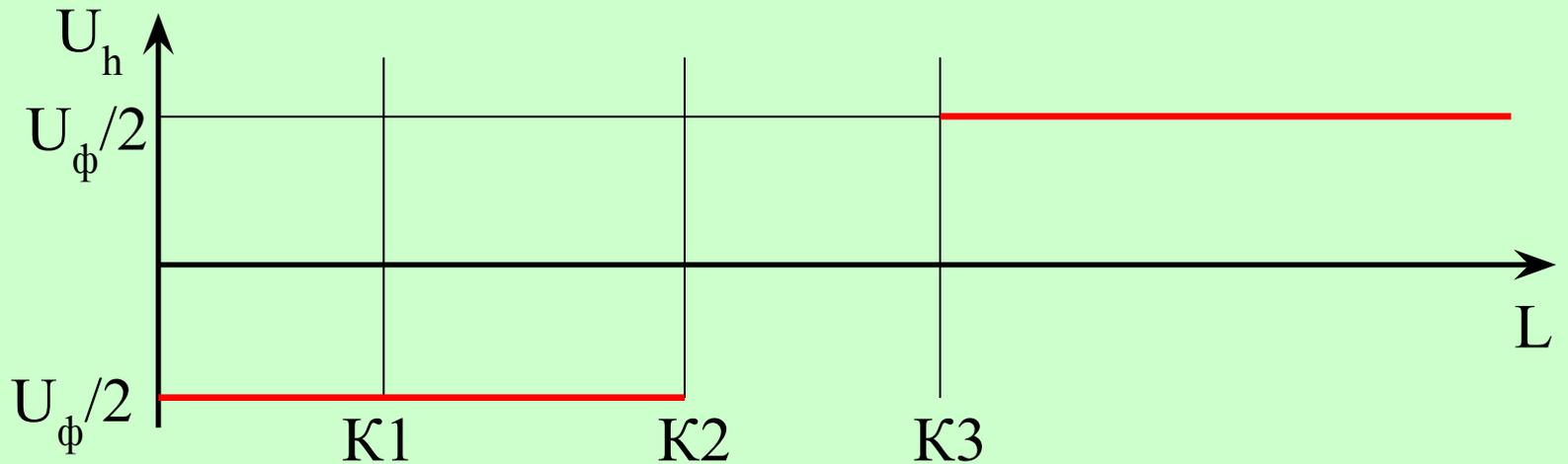
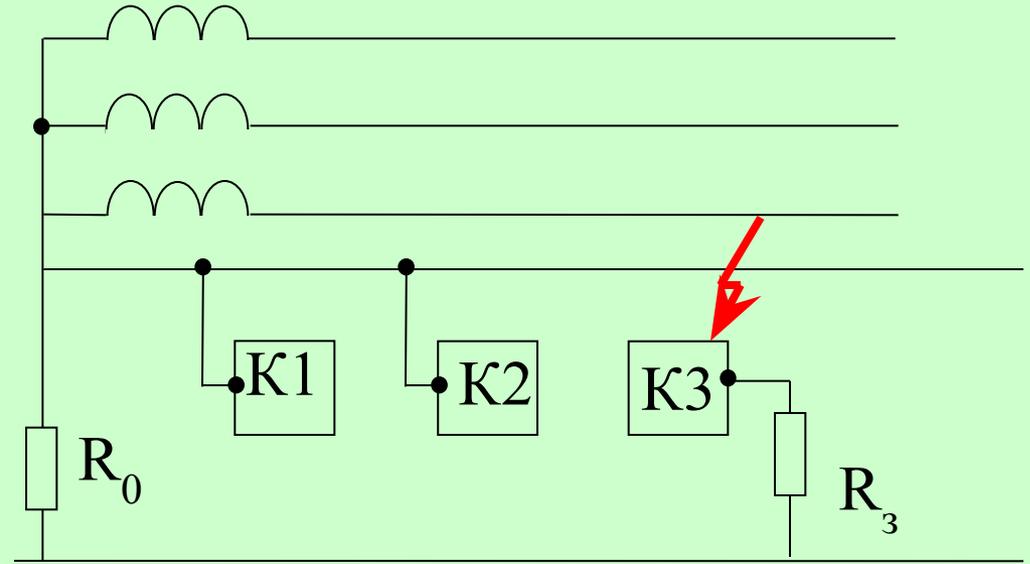
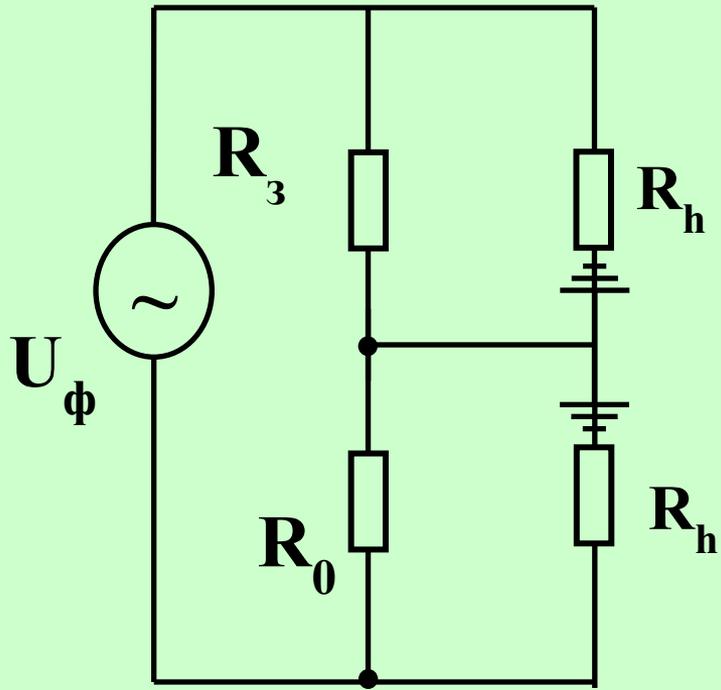


$$U_h \approx U_\phi$$

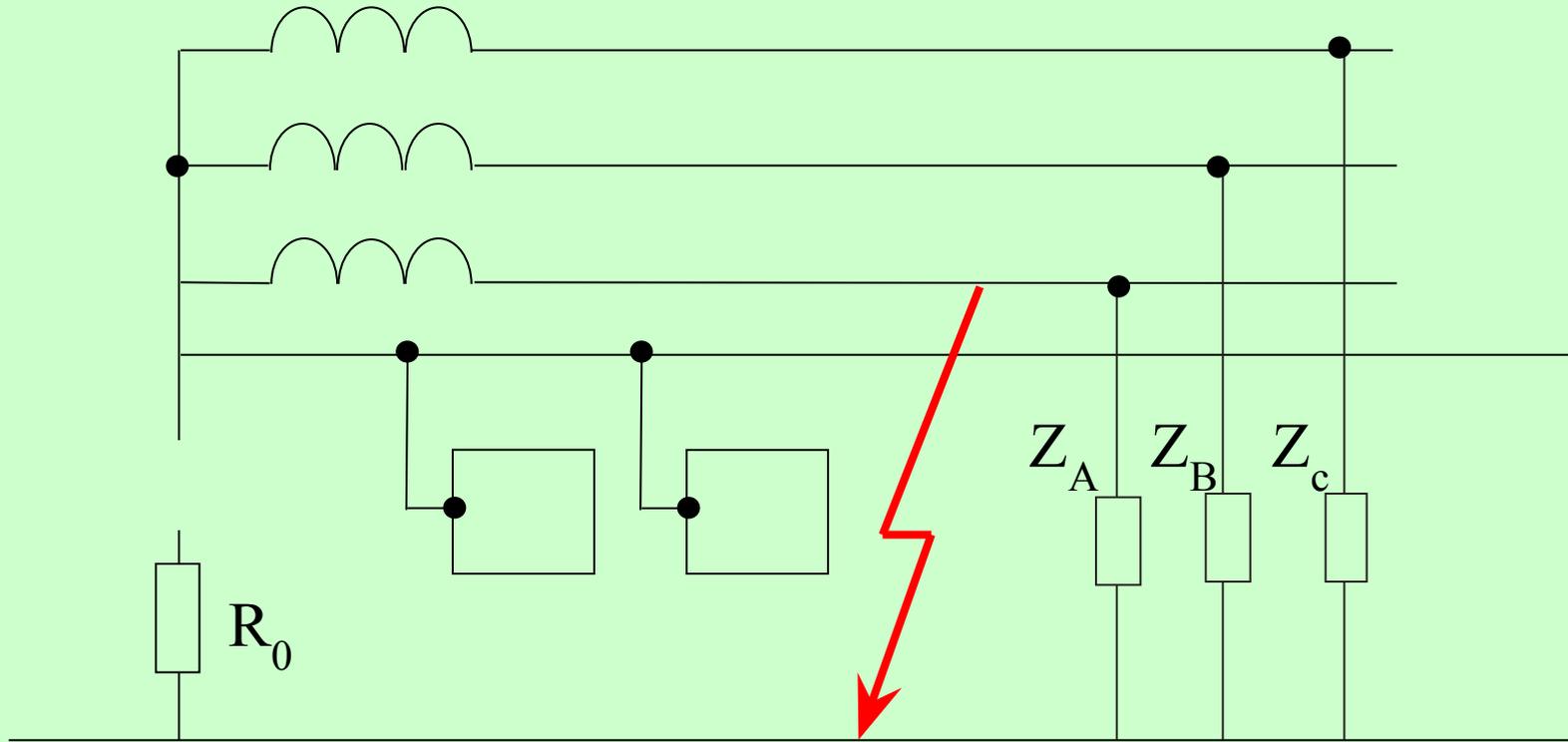


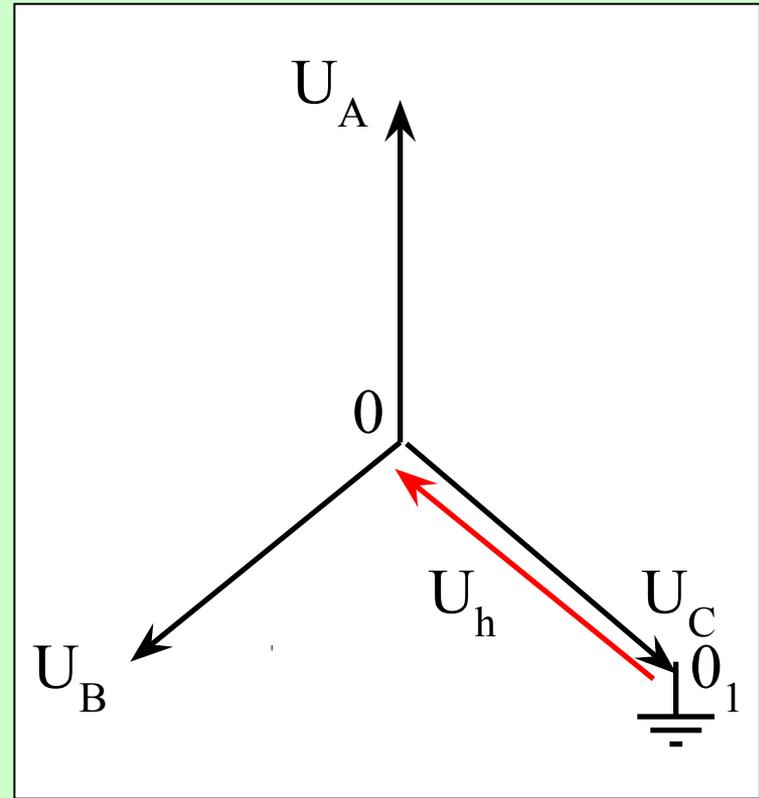
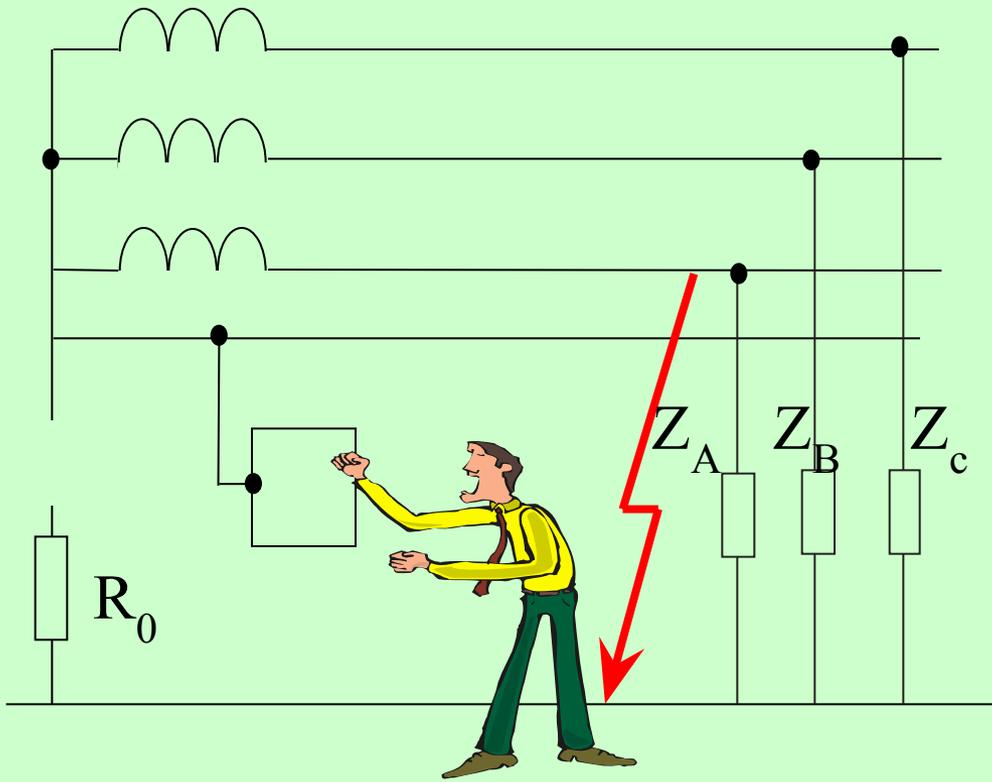


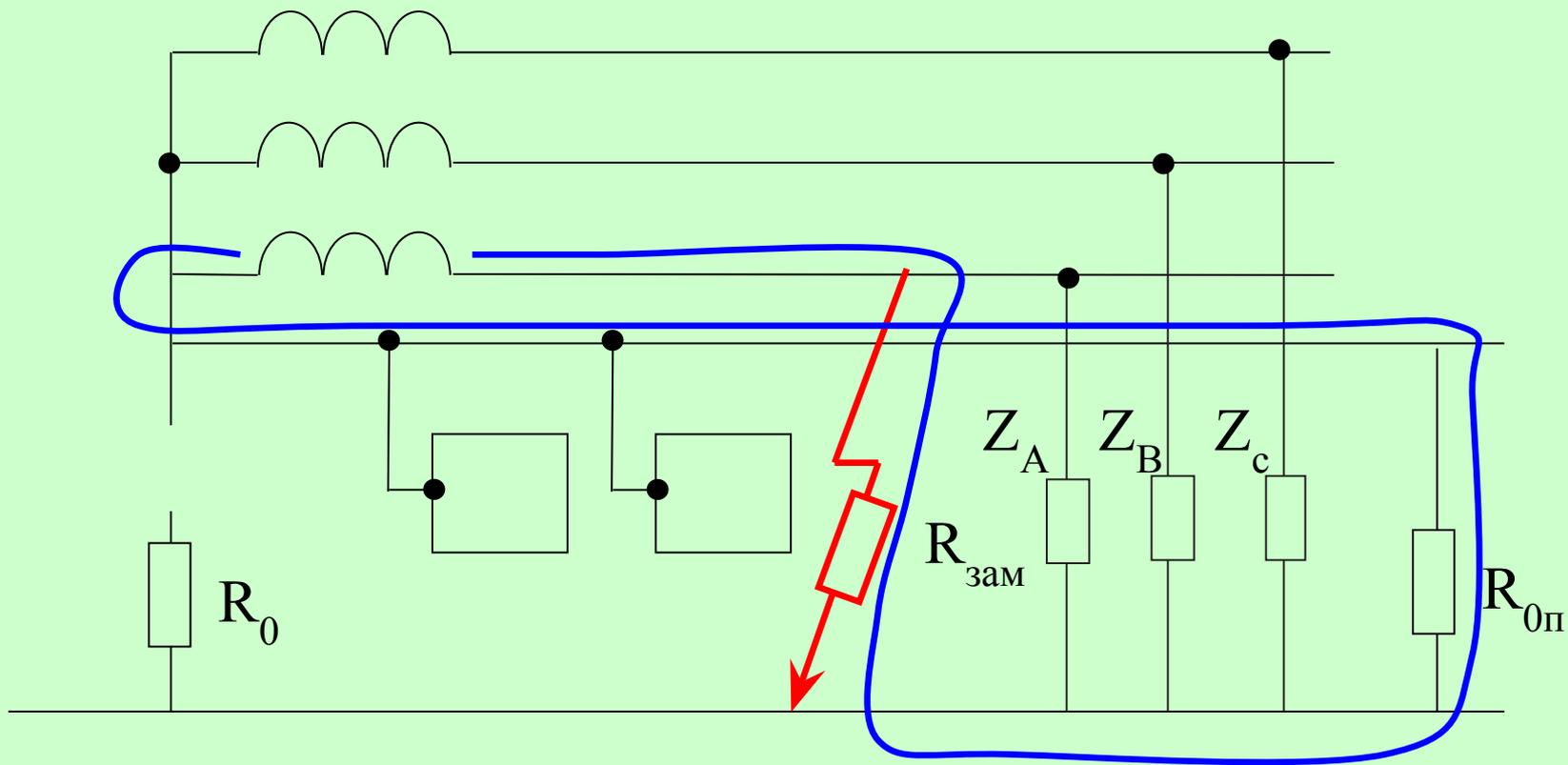
3. Корпуса одних приемников занулены, а других - заземлены.

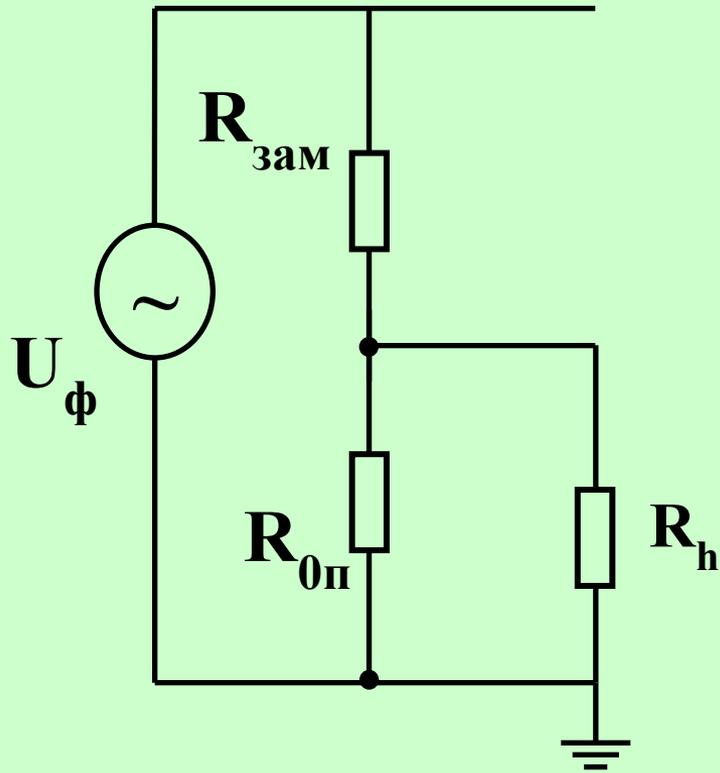


### 3. Обрыв цепи заземления нейтрали









$$U_h = U_\phi \frac{R_{0п}}{R_{\text{зам}} + R_{0п}}$$