

Организационные защитные мероприятия от поражения электрическим током

- ❖ обучение (анализ принципов безопасной работы, моральное воздействие),
- ❖ аттестация (проверка знаний, присвоение квалификационной группы по электробезопасности I-V)
- ❖ инструктажи (вводный, текущий) -привязка общих знаний к предстоящей конкретной деятельности,
- ❖ проверки (плановые, контрольные).

ПОТ РМ-016-2001

Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок

Технические защитные мероприятия от поражения электрическим током

- ◆ Исключения (уменьшения вероятности) прикосновения к токоведущим частям вообще или только находящимся под рабочим напряжением.
- ◆ Исключение возможности (уменьшение вероятности) выноса напряжения сети на нетоковедущие части
- ◆ Уменьшения величины напряжения прикосновения
- ◆ Уменьшения длительности протекания через тело человека опасного по величине тока

1. Недоступность токоведущих частей.
2. Малые напряжения.
3. Защитное заземление
4. Зануление
5. Защитное отключение
6. Защита от опасности перехода
7. высокого напряжения на сторону низшего
8. Защитное разделение сетей
9. Выравнивание и уравнивание потенциалов
10. Защитное шунтирование
11. Двойная изоляция
12. Компенсация емкостных токов
13. Дополнительные защитные средства.

} Основная защита
от прямого
прикосновения

14. Контроль изоляции.
15. Предупреждающая сигнализация, надписи и плакаты

Выбор вида технических средств защиты зависит от:

- степени опасности поражения электрическим током, определяемой:
 - а) параметрами электрической сети (рабочее напряжение, уровни сопротивления изоляции и емкости относительно земли, режим нейтрали и пр.),
 - б) уровнем квалификации персонала,
 - в) условиями размещения оборудования.
- требований к обеспечению непрерывности питания электроприемников,
- экономических соображений.

Квалификация персонала:

- электротехнический персонал (*электропомещения*)
- производственный персонал (*производственные помещения*)
- население (*общественные и бытовые помещения, ...*)

Категории помещений по степени опасности поражения электрическим током

- без повышенной опасности
- с повышенной опасностью
- особо опасные

Признаки повышенной опасности (1 из 5):

а) сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%);

б) токопроводящая пыль (технологическая пыль может оседать на провода, проникать внутрь корпусов электротехнических изделий);

в) высокая температура (температура постоянно или периодически - более 1 суток - превышает 35 С);

г) токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);

д) **возможность прикосновения человека одновременно к металлическому корпусу прибора и к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п.**

Признаки особой опасности помещений :

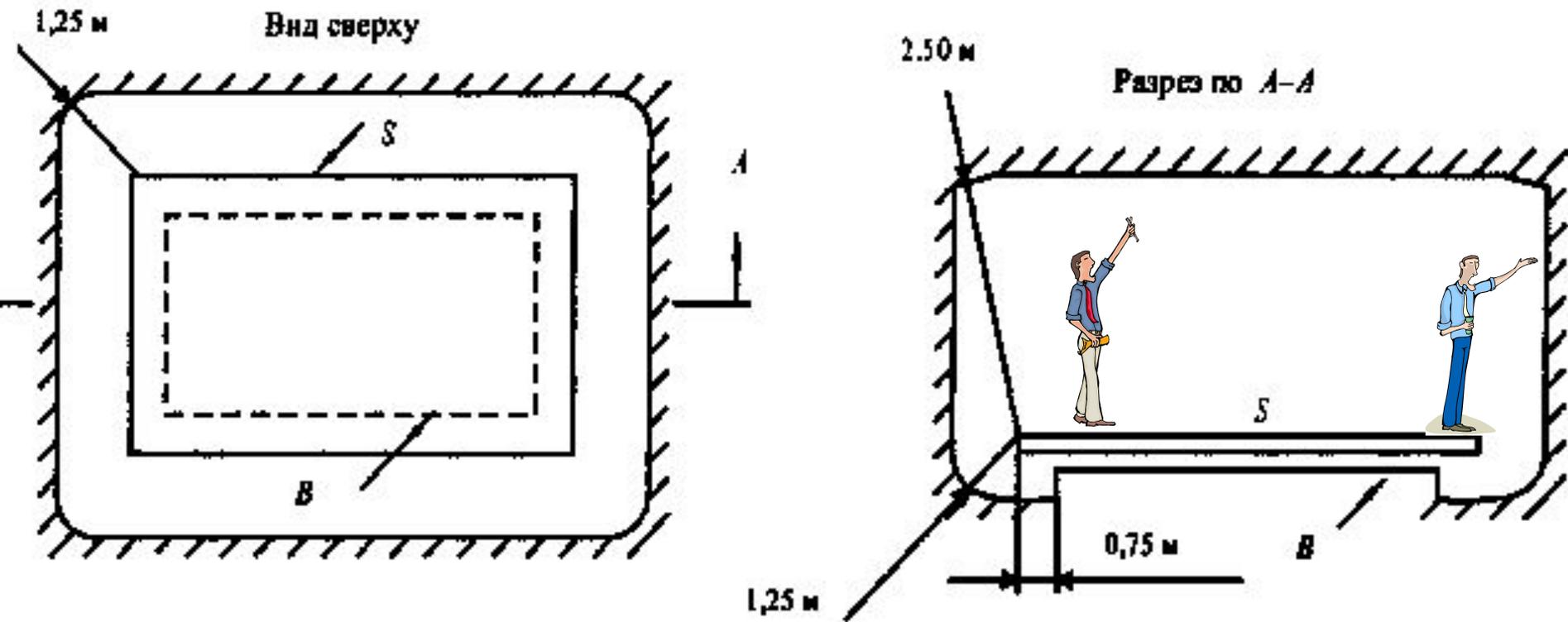
а) особая сырость (относительная влажность воздуха близка к 100% - влагой покрыты потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении);

б) химически активная или органическая среда (постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования);

в) одновременное наличие двух и более признаков повышенной опасности.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕДОСТУПНОСТИ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ

- электрическая изоляция токоведущих частей,
- расположение токоведущих частей вне зон досягаемости,
- корпуса устройств, ограждения, барьеры
- блокировки, сигнализации, маркировки, отличительная окраска



Зона досягаемости в электроустановках до 1 кВ:

S - поверхность, на которой может находиться человек;

- граница зоны досягаемости токоведущих частей рукой человека, находящегося на поверхности S ;

0,75; 1,25; 2,50 м - расстояния от края поверхности S до границы зоны досягаемости

ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89)

СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ, ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЕ ОБОЛОЧКАМИ (КОД IP)

Буквы кода

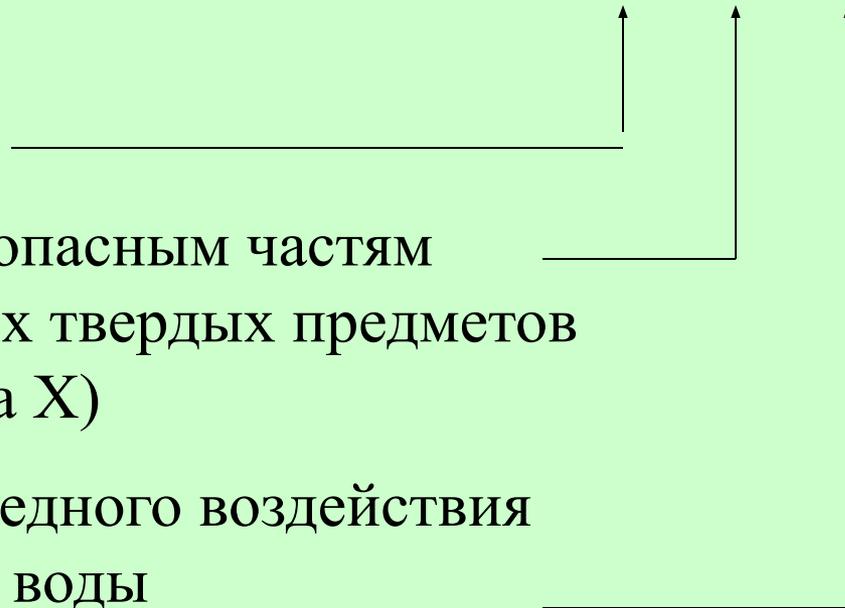
I P 2 3

(Международная защита)

(International Protection)

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

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



0 - Защита от прикосновения и от попадания твердых посторонних предметов внутрь корпуса **отсутствует**

1 - Исключена возможность прикосновения большим участком тела; защита от попадания внутрь корпуса твердых посторонних предметов диаметром более 52,5 мм.

2 - Защита от возможности прикосновения пальцами; защита от попадания внутрь корпуса предметов диаметром более 12,5 мм.

3 - Защита от возможности прикосновения проволокой, предметами толщиной более 2,5 мм; защита от попадания внутрь корпуса предметов диаметром более 2,5 мм.

4 - Защита от возможности прикосновения предметами толщиной более 1 мм. Защита от попадания внутрь корпуса тел диаметром более 1 мм.

5 - Полная защита персонала от соприкосновения с токоведущими частями; защита оборудования от вредных отложений пыли.

6 - Полная защита персонала от соприкосновения с токоведущими или движущимися частями; полная защита оборудования от попадания пыли.

Защита токоведущих частей от проникновения воды через корпус изделия:

- 0 - защита отсутствует;
- 1 - защита от падающих сверху капель конденсата;
- 2 - защита от капель воды, падающих под углом 15° ;
- 3 - защита от дождя;
- 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.

СИГНАЛИЗАЦИЯ

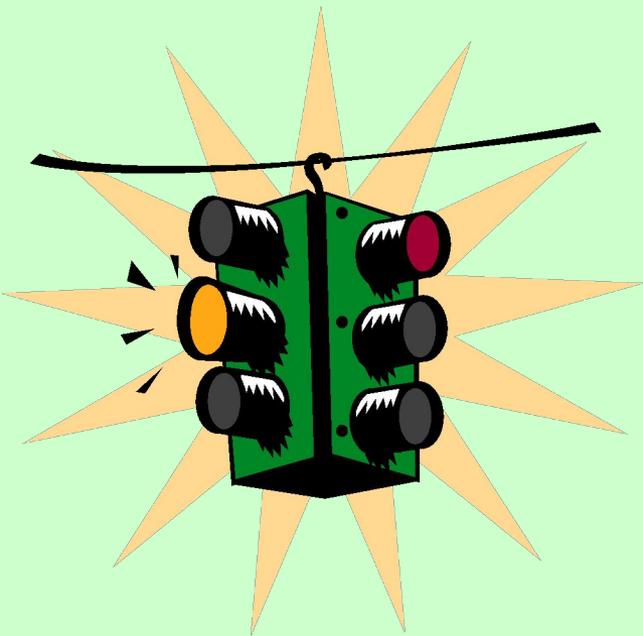
ГОСТ Р 12.4.026-2001 ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики.

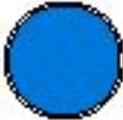
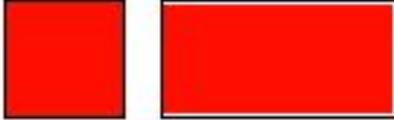
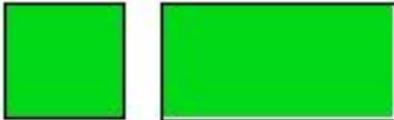
Для световых сигналов должны применяться следующие цвета:

красный - запрещающие и аварийные сигналы, предупреждение о перегрузках, неправильных действиях, опасности и о состоянии, требующем немедленного вмешательства;

желтый - привлечение внимания (предупреждение о достижении предельных значений, о переходе на автоматическую работу и т.п.);

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

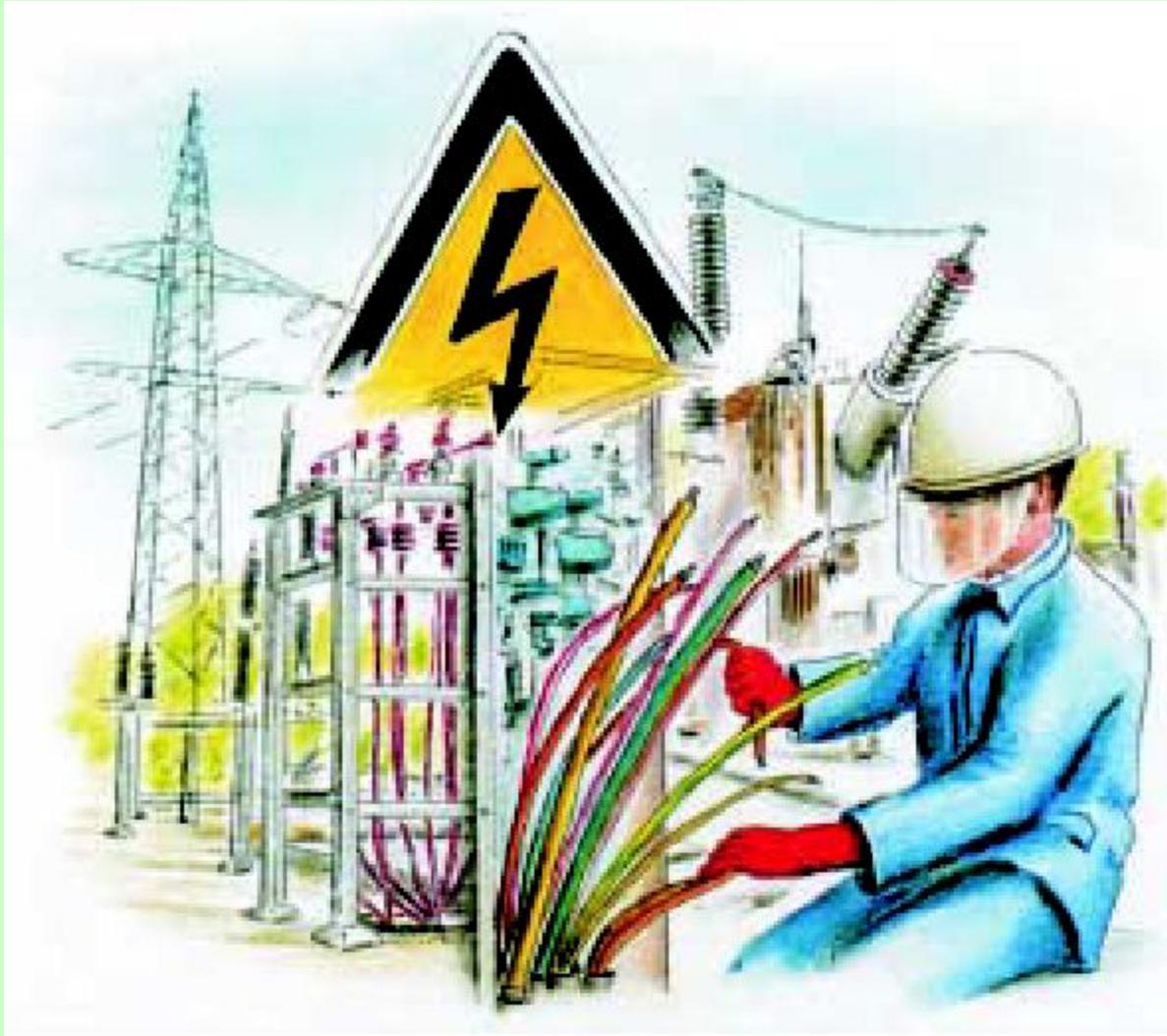


Группа	Геометрическая форма
Запрещающие знаки	Круг с поперечной полосой 
Предупреждающие знаки	Треугольник 
Предписывающие знаки	Круг 
Знаки пожарной безопасности*	Квадрат или прямоугольник 
Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения	Квадрат или прямоугольник 
Указательные знаки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



МАРКИРОВКА

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



ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

В зависимости от категории помещения нормируется максимально допустимое рабочее напряжение приемников электроэнергии, эксплуатируемых без средств защиты

Защита от прямого прикосновения (недоступность токоведущих частей) не требуется, если электрооборудование находится **в зоне системы уравнивания потенциалов**, а наибольшее рабочее напряжение не превышает:

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

Защита при косвенном прикосновении
требуется при рабочих напряжениях более:

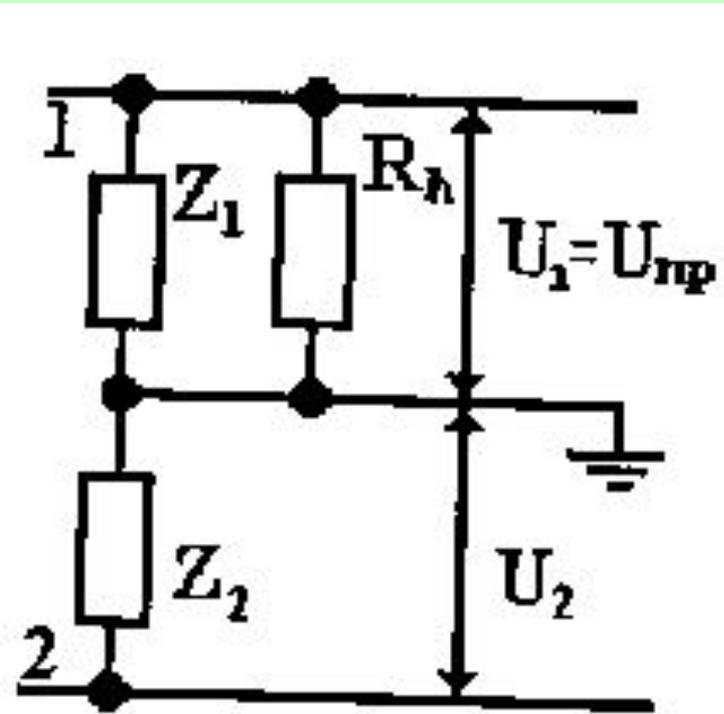
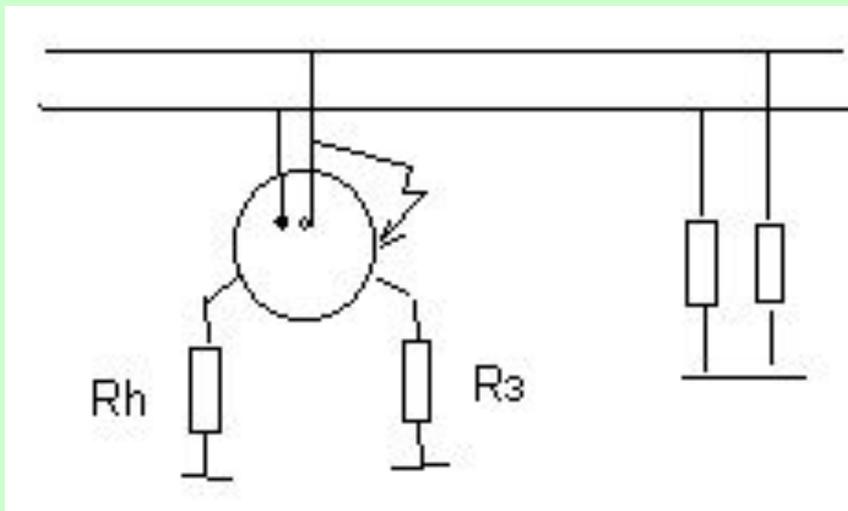
Категория помещения	Максимальное рабочее напряжение, В	
	Постоянное	Переменное
Без повышенной опасности	120	50
С повышенной опасностью	60	25
Особо опасное	30	12

Защитное заземление

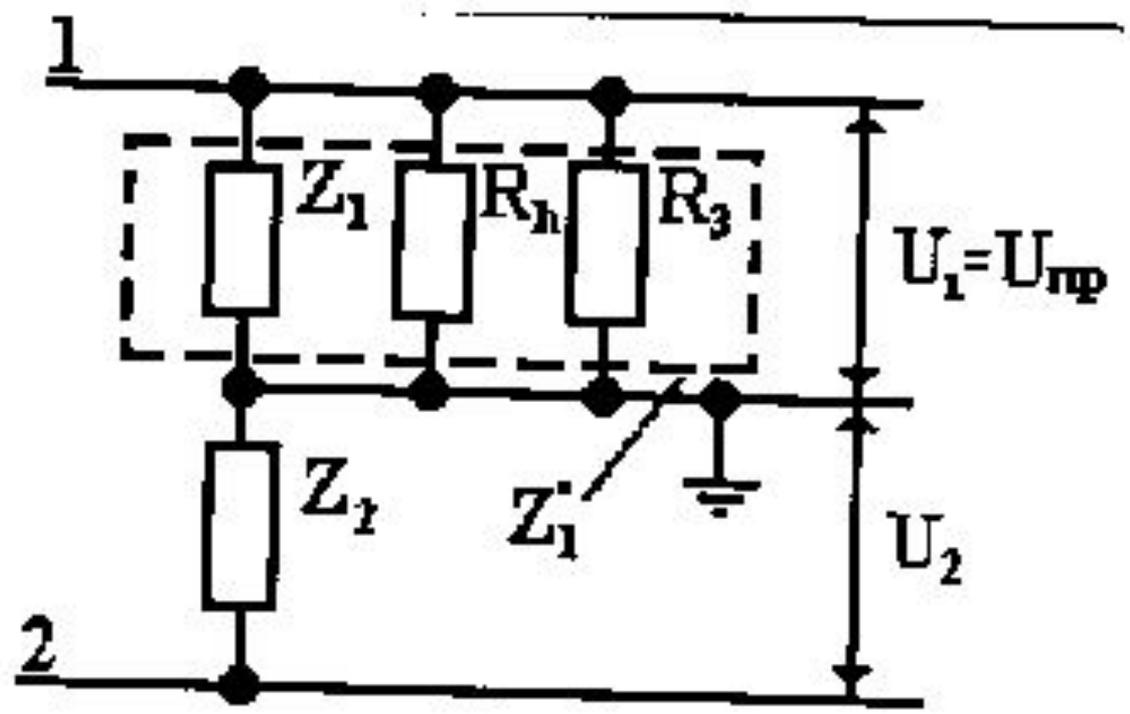
Защитное заземление - намеренное соединение с землей металлических нетоковедущих частей, могущих оказаться под напряжением.

При наличии защитного заземления в случае повреждения электрической изоляции (замыкание фазы на корпус электроприемника) рабочее напряжение с приемника электроэнергии не снимается, но напряжение прикосновения уменьшается до безопасного значения.

Защитное заземление не защищает от других вариантов поражения током, кроме случая прикосновения к корпусу устройства с поврежденной изоляцией.

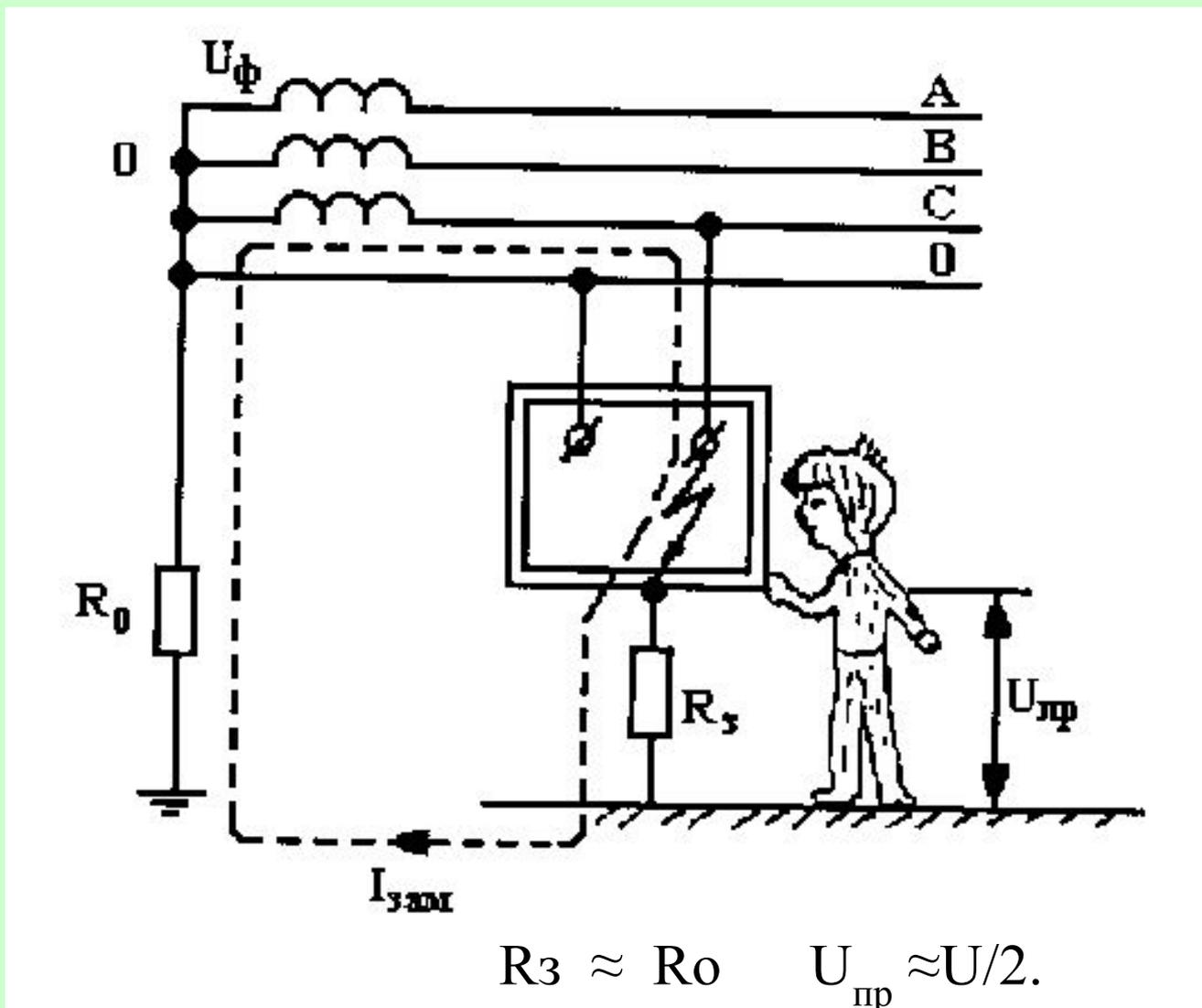


$$R_3 \ll R_h, Z_1$$

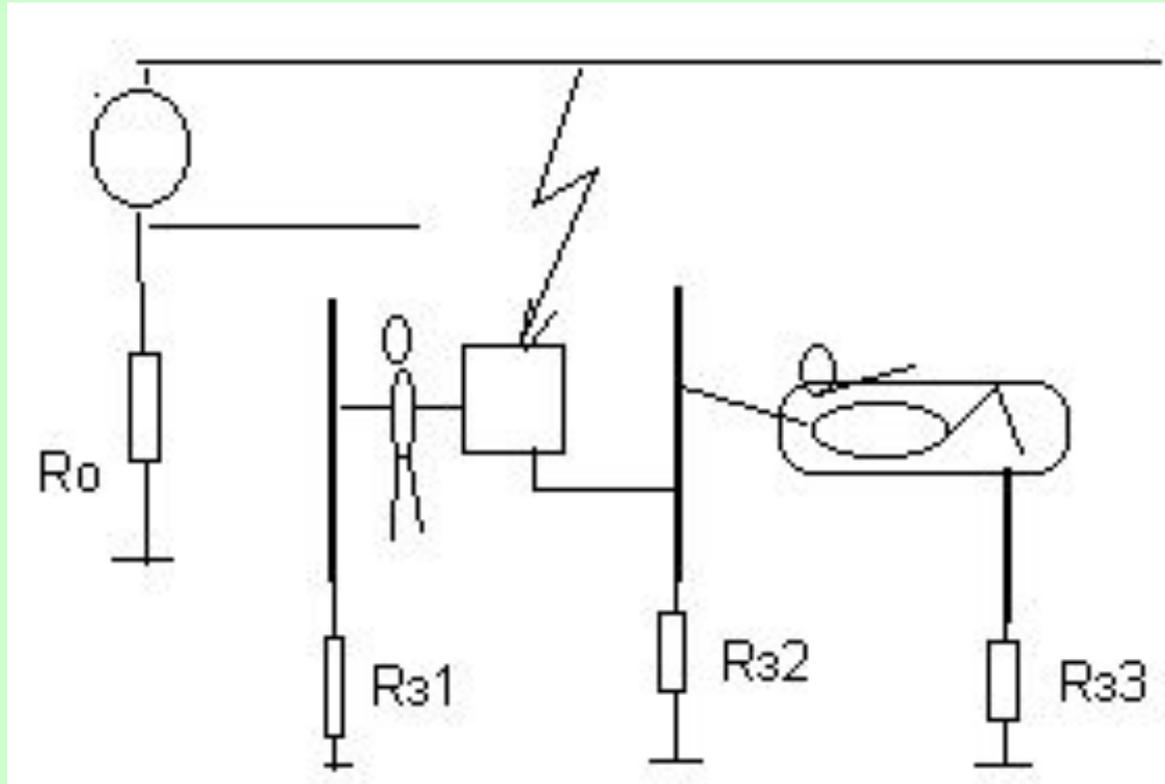


$$Z_1' \ll Z_2 \quad U_{mp} = U_1' \rightarrow 0$$

НЕЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В СЕТЯХ С ЗАЗЕМЛЕННЫМ НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ

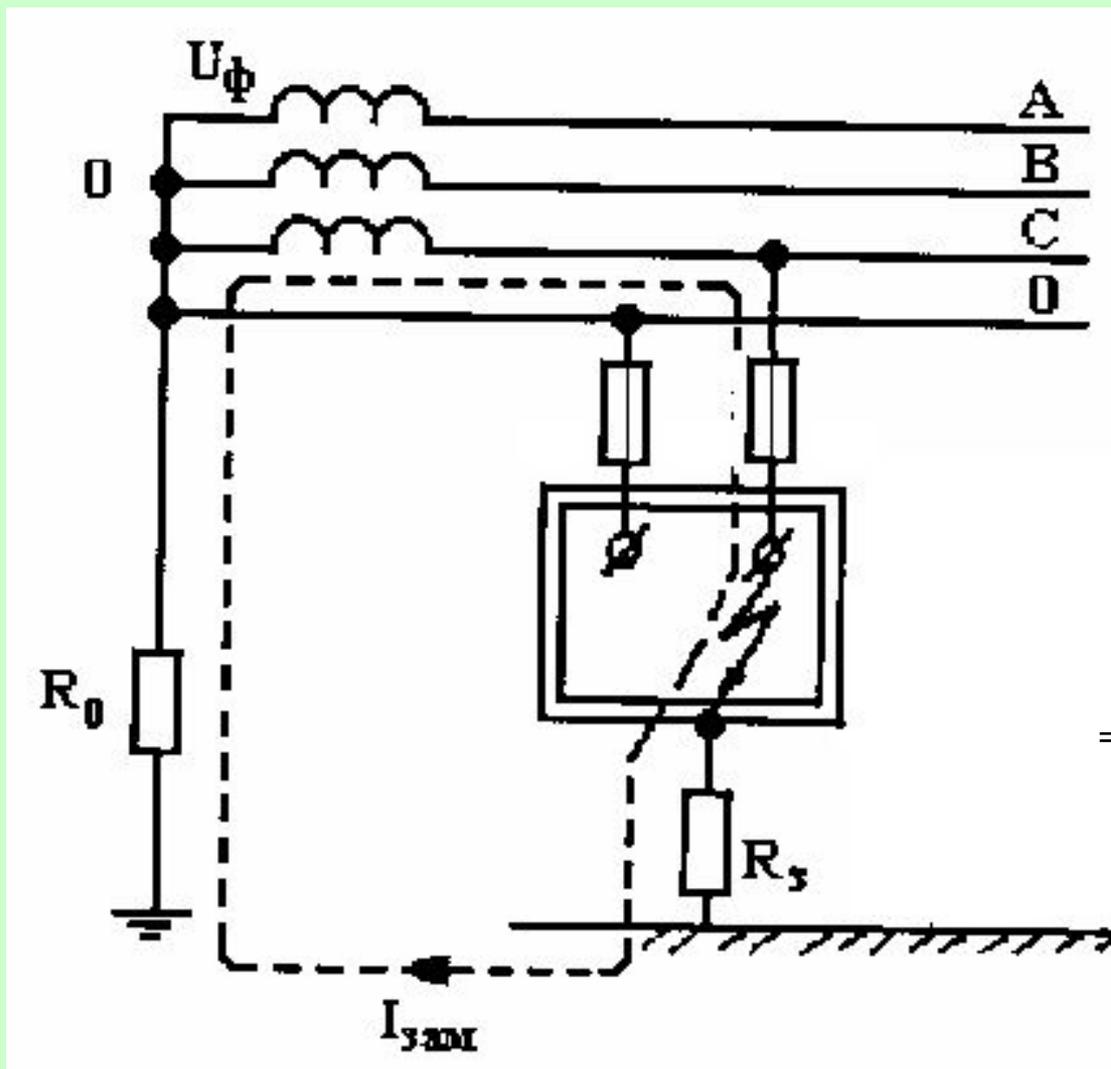


ОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ И ПОДОБНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ



Использование металлоконструкций, связанных с землей, в целях заземления корпусов электротехнических изделий в сетях с глухозаземленной нейтралью (полюсом) **ЗАПРЕЩЕНО** Правилами устройства электроустановок !

Защитное заземление в высоковольтных сетях с глухозаземленной нейтралью



$$I_{\text{зам}} = U_{\phi} / (R_{\text{з}} + R_0)$$

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

$$U_{\phi} > 1000 \text{ В}$$

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

⇒ **Отключение**

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Защитное заземление применяется

- в электроустановках переменного тока с изолированной нейтралью при напряжении 380 В и выше и постоянного тока с изолированной средней точкой при напряжении 440 В и выше - *всегда* ;

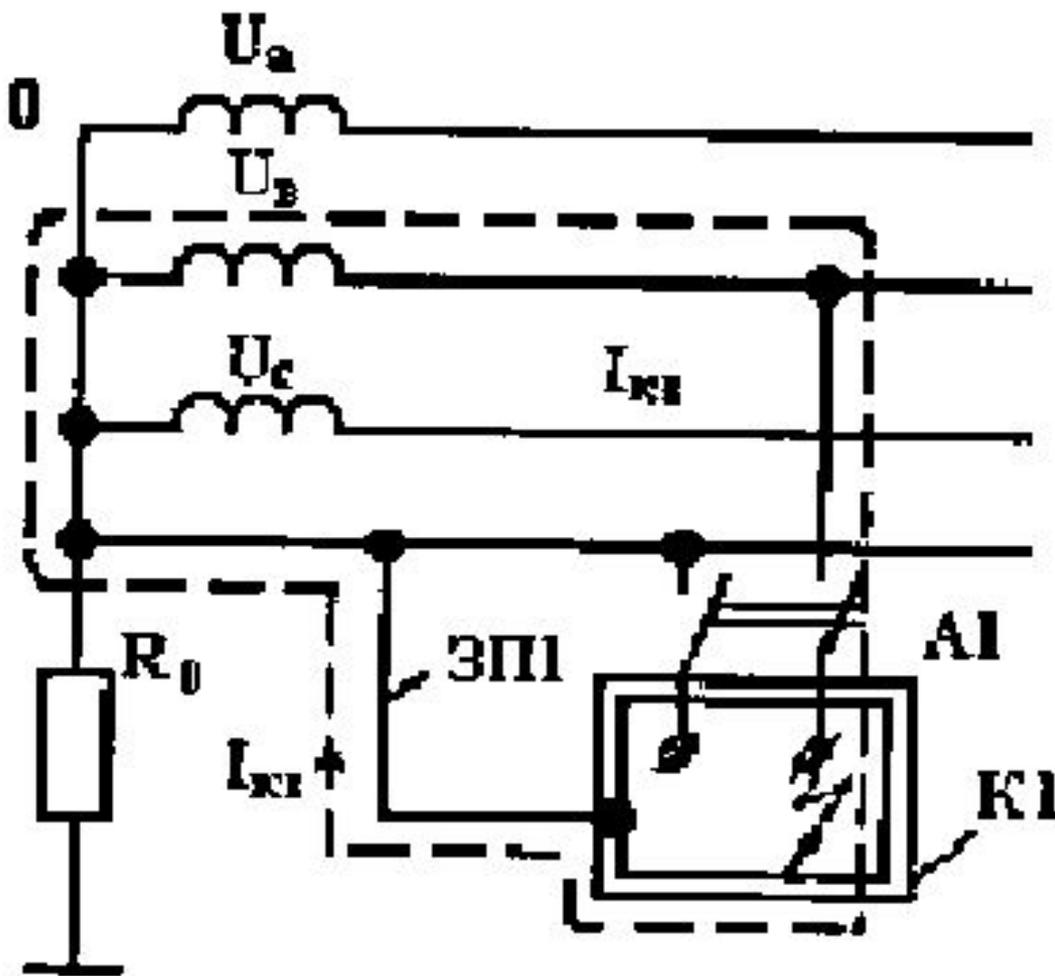
- в электроустановках с изолированной от земли нейтралью (полюсом), если рабочее напряжение выше 50 (25, 12) В переменного и 120 (60, 30) В постоянного тока (в зависимости от категории опасности помещения) - *как вариант защиты*

- во взрывоопасных зонах - заземляются все нетоковедущие части независимо от значения рабочего напряжения электрооборудования

- 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.

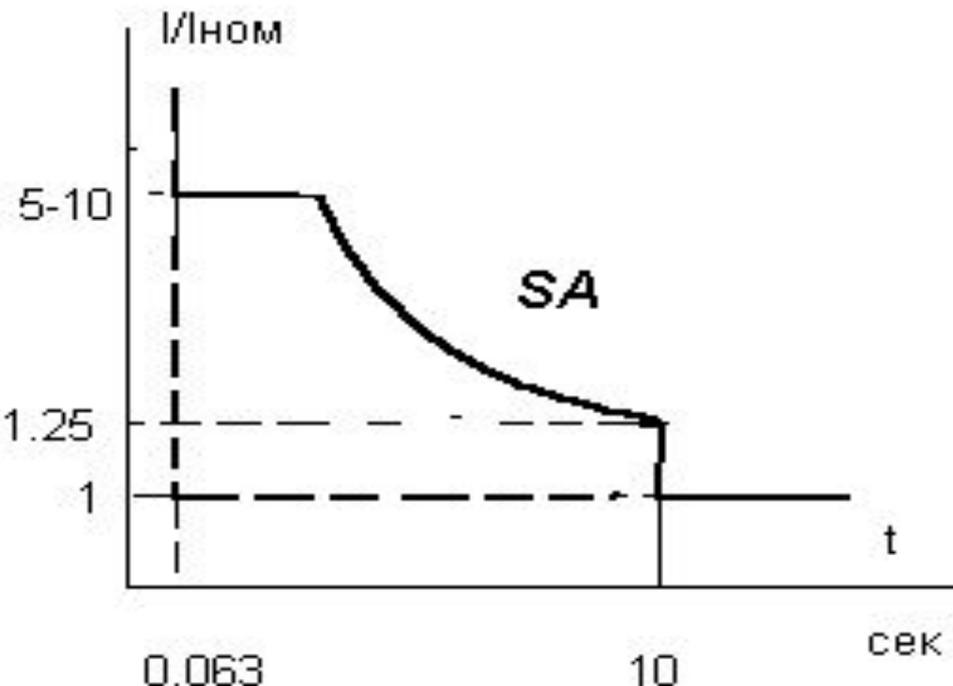
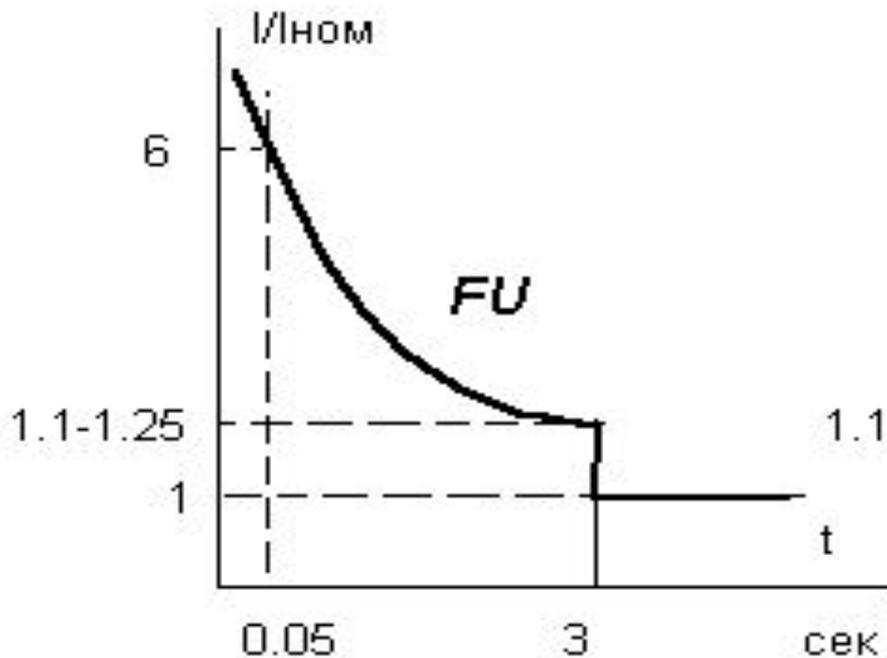


• ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАНУЛЕНИЯ

- в электроустановках переменного тока с глухозаземленной нейтралью (полюсом) при напряжении 380 В и выше и постоянного тока с заземленным полюсом (средней точкой) при напряжении 440 В и выше - *всегда* ;
- в электроустановках с заземленной нейтралью (полюсом), если рабочее напряжение выше 50 (25, 12) В переменного и 120 (60, 30) В постоянного тока (в зависимости от категории опасности помещения) - *как вариант защиты*
- во взрывоопасных зонах в электроустановках с заземленной нейтралью (полюсом) - независимо от значения рабочего напряжения электрооборудования - *всегда*.

РАСЧЕТ ЗАНУЛЕНИЯ

1. Выбор $I_{ном ТЗ}$
 - $I_{ном}$ установки
 - $I_{пуск} = k_1 I_{ном}$, $k_1 = 1.2$ – для активной нагрузки,
 $k_1 = 5 - 6$ – электродвигатель
 - Выбирают устройство ТЗ $I_{ном ТЗ} \geq I_{пуск}$
2. Расчет тока замыкания
 - $t_{откл} \leq t_{h_{допуст}}$
 - $I_{кз} > k I_{ном}$ принимают $k > 1.25 \dots 3$



3. Выбор провода

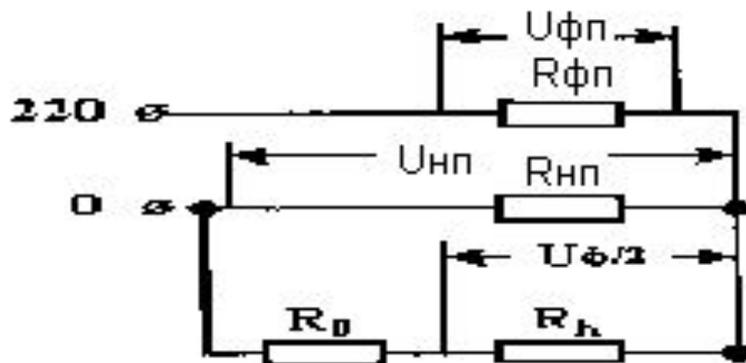
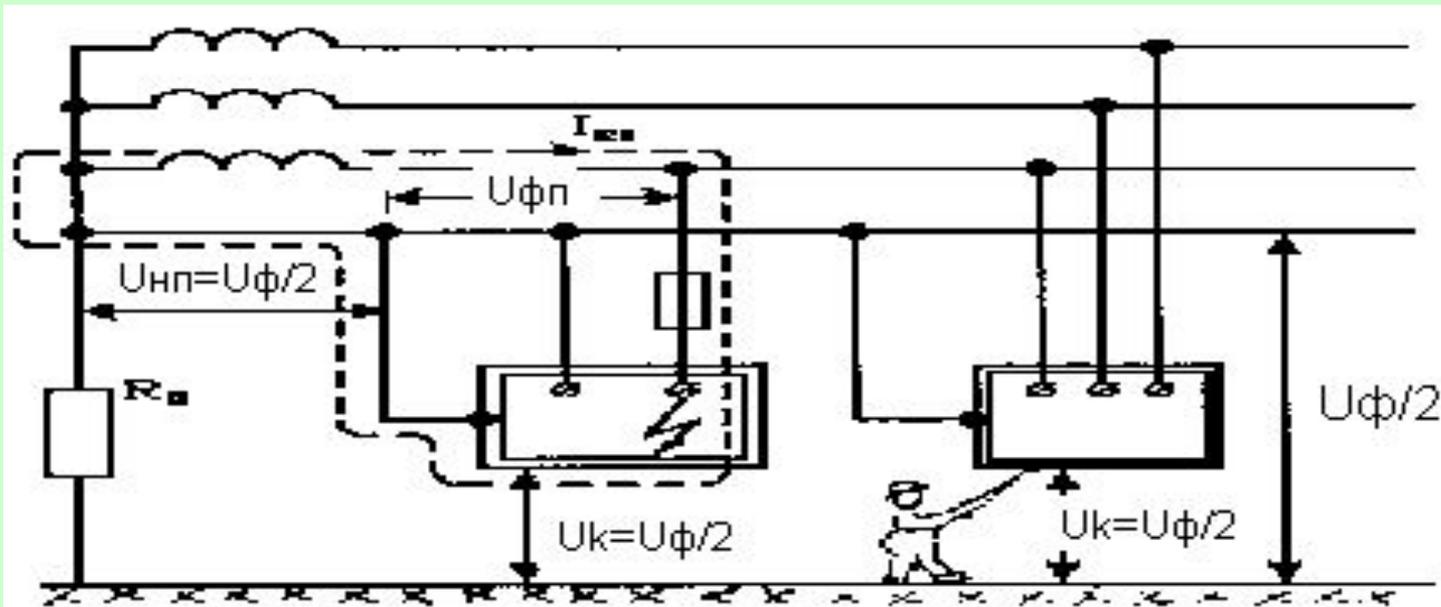
$$I_{кз} = \frac{U\phi}{R_{\Sigma}} = \frac{U\phi}{Z_T + Z_{\phi} + Z_{нп} + Z_{внутр}} \approx \frac{U\phi}{1.5 \cdot R_{внутр}} \quad R_{внутр} = \frac{U}{1.5 \cdot I_{кз}} = \rho \frac{l}{S}$$

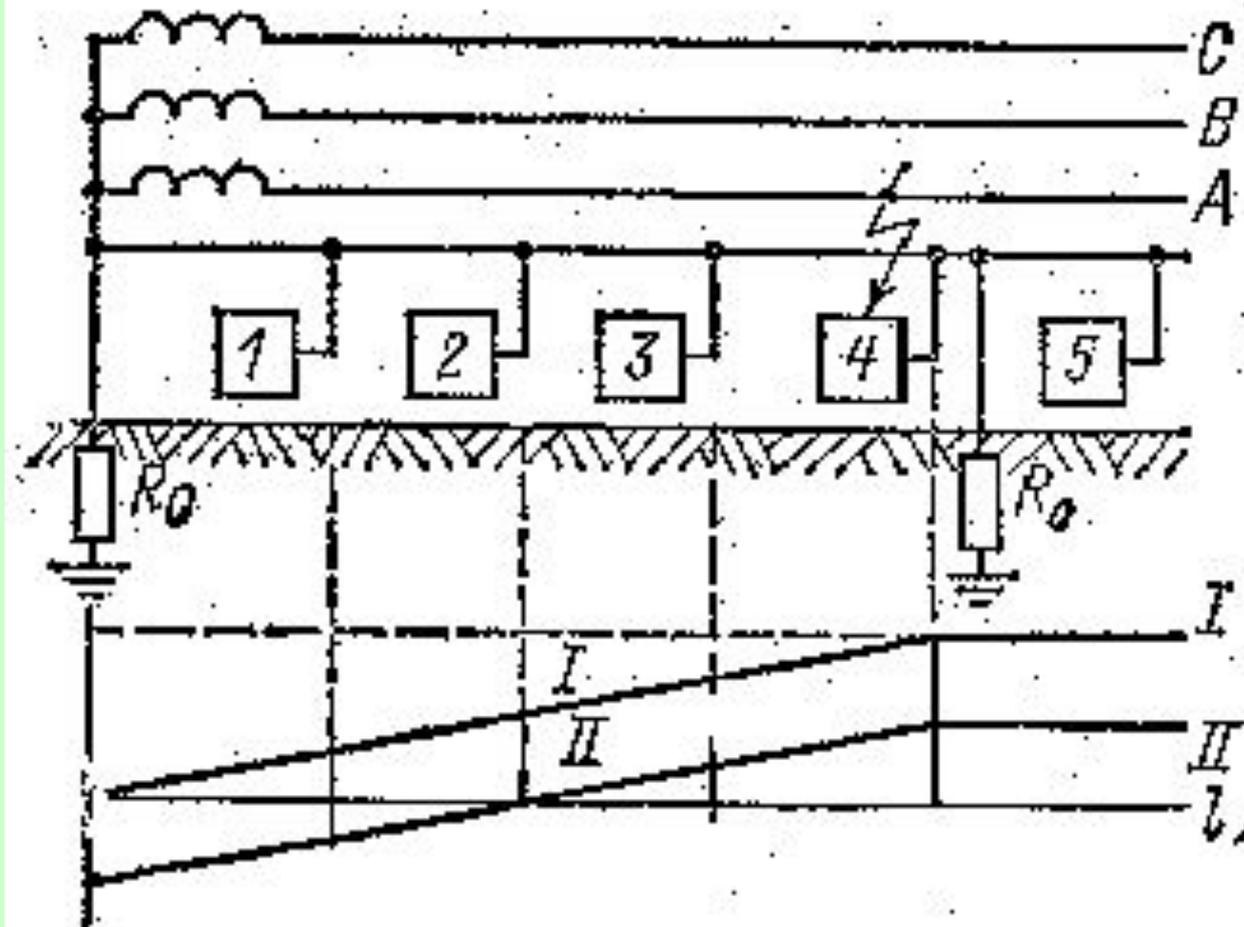
При этом по условиям механической прочности $S > S_{\min}$, мм² :

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

ОПАСНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ В СИСТЕМЕ ЗАНУЛЕНИЯ

1. Несоответствие уставок срабатывания автоматических выключателей или номинальных токов плавких вставок предохранителей параметрам защищаемых цепей.



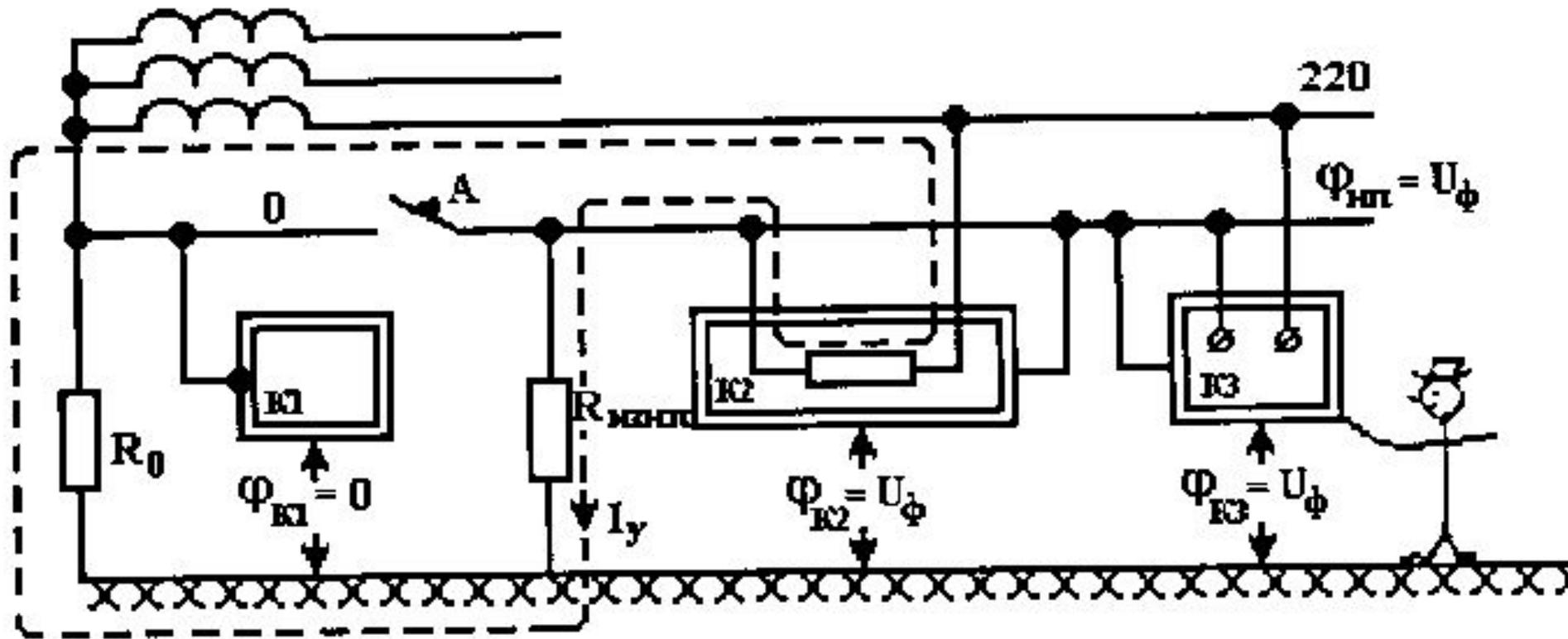


Распределение потенциалов вдоль нулевого провода:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 – без повторного заземления | $U_{\text{нп/з}} = 0 - U_{\phi}/2$ |
| II- с повторным заземлением | $U_{\text{нп/з}} = 0 - U_{\phi}/4$ |

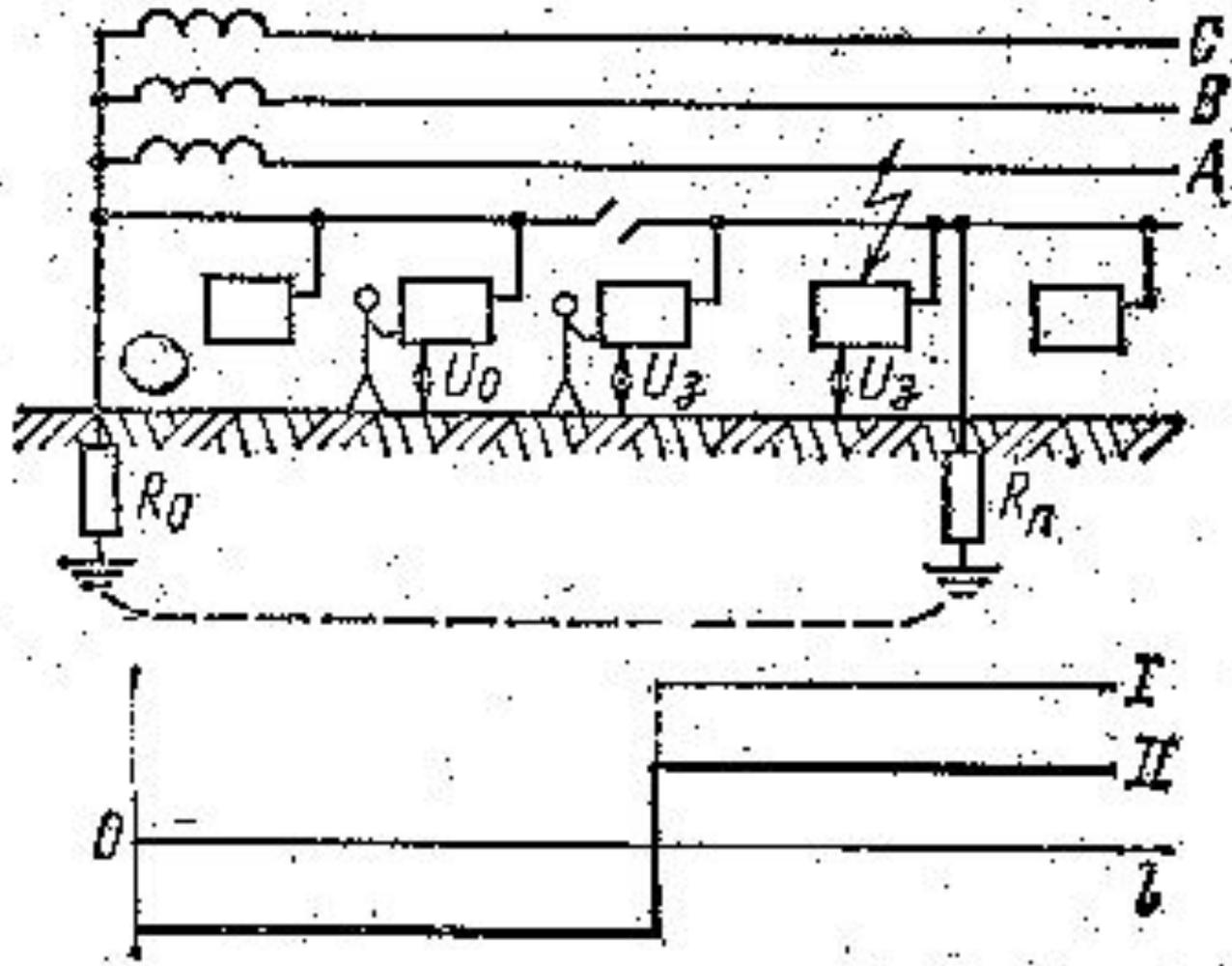
Повторное заземление нулевого защитного проводника снижает напряжение на заземленных корпусах в период замыкания фазы на корпус.

2. Установка коммутационных аппаратов (рубильников, выключателей) не в фазном, а в нулевом проводе.



$$\varphi_{нп} = U_{\phi} R_{из.нп} / (R_H + R_{из.нп} + R_0)$$

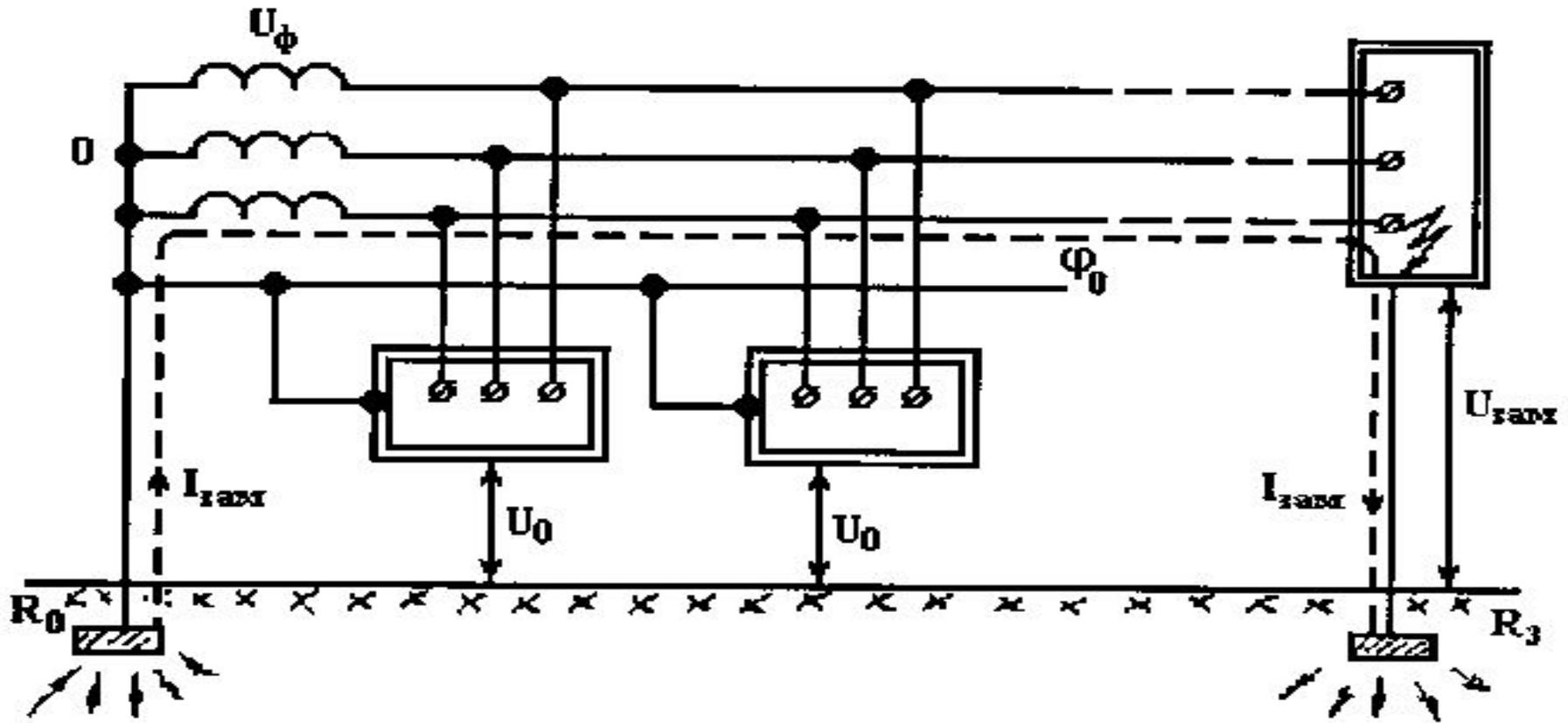
$$\phi_{нп} \approx U_{\phi}$$



$$\varphi_{nn} = U\varphi \cdot R_{nn} / (R_0 + R_{nn} + R_{нагр}) \approx U / 2 \quad \varphi_o = U\varphi \cdot R_0 / (R_0 + R_{nn} + R_{нагр}) \approx U / 2$$

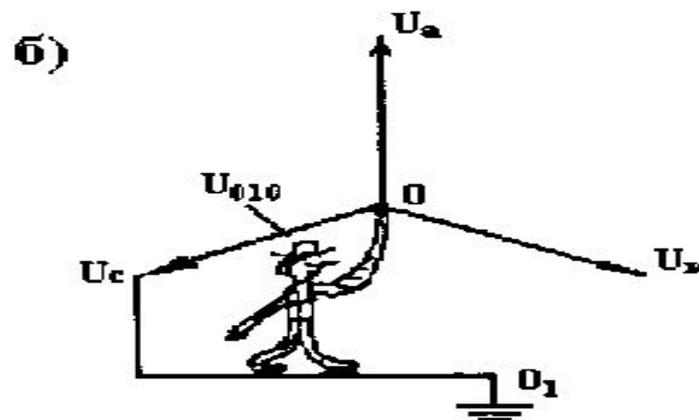
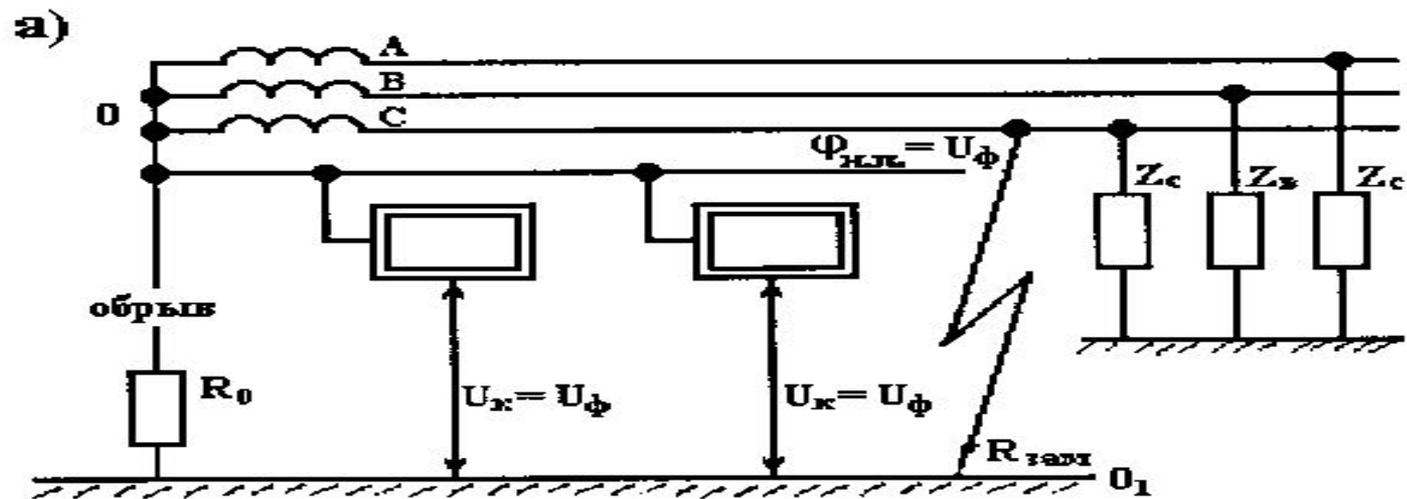
Назначение **повторного заземления защитного проводника** — снижение напряжения относительно земли зануленных конструкций в период замыкания фазы на корпус как при исправной схеме зануления, так и в случае обрыва нулевого защитного проводника.

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



$$\varphi_0 = U_\phi \cdot R_0 / (R_0 + R_3)$$

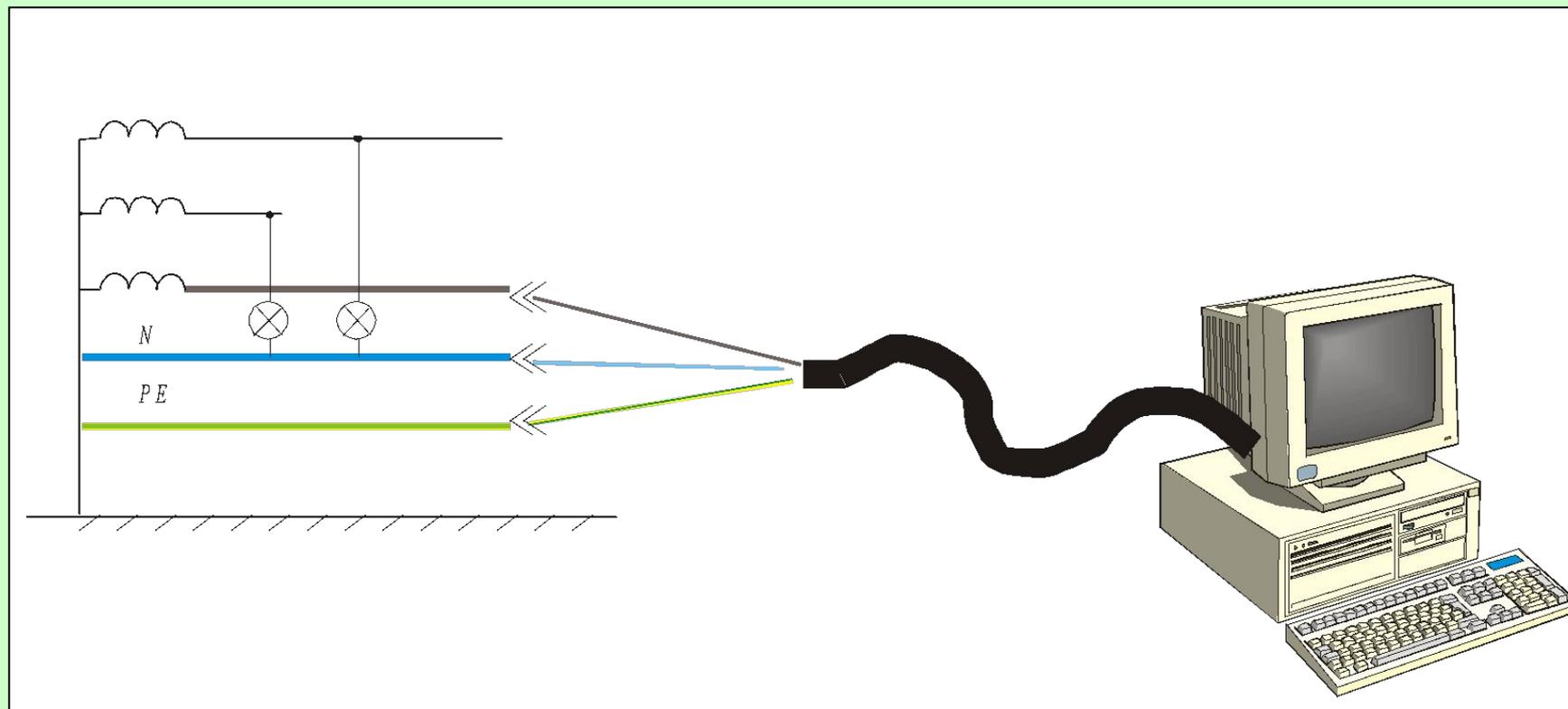
4. Обрыв цепи заземления нейтрали R_0



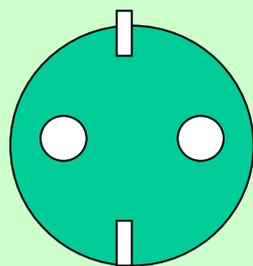
$$U_{пр} = U_\phi$$

Повторное заземление нулевого провода снижает напряжение U_0 за счет перераспределения падений напряжения на $R_{зам}$ и $R_{повт}$.

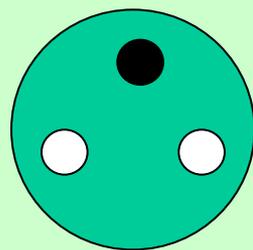
Практические способы выполнения зануления



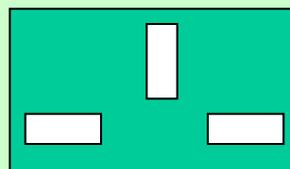
Rus



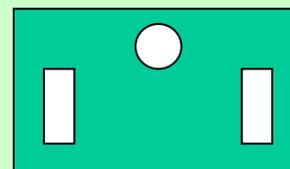
Fr



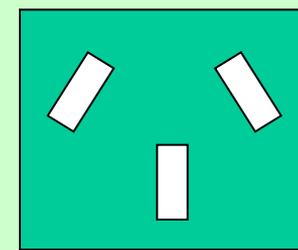
GB

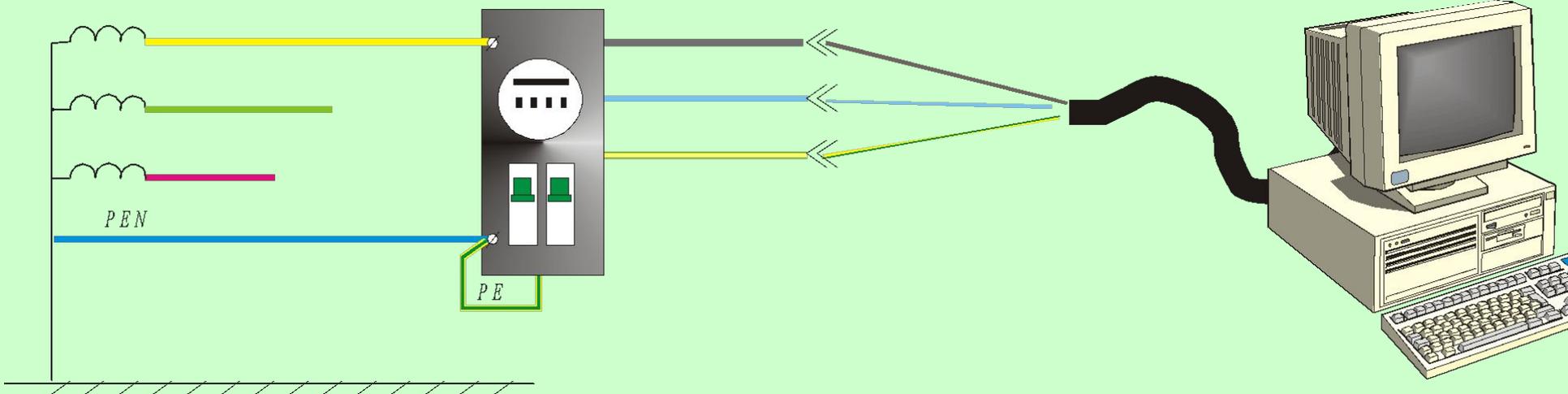
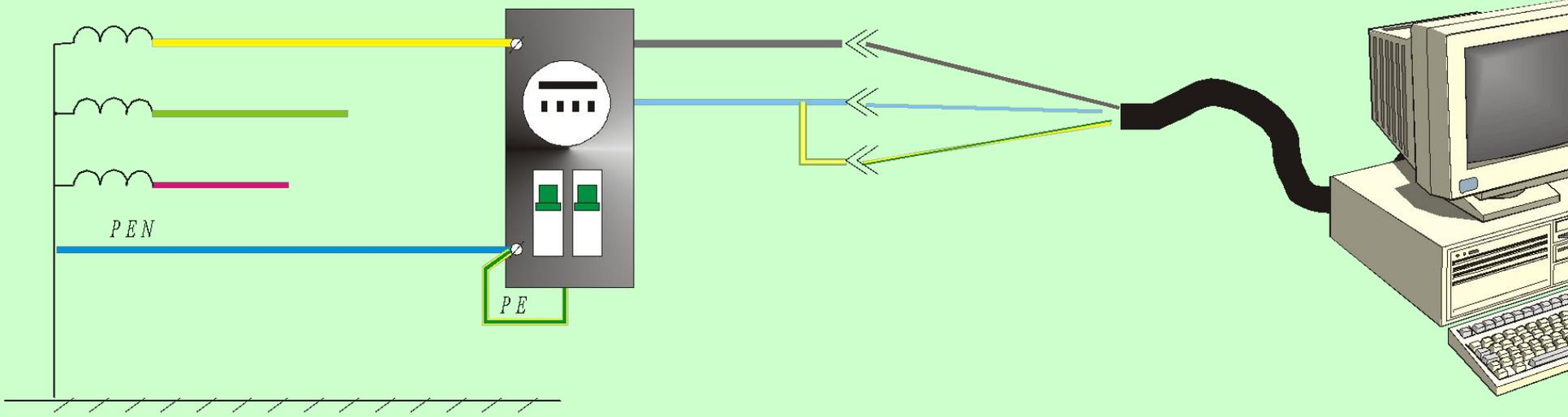


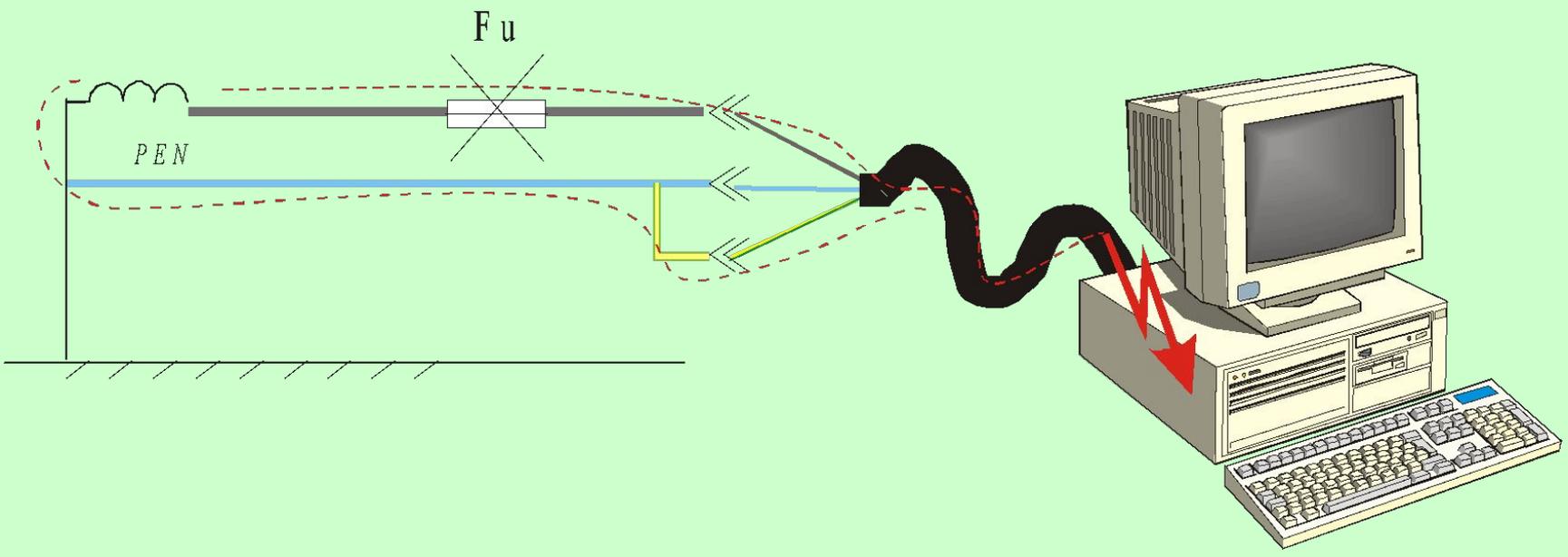
USA

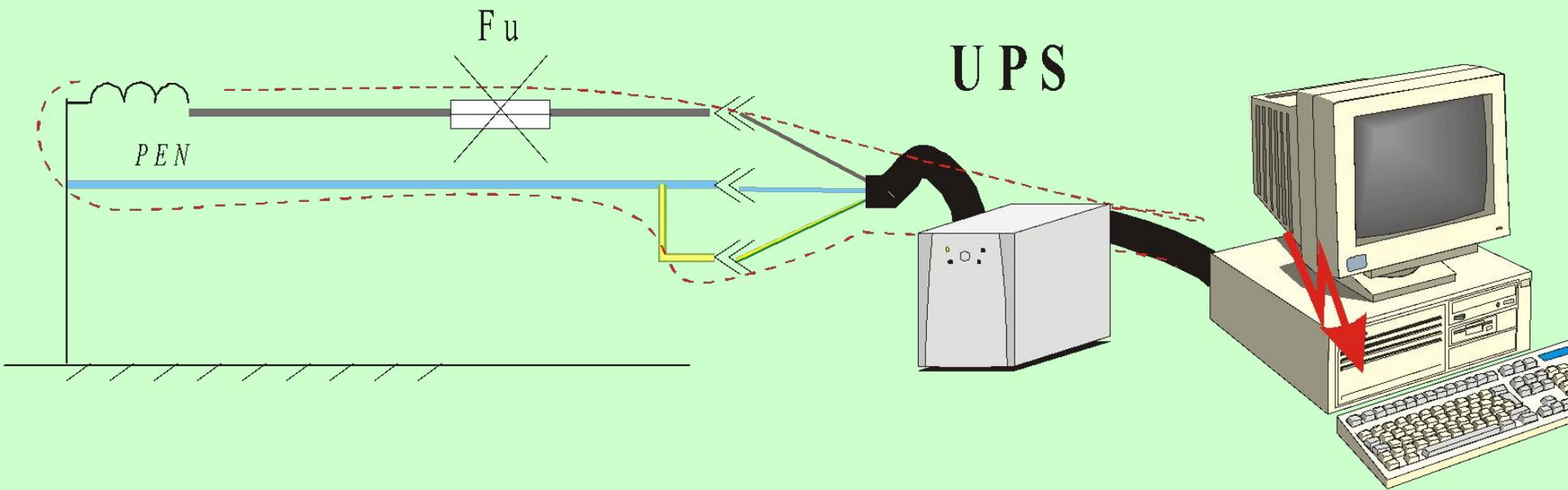


Aus

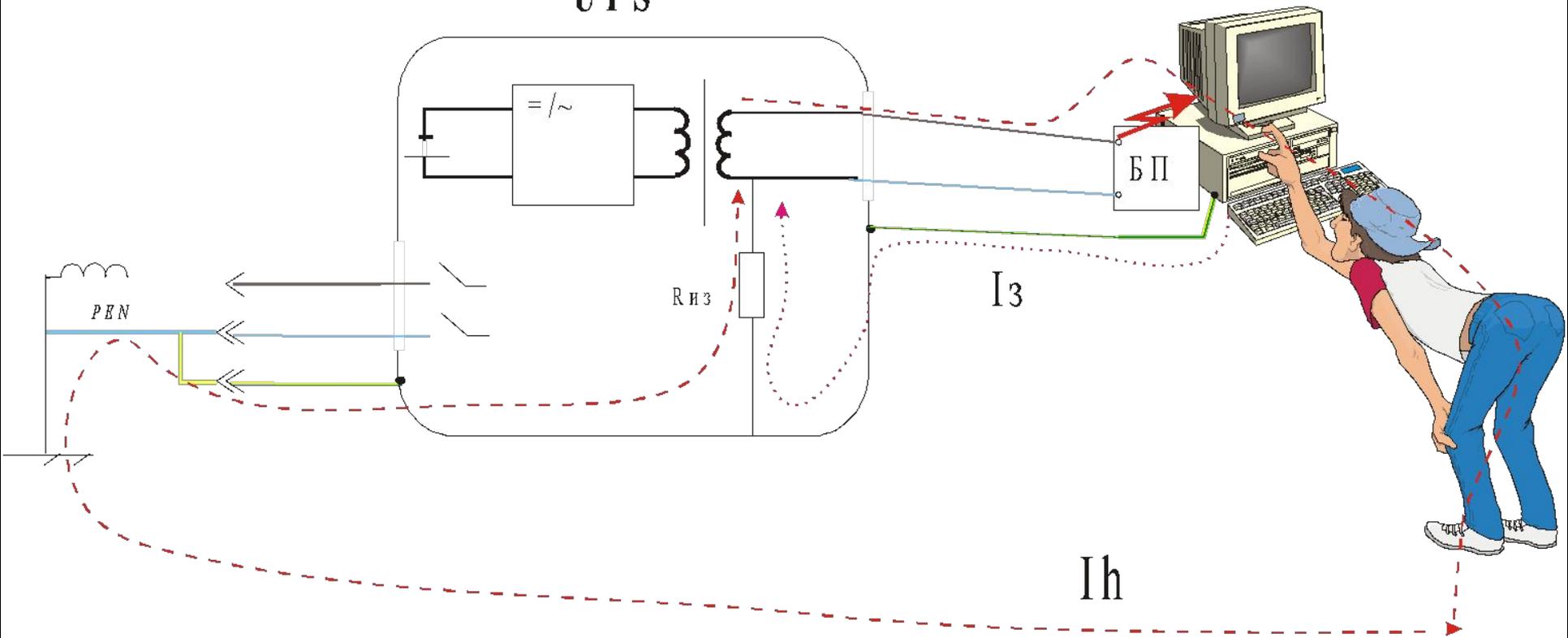




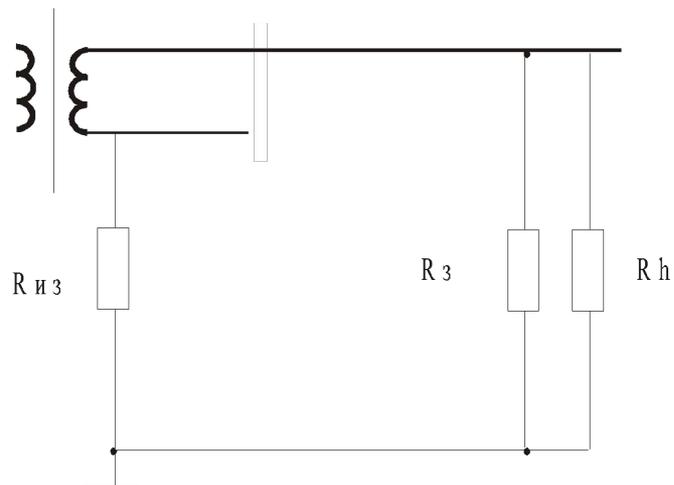


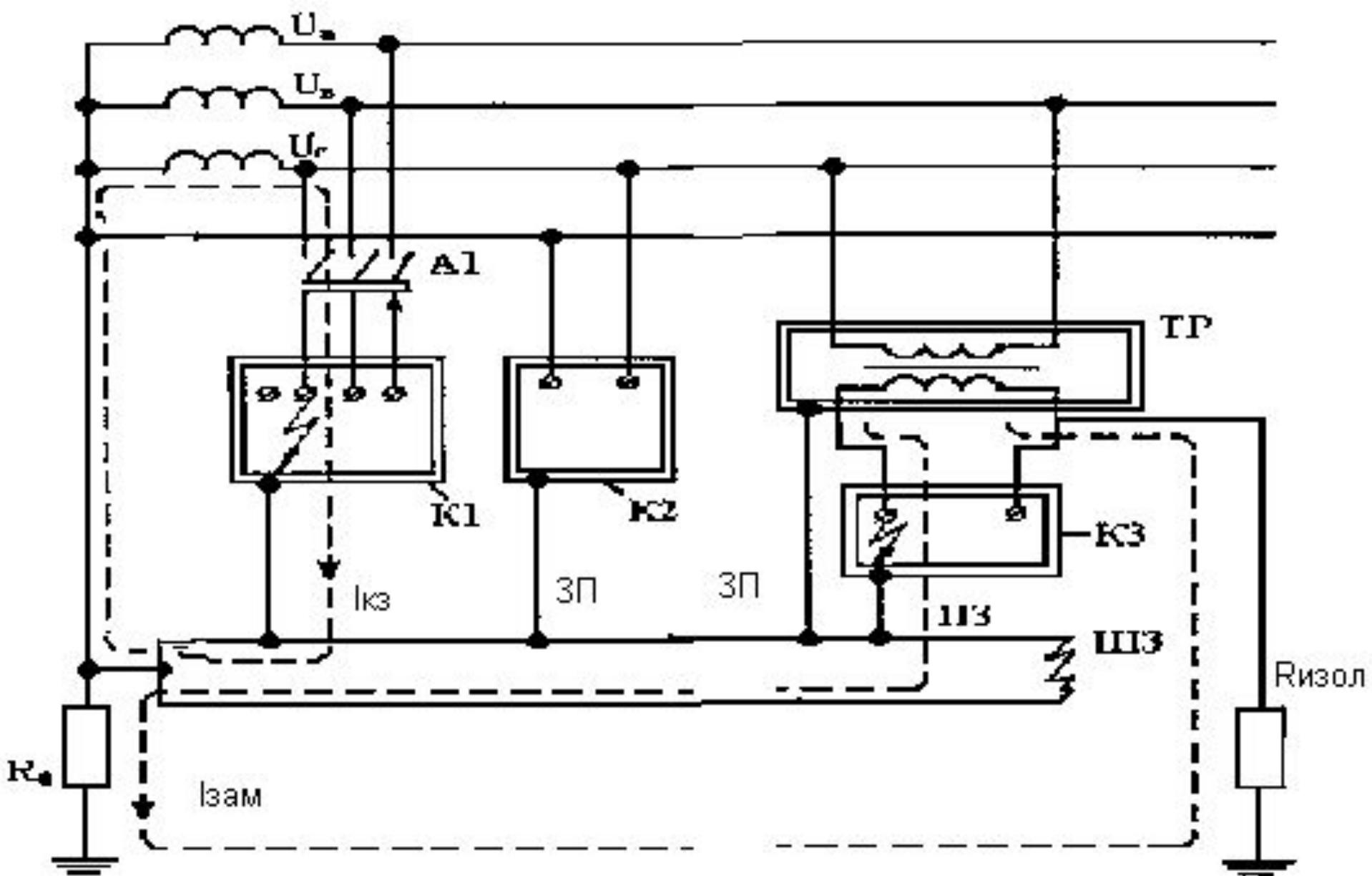


UPS



UPS





Международная классификация электрических сетей

(в соответствии с ГОСТ Р 50571-94)

I - isolato (изолированный);

T - terra (земля);

C - commune (общий);

S - separate (раздельный);

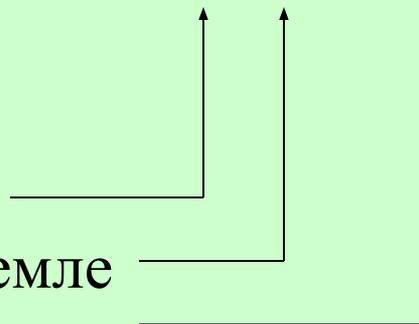
N - neutral (нейтральный).

T N – C

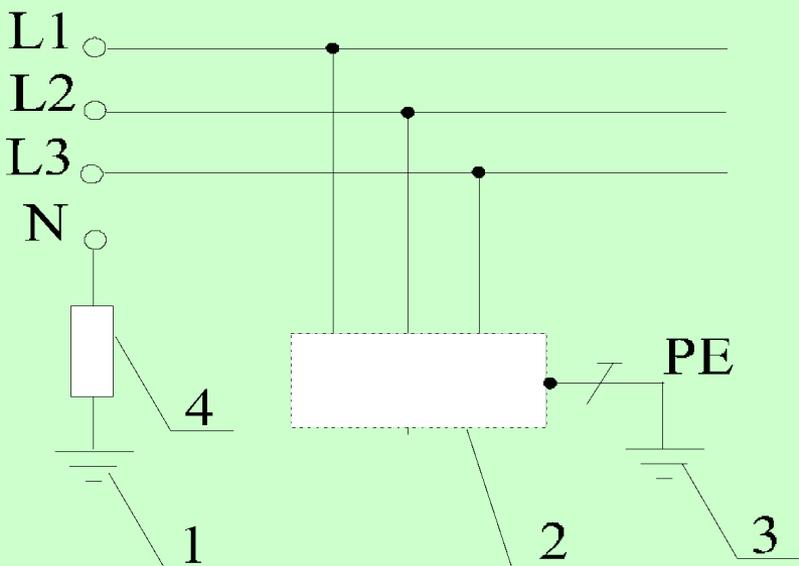
Отношение нейтрали к земле

Отношение корпуса приёмника к земле

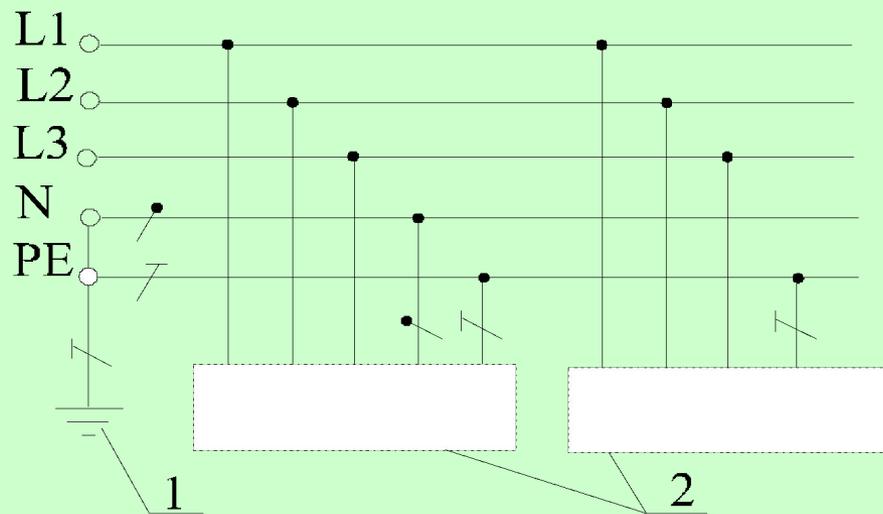
Выполнение защитного проводника



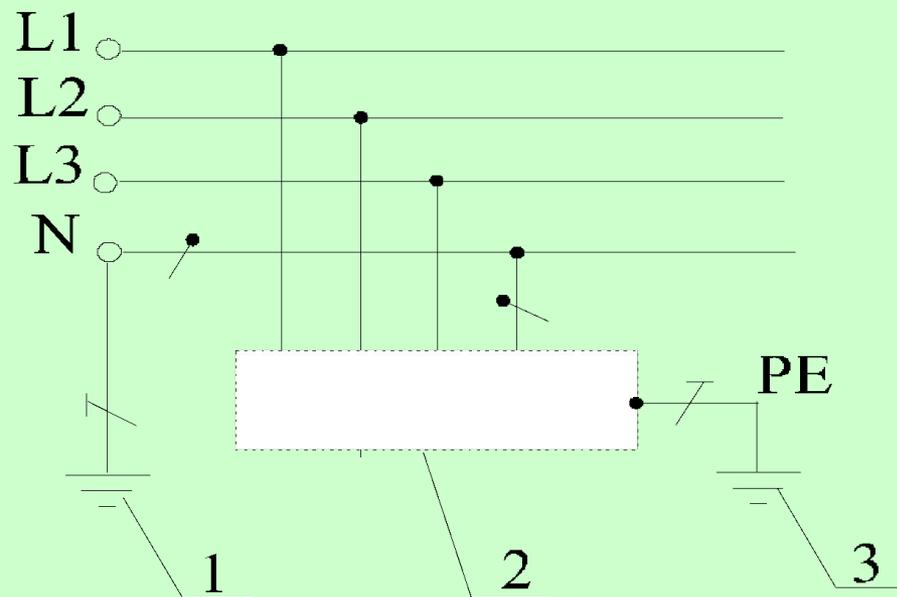
Система IT



Система TN-S

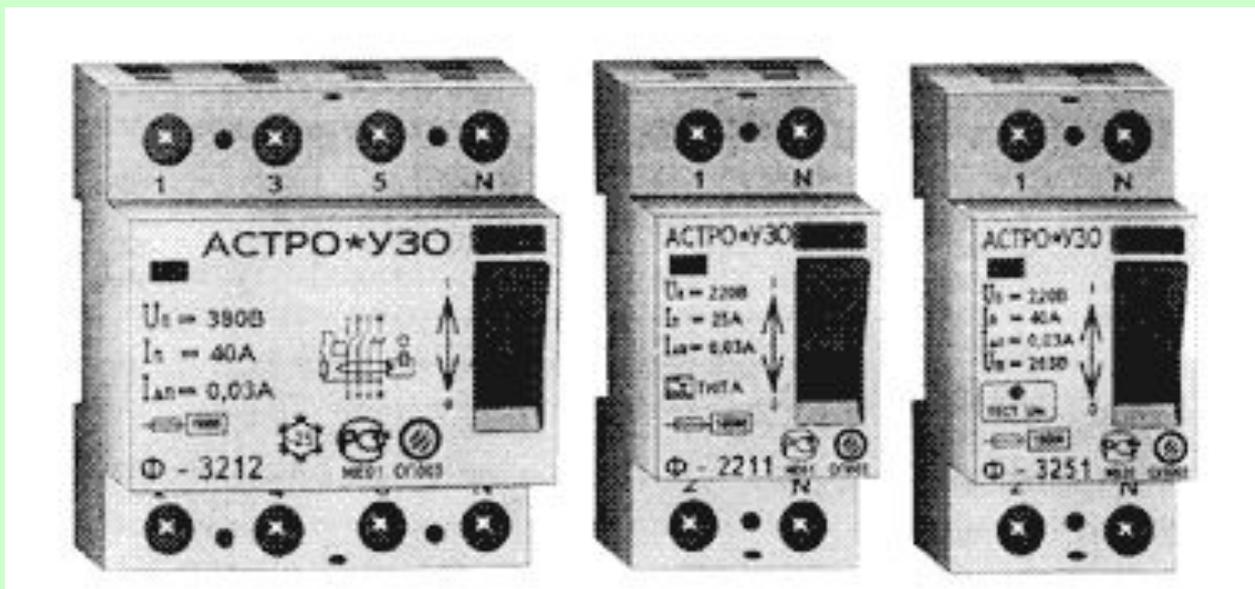


Система TT



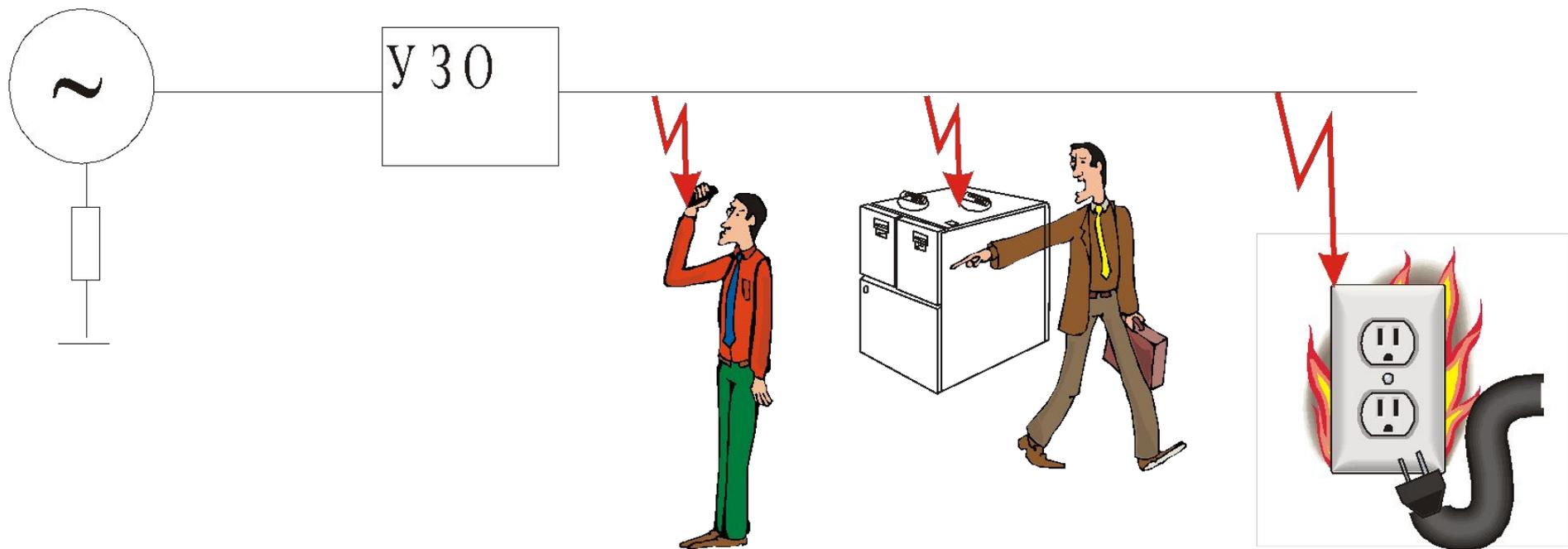
ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ

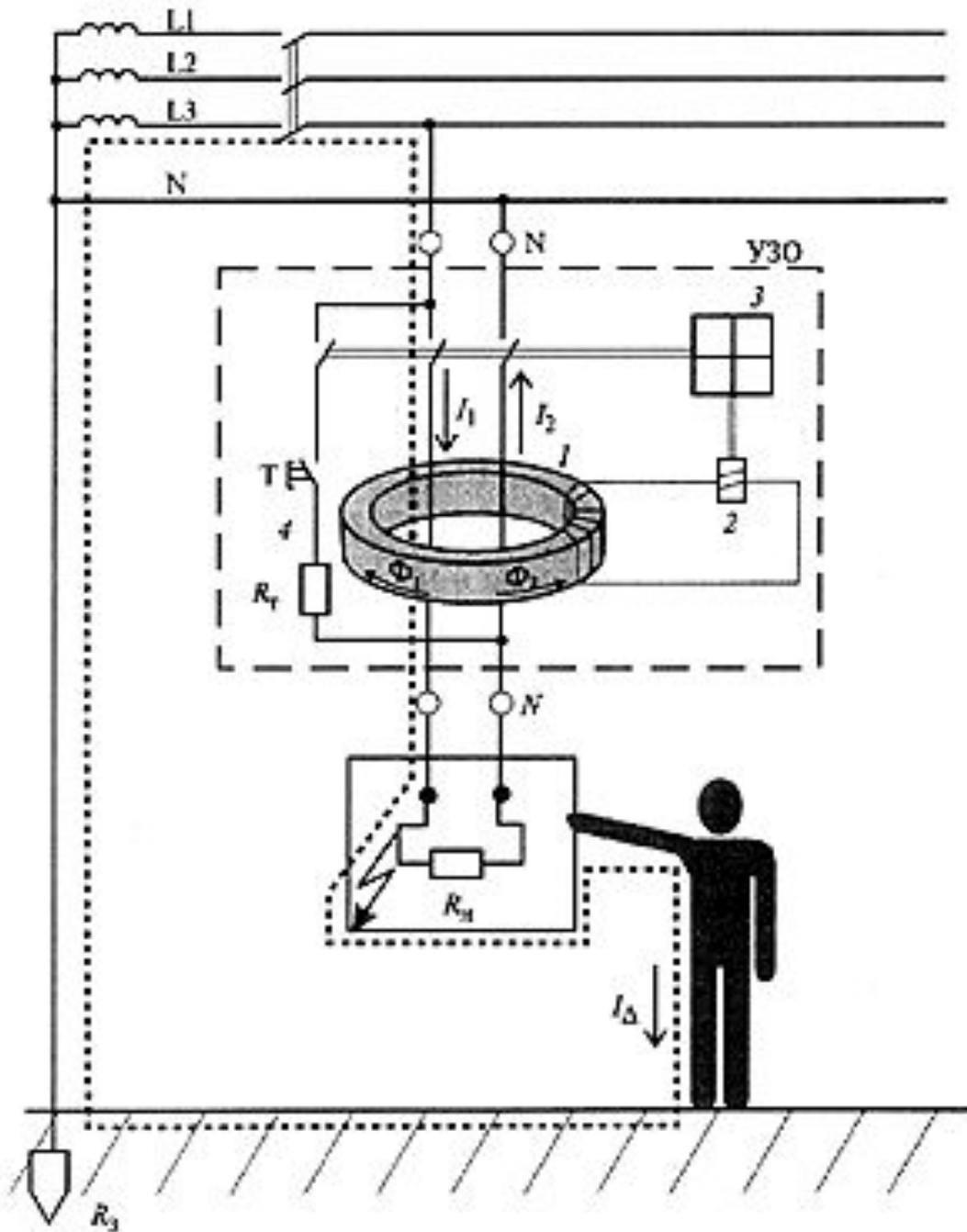
Устройства защитного отключения (УЗО) выявляют факт однофазного (однополюсного) прикосновения человека либо факт однофазного снижения сопротивления изоляции и снимают питание с защищаемого участка сети.



Особенности:

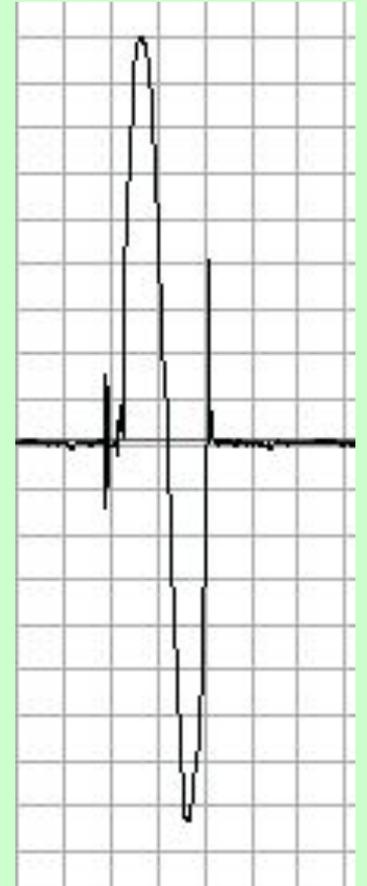
- Разнообразие защищаемых ситуаций
 - прямое и косвенное однофазное прикосновение,
 - пожарная опасность однофазных замыканий.
- Высокая чувствительность (способность выявить опасность на ранней стадии возникновения).
- Высокое быстродействие ($t_{\text{откл}} < t_{\text{h доп}}$)



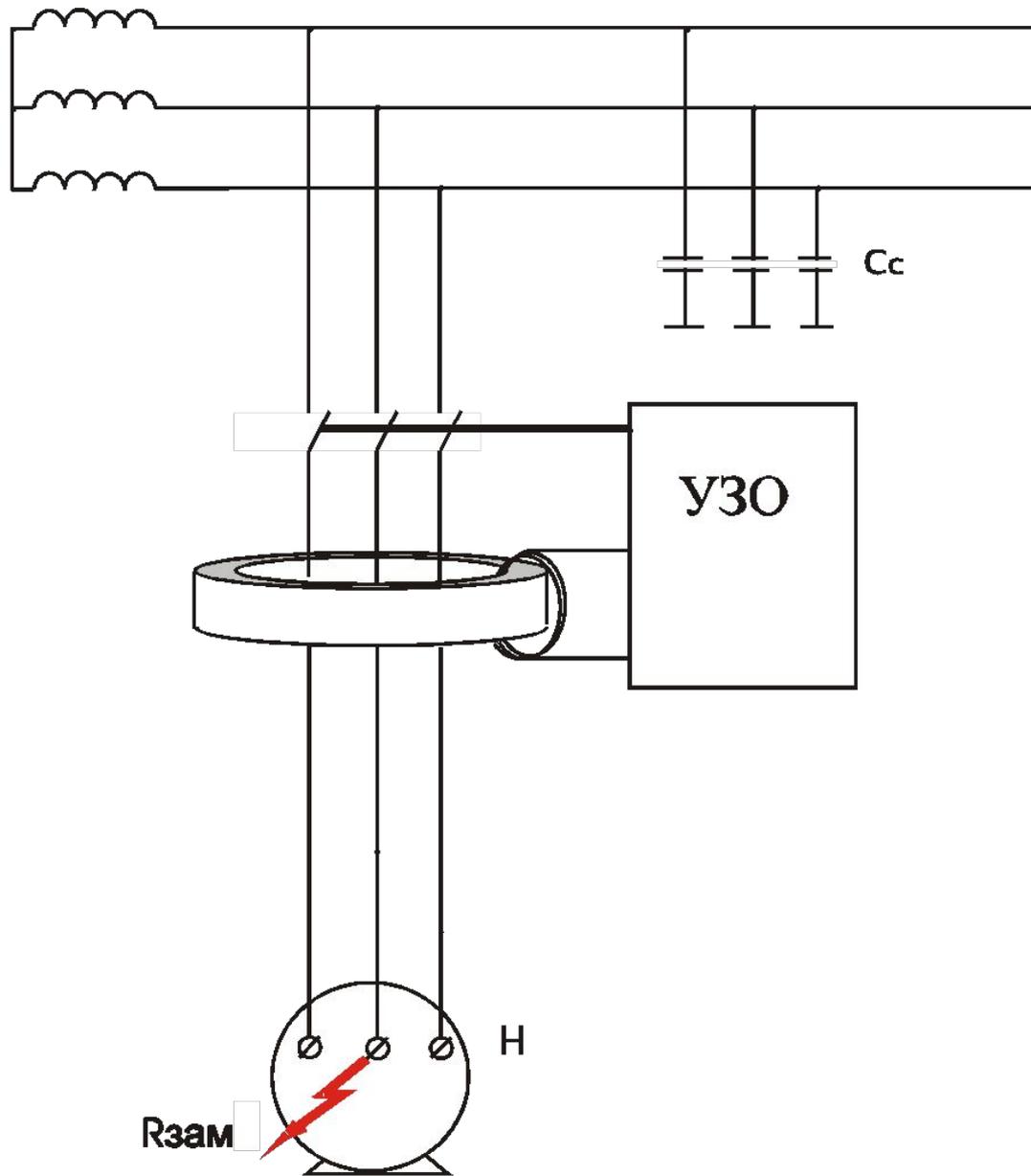


$$I_a + I_b + I_c + I_N = 0$$

Ih

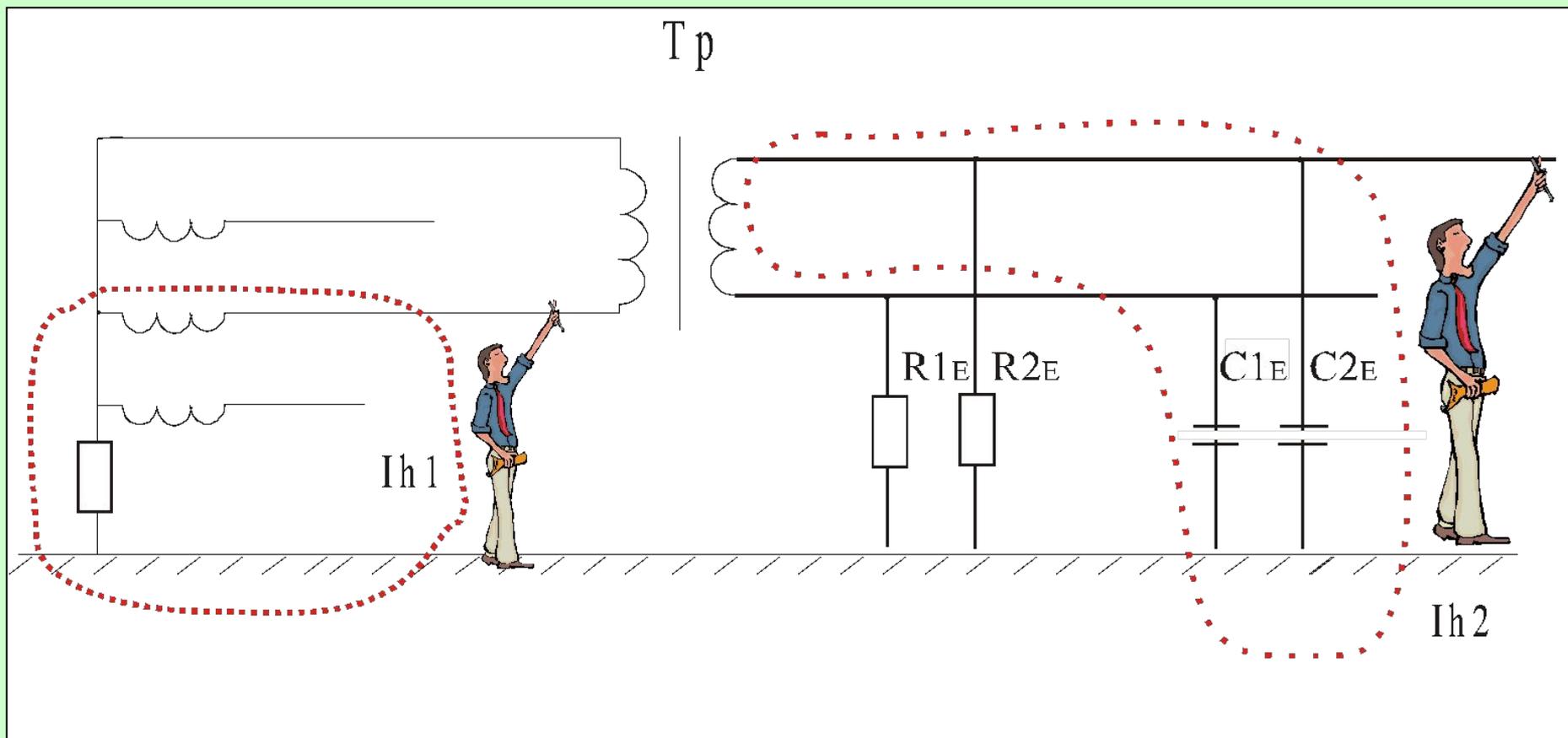


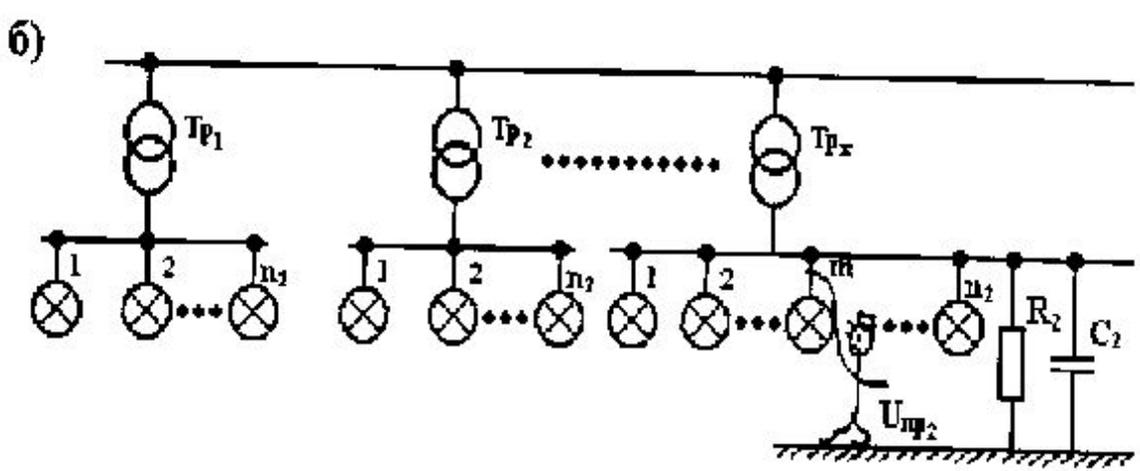
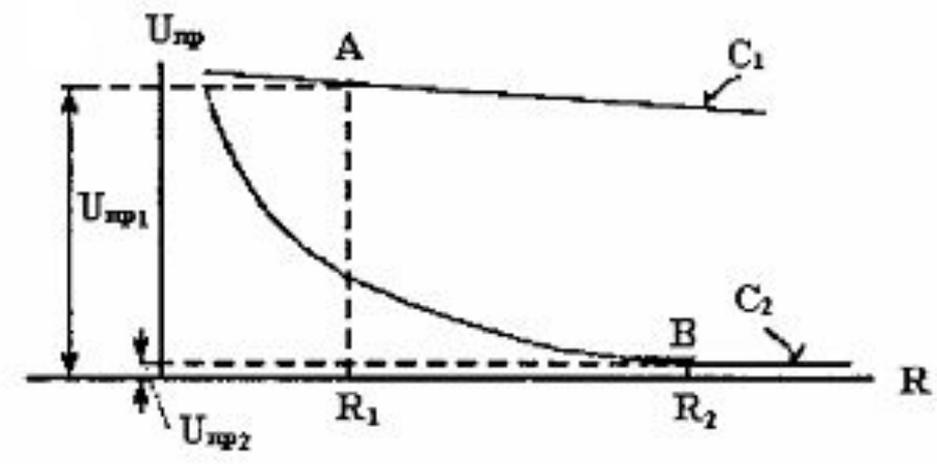
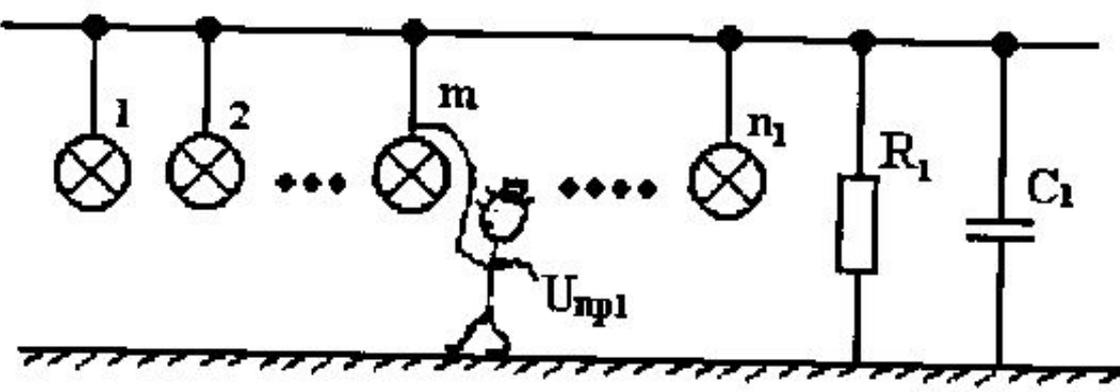
t



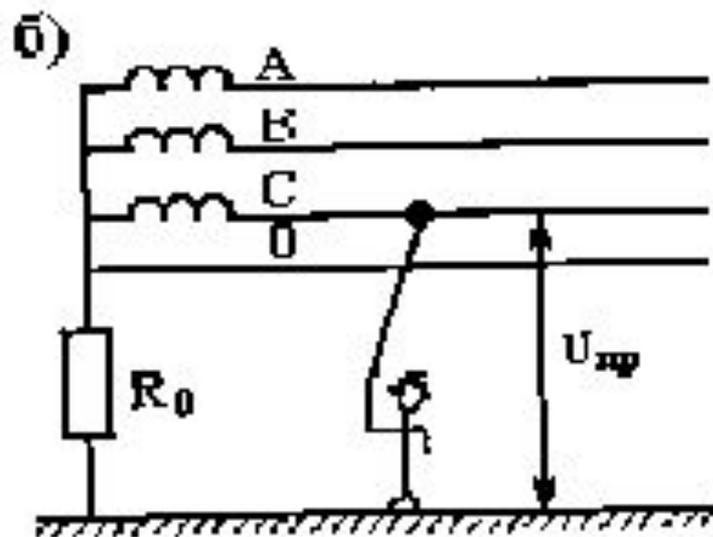
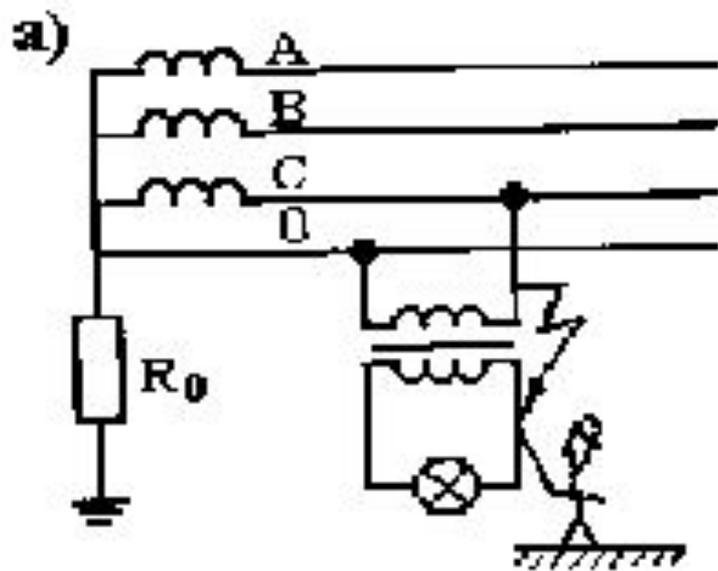
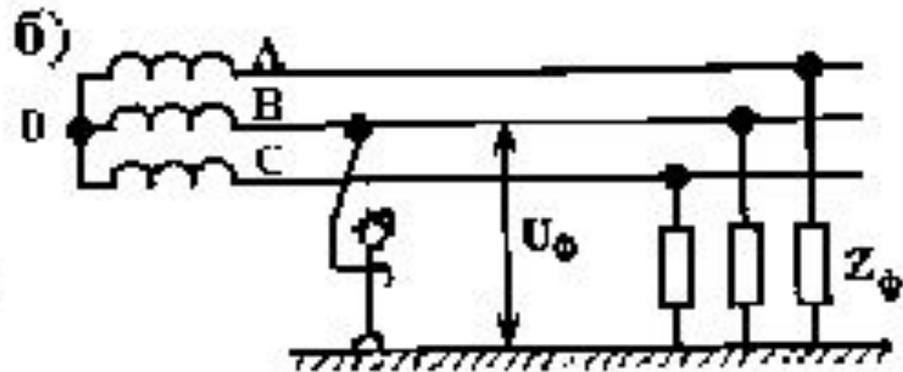
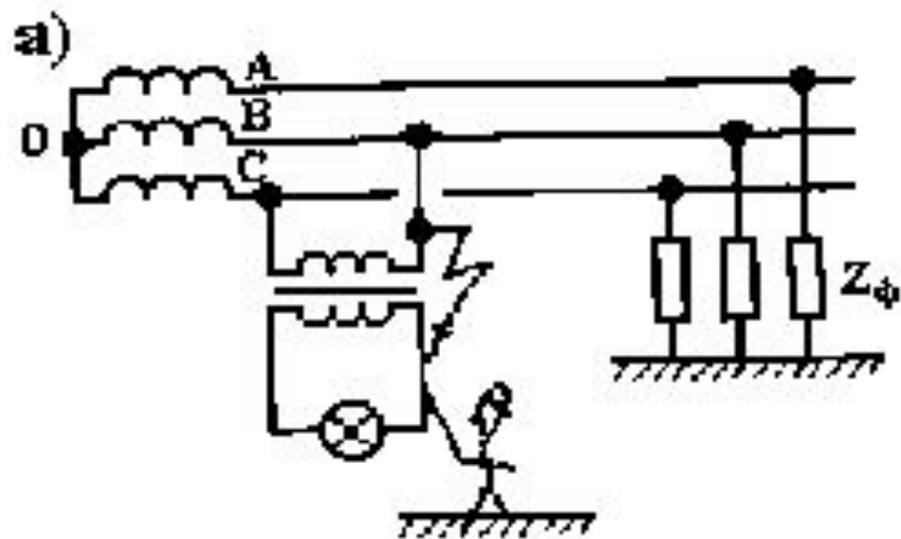
ЗАЩИТНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СЕТЕЙ

Разделительным называется трансформатор, предназначенный для отделения сети, питающей электроприемник, от первичной электрической сети, а также от сети заземления или зануления (ПУЭ, п.1.7.31).



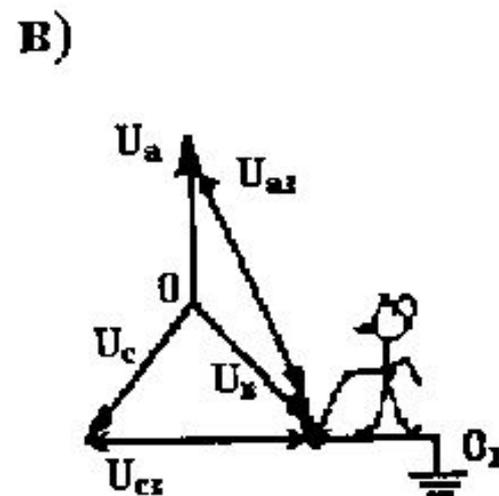
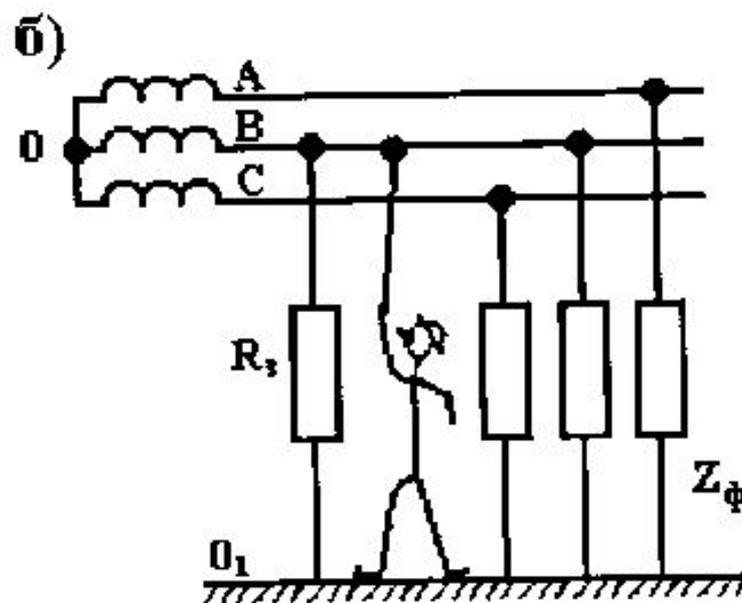
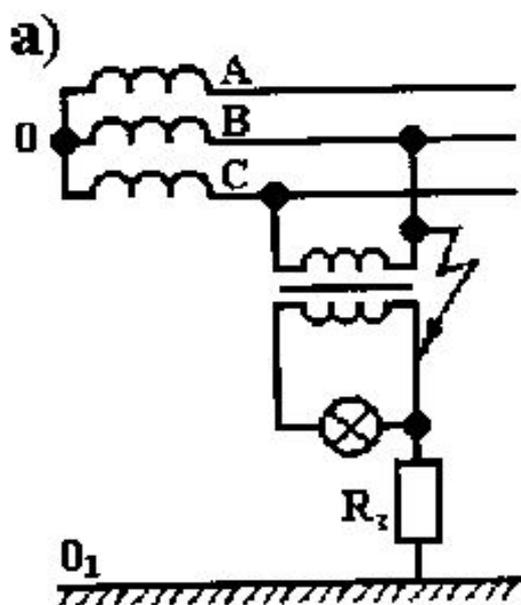


Защита от опасности перехода высокого напряжения на сторону низшего

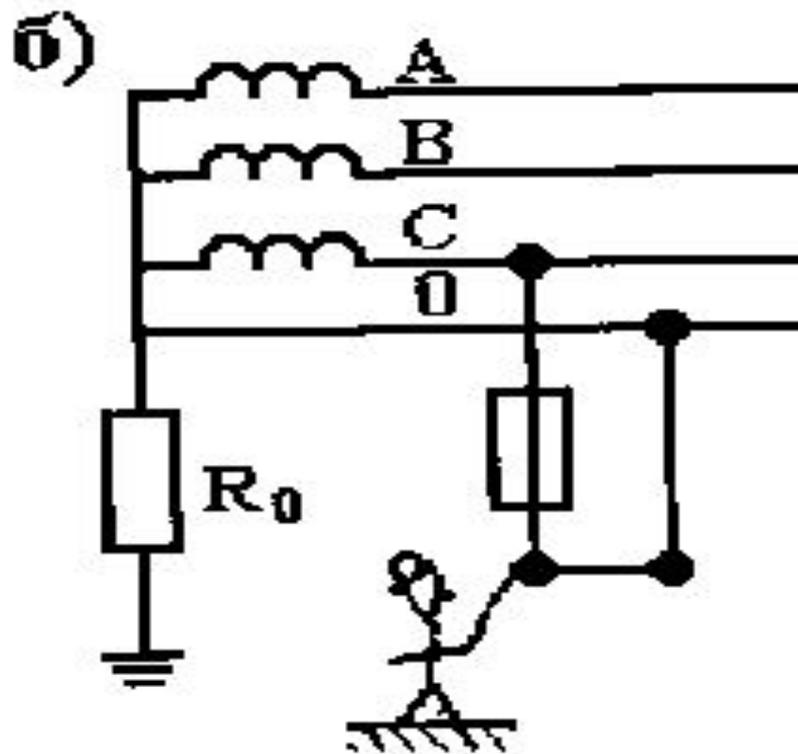
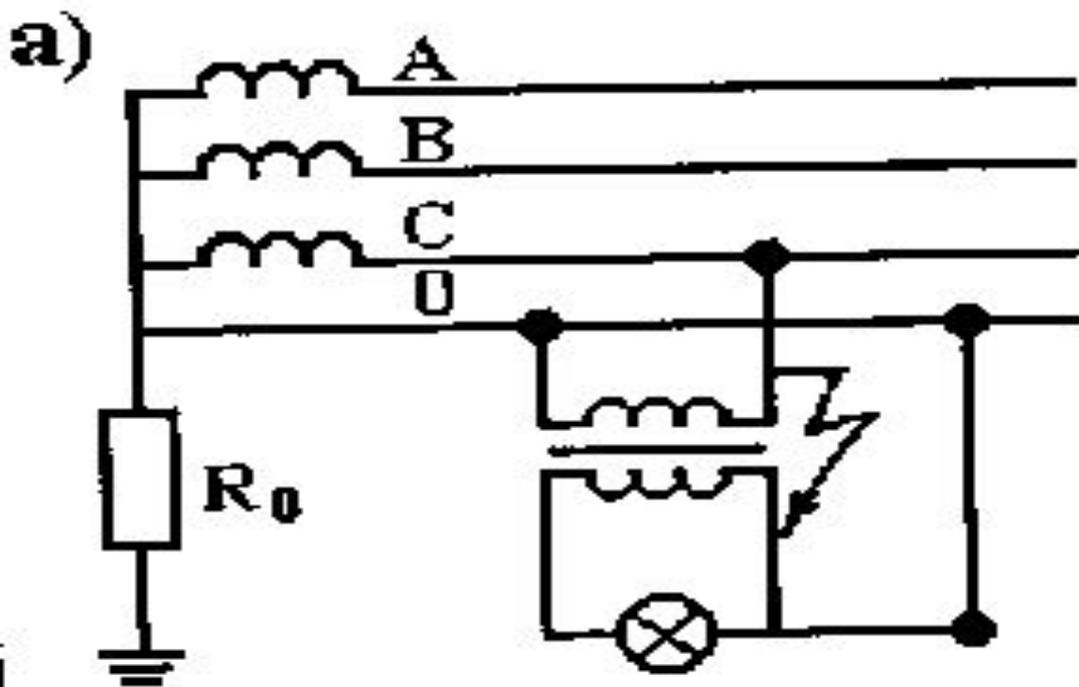


Защита в сетях с изолированной нейтралью

- осуществляется путем заземления одного полюса вторичной обмотки трансформатора



Защита в сетях с глухим заземлением нейтрали
- путем зануления одного полюса вторичной обмотки понижающего трансформатора



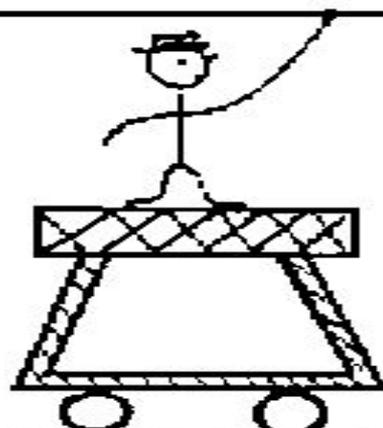
УРАВНИВАНИЕ и ВЫРАВНИВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛОВ

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

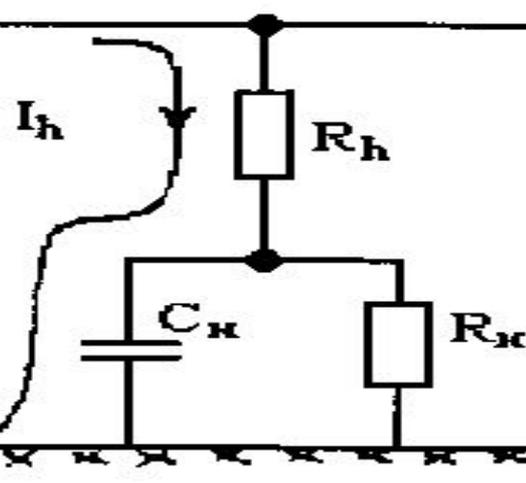
Выравнивание потенциалов - снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

$\varphi = 3 \text{ кВ}$

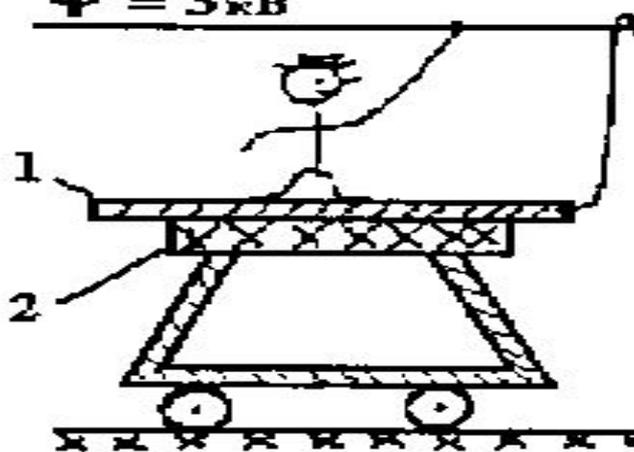
a)



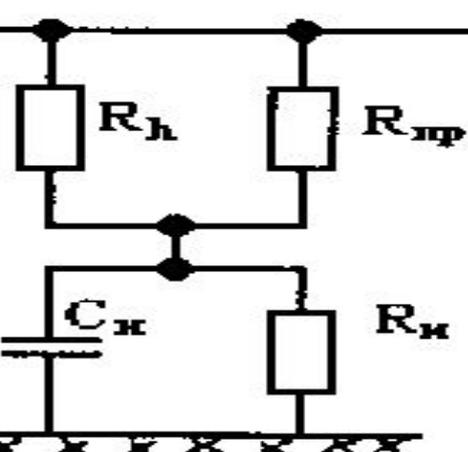
b)



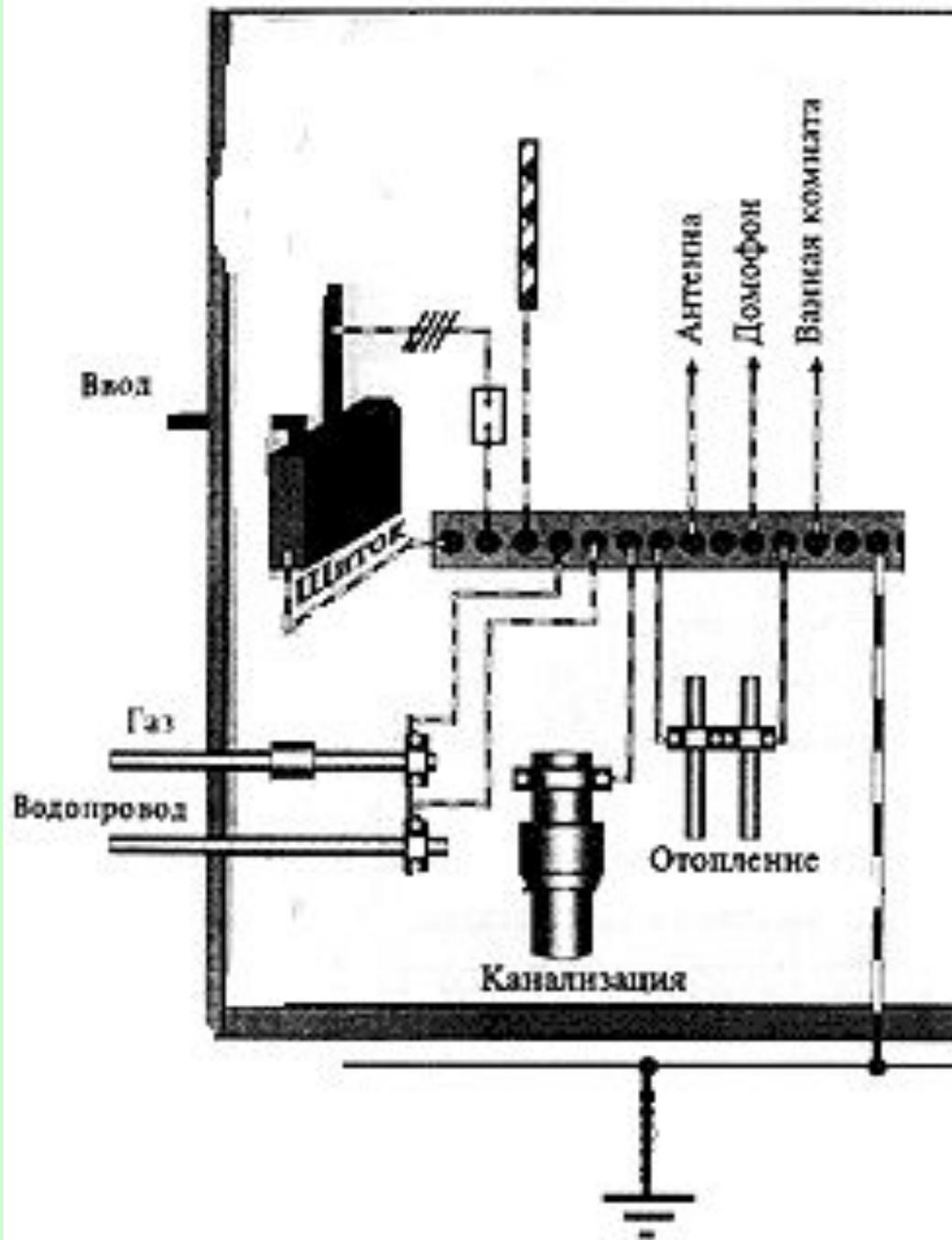
c)

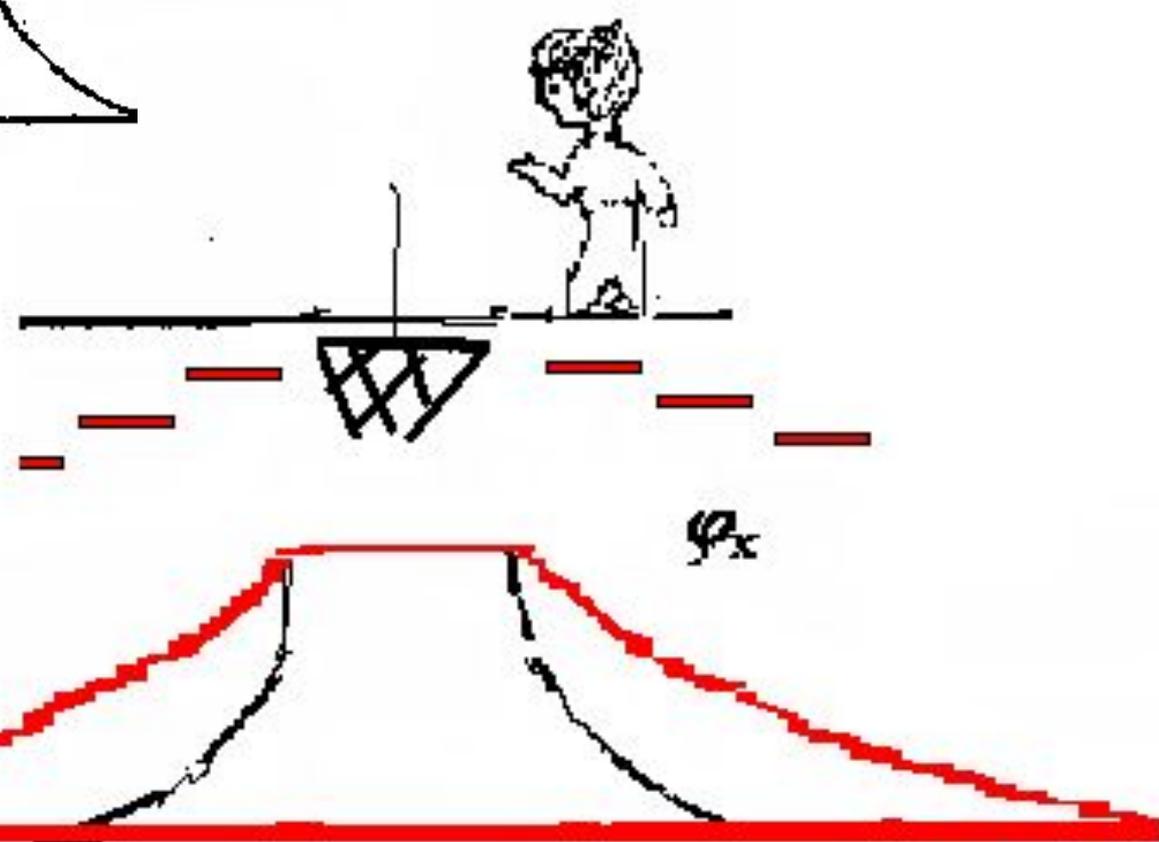
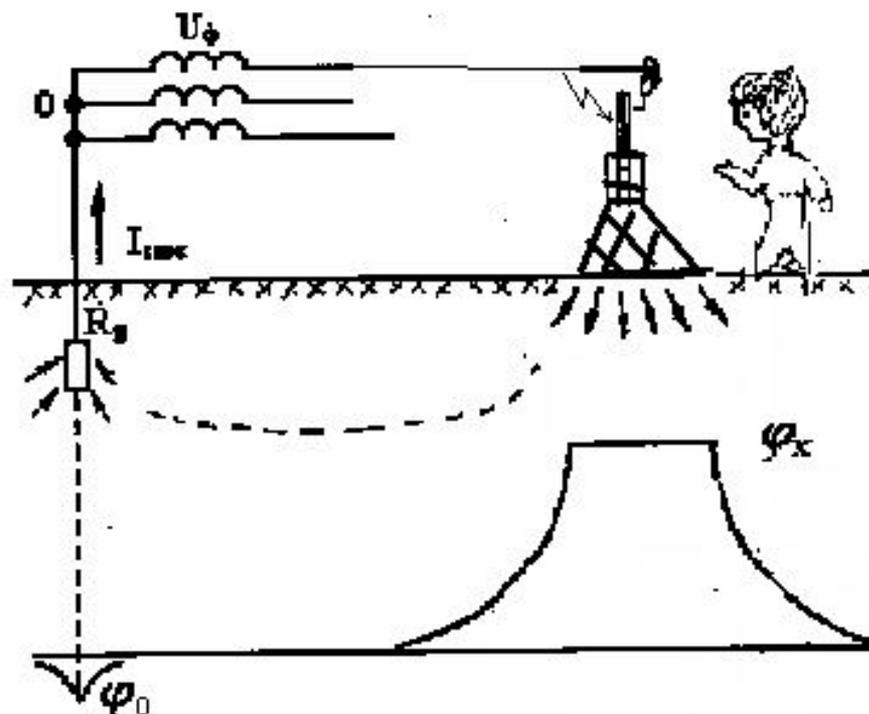


d)



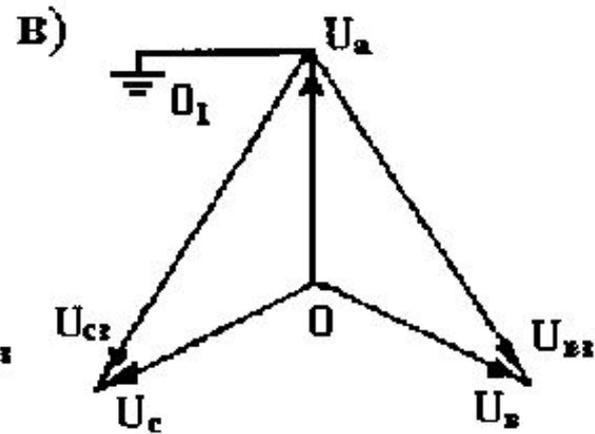
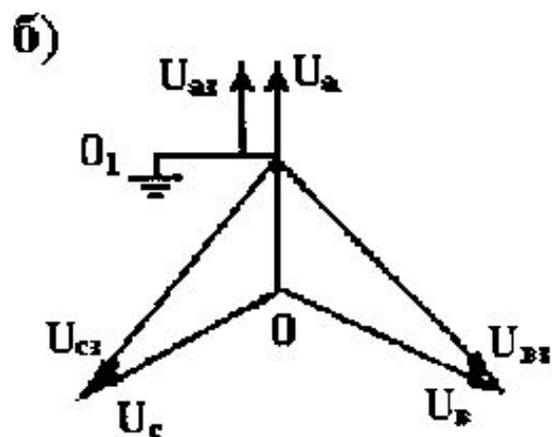
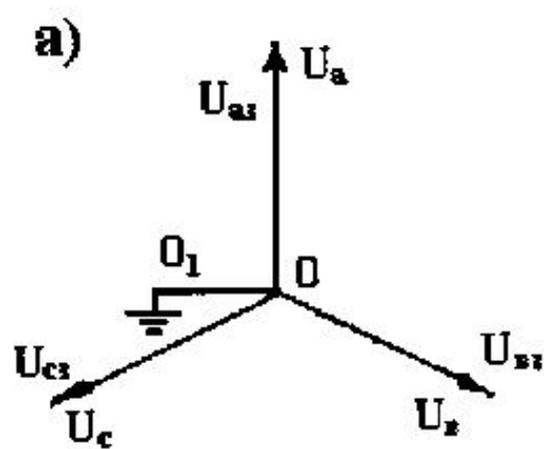
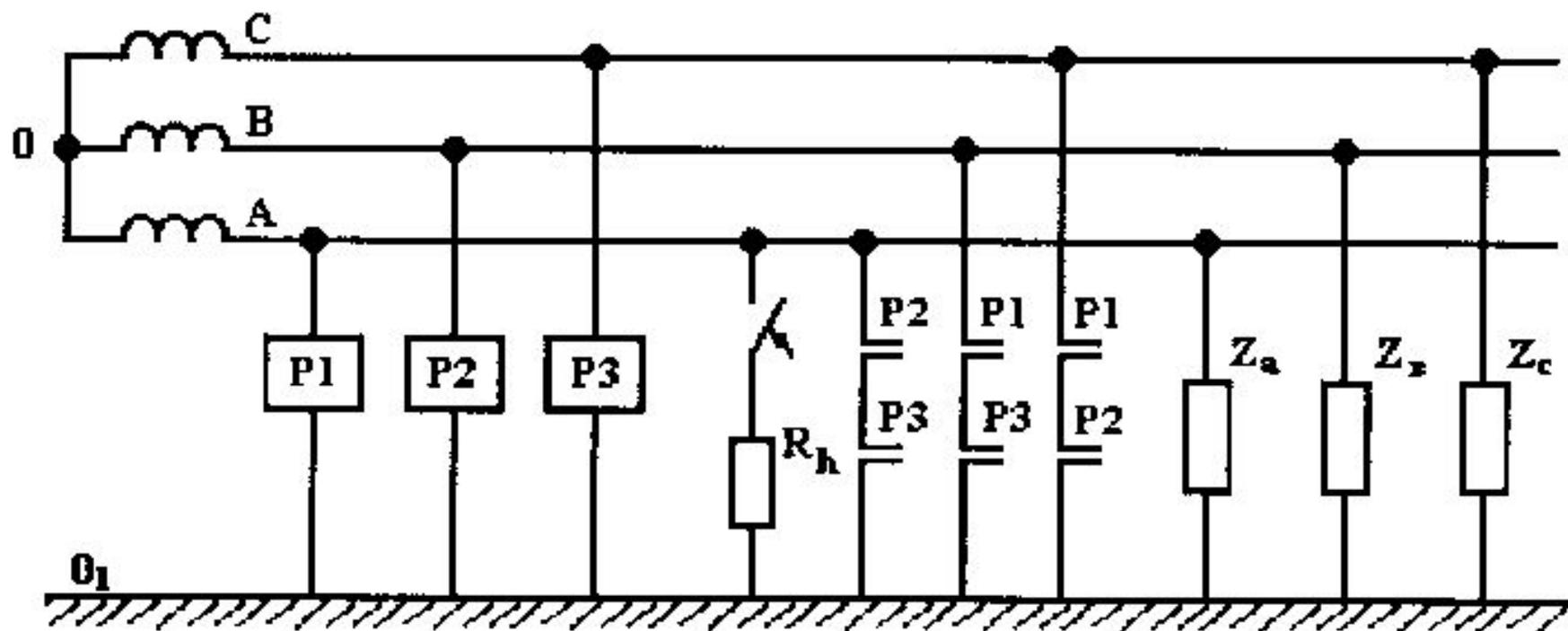
Правила выполнения системы уравнивания потенциалов определены стандартом МЭК 364-4-41 и пп. 7.1.87 и 7.1.88 ПУЭ





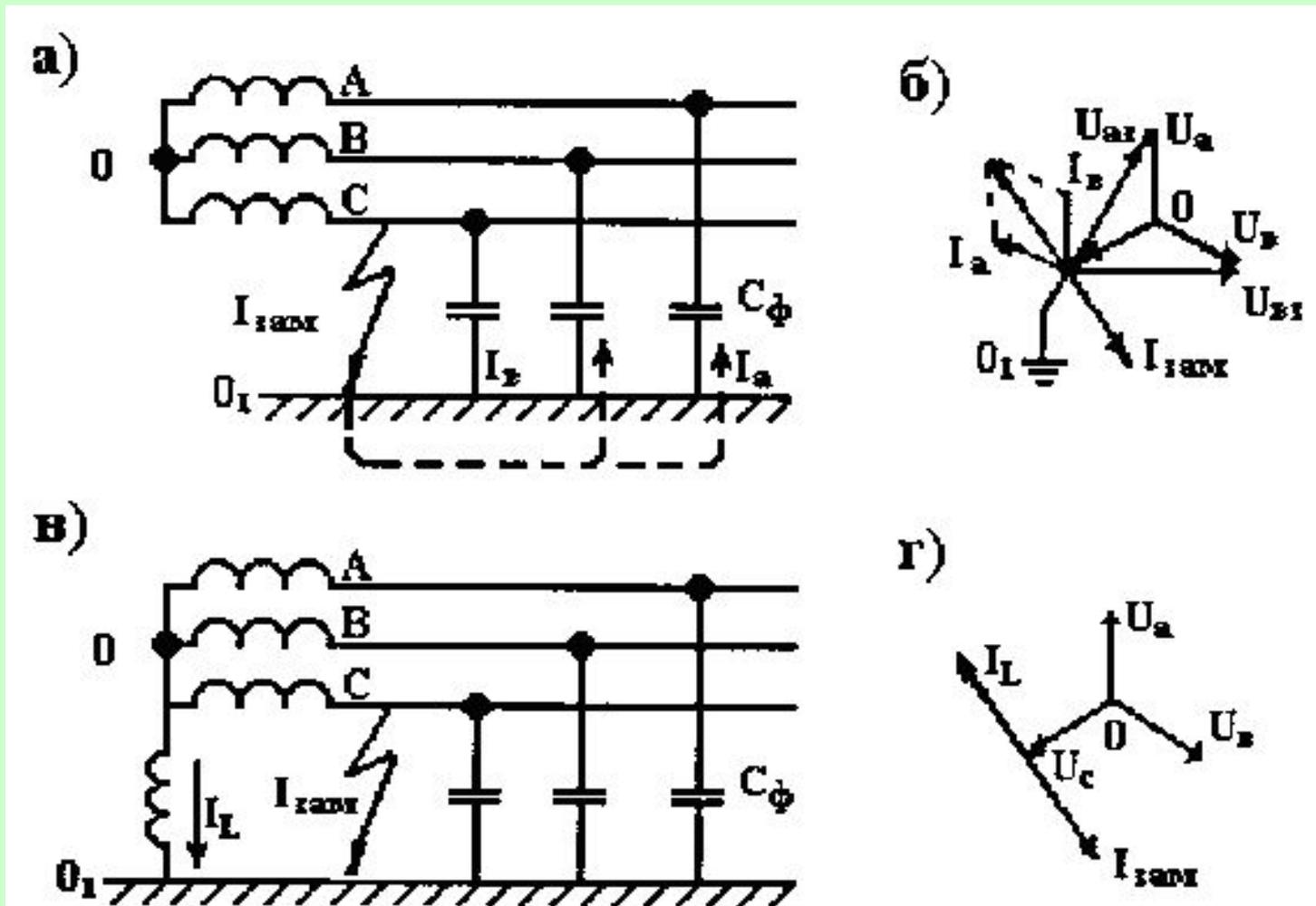
ЗАЩИТНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ (ЗАМЬКАНИЕ)

- Защита от прямого и косвенного однофазного прикосновения
- Без снятия напряжения с приемников электроэнергии
- Применяют в сетях, изолированных от земли



КОМПЕНСАЦИЯ ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ

В сетях переменного тока с изолированной нейтралью при значительной емкости фаз относительно земли.

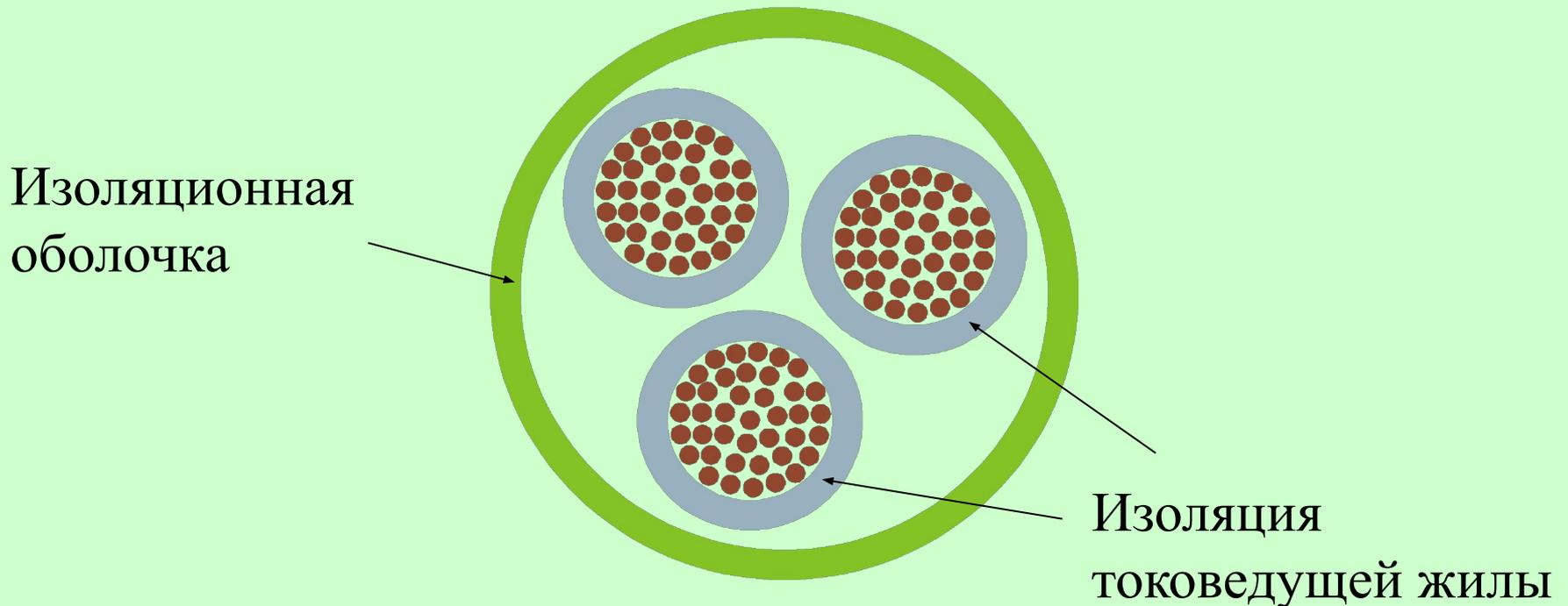


Условие полной компенсации

$$X_L = X_C \quad \omega L = \frac{1}{3\omega C_\phi}$$

ДВОЙНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

-совокупность рабочей и дополнительной изоляции, при которой доступные прикосновению части не приобретают опасного потенциала при повреждении только рабочей или только дополнительной изоляции.



КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПО СПОСОБУ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ по ГОСТ Р МЭК 536-94.

Класс 0 - защита обеспечивается основной изоляцией.

(отсутствует электрическое соединение открытых проводящих частей, если таковые имеются, с защитным проводником) .

Класс I - защита обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки.

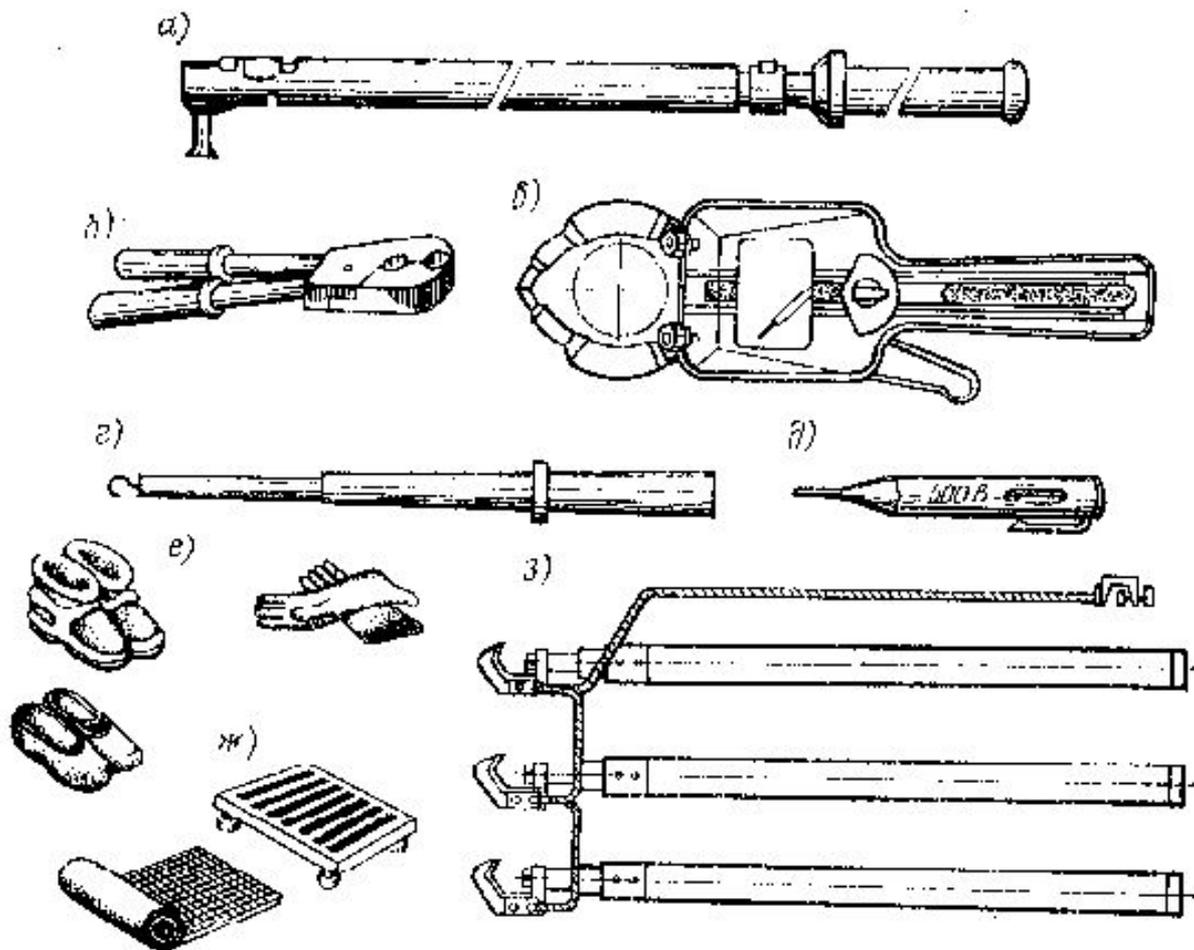
Класс II - защита обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции (отсутствуют средства защитного заземления).

Класс III - защита основана на питании от источника безопасного сверхнизкого напряжения
(не возникают напряжения выше безопасного сверхнизкого напряжения).

Электрозащитные средства

- **основные** (позволяют работать на токоведущих частях)

- *дополнительные* (усиливают действие основных).



а – изолирующая штанга;

б - изолирующие клещи;

в - измерительные клещи;

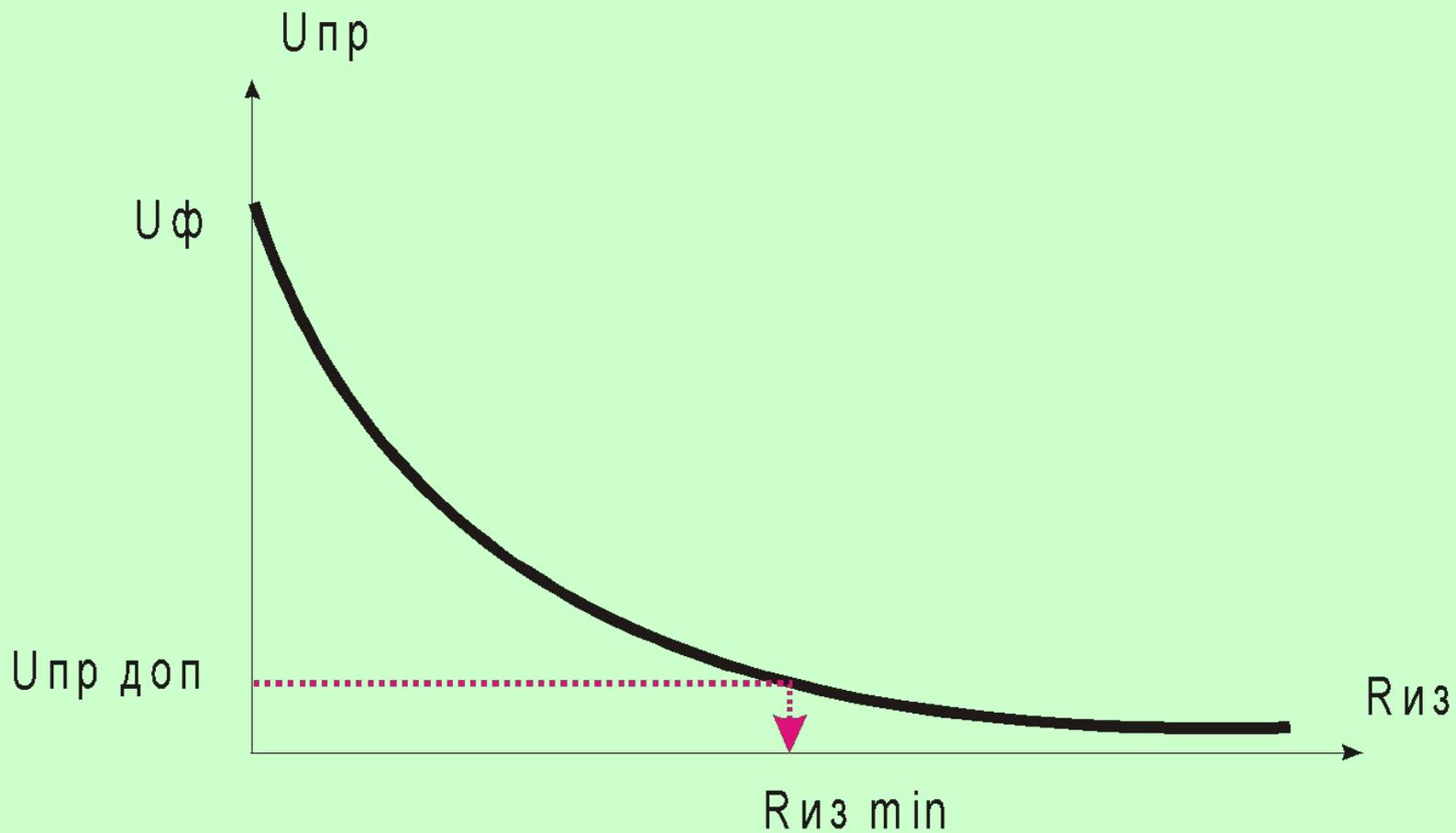
г - измеритель напряжения > 1000 В;

д - то же < 1000 В;

е - диэлектрические перчатки, галоши;

ж -коврики, подставки

з- переносное заземление.



$U_{раб} < 1000\ В$

$U_{пр\ доп} < 2\ В$

$R_{из\ min} > 500\ кОм$

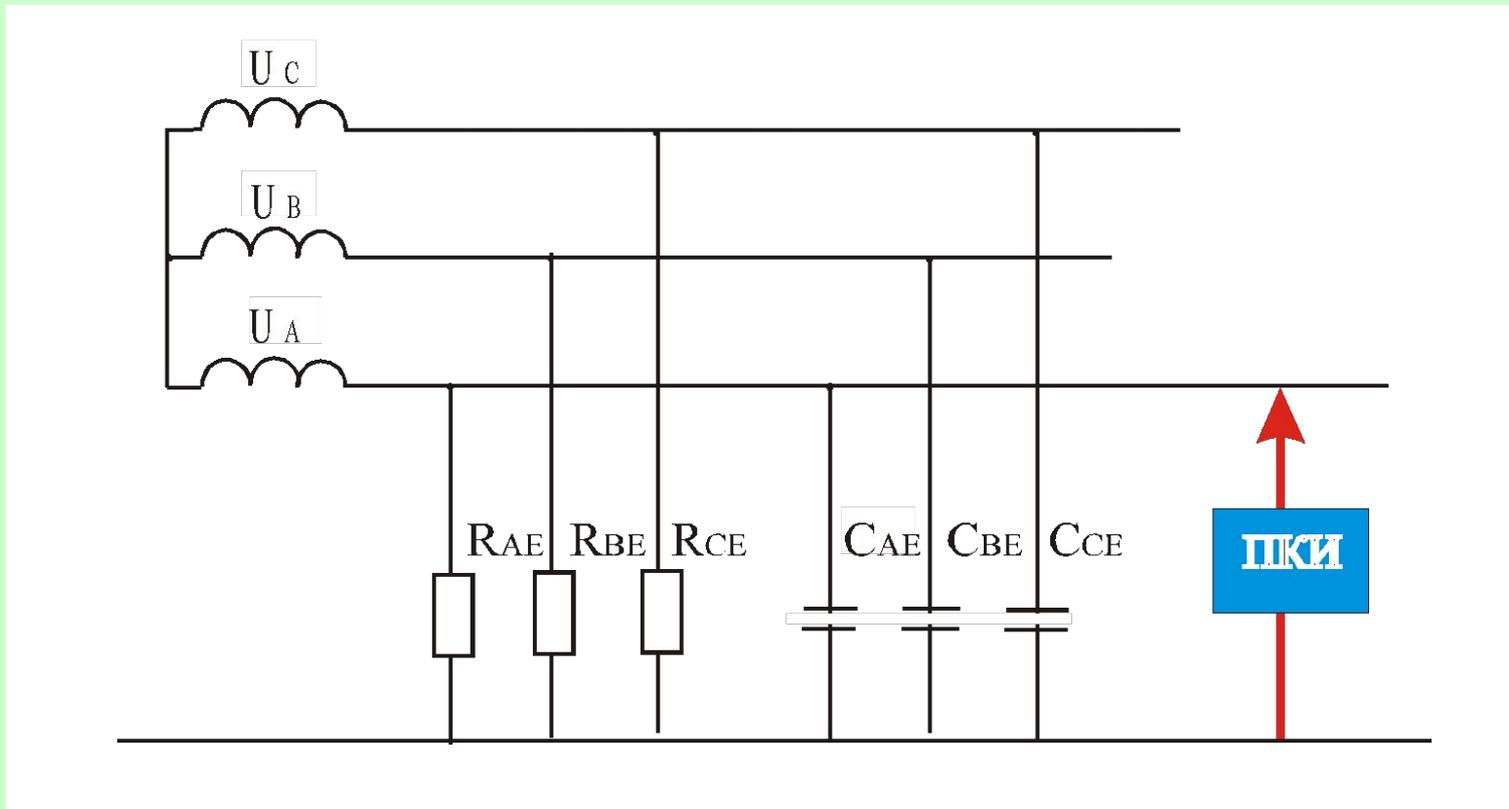
КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ

-профилактическое мероприятие, направленное на выявление неисправностей электрической изоляции, влияющих на:

- Электробезопасность
- Пожаробезопасность электроустановок
- Надежность функционирования электроустановок

Общие требования к приборам контроля изоляции:

- испытательное напряжение \approx рабочему напряжению электроустановки
- учет только активной составляющей $Z_{\text{изоляция}}$ (отстройка от С)
- безопасность контроля (малые измерительные токи)



Классификация приборов контроля изоляции по потребительским свойствам:

Контроль обесточенных
электроустановок

и/или

Контроль под рабочим
напряжением

Непрерывный контроль

и/или

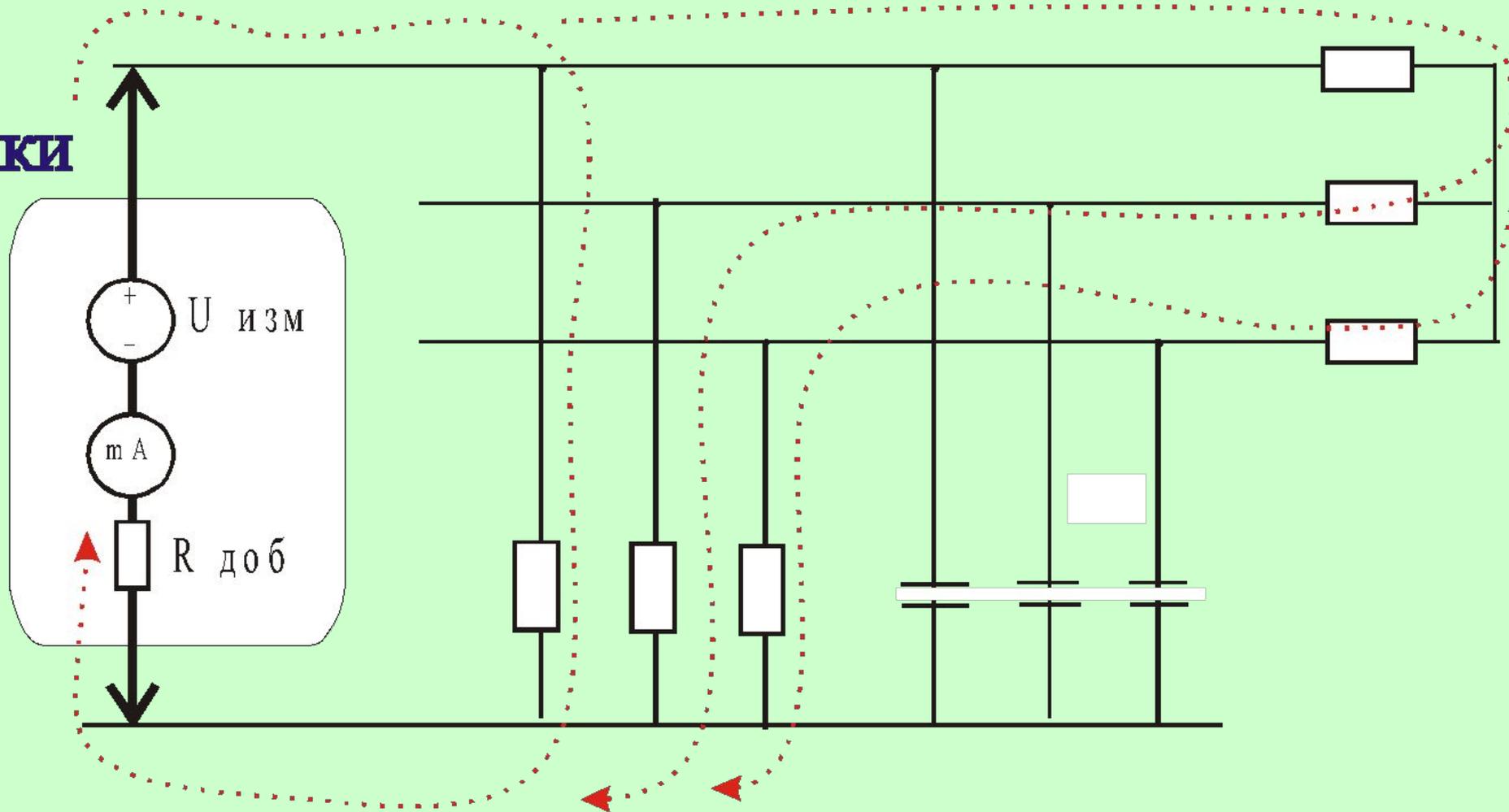
Периодический контроль

Измерение

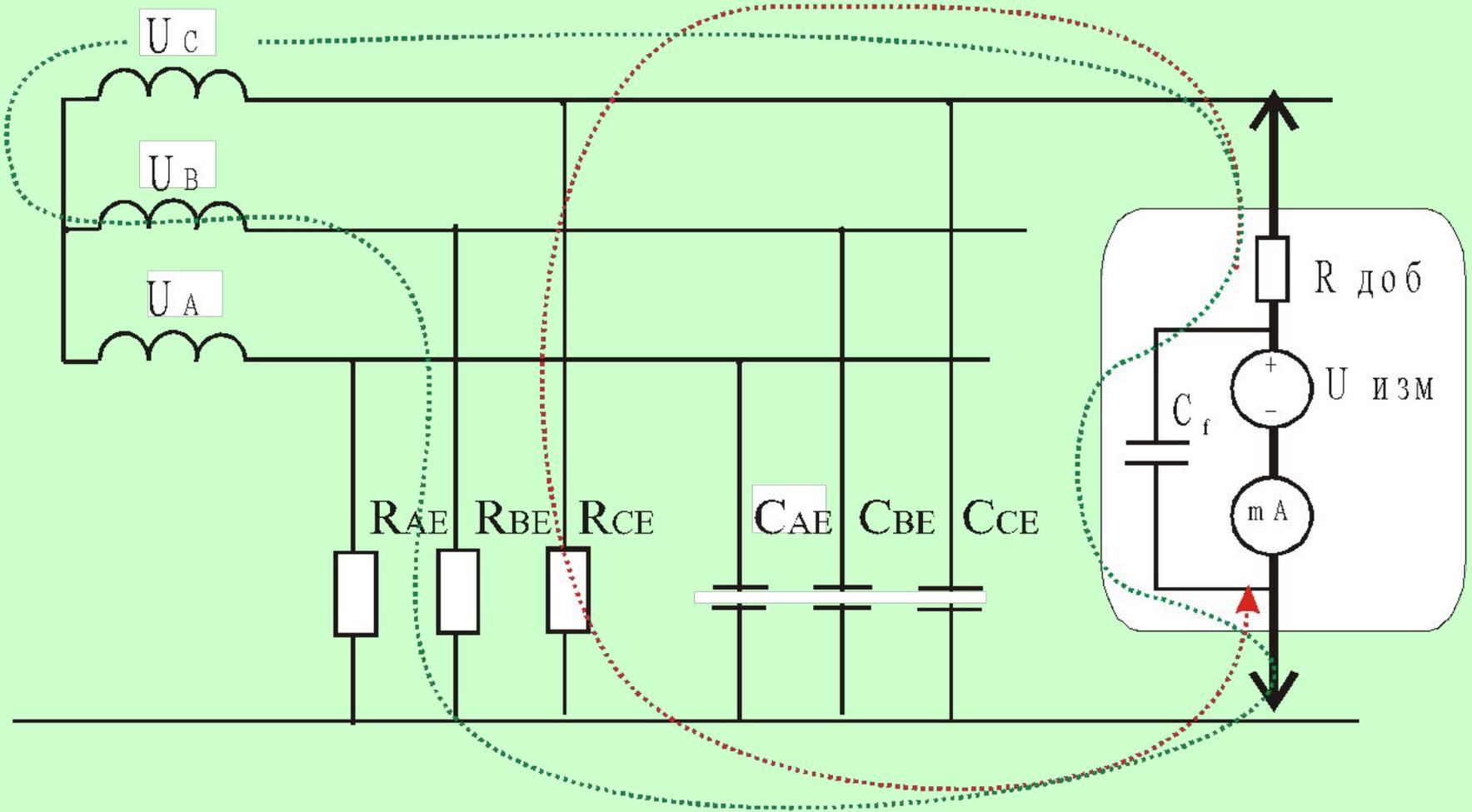
и/или

Сигнализация

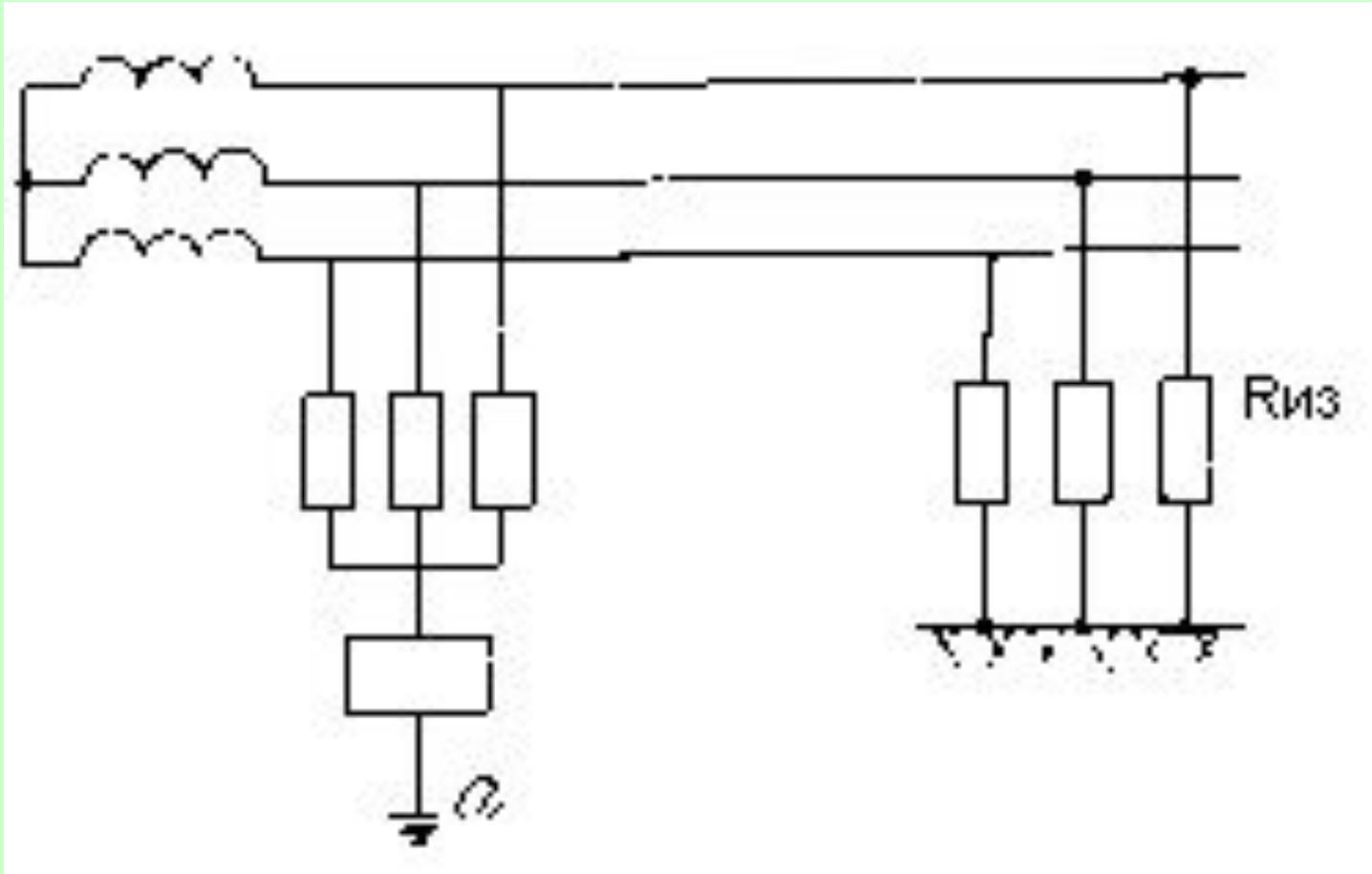
ПКИ



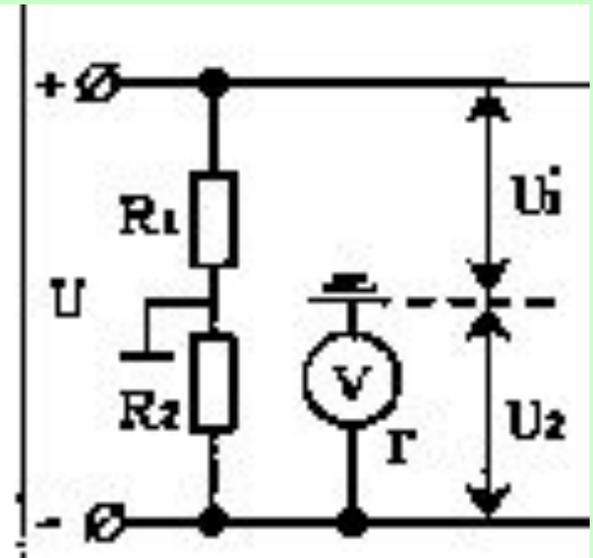
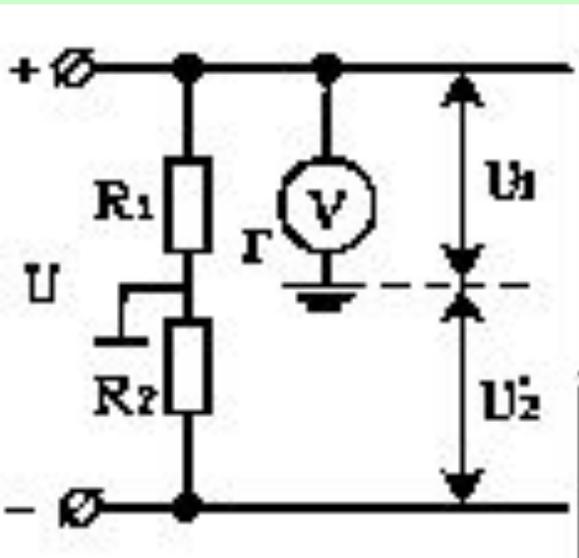
$$I_{\text{изм}} = E / (R_{\text{доб}} + R_{\text{из}})$$



Асимметр



МЕТОД ТРЕХ ОТСЧЕТОВ ВОЛЬТМЕТРА



сопротивление изоляции сети

$$R = r_v \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_1 + U_2}$$

положительного полюса

$$R_1 = r_v \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_2}$$

отрицательного полюса

$$R_2 = r_v \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_1}$$