

Зачетные вопросы

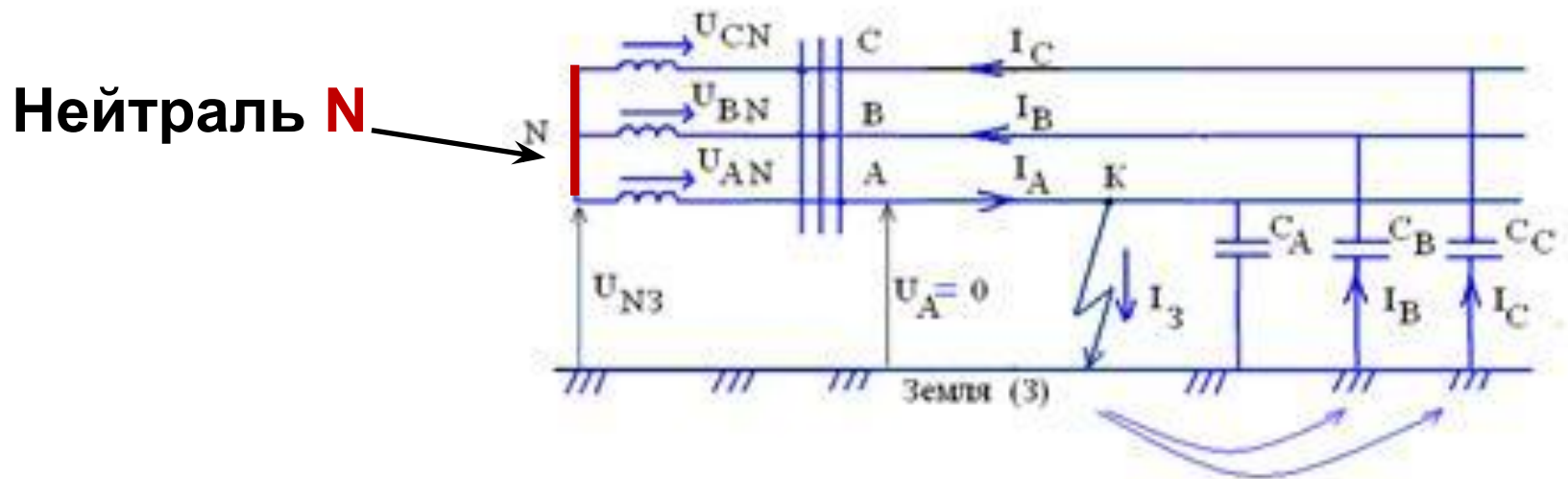
- Схемы заземления нейтрали и открытых проводящих частей. Обозначения схем и используемые принципы защиты (слайд №77).
- Безопасность в электроустановках, работающих в сети **TN-C** в различных режимах.
- Устройство и принцип действия Устройства Защитного Отключения (УЗО)

ПУЭ 1.7.57.

1.7.57. Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок **должны**, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью **с применением системы TN.**

Нейтраль

- **Нейтраль** — общая точка обмоток генераторов или трансформаторов, питающих сеть; напряжения на выходных зажимах источника электроэнергии, измеренные относительно нейтрали, равны.



Вспомним основные схемы
сетей!

Система кодирования:

режима заземления нейтрали и открытых проводящих частей

Обозначается двумя буквами:

- **первая** - указывает режим **заземления нейтрали** источника питания (силового трансформатора 6-10/0,4 кВ),
- **вторая** - открытых проводящих частей = **корпуса электроустановки**.

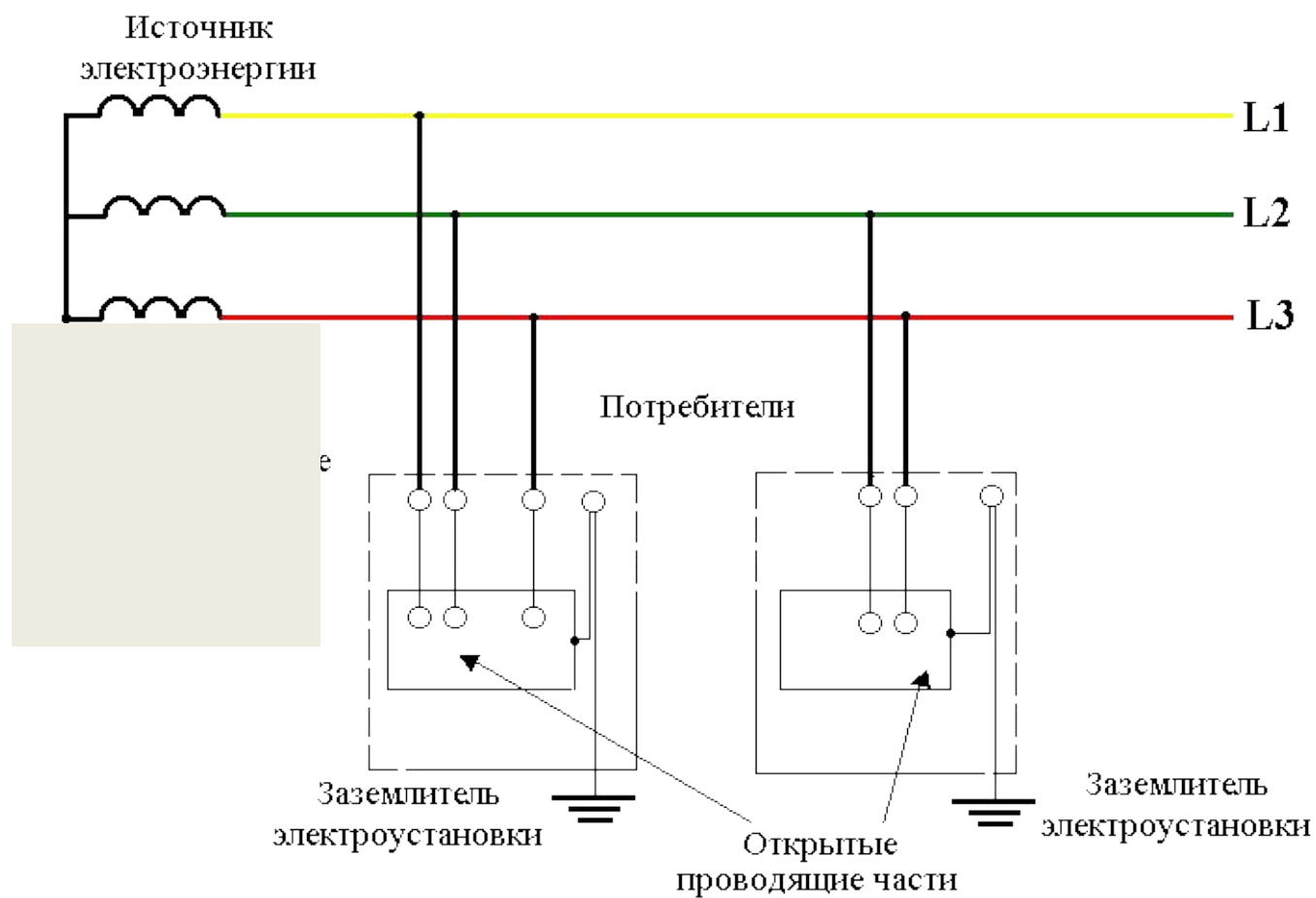
В обозначениях используются начальные буквы латинских слов:

- **T** (*terra* - земля) - заземлено;
- **N** (*neuter, neutralis*, - нейтраль) - присоединено к нейтрали источника;
- **I** (*insulare* -) - изолировано.

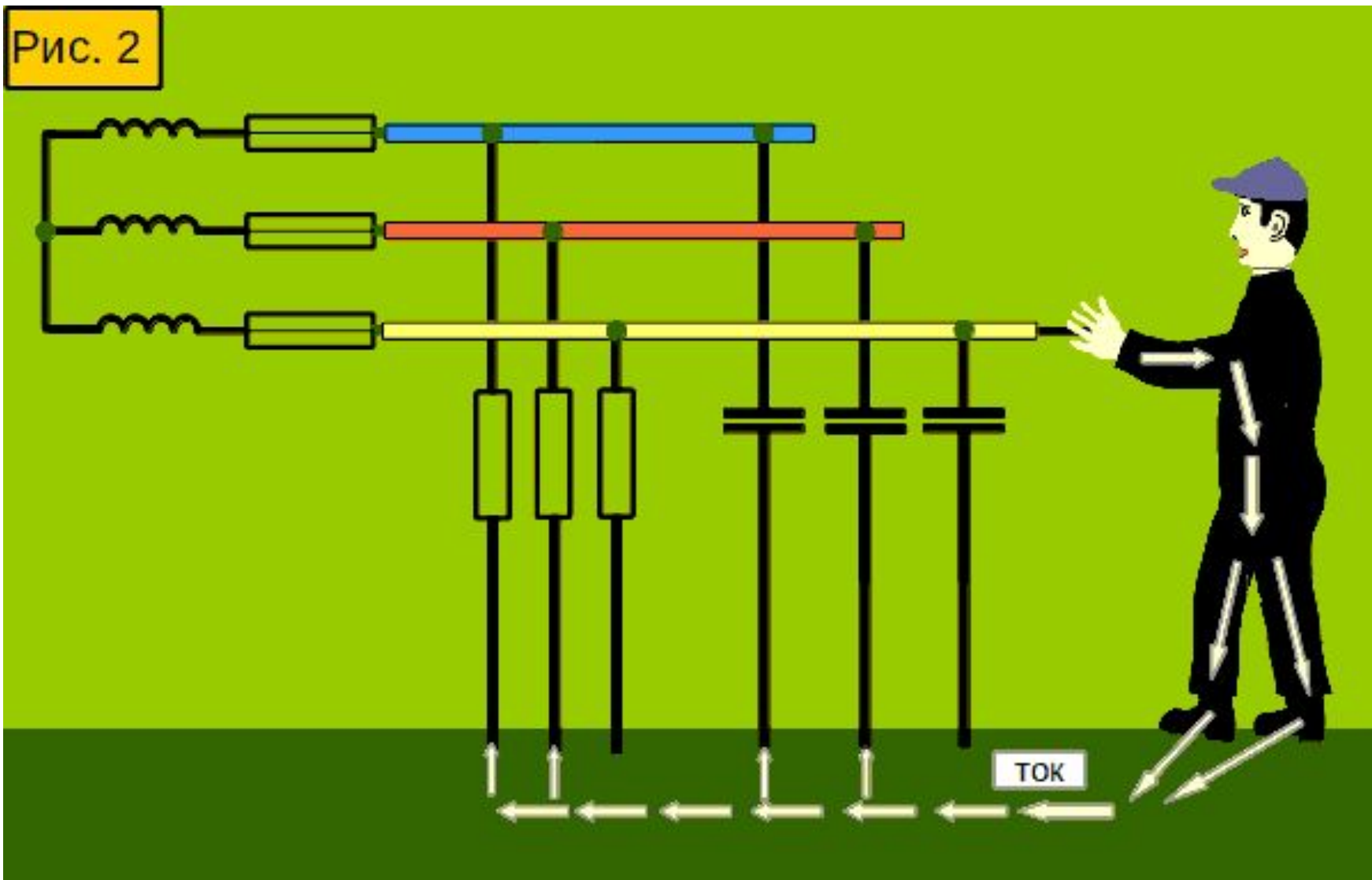
Режимы заземления нейтрали и открытых проводящих частей

1. IT - **нейтраль** источника **изолирована** (или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление), **корпуса** электрооборудования **глухо заземлены**.
2. TT - **нейтраль** источника и **корпуса** электрооборудования **глухо заземлены** (заземления могут быть раздельными);
3. TN - **нейтраль** источника **глухо заземлена**, **корпуса** электрооборудования присоединены к **нейтральному проводу**;

Система IT

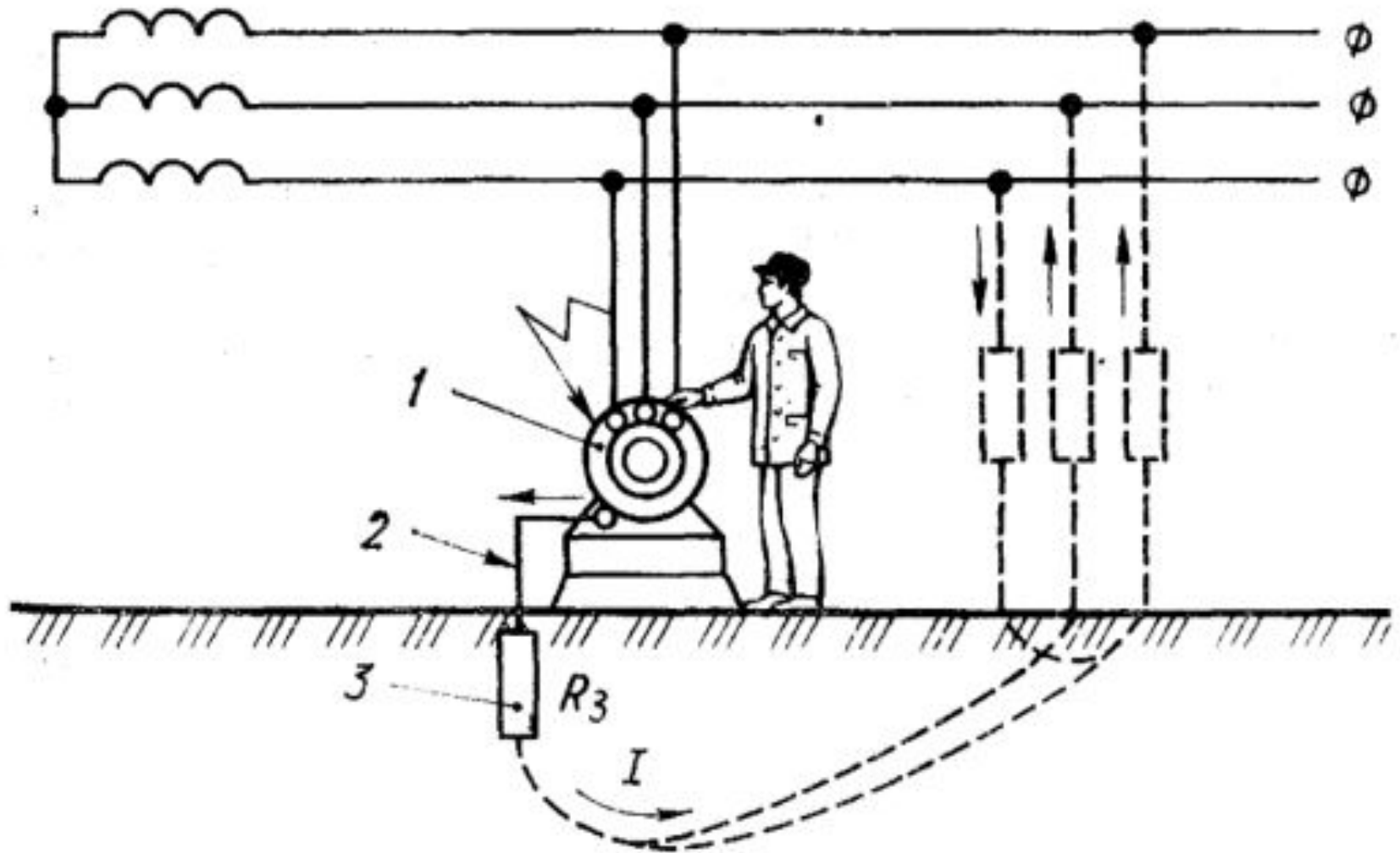


Прямое прикосновение в сети с изолированной нейтралью IT

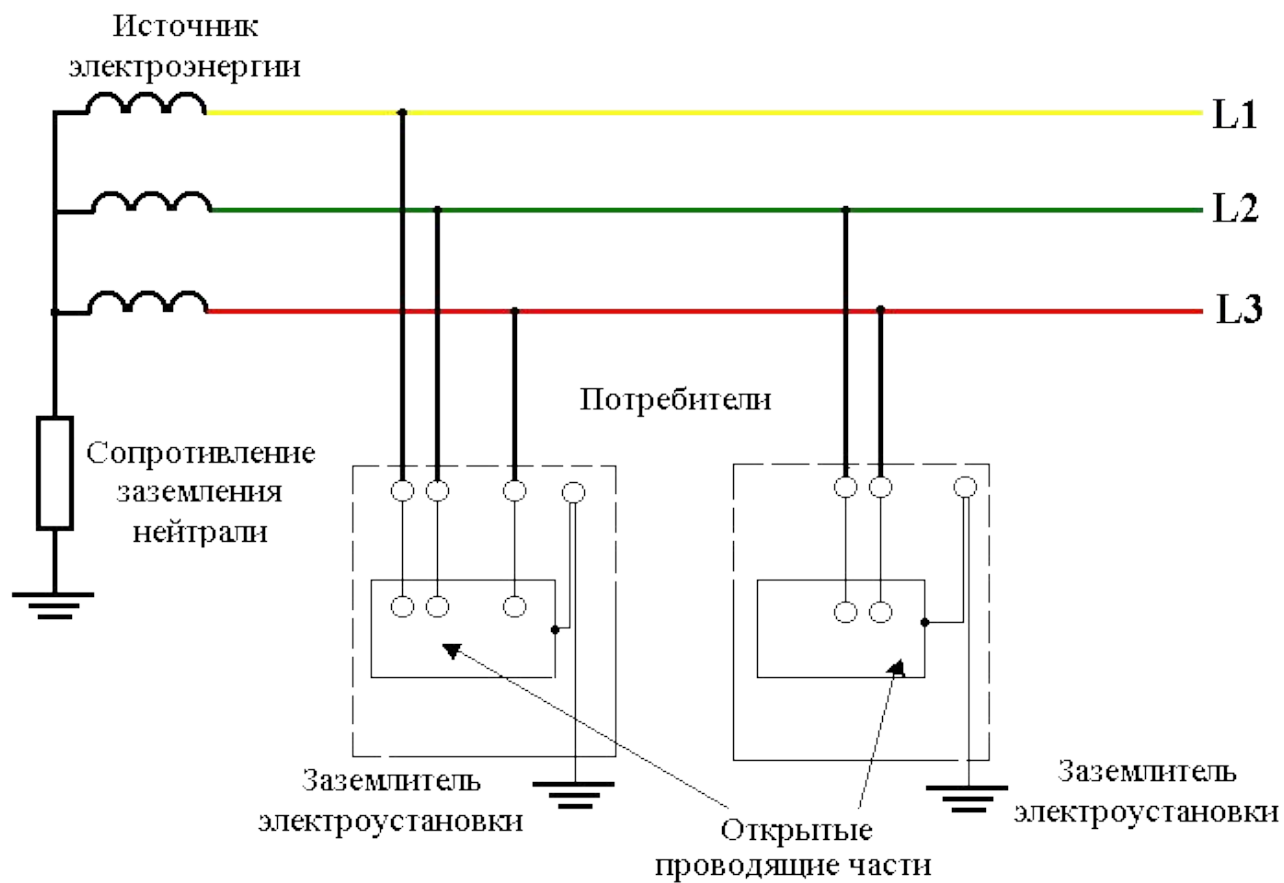


IT - сеть с изолированной нейтралью

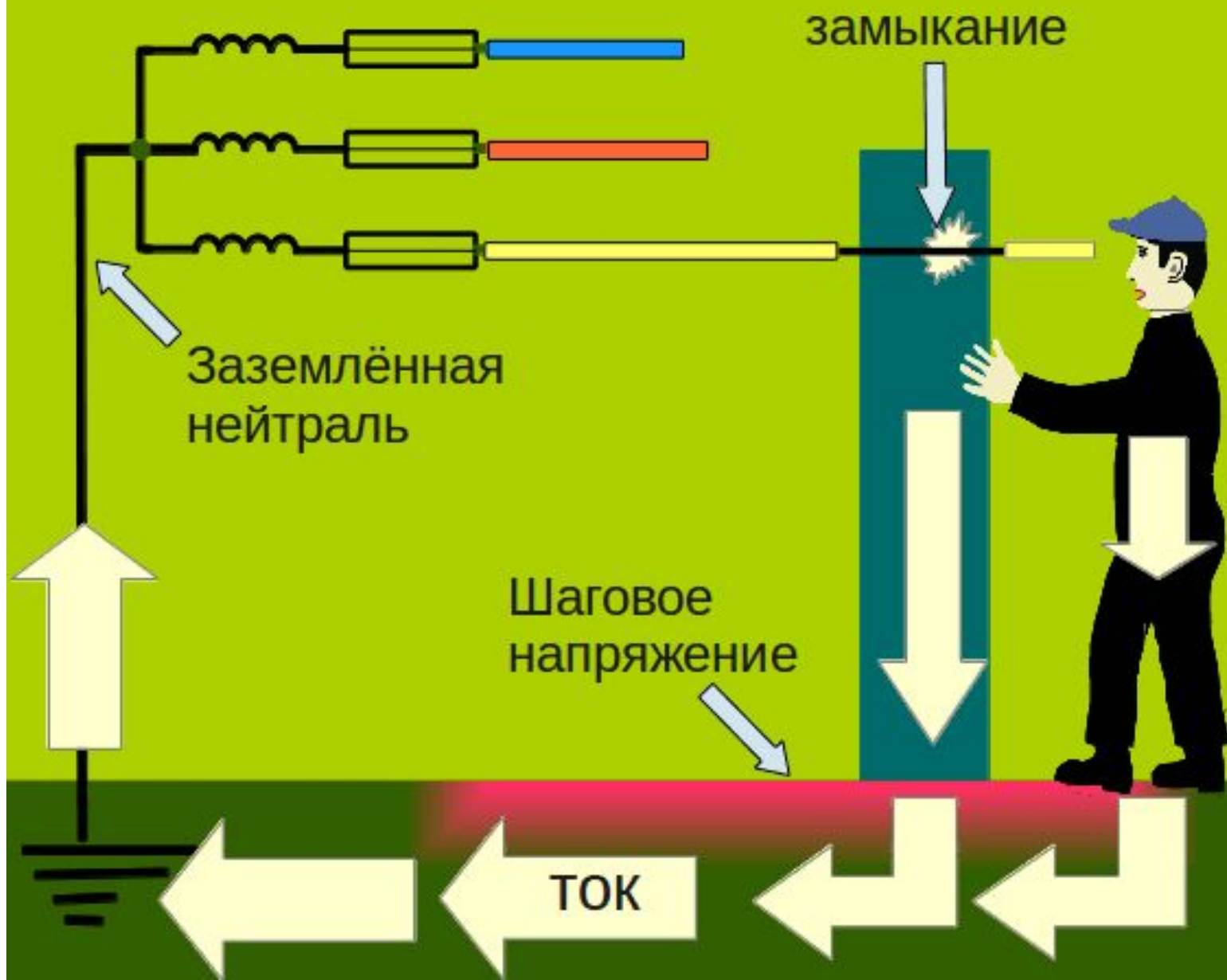
(нейтраль изолирована, корпуса заземлены)



Система ТТ



Косвенное прикосновение в сети с заземленной нейтралью



**ТТ - нейтраль и корпуса глухо
заземлены (схема не применяется)**

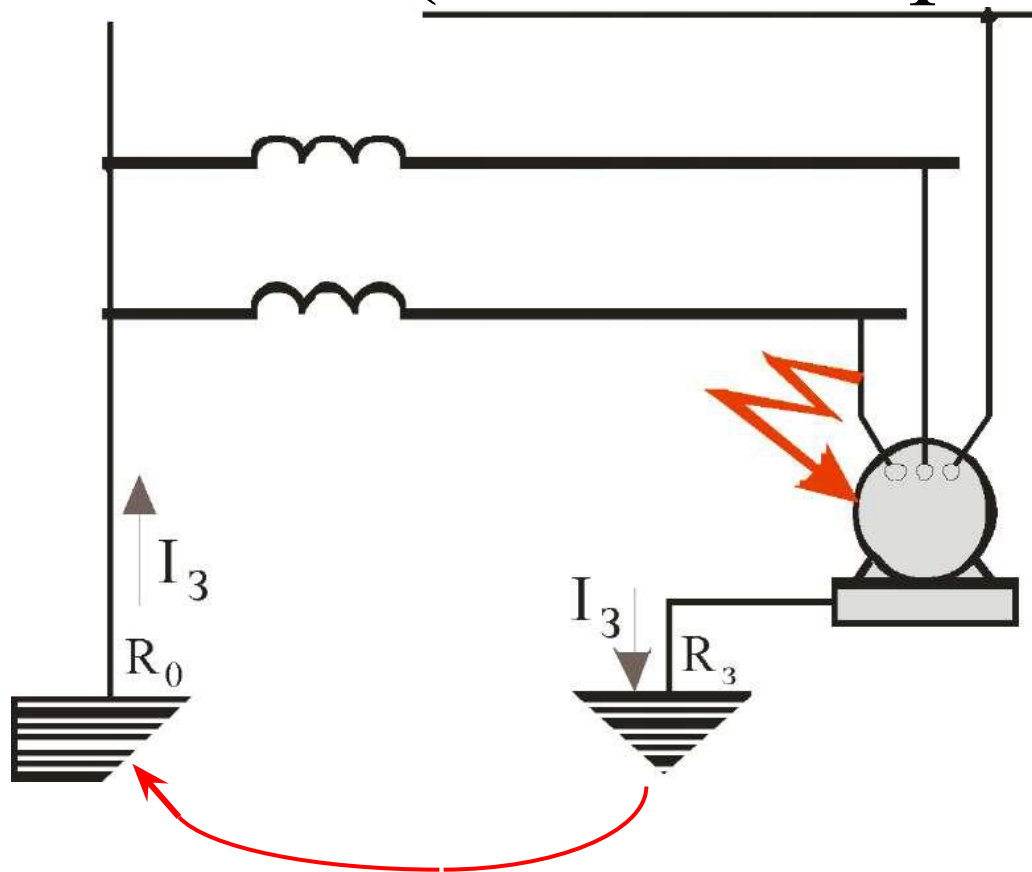


Схема считается опасной и не применяется !

Схемы TN

Защитное зануление

Цель зануления

- Целью зануления является **устранение опасности поражения человека** при пробое фазы на корпус оборудования.
- Достигается за счет превращения замыкания фазы на корпус в **однофазное короткое замыкание**, вызывающее срабатывание максимальной токовой защиты (плавких вставок предохранителей, электромагнитных расцепителей) и тем самым автоматического отключения поврежденной электроустановки от сети.
- **Не делается умышленное кз, а при повреждении изоляции замыкание оказывается коротким!**

Схемы TN, 3 варианта:

- **TN-C** - нулевые рабочий и защитный проводники объединены (С - первая буква англ. слова **Combined** - объединенный) на всем протяжении. Объединенный нулевой проводник называется PEN по первым буквам англ. слов protective earth neutral - защитная земля, нейтраль (**четырёх-проводная, советская**);
- **TN-S** - нулевой рабочий проводник N и нулевой защитный проводник PE разделены (S - первая буква англ. слова separated - раздельный) (**пяти-проводная европейская**);
- **TN-C-S** - нулевые рабочий и защитный проводники объединены на головных участках сети в проводник PEN, а далее разделены на проводники N и PE (**российский переходный гибрид от TN-C к TN-S**).

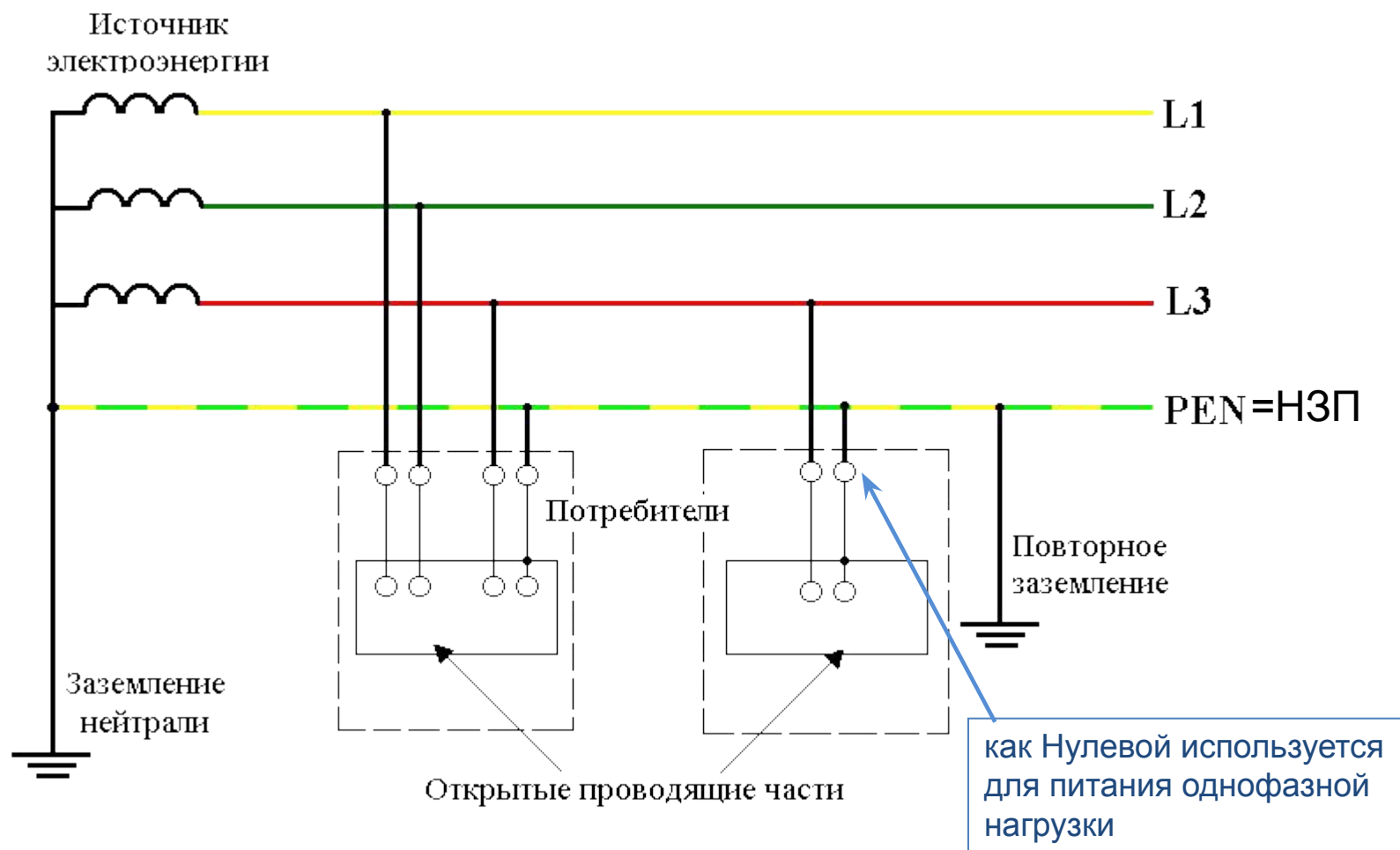
Системы заземления и защитных проводников

- **1.7.3.** Для электроустановок напряжением до 1 кВ приняты следующие обозначения:
- **TN** = ГЗН – (Глухо Заземленная Нейтраль);
- **TN-C** = ГЗН + PEN_{совм.НЗП} (4-х проводная);
- **TN-S** = ГЗН + N + PE (5-ти проводная);
- **TN-C-S** - гибрид из система TN-C и TN-S.

Система TN-C

наиболее распространенная в РФ

Система TN-C 4 провода, советская

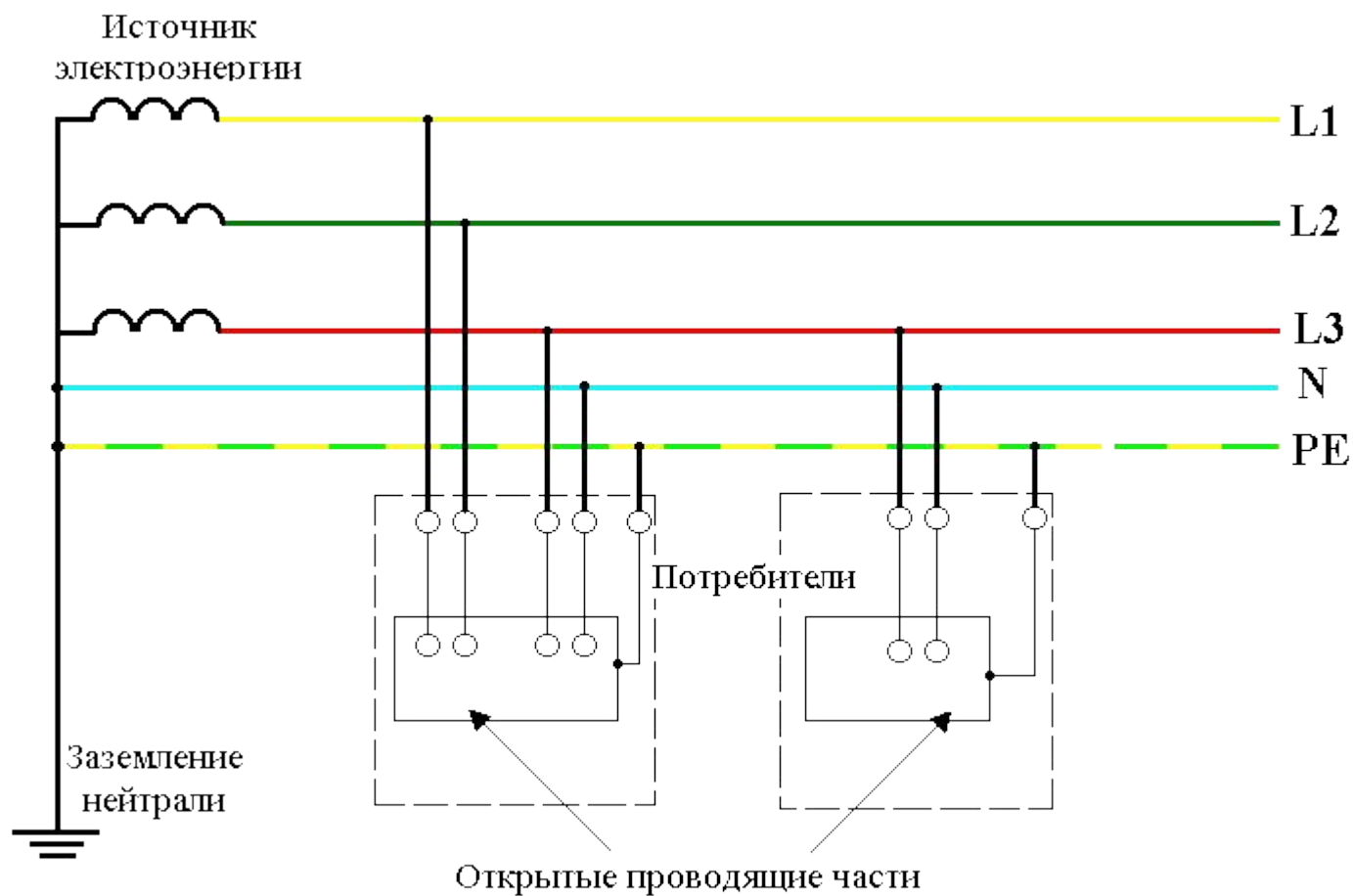


PEN по первым буквам англ. слов Protective Earth Neutral=НЗП (Нулевой Защитный Провод)

Обозначения проводников

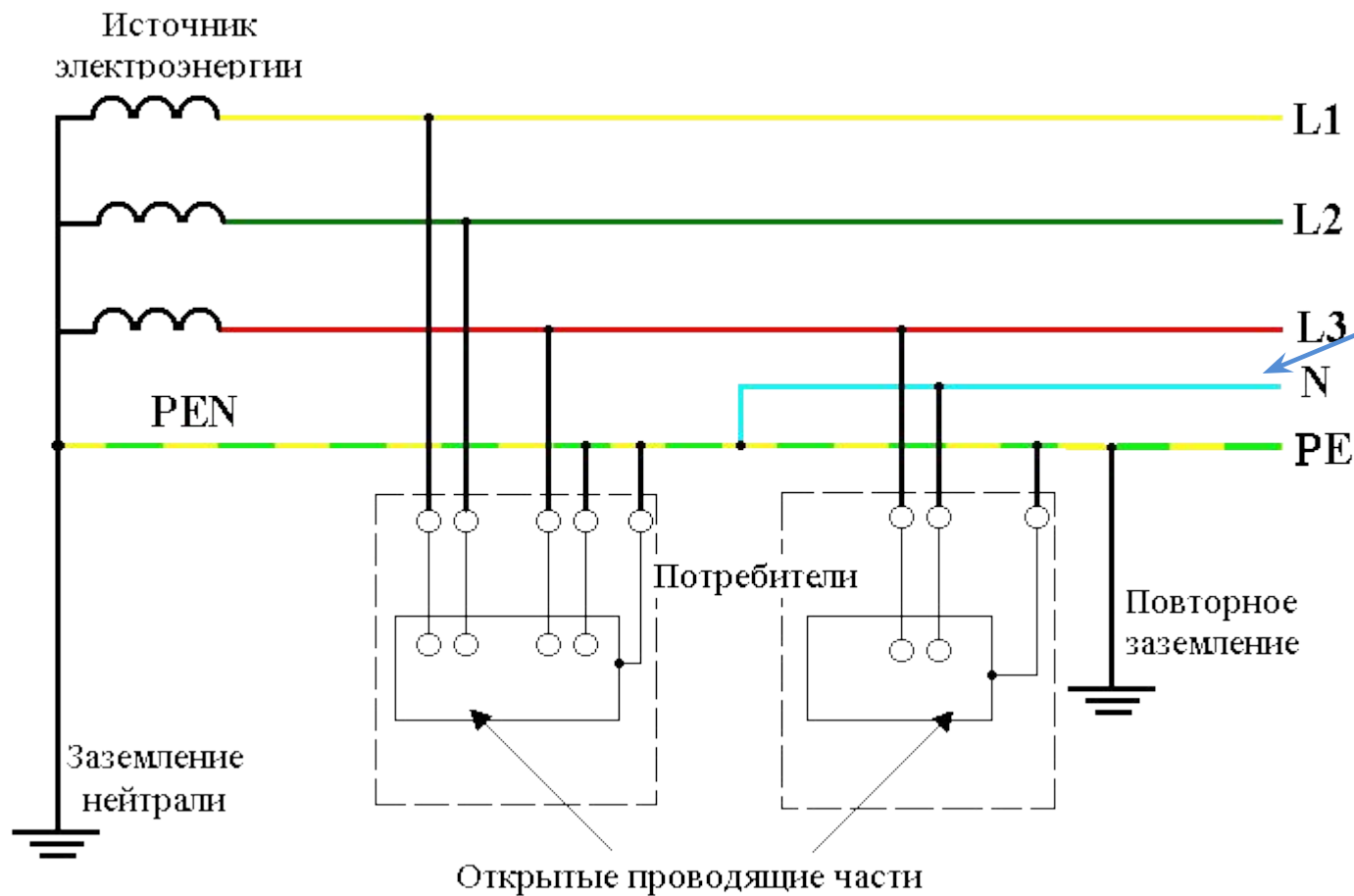
- **L** — линейный (фазный) проводник;
- **N** (*neutral*) — рабочий нулевой (или нейтральный) проводник;
- **P** (*protective*) - защитный проводник - проводник, предназначенный для целей электробезопасности.
- **PE** (*protective earth*) — защитный проводник, присоединенный к заземлителю;
- **PEN** (*protective earth and neutral*) — совмещенный проводник, который выполняет функции нулевого защитного и рабочего проводников, *называют нулевой защитный проводник=НЗП*
- как **нулевой** проводник используется для питания однофазных приемников, как **защитный** - для защиты.

Система TN-S 5 проводов, европейская



Система TN-C-S,

4,5 провода, российская

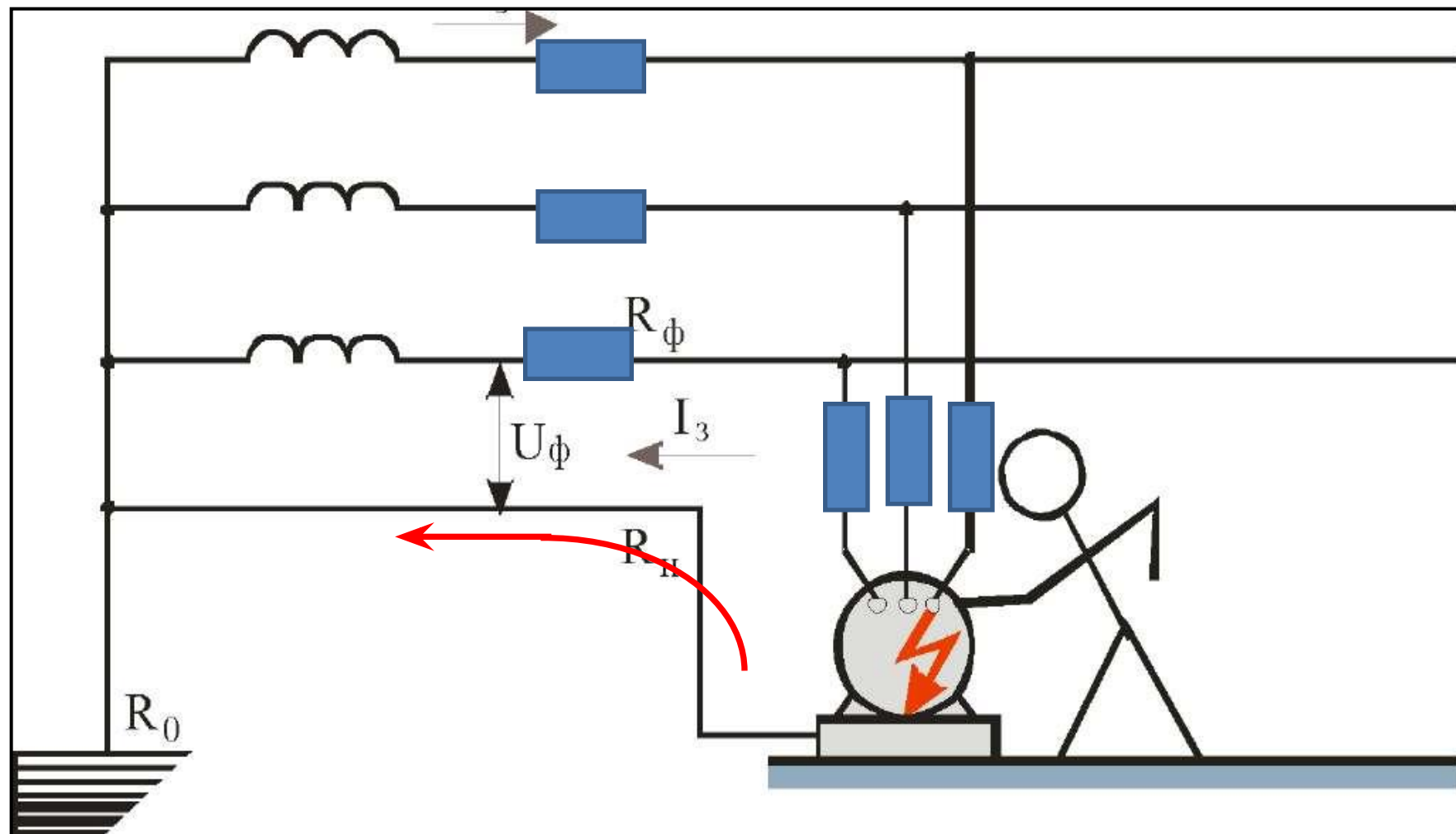


как Нулевой используется
для питания однофазной
нагрузки

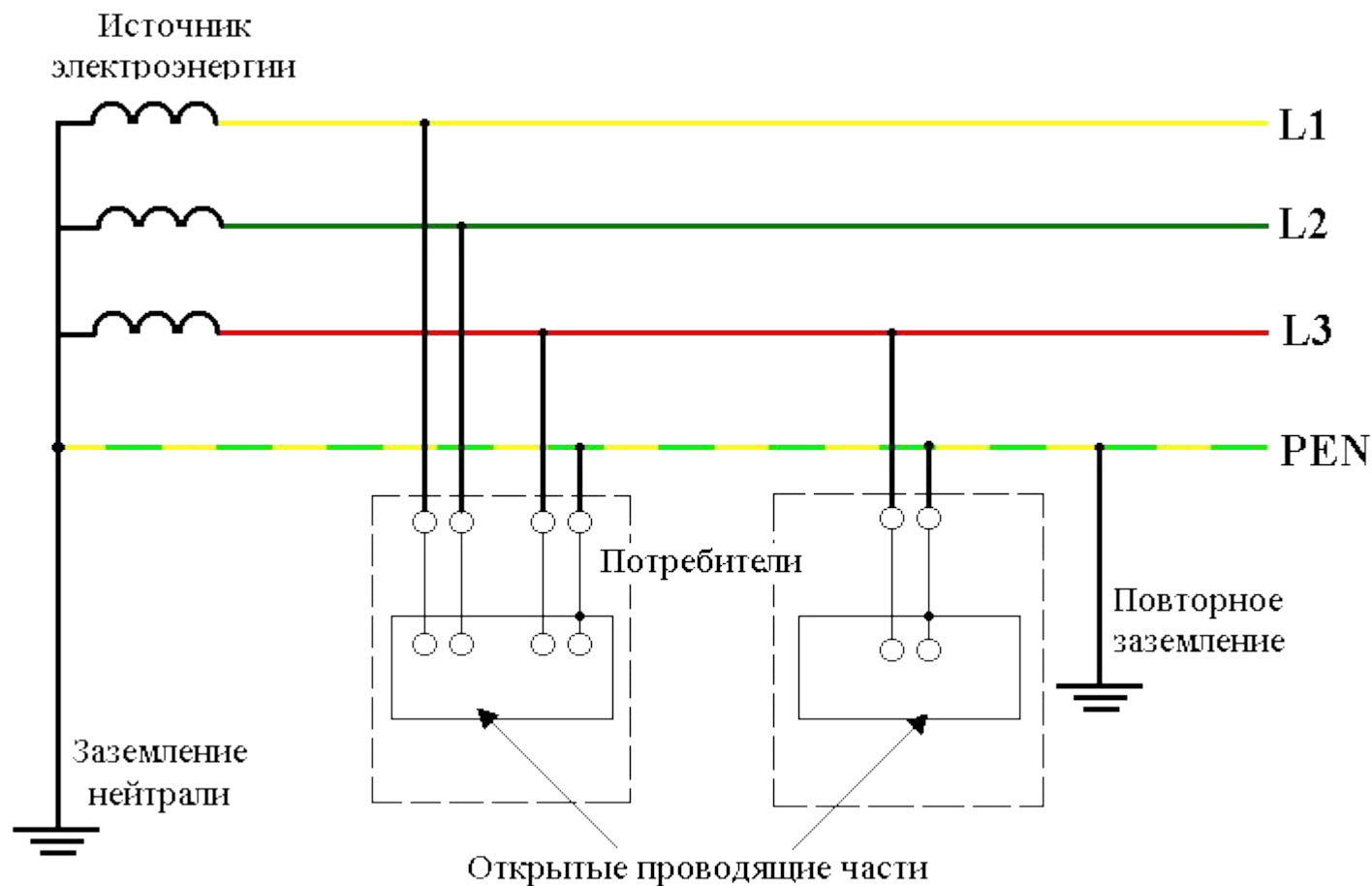
Системы TN-S и TN-C-S



TN: T-нейтраль заземлена,
N - корпуса присоединены к нейтральному
проводу



Система TN-C – система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении; при этом совмещенный нулевой и рабочий провод обозначается PEN (применялась в СССР и РФ)



Зануление

– это основная мера защиты людей от поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусам электрооборудования и металлическим конструкциям, оказавшимся под напряжением из-за повреждения изоляции или однофазного короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью.

Ответы на вопросы
лабораторной №1
Защитное зануление

Контрольные вопросы Лаб. № 1

1. Что называется занулением и принцип его работы.
2. Назначение нулевого защитного провода.
3. Назначение заземления нейтрали.
4. Методы измерения сопротивления петли «фаза-нуль».
5. Требования ПУЭ к сопротивлениям фазного и нулевого защитного проводов.
6. Назначение повторного заземления нулевого провода.
7. Для каких целей определяется значение тока короткого замыкания?

Зануление по ГОСТ 12.1.009 - 76

- Зануление - это преднамеренное электрическое соединение с **нулевым защитным проводником** металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (**ГОСТ 12.1.009 - 76**).

Защитное зануление ПУЭ 1.7.31.

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с **глухозаземленной нейтралью** генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока,

с глухозаземленным выводом источника однофазного тока,

с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока,

выполняемое в целях электробезопасности

Принцип работы защитного
зануления:

Записать, запомнить и **ПОНЯТЬ**
2 фактора, которые
обеспечивают безопасность
Защитного зануления

1 фактор защитного действия зануления

При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя образуется цепь тока однофазного короткого замыкания (то есть замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками). Ток однофазного короткого замыкания (**больше максимального рабочего в 8-12 раз**) вызывает (**быстрое срабатывание** максимальной **токовой защиты**, в результате чего происходит быстрое (**менее 0,4 с**) отключение поврежденной электроустановки от питающей сети.

Быстрое отключение повышает устойчивость человека к воздействию тока

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
ГОСТ 12.1.038-82

Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t , с					
	0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
U , В	550	340	160	135	120	105
I , мА	650	400	190	160	140	125

Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t , с					
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св. 1,0
U , В	95	85	75	70	60	20
I , мА	105	90	75	65	50	6

Время защитного автоматического отключения для системы *TN* (ПУЭ Табл. 1.7.1)

Номинальное фазное напряжение U_o , В	Время отключения (не более),с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

В РГЗ добиваться
срабатывания
электромагнитной отсечки,
время $t_{\text{ср}} < 0,1\text{с}$

2 фактор защитного действия зануления

Помимо срабатывания максимальной токовой защиты, происходит снижение напряжения поврежденного корпуса относительно земли, что связано с защитным действием повторного заземления нулевого защитного проводника и **перераспределением напряжений в сети** при протекании тока короткого замыкания.

При этом, питающее напряжение сети 220 В распределяется по сопротивлениям 3 участков:

- 1-сопротивлению обмотки трансформатора,
- 2- сопротивлению фазного провода и
- 3- сопротивлению НЗП.

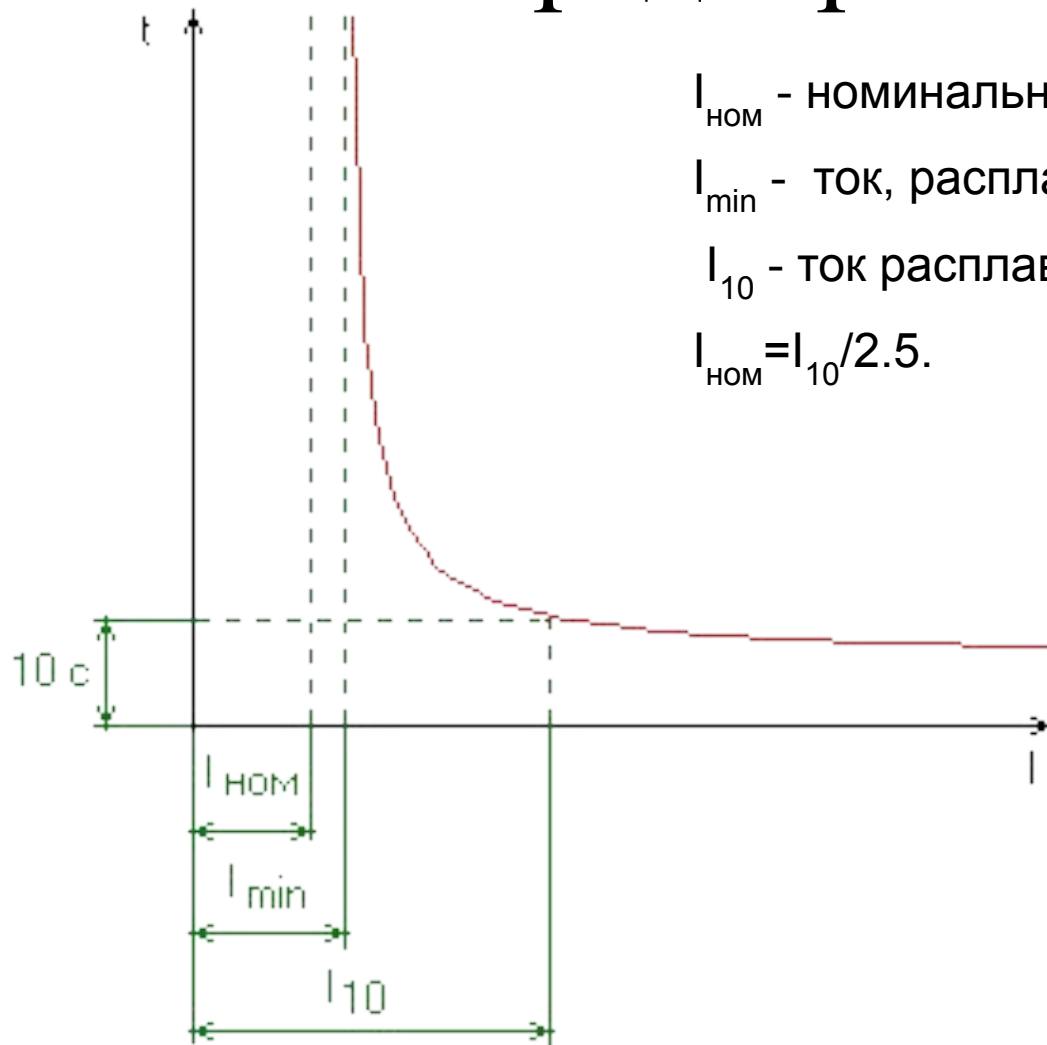
Как работает защитное зануление

1. Заранее соединяем корпуса всех электроприемников с нейтралью (N - общая точка всех питающих обмоток).
2. Правильно выбираем предохранитель или автоматический выключатель (*в рабочем режиме не отключает, в аварийном отключает быстро*).

Выбор предохранителя

- **В электроустановках напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью** для автоматического отключения аварийного участка проводимость фазных нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой защитный проводник возникал **ток короткого замыкания (к.з.), превышающий не менее чем в 3 раза номинальный ток плавкого элемента ближайшего предохранителя,** номинальный ток нерегулируемого расцепителя или уставку тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя с характеристикой, обратозависимой от тока.
- Для автоматических выключателей нужна кратность больше 3:
- а в РГЗ кратность 8-14 и более

Время-токовая характеристика предохранителя



$I_{\text{ном}}$ - номинальный ток - ток длительной работы

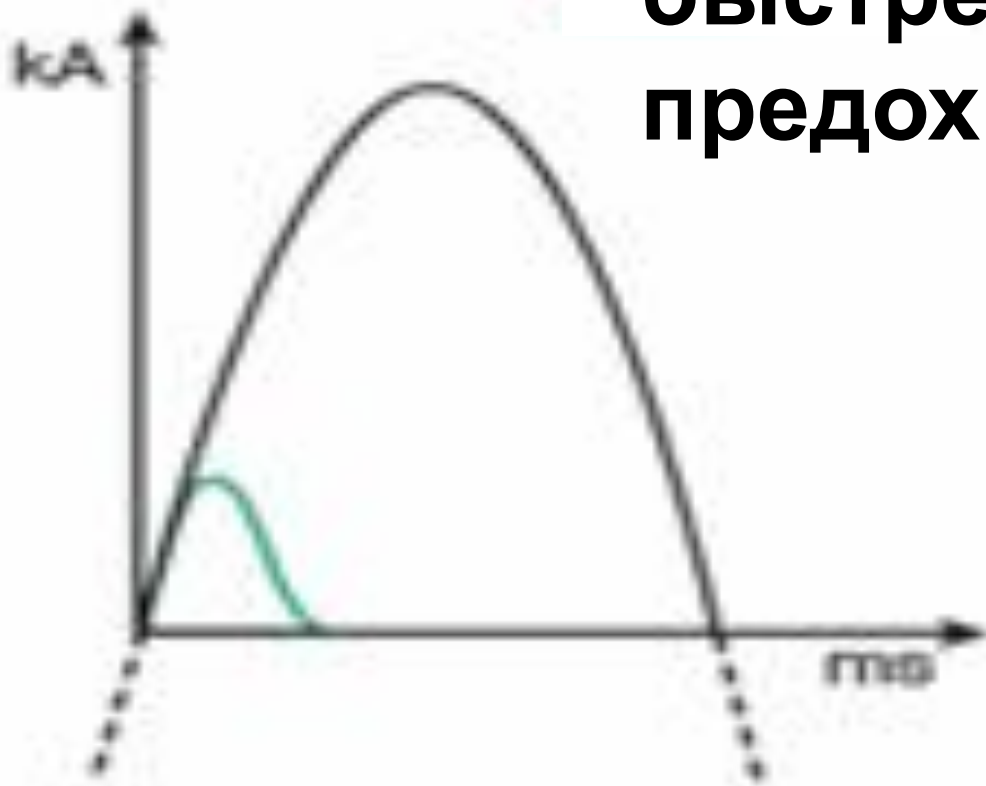
I_{min} - ток, расплавляющий вставку за 1-2 час;

I_{10} - ток расплавления за 10 с,

$$I_{\text{ном}} = I_{10} / 2.5.$$

ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

**Чем больше ток, тем
быстрее срабатывает
предохранитель**



Применение автоматических выключателей

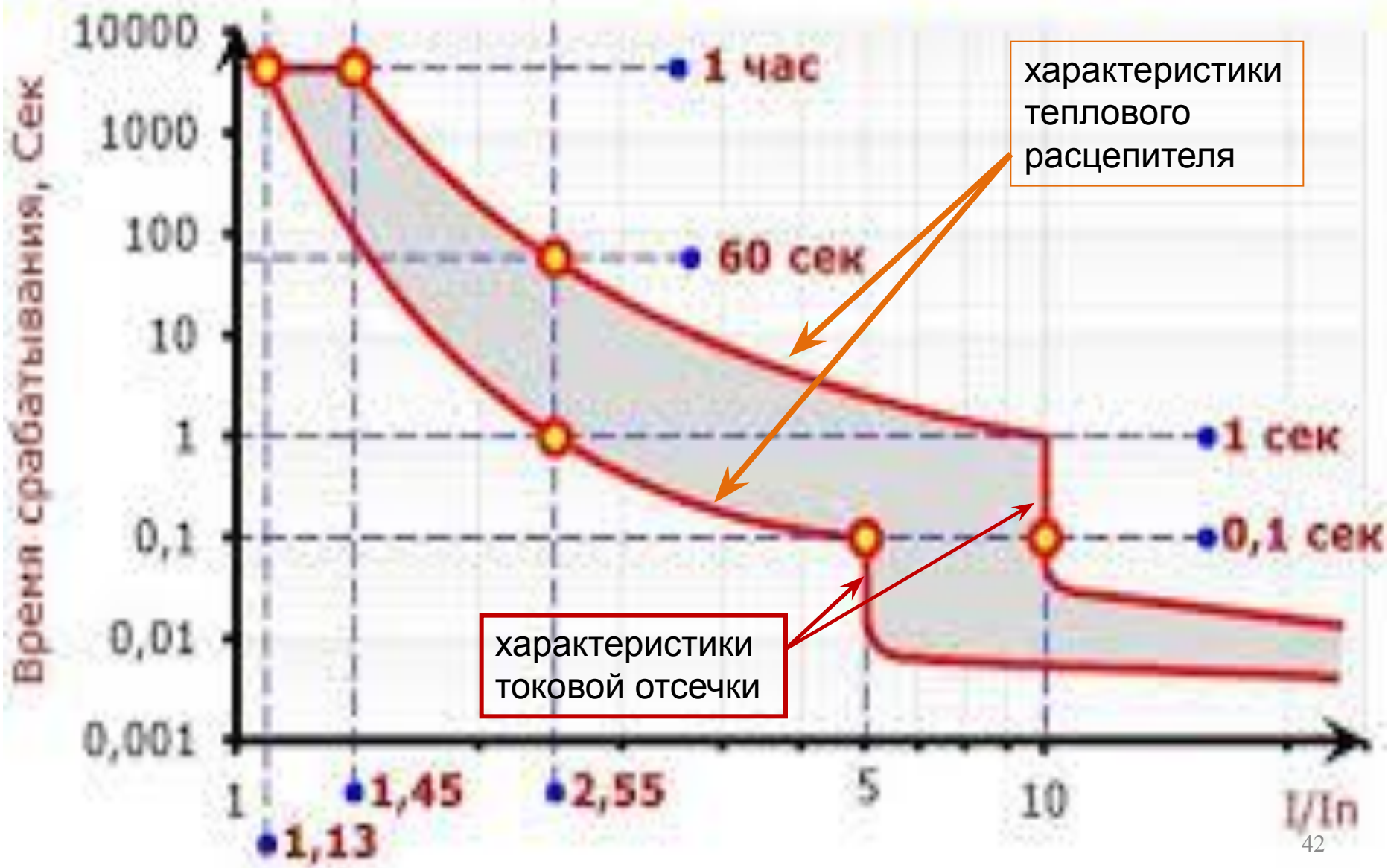
Выключатели имеют два механизма отключения:

- 1.тепловой расцепитель (медленный – время часто секунды или минуты);
- 2.электромагнитный расцепитель (токовая отсечка – время отключения не более 0,1 с).

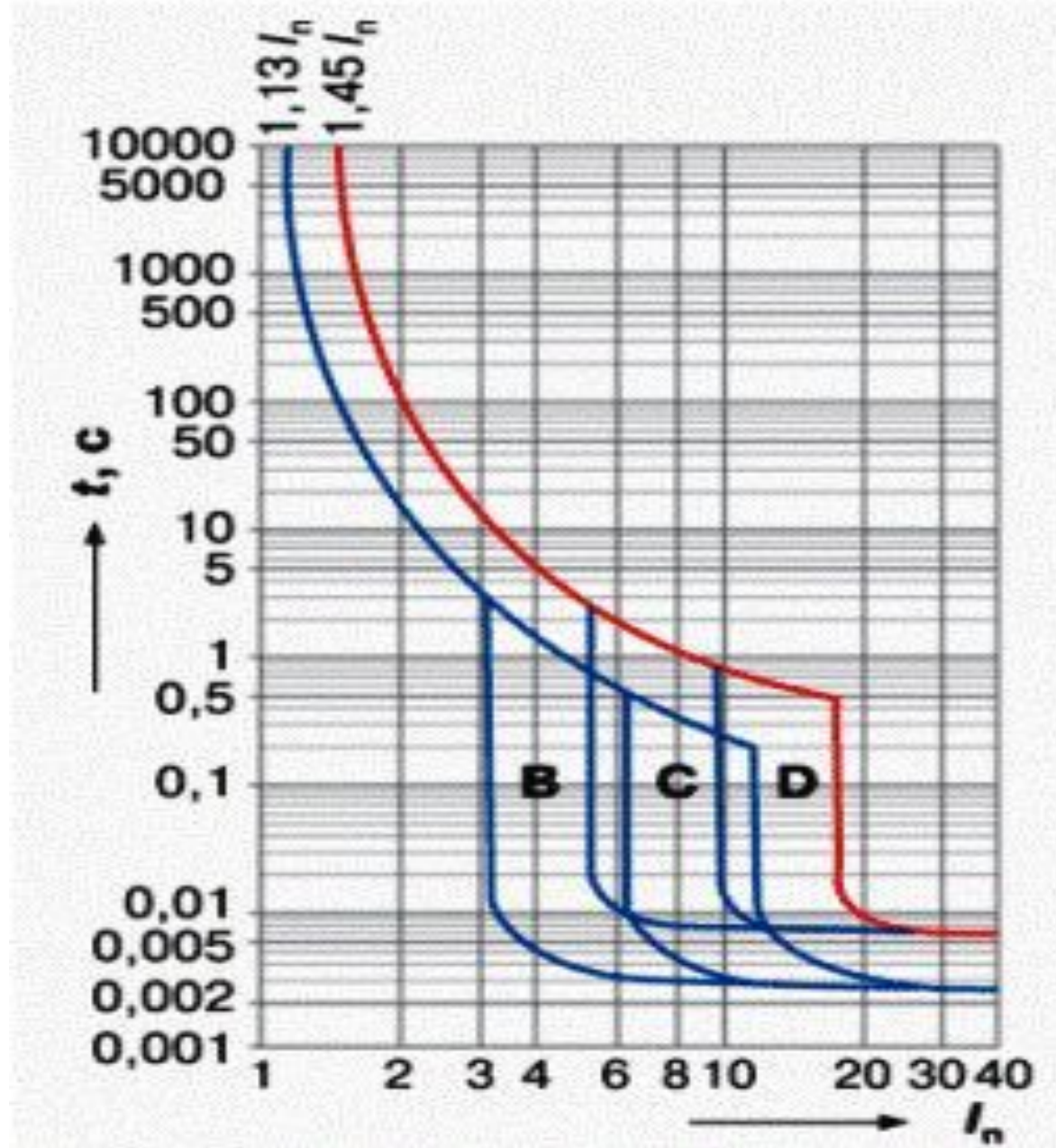
Тепловой расцепитель для защиты от перегрузки, электромагнитный - для аварийных отключений.

ГОСТ Р 50345-2010

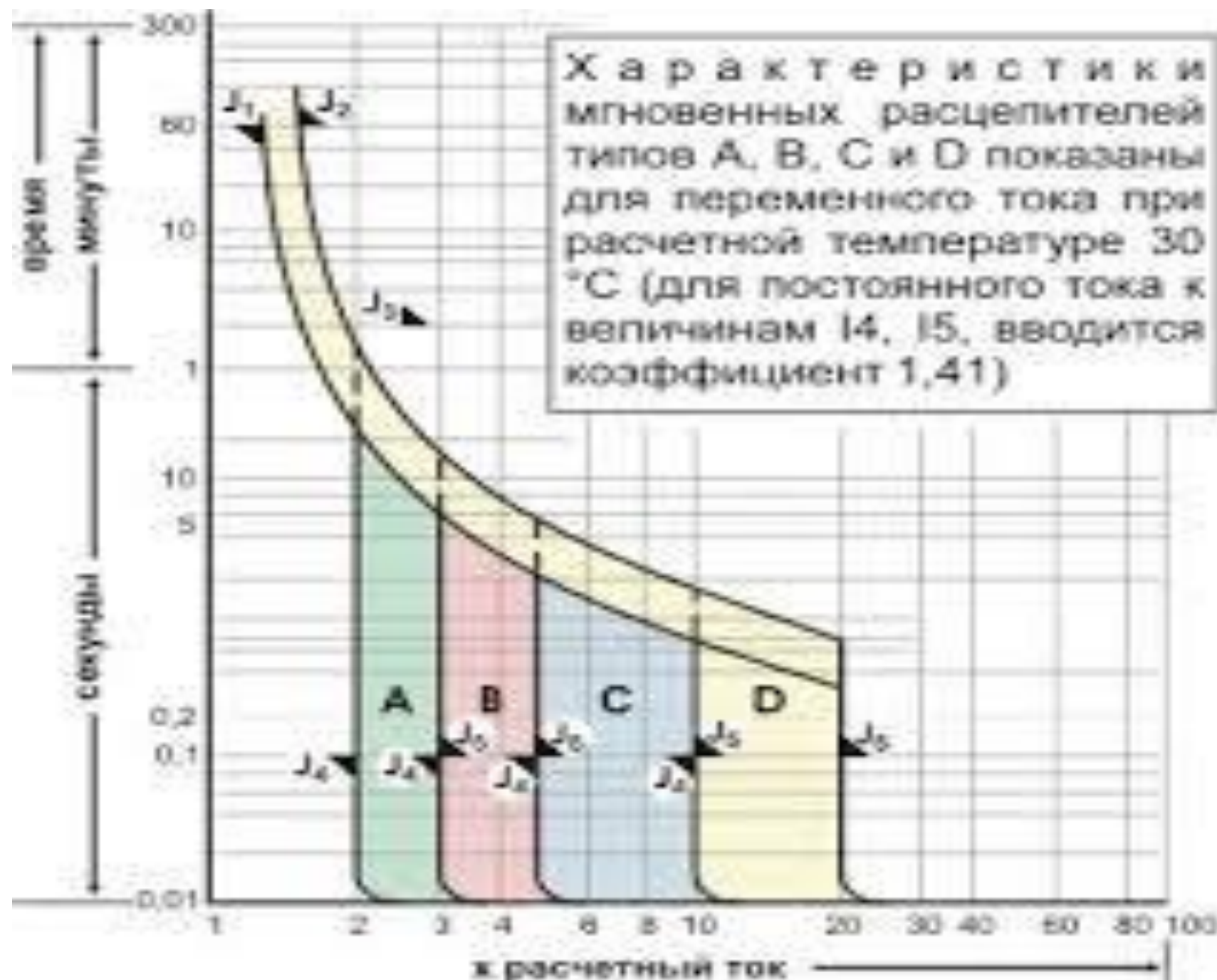
ВА 47-29 16А С



Промышленность выпускает выключатели видов: А, В, С, D, которые имеют различную кратность отключающего тока короткого замыкания, по отношению к номинальному току выключателя. По два графика приводится – из-за разброса характеристик: завод гарантирует, что не отключит раньше синей х-ки, но не позже красной.



Кратность тока короткого замыкания



2. Назначение нулевого защитного провода

- Создание цепи с малым сопротивлением между точкой замыкания на корпус и глухозаземленной нейтралью источника питания:
 - большой ток замыкания и быстрое $t < 0,1$ с отключение питания;
 - снижение падения напряжения на НЗП, а значит и напряжения прикосновения.

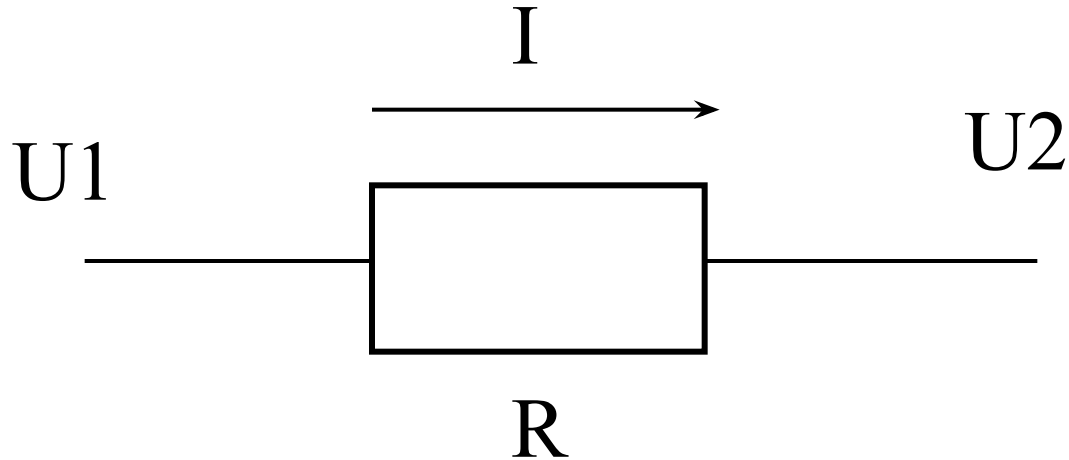
Нулевой защитный проводник

- Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части **с глухозаземленной нейтральной точкой** обмотки источника Тока или ее эквивалентом.
- Необходимо добиваться минимального сопротивления проводов петли «фаза-ноль»

3. Назначение заземления нейтрали

- Снизить потенциал нейтрали и присоединенных к ней корпусов (открытых проводящих частей) до допустимых значений (до значений близких к 15-20 В).
- Если НЗП заземлен и имеет малое сопротивление на землю, то он, и присоединенные к нему корпуса электроприемников, имеют малый потенциал.

Закон Ома



$$\Delta U = U1 - U2 = I \cdot R$$

если $R = 0$; то $\Delta U = 0$;

$\varphi_{\text{земли}} = 0$; $\Delta U_{\text{человека}} \sim 0$;

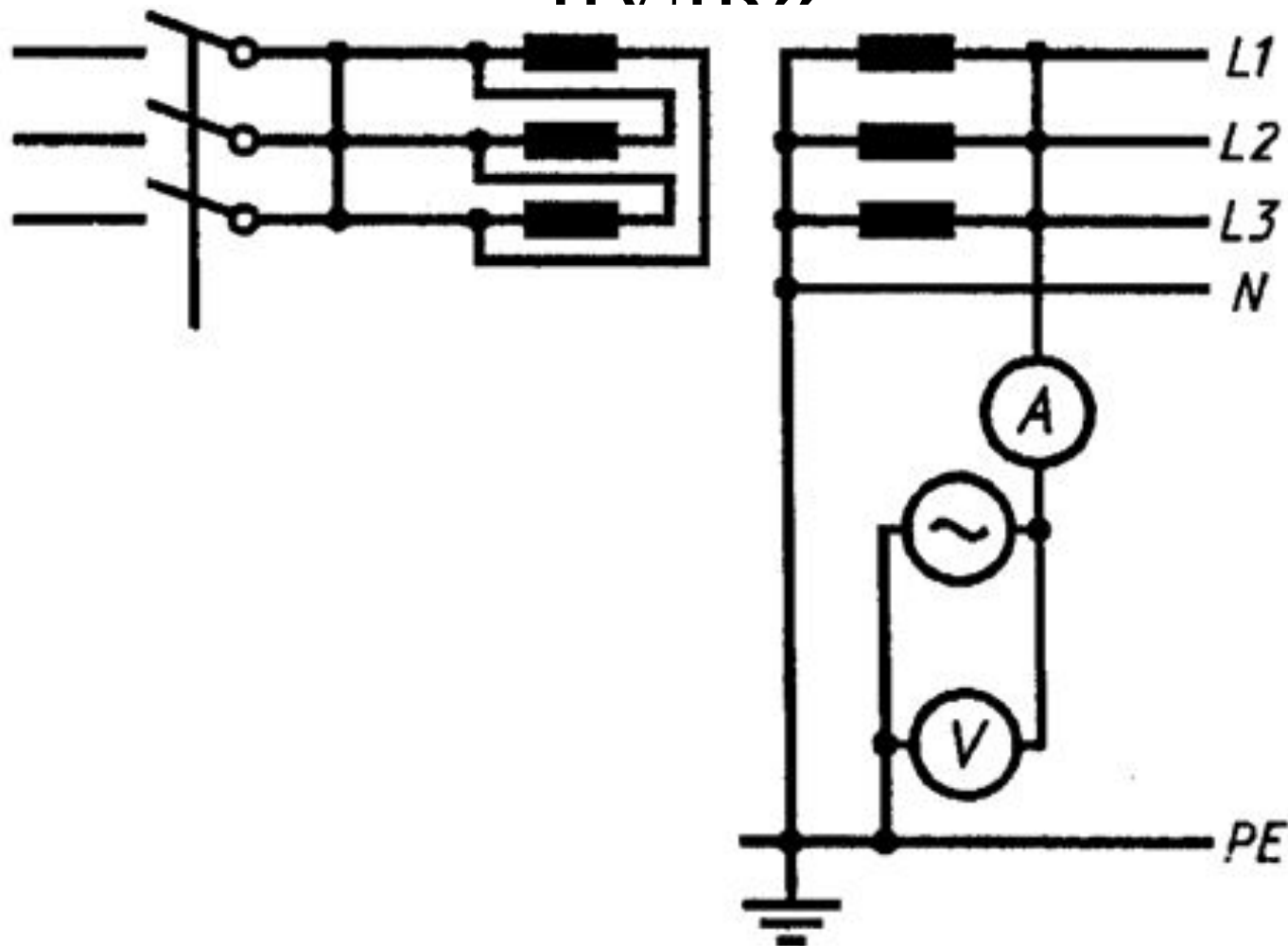
4. Методы измерения сопротивления петли «фаза-нуль»

- Метод амперметра-вольтметра;
- Метод изменения тока нагрузки;
- Метод кратковременного однофазного замыкания с помощью специализированной аппаратуры (приборов).

Проверка сопротивления петли фаза-нуль

- Проводимость фазных и нулевых проводников можно рассчитать, а можно измерить.
- Измерения производятся для:
 - 1. наиболее удалённых и**
 - 2. наиболее мощных электроприёмников,**
но не менее чем для 10% их общего количества.

Схема 1 измерения сопротивления цепи «фаза- нуль»



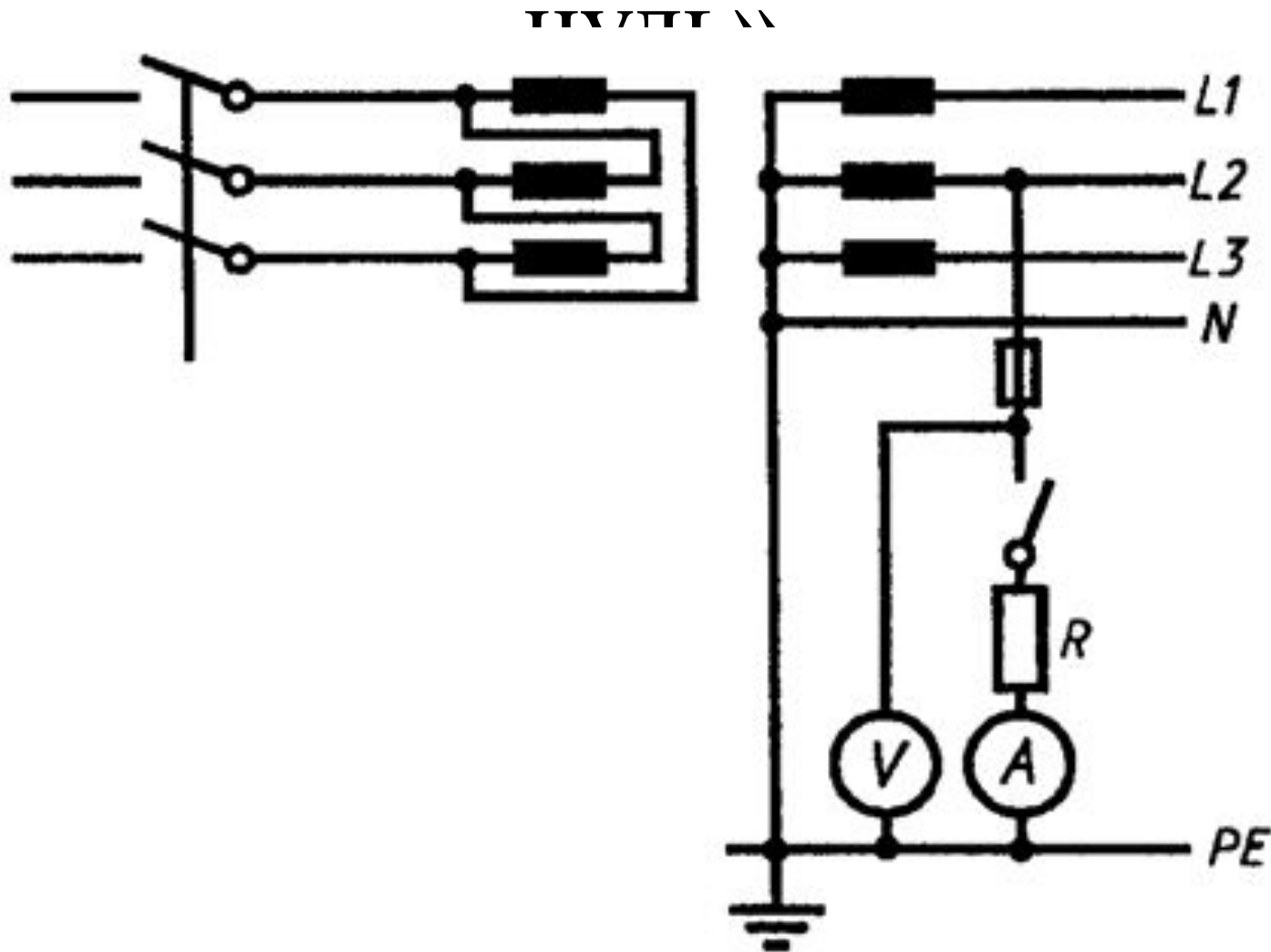
Измерение сопротивления «фаза-нуль»

- сопротивление петли «фаза-нуль» рассчитывают по формуле

- $$Z_{\phi-0} = U/I$$

- где $Z_{\phi-0}$ - сопротивление петли «фаза -нуль», Ом;
- U — измеренное испытательное напряжение, В;
- I — измеренный испытательный ток, А.
- Измерение выполняют при отключенной сети и закороченной первичной обмотке питающего трансформатора. При этом методе используют напряжение вспомогательного источника питания.

Схема 2 измерения сопротивления цепи «фаза-



К измерению сопротивления «фаза-нуль» по схеме 2

- Напряжение в испытуемой цепи измеряют с включенным и отключенным сопротивлением нагрузки, и сопротивление петли «фаза—нуль» рассчитывают по формуле

- $$Z_{\text{ф-0}} = (U_1 - U_2) / I$$
- где $Z_{\text{ф-0}}$ — полное сопротивление петли «фаза—нуль», Ом;
- U_1 — напряжение, измеренное при отключенном сопротивлении нагрузки, В;
- U_2 — напряжение, измеренное при включенном сопротивлении нагрузки, В;
- I — ток, протекающий через сопротивление нагрузки, А.
- **Примечание— Разница между U_1 и U_2 должна быть значительной.**

Средства измерений

- **Измерение производится с применением приборов: М417, ЭКО-200, ЭКЗ-01.**
- **Измерение токов однофазного замыкания производится с применением прибора Щ41160.**

Измеритель тока короткого замыкания Щ41160 (М417)



Измеритель тока короткого замыкания цифровой Щ41160 (М417)

- **Измеритель тока короткого замыкания Щ41160 (М417)** предназначен для измерения тока короткого замыкания цепи фаза-нуль в сетях переменного тока 380/220 В частоты 50 Гц с глухозаземленной нейтралью и углом сдвига фаз между напряжением и током $(30 \pm 25)^\circ$.
- **В основу работы измерительного прибора Щ41160 положено измерение реального тока короткого замыкания с ограничением времени протекания тока короткого замыкания длительностью не более 10 мс.**
- Диапазон измерений тока однофазного к.з – 10 - 1000 А.
- Питание измерителя Щ41160 – 220 В, 50 Гц.
- Потребляемая мощность - 20 В А.
- Время установления рабочего режима - не более 5 минут
- Продолжительность непрерывной работы - 8 часов
- Время перерыва до повторного включения - не менее 15 минут.
- **Измеритель Щ41160** сохраняет информацию при отключении от сети.
- Средний срок службы прибора - 8 лет
- Условия эксплуатации - от минус 30 ° С до плюс 40 ° С.
- Габаритные размеры, мм – 335х305х140
- Масса, кг – 6,8.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЕТЛИ ФАЗА - НОЛЬ ТЕСТЕР C.A6454



5. Требования ПУЭ к сопротивлениям фазного и нулевого защитного проводов

- проводимость нулевого рабочего должна быть не ниже 50% проводимости фазных проводников, в необходимых случаях она может быть увеличена до 100% проводимости фазных проводников.
- Согласно требованиям ПУЭ сопротивление нулевого защитного проводника **не должно превышать** сопротивления фазного проводника более, чем в два раза

$$R_{\text{НЗП}} \leq 2R_{\text{Ф}}$$

Этим обеспечивается 2 фактор
защитного действия зануления

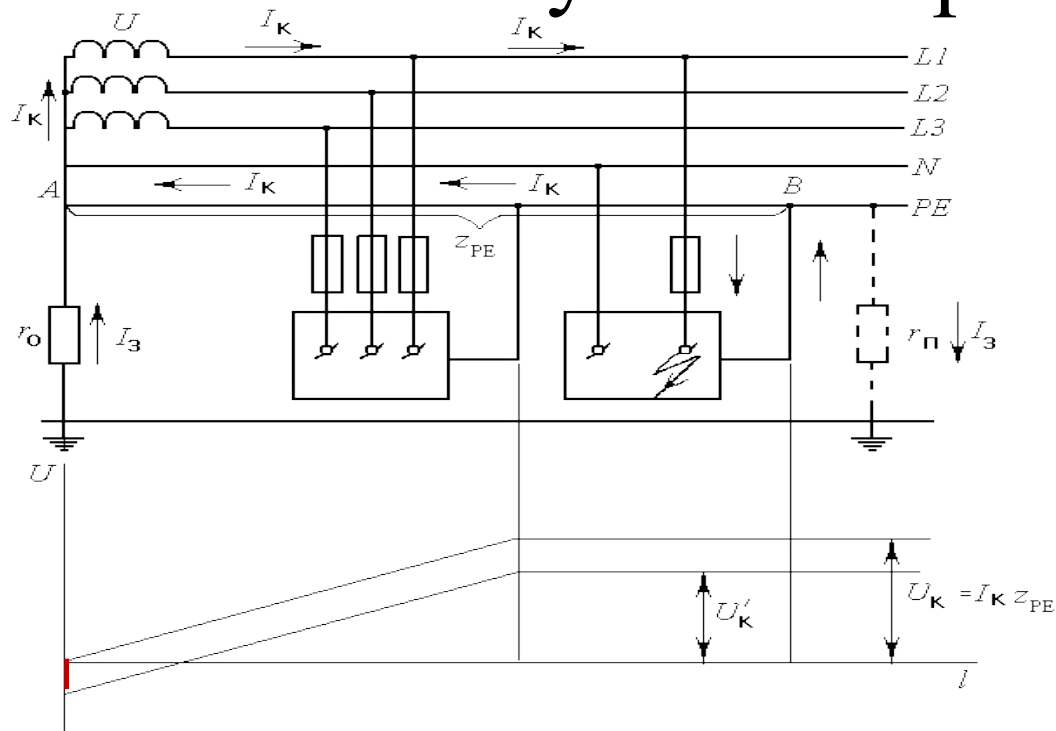
- $R_{\text{нзп}} \leq 2R_{\phi}$
- Ток короткого замыкания в первом приближении равен
- $I_{\text{кз}} = U_{\phi} / (R_{\phi} + R_{\text{нзп}}) = U_{\phi} / (R_{\phi} + 2R_{\phi}) = U_{\phi} / 3 \cdot R_{\phi}$
- Потенциал корпуса электроустановки равен

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{к}} &= I_{\text{кз}} \cdot R_{\text{нзп}} = (U_{\phi} / 3 \cdot R_{\phi}) \cdot R_{\text{нзп}} = \\ &= (U_{\phi} \cdot R_{\text{нзп}}) / 3 \cdot R_{\phi} = 2/3 \cdot U_{\phi} = 147 \text{ В} \end{aligned}$$

Назначение повторного заземления нулевого провода.

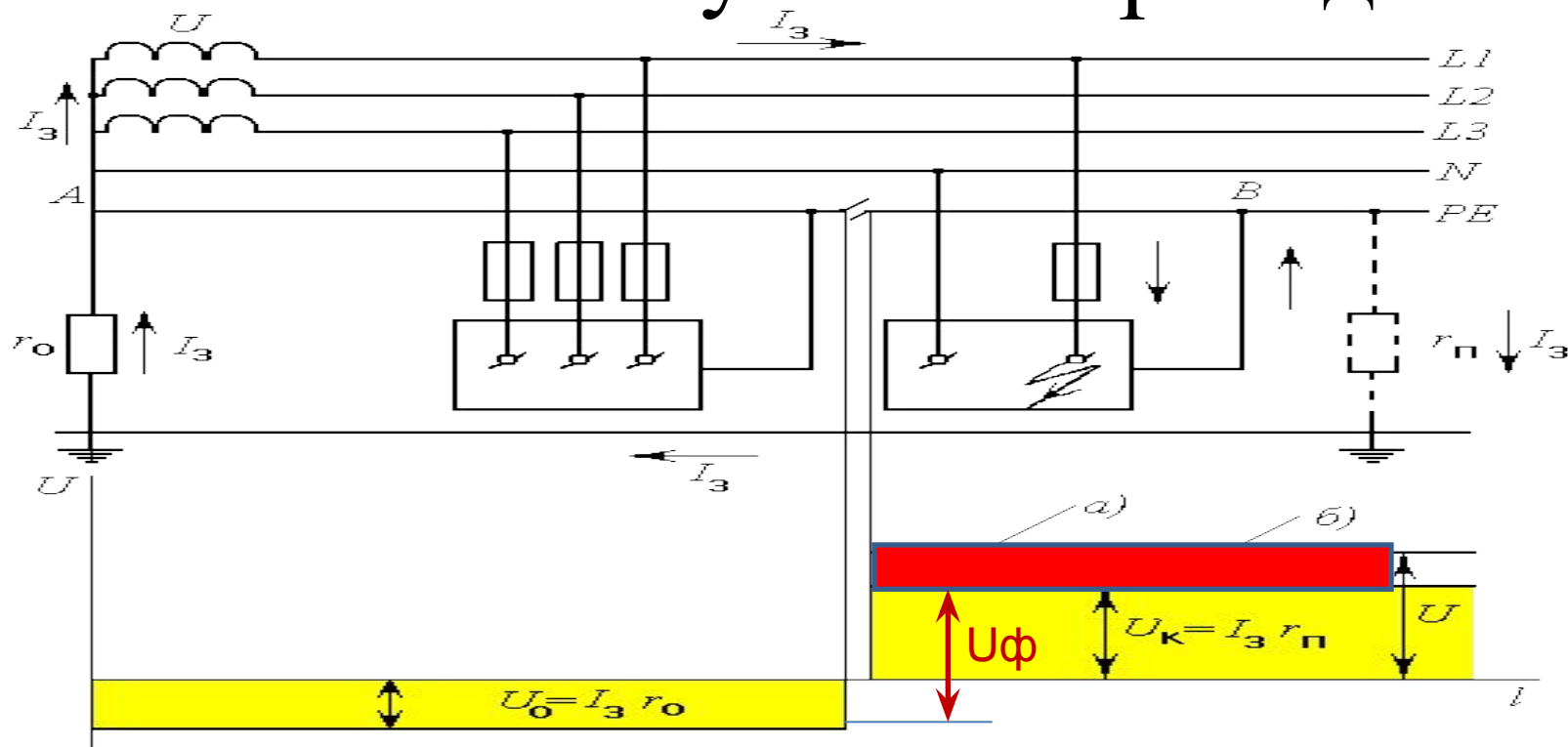
1.7.61. При применении системы *TN* рекомендуется выполнять повторное заземление *PE*- и *PEN*-проводников на вводе в электроустановки зданий, а также в других доступных местах. Для повторного заземления в первую очередь следует использовать естественные заземлители.

6. Назначение повторного заземления нулевого провода



Часть тока замыкания протекает через повторное заземление и когда возвращается в нейтраль через заземление нейтрали (ток из земли в нейтраль, как бы отрицательный) и создает на нейтрали отрицательный потенциал. За счет этого потенциалы НЗП и корпусов снижаются.

6. Назначение повторного заземления нулевого провода



При обрыве НЗП и замыкании на корпус за местом обрыва НЗП – корпуса без повторного заземления имели бы фазный потенциал, а с повторным заземлением фазное напряжение (220 В) перераспределяется пропорционально сопротивлениям заземления нейтрали и повторного.

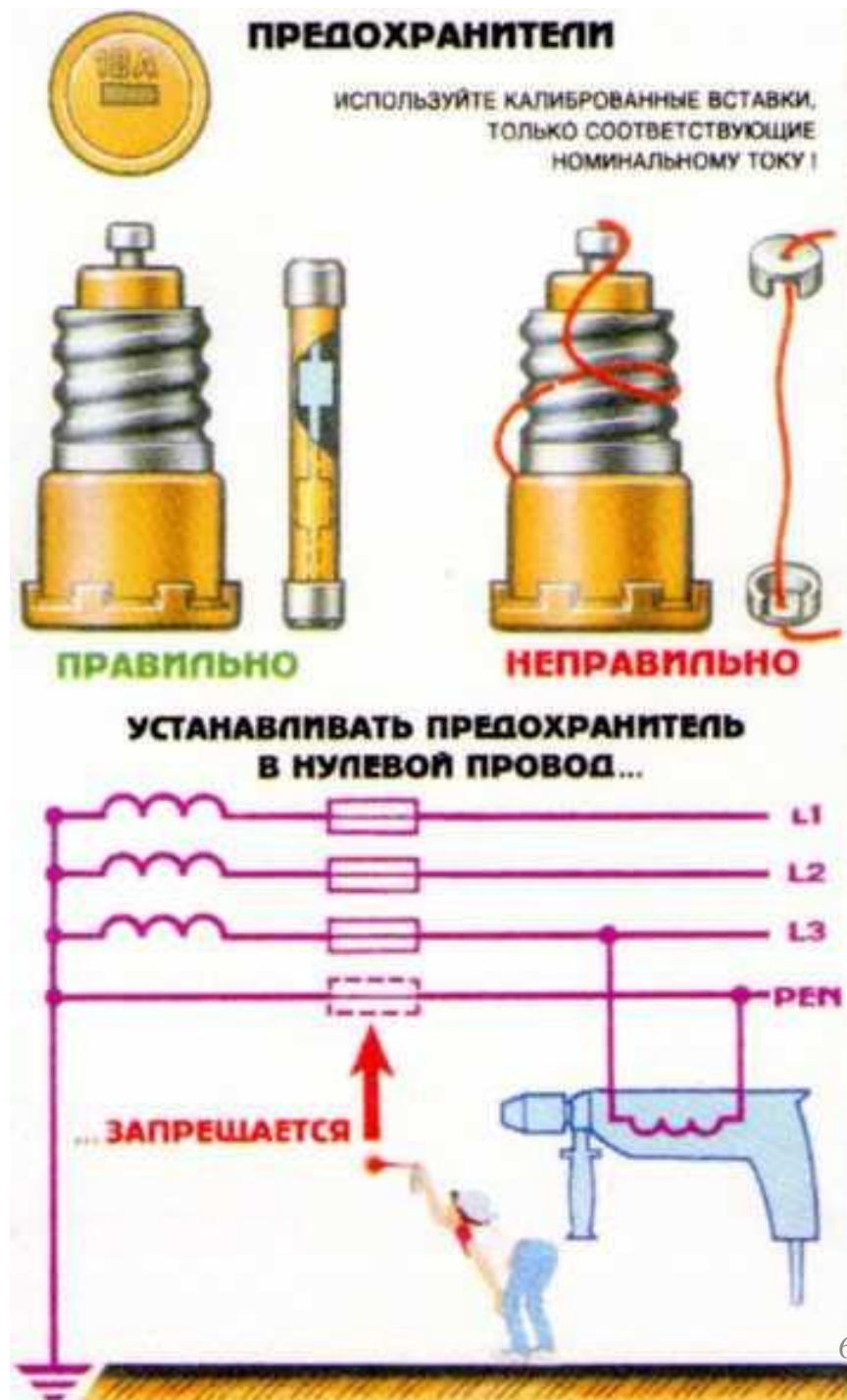
Повторное заземление нулевого защитного проводника значительно уменьшает опасность поражения током, возникающую в результате обрыва нулевого защитного проводника и замыкания фазы на корпус за местом обрыва, но не может устранить ее полностью, т. е. не может обеспечить тех условий безопасности, которые существовали до обрыва.

7. Для каких целей определяется значение тока короткого замыкания?

Для проверки того, что ток однофазного короткого замыкания достаточен для отключения поврежденной электроустановки от сети с учетом максимально допустимого времени воздействия на человека.

- **Зануление** - основная мера защиты от поражения электрическим током в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью источника питания в случае прикосновения к металлическим корпусам электрооборудования и металлическим конструкциям, оказавшимся под напряжением вследствие повреждения изоляции сети или электроустановок.
- Всякое замыкание токоведущих частей на зануленные части превращается таким образом в однофазное короткое замыкание, что приводит к отключению аварийного участка сети.
- В качестве нулевых защитных проводников могут быть использованы нулевые рабочие проводники, специально предусмотренные проводники (четвертая или третья жила кабеля или провод сети, стальные полосы и т.п.), стальные трубы электропроводки, алюминиевые оболочки кабелей, металлические конструкции зданий, металлические кожухи шинопроводов, все трубопроводы, проложенные открыто, кроме трубопроводов для горючих и взрывоопасных смесей, канализации, центрального отопления и бытового водопровода. По проводимости (сопротивлению) все перечисленные заземлители нулевых проводов должны удовлетворять требованиям ПУЭ.
Устанавливать разъединяющие приспособления в цепях нулевых проводников запрещается, кроме тех случаев, когда одновременно отключаются и все токоведущие провода в установке.

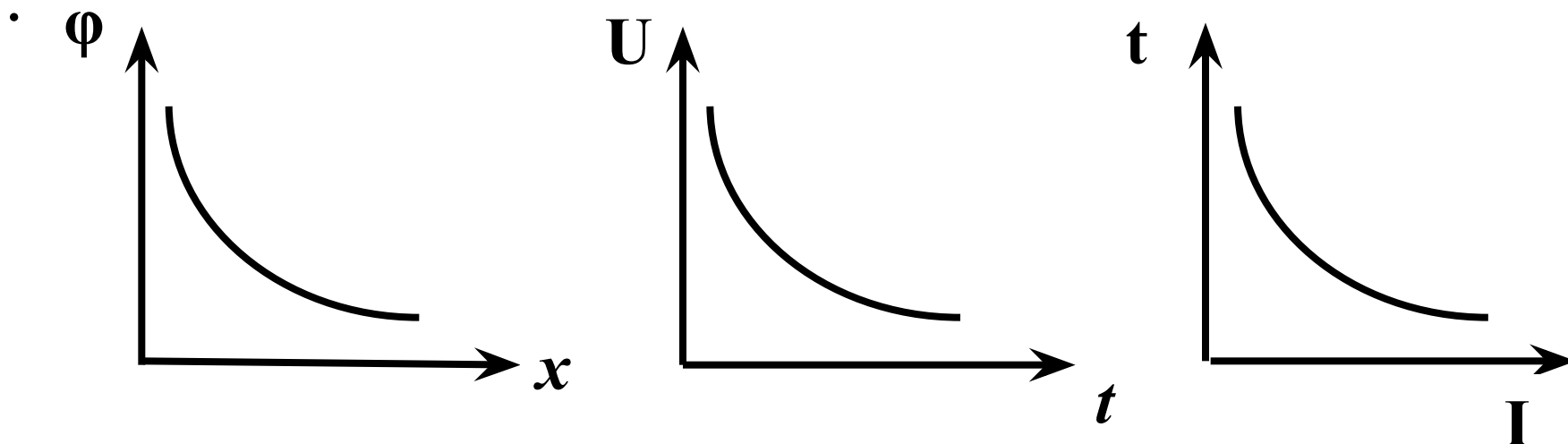
Запрещается
установка
предохраните
ля в нулевой
провод



Контрольные вопросы Лаб. № 1

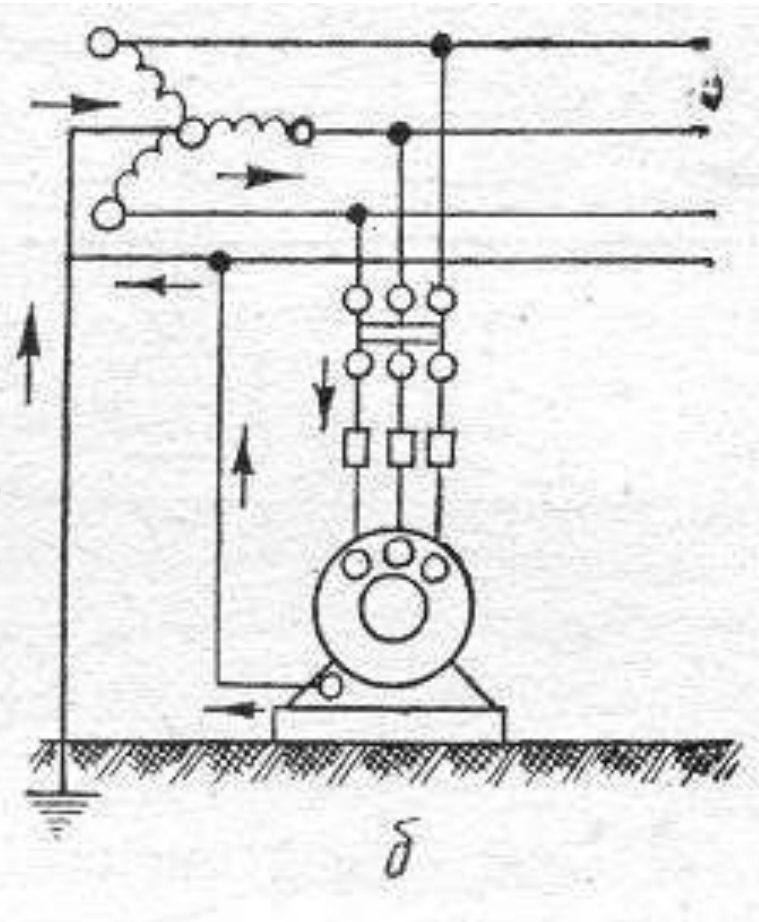
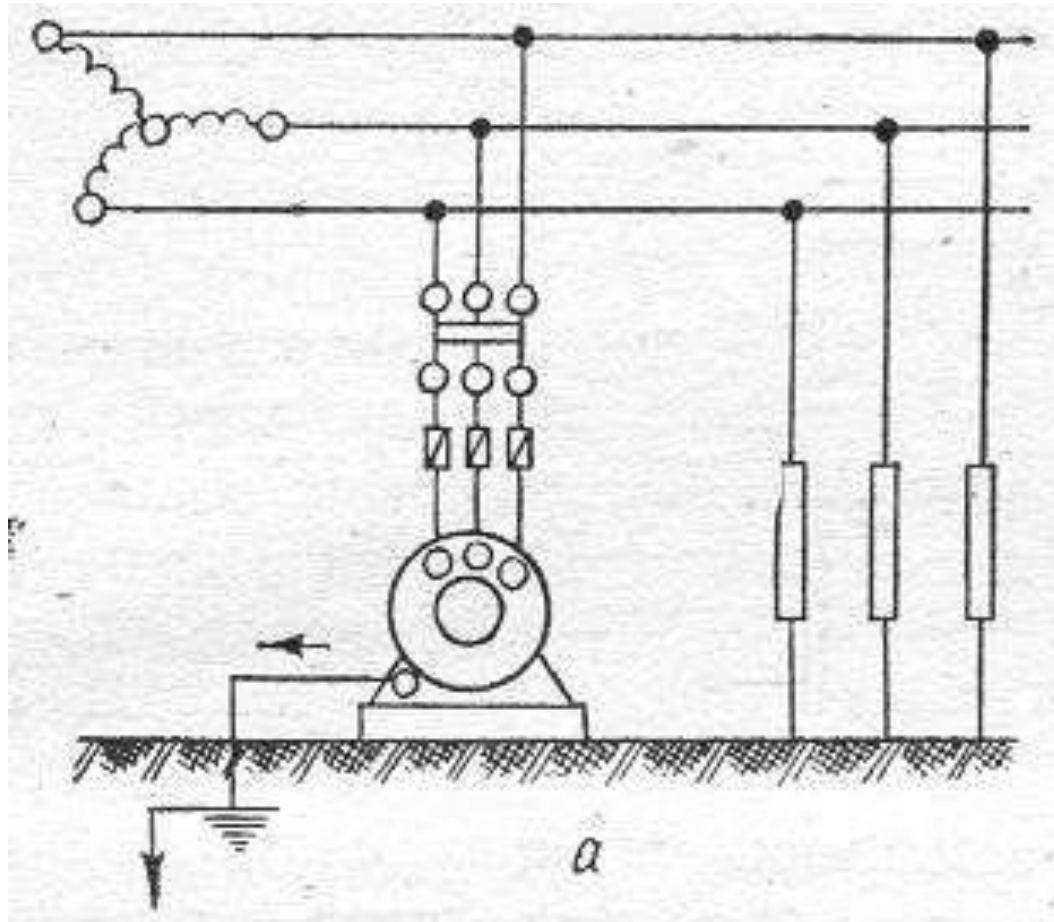
1. Что называется занулением и принцип его работы.
2. Назначение нулевого защитного провода.
3. Назначение заземления нейтрали.
4. Методы измерения сопротивления петли «фаза-нуль».
5. Требования ПУЭ к сопротивлениям фазного и нулевого защитного проводов.
6. Назначение повторного заземления нулевого провода.
7. Для каких целей определяется значение тока короткого замыкания?

Три похожих графика



Вы должны теперь знать – как использовать эти графики для пояснения работы устройств защиты от поражения электрическим током.

Схемы IT и TN



Устройства защитного отключения (1.7.50.)

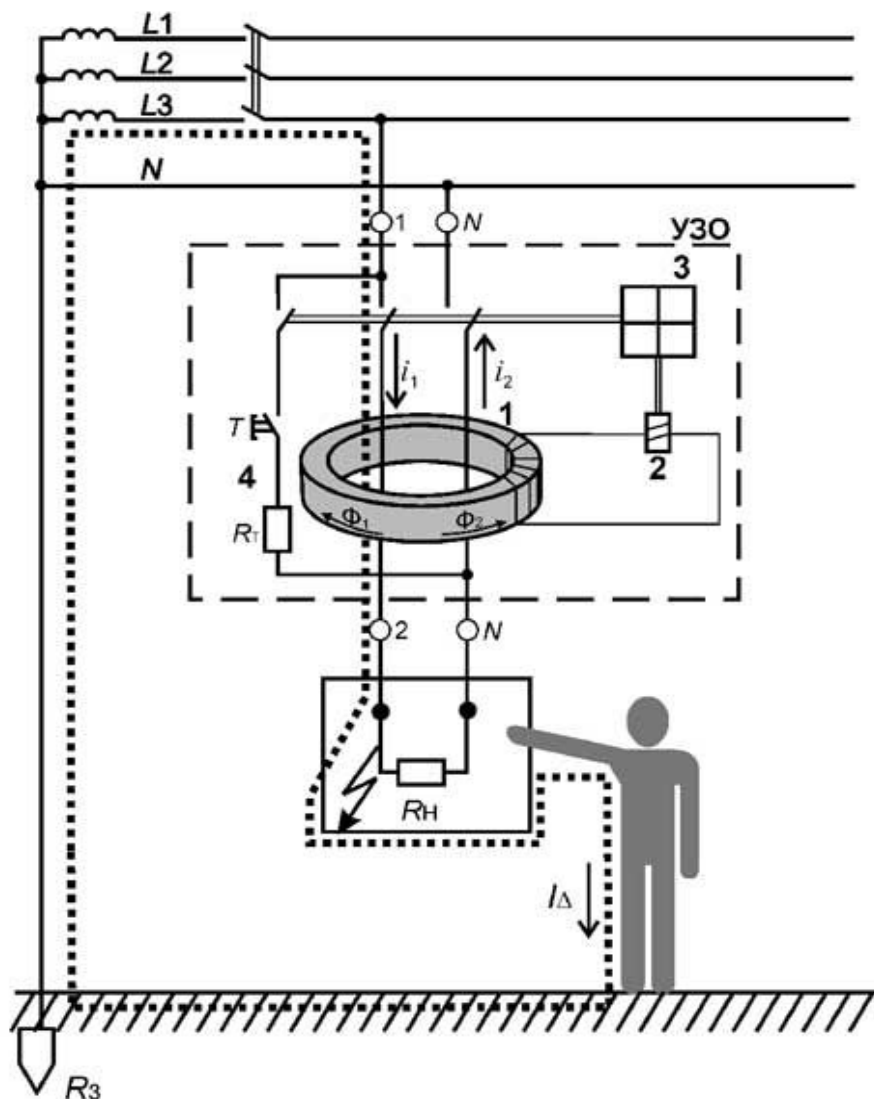
- Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ, при наличии требований других глав ПУЭ, следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

Классификация УЗО



Принцип действия УЗО

на основе реле дифференциального тока



Циркуляция вектора напряженности магнитного поля по контуру равна алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром (магнитопроводом).

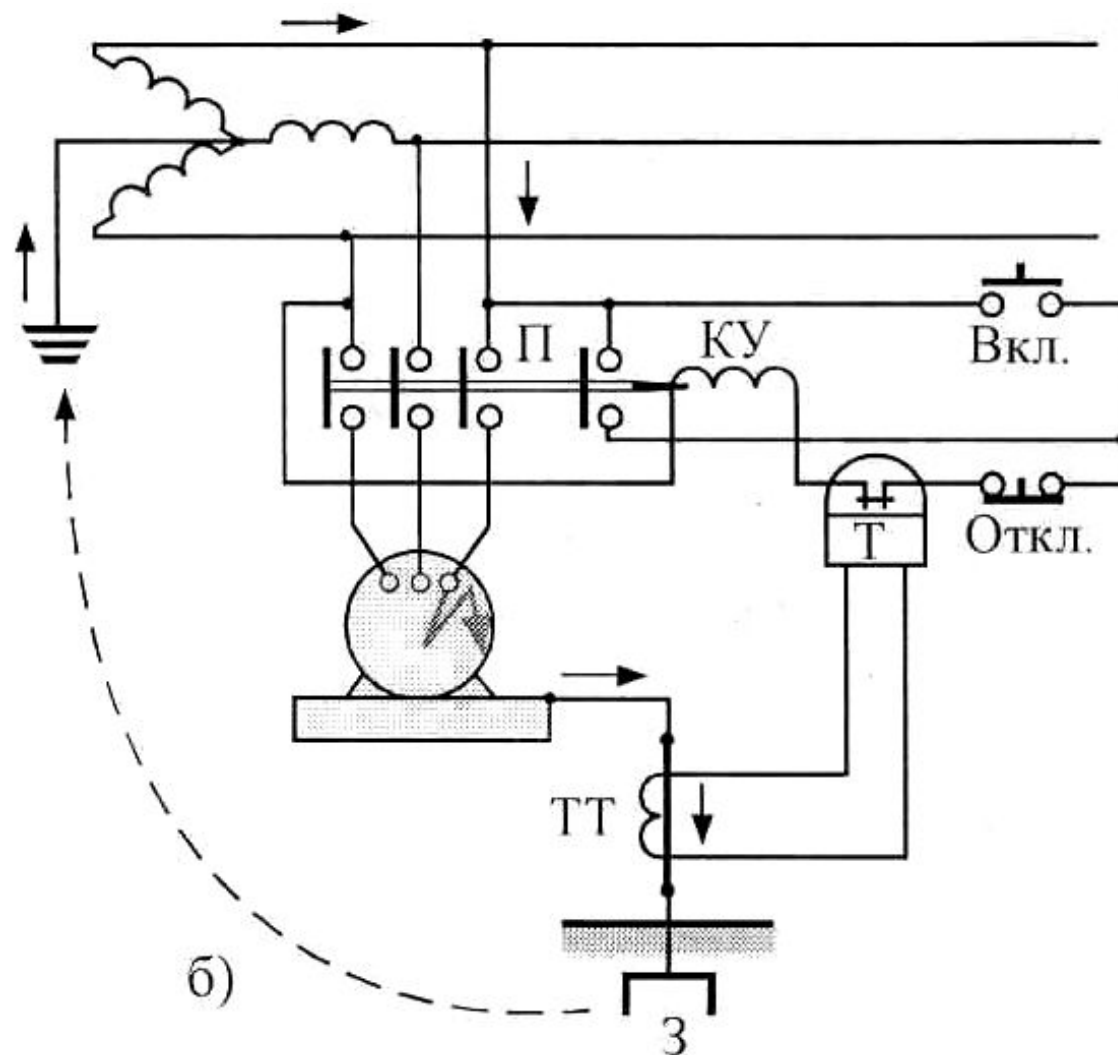
$$\oint H dl = \sum_k I_k$$

Если ток $i_1 = i_2$, то в магнитопроводе суммарный поток равен 0. Если возникает утечка тока и ток втекающий i_1 не равен i_2 , то в магнитопроводе возникает магнитный поток, который наводит ЭДС в индикаторной катушке и схема срабатывает.

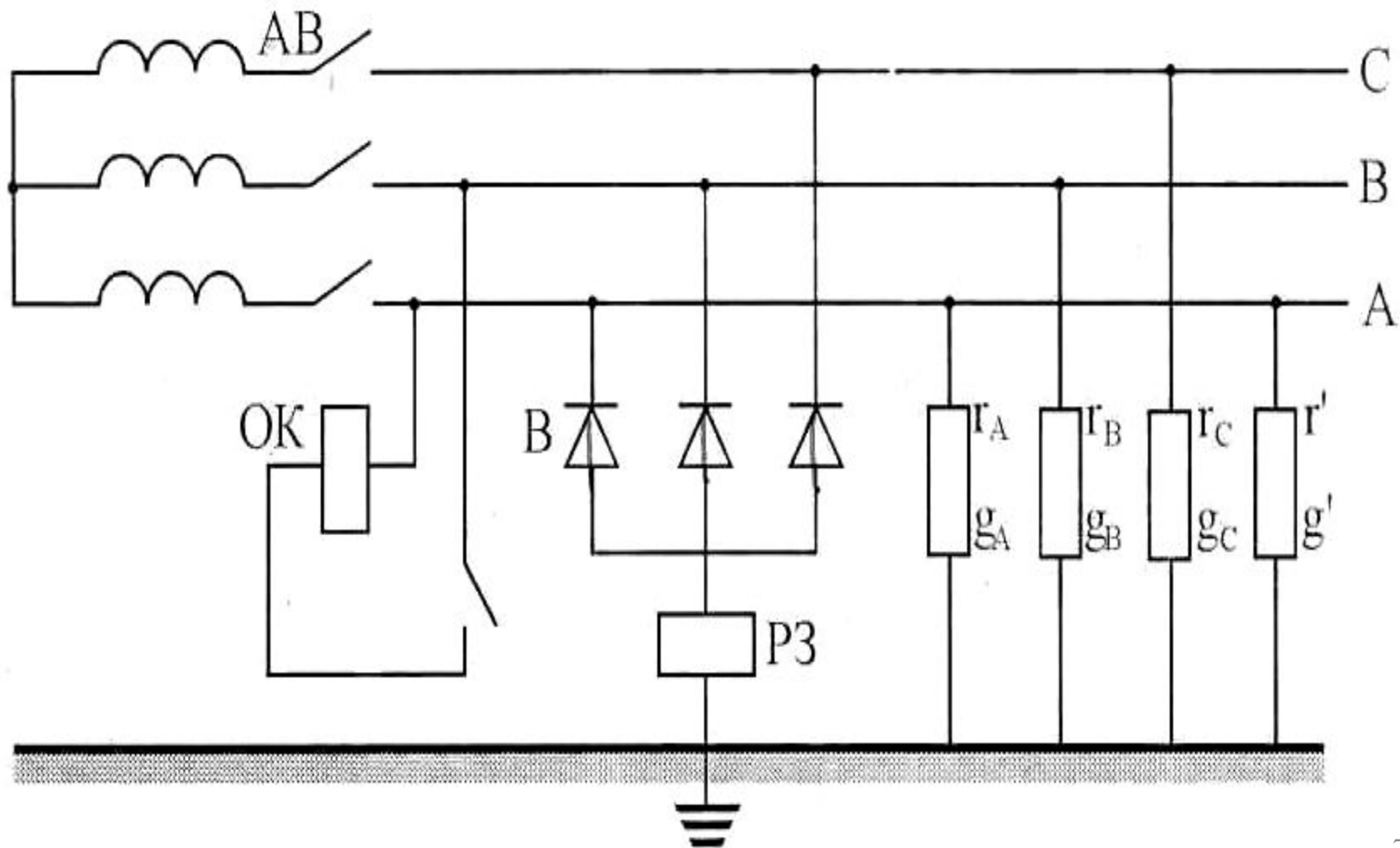
Требование ПУЭ к УЗО

- **1.7.50.** 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.

Схема реагирующая на ток замыкания на землю (заземлитель)



УЗО, работающее на выпрямленных токах



Принципы защиты в электроустановках до 1000 В

1. В сетях с изолированной нейтралью:
 - за счет большого сопротивления изоляции (активного и реактивного);
 - за счет малого сопротивления защитного заземления.
2. В сетях с глухозаземленной нейтралью:
 - за счет снижения напряжения прикосновения (выравнивания потенциалов);
 - за счет быстрого действия защиты

Все!

- По электробезопасности осталось РГЗ