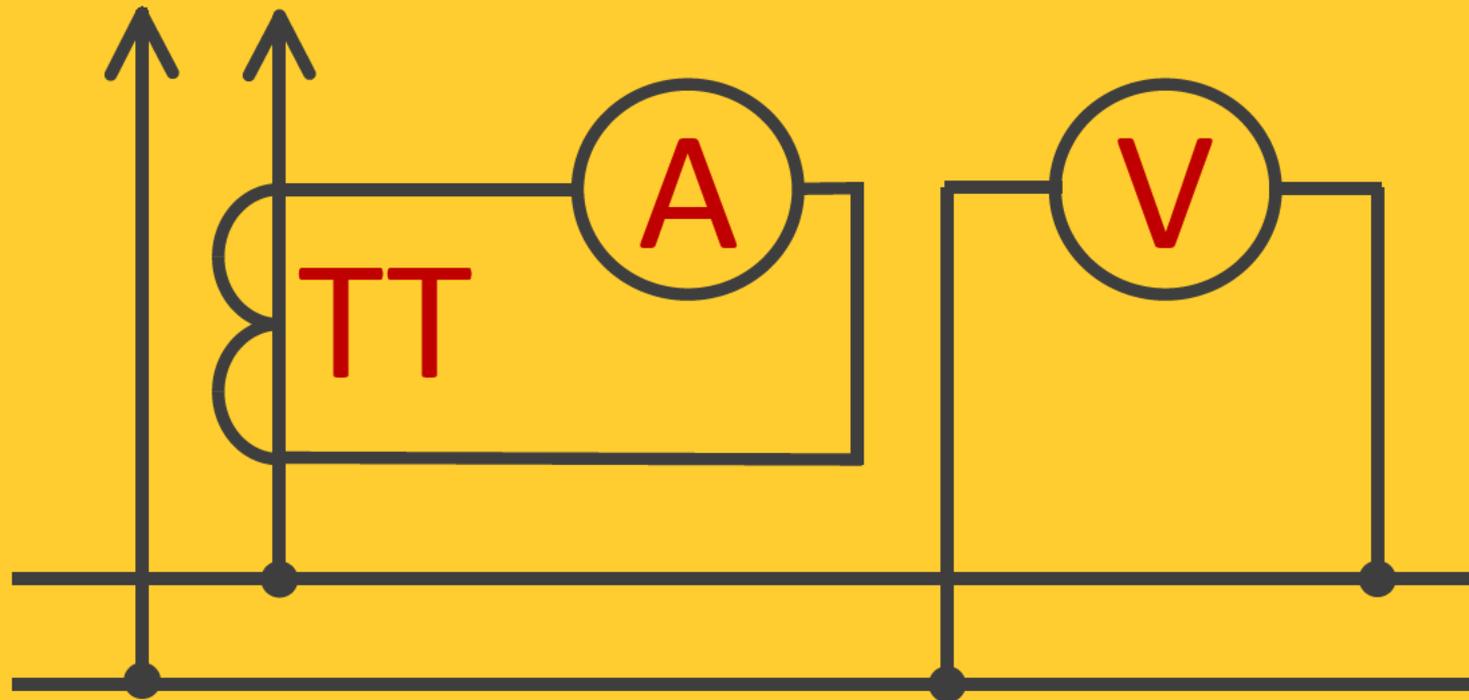


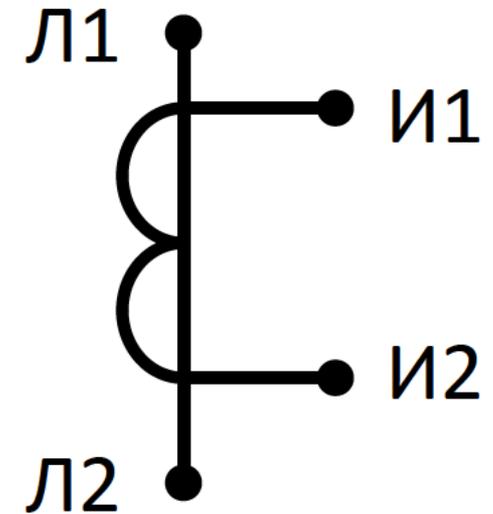
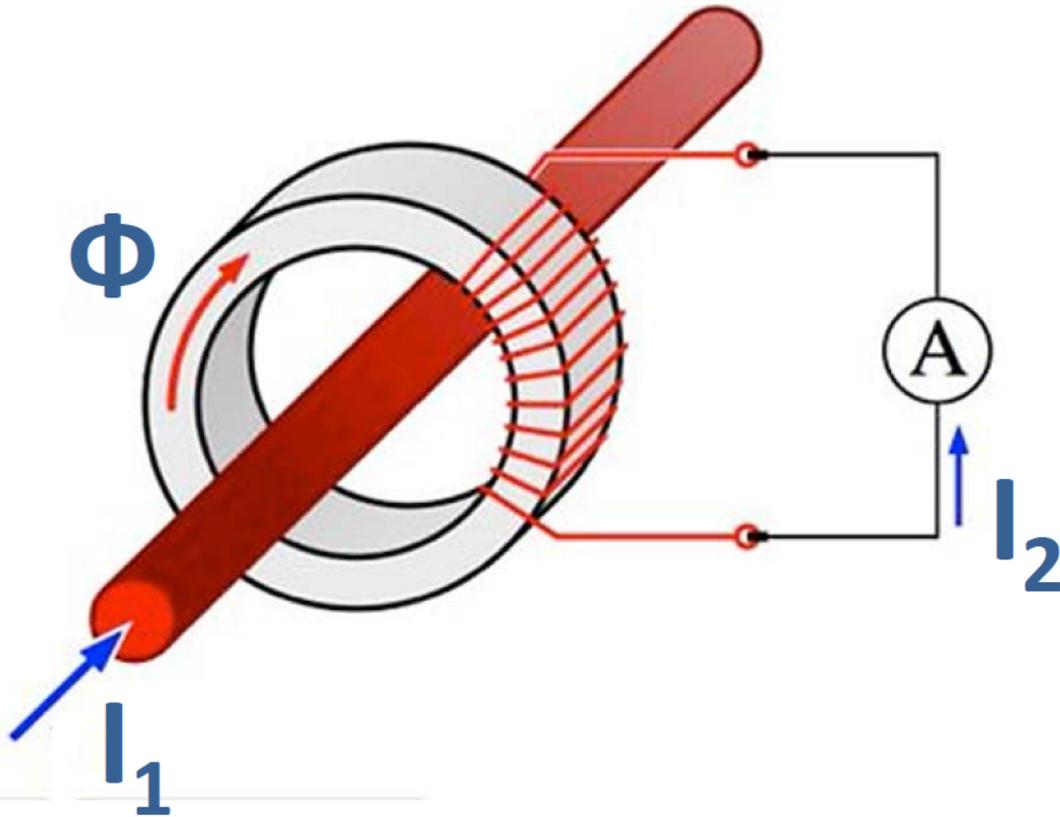
Средства измерения IEK®



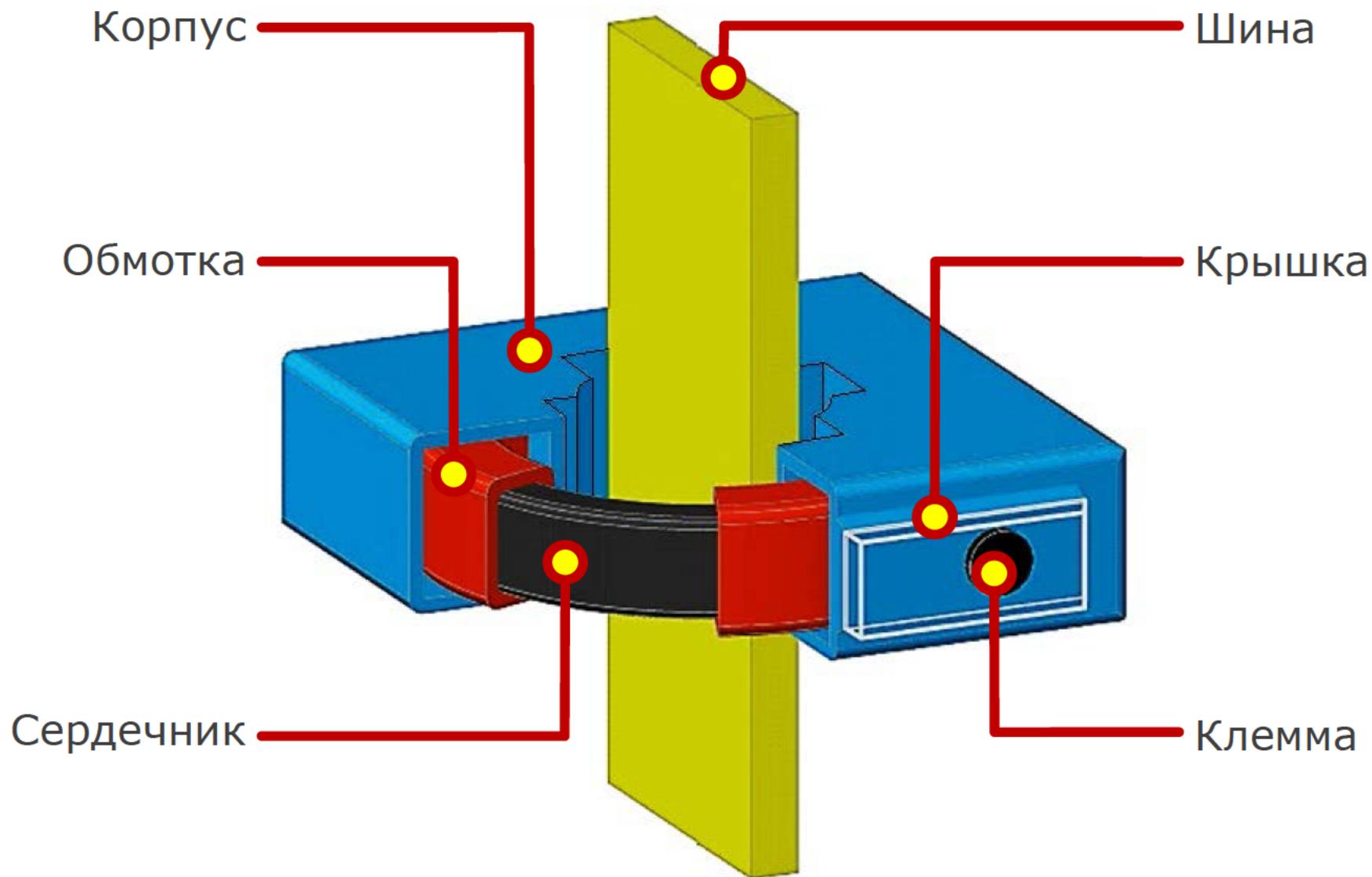
Трансформаторы тока



-  Принцип действия, конструкция и основные характеристики трансформаторов тока
-  Выбор, ассортимент, конструкция и характеристики трансформаторов тока IEK®
-  Выбор и применение трансформаторов тока в соответствии с нормативными документами



Трансформатор тока — электрическое устройство, предназначенное для передачи информации о величине тока в силовой цепи во вторичную (измерительную) цепь.





ГОСТ 7746-2001

Трансформаторы тока.

Общие технические условия.

ГОСТ распространяется:

- на трансформаторы тока с номинальным напряжением от 0,66 до 750 кВ

ТТ предназначаются:

- для передачи сигнала приборам измерения и защиты, а так же учета

ТТ используются:

- для защиты, автоматики, сигнализации, управления и учета электроэнергии



передача сигнала измерительной информации приборам измерения и учета электроэнергии.

- схемы измерения



- схемы учета электроэнергии





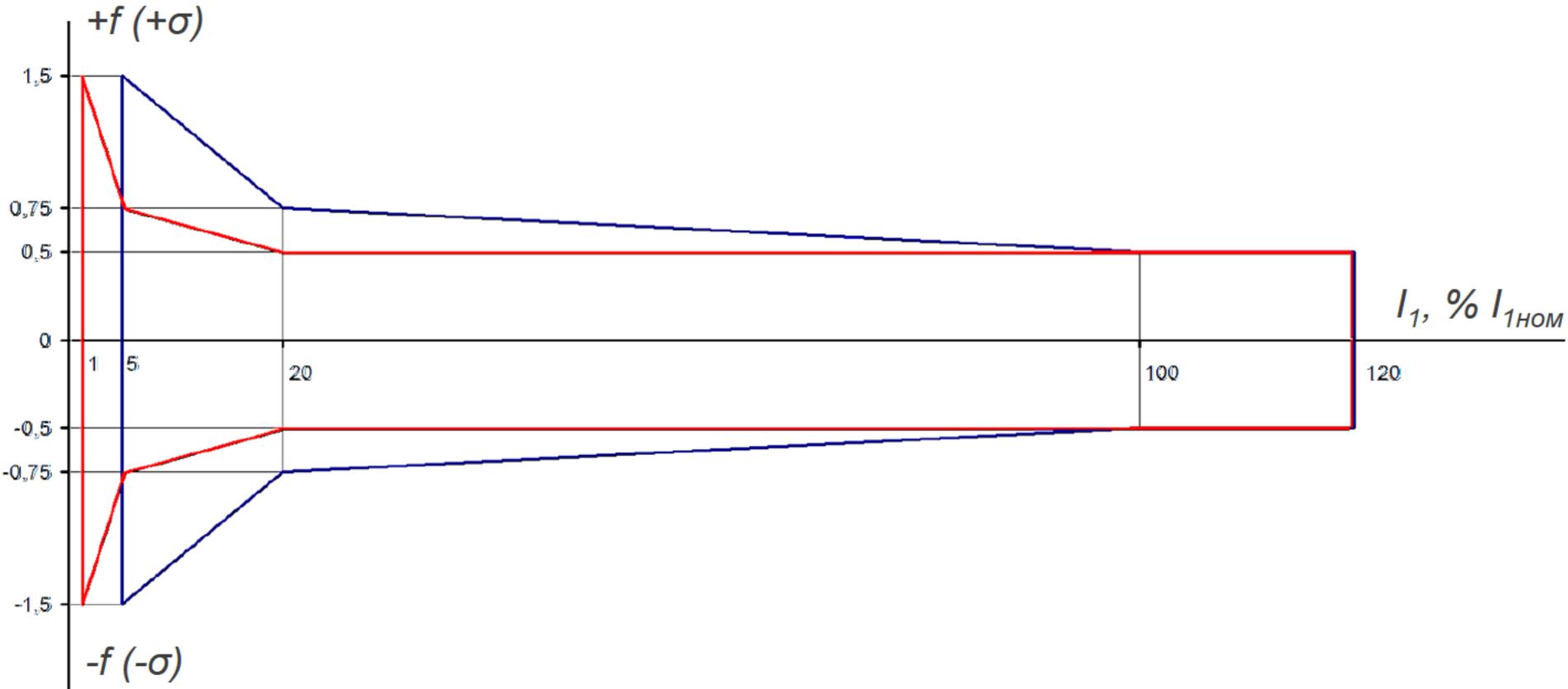
ГОСТ 7746-2001

Трансформаторы тока.

Общие технические условия.

- В соответствии с ГОСТ 7746-2001 существуют следующие классы точности трансформаторов:

0,1; 0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S; 1; 3; 5; 10; 5P; 10P

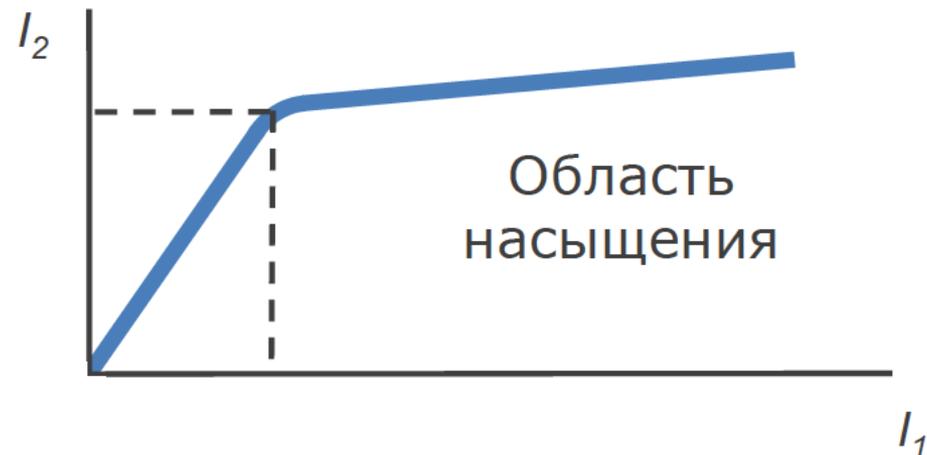


Класс точности - 0,5

Класс точности - 0,5s

$$K_{\text{БНОМ}} = \frac{I_{\text{БНОМ}}}{I_{1\text{НОМ}}}$$

$I_{\text{БНОМ}}$ – минимальное значение первичного тока, при котором полная погрешность составляет **не менее 10%** при номинальной вторичной нагрузке



-  Конструктивное исполнение
-  Номинальный первичный ток $I_{1\text{ном}}$
-  Класс точности
-  Номинальная вторичная нагрузка $S_{2\text{ном}}$



ТТИ-А



ТОП

- Трансформатор опорный в пластмассовом корпусе



ТТИ



ТШП

- Трансформатор шинный в пластмассовом корпусе



ТРП

- Трансформатор разъемный в пластмассовом корпусе



| | Класс точности | $I_{1ном}$ |
|--------------|----------------|--------------|
| ТТИ | 0,5 | 150 ÷ 5000 А |
| | 0,5s | 100 ÷ 2000 А |
| ТТИ-А | 0,5 | 5 ÷ 1000 А |
| | 0,5s | 5 ÷ 1000 А |



| | Класс точности | $I_{1ном}$ |
|------------|----------------|--------------|
| ТШП | 0,5 | 400 ÷ 2000 А |
| | 0,5s | 200 ÷ 2000 А |
| ТОП | 0,5 | 5 ÷ 200 А |
| | 0,5s | |



| | Класс точности | $I_{1ном}$ |
|------------|----------------|--------------|
| ТРП | 0,5 | 250 ÷ 5000 А |

| | ТТИ ТТИ-А | ТОП ТШП | ТРП |
|---|--------------|-------------|-----|
| ● Номинальное напряжение, $U_{\text{НОМ}}$ | 660В AC | | |
| ● Номинальный вторичный ток, $I_{2\text{НОМ}}$ | 5 А | | |
| ● Номинальная вторичная нагрузка, $S_{2\text{НОМ}}$ | 5, 10, 15 ВА | 1,5 ÷ 20 ВА | |
| ● Класс точности | 0,5; 0,5s | | 0,5 |
| ● Номинальный коэффициент безопасности вторичной обмотки для измерения, $K_{\text{БНОМ}}$ | 5 | | |

Корпус трансформатора:

- выполнен неразборным (собиран на заклепках)
- опломбирован наклейкой
- изготовлен из пластмассы не поддерживающей горение



Корпус трансформатора:

- Разъемный корпус.

Монтаж/демонтаж ТТ на шины и кабели без демонтажа
ошиновки НКУ или кабельных соединений

- опломбирован наклейкой
- изготовлен из пластмассы не поддерживающего горение



ТТИ / ТТИ-А



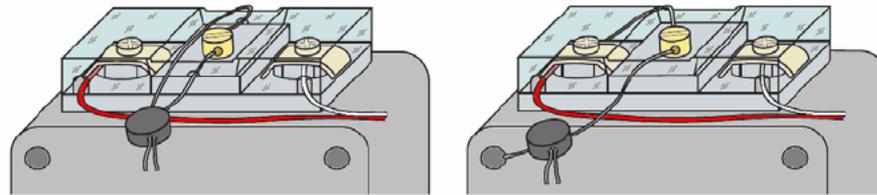
Обеспечивает:

- электробезопасность
- возможность пломбировки

ТШП / ТОП



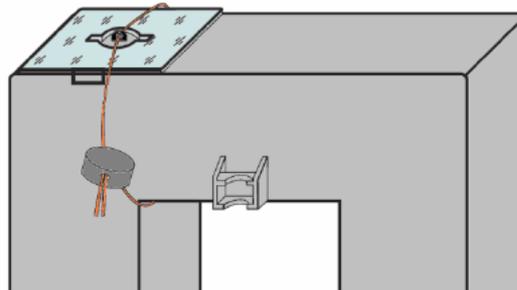
Способы пломбировки:



ТРП



Способ пломбировки:





ТТИ-30



ТШП-30



ТТИ-40



ТШП-40



ТТИ-60



ТШП-60



ТТИ-85



ТШП-85



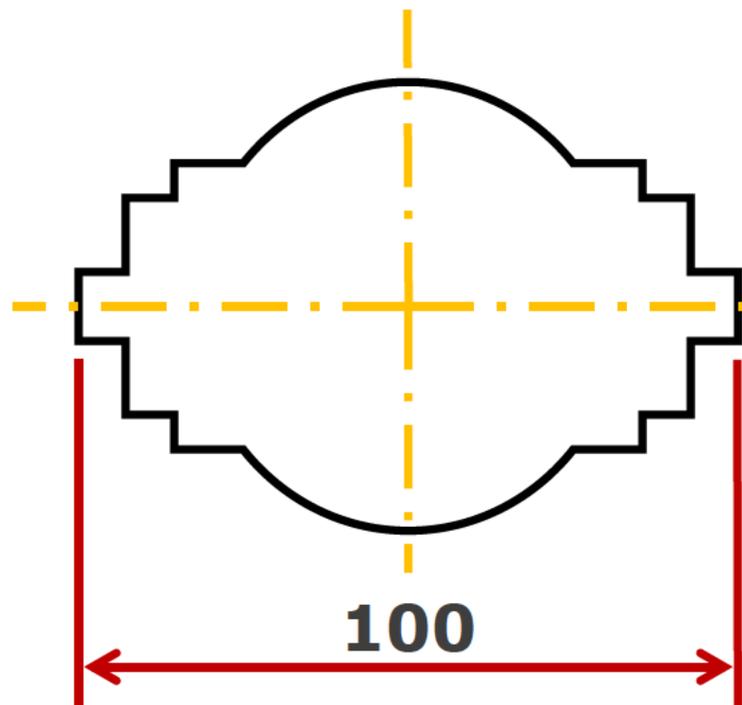
ТТИ-100



ТШП-100



ТТИ-125

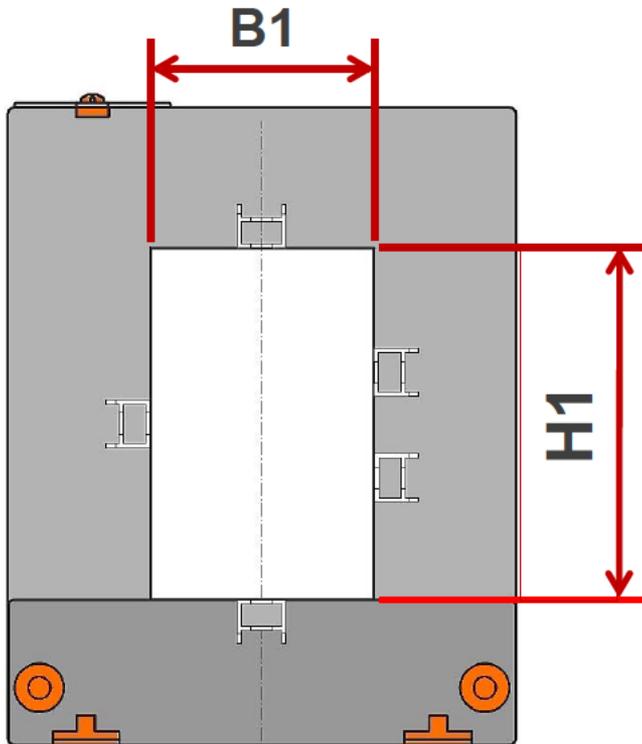
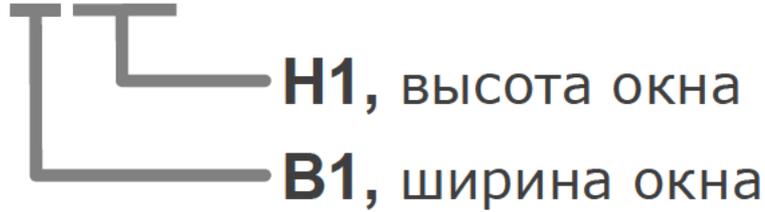


max. размер шины

ТТИ-100

- Содержит **информацию** о размерах проходного окна

ТРП - Х Х Х

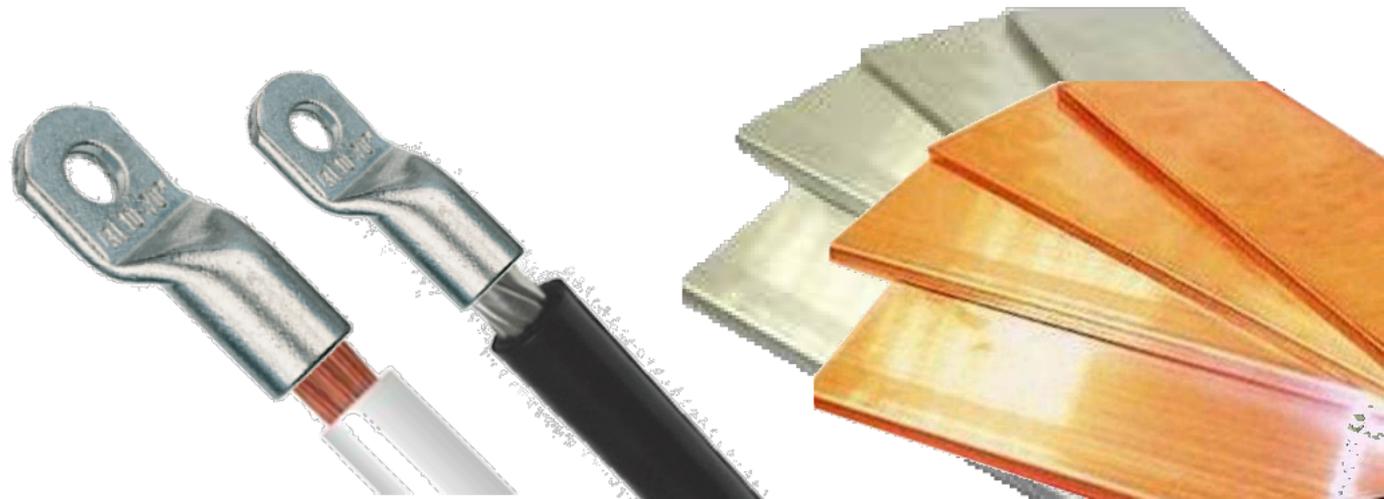


| | В1, мм | Н1, мм |
|---------|---------------|---------------|
| ТРП-23 | 20 | 30 |
| ТРП-58 | 50 | 80 |
| ТРП-88 | 80 | 80 |
| ТРП-812 | 80 | 120 |
| ТРП-816 | 80 | 160 |



Медная луженая шина ТТИ-А:

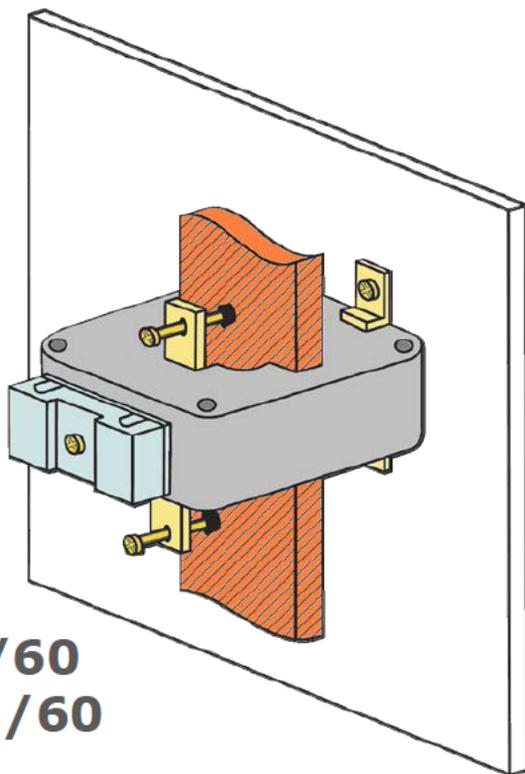
- подключение медных и алюминиевых проводников



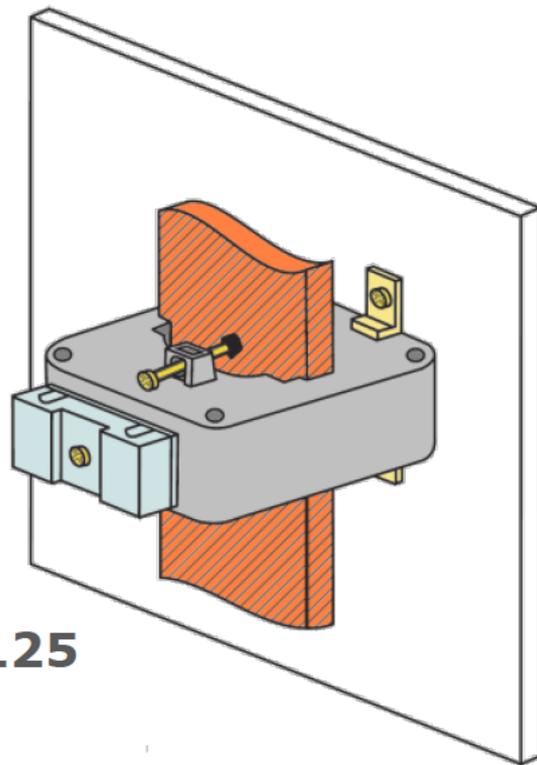
Два способа монтажа ТТИ:



- **на шину** при помощи специальной пластины и/или винтов
- **на монтажную панель** с использованием специальных скоб



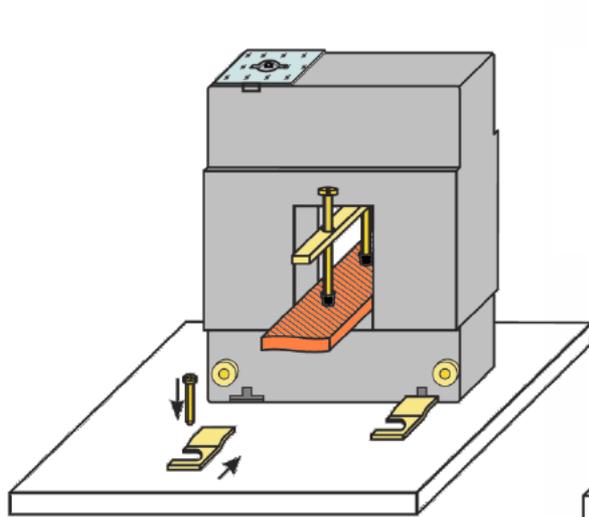
ТТИ-30/40/60
ТШП-30/40/60



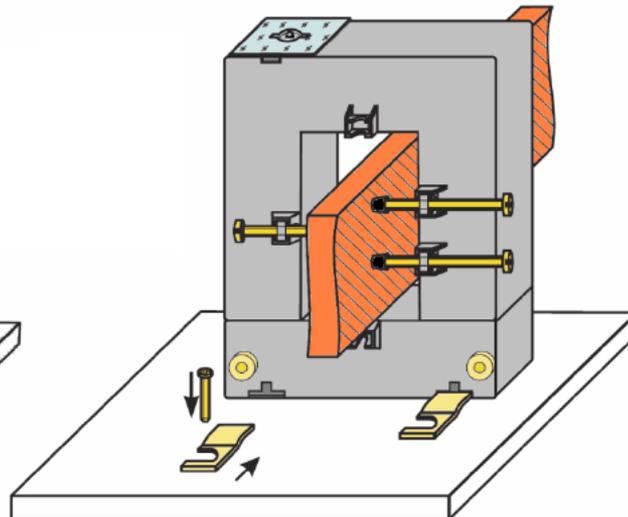
ТТИ-85/100/125
ТШП-85/100

Два способа монтажа ТРП:

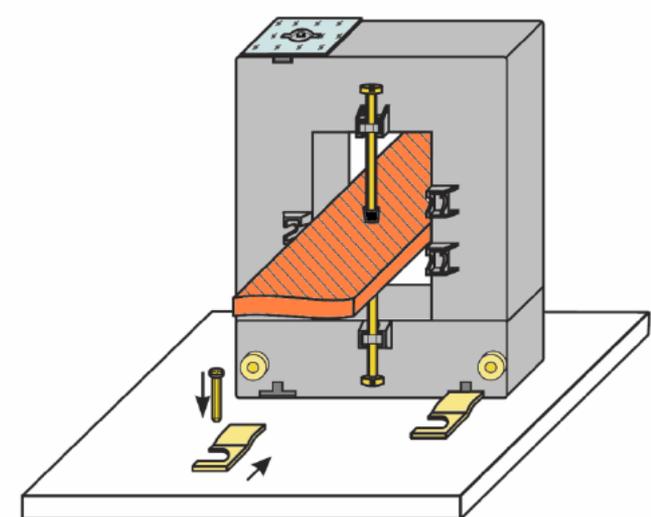
- на шину при помощи специальной пластины и/или винтов
- на монтажную панель с использованием специальных скоб



ТРП-23



ТРП-23 ÷ ТРП-816



ТШП / ТОП

ТТИ / ТТИ-А



- паспорт
- комплект скоб монтажа
- защитная крышка
- комплект для крепления на шину (ТТИ / ТШП)

ИЛИ

- комплект крепления проводников к встроенной шине (ТТИ-А / ТОП)

ТРП



- паспорт
- комплект скоб монтажа
- комплект для сборки корпуса
- комплект для крепления на шину



- внесены в Государственный реестр средств измерений

| ТТИ / ТТИ-А | ТОП / ТШП | ТРП |
|-------------|-----------|-----|
| | | |



- поверка в соответствии с государственными стандартами
- клеймо государственной поверки в паспорте и на боковой стороне изделия



- Межповерочный интервал:

| ТТИ / ТТИ-А | ТОП / ТШП | ТРП |
|--------------|---------------|--------------|
| 5 лет | 12 лет | 8 лет |

- Гарантийный срок эксплуатации:

| ТТИ / ТТИ-А | ТОП / ТШП | ТРП |
|-------------|--------------|-----|
| | 5 лет | |

- Срок службы:

| ТТИ / ТТИ-А | ТОП / ТШП | ТРП |
|---------------|---------------|---------------|
| 25 лет | 40 лет | 25 лет |



Вводно-распределительные
устройства ВРУ



Щиты учета и
распределения ЩУР



Монтаж трансформаторов
тока в ГРЦ

1

Внесены в Гос. реестр средств измерения

2

Продажа поверенных трансформаторов тока

3

Корпус из самозатухающей пластмассы

4

Защитная крышка с возможностью пломбировки

5

Гарантия

5 лет

6

Крепеж для монтажа в комплекте

Электроизмерительные приборы серии Э47





ГОСТ 30012.1-2002

Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним.

Часть 1. Определения и основные требования, общие для всех частей



ГОСТ 8711-93

Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним.

Часть 2. Особые требования к амперметрам и вольтметрам



ГОСТ 22261-94

Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия



ГОСТ Р 52319-2005

Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования

- Эксплуатация в НКУ распределительных электрических сетей жилых, коммерческих и производственных объектов.



Измерение на вводе
панелей ГРЩ



Измерение на линиях
панелей ЩО-70

Диапазон измерений



72x72 мм



96x96 мм

0 А



3000 А

Диапазон измерений



72x72 мм



96x96 мм

0 В



600 В

- Номинальное напряжение:

Ⓐ

до 400 В АС

Ⓥ

до 600 В АС

- Способ включения в цепь:

Ⓐ

$\leq 50\text{А}$, Ⓥ до 600В

непосредственное

Ⓐ

$\geq 100\text{А}$

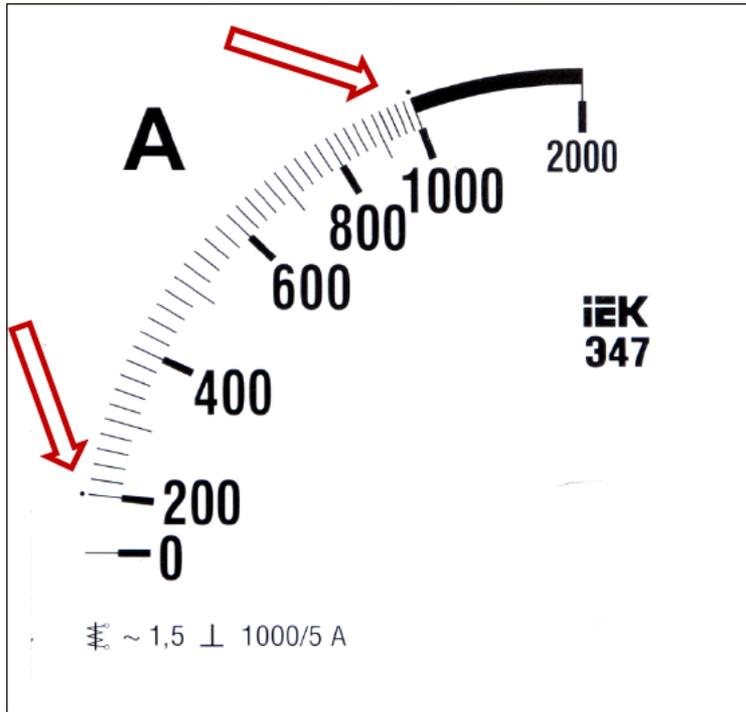
трансформаторное

- Номинальный вторичный ток ТТ, $I_{2\text{ном}}$

5 А

- Класс точности

1,5



• • - эффективный диапазон измерений

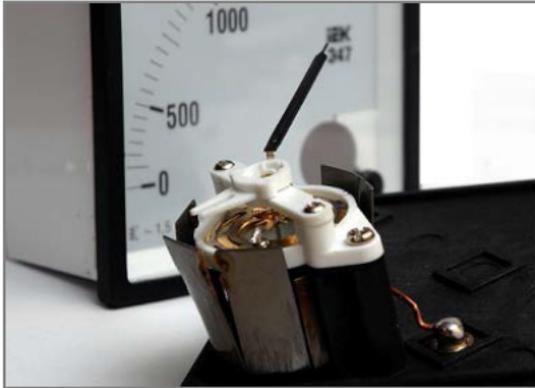
- тип прибора:
“A” – амперметр, “V” – вольтметр.
-  - электромагнитная система
- “~” - работа с переменным током
- 1,5 - класс точности прибора
- «⊥» - рабочее положение
- 1000 - верхний предел измерений
- 2000 – допустимая кратковременная перегрузка
- /5A - $I_{2\text{ном}}$ трансформатора тока



- защитная крышка зажимов
электробезопасность



- голографическая наклейка
(разрушается при вмешательстве)
защита механизма измерения



- **металлический экран**

защищает электромагнитную систему от внешних магнитных полей



- **корректор механического нуля**



- **корпус из самозатухающей пластмассы**

- внесены в Государственный реестр средств измерений



- поверка в соответствии с государственными стандартами

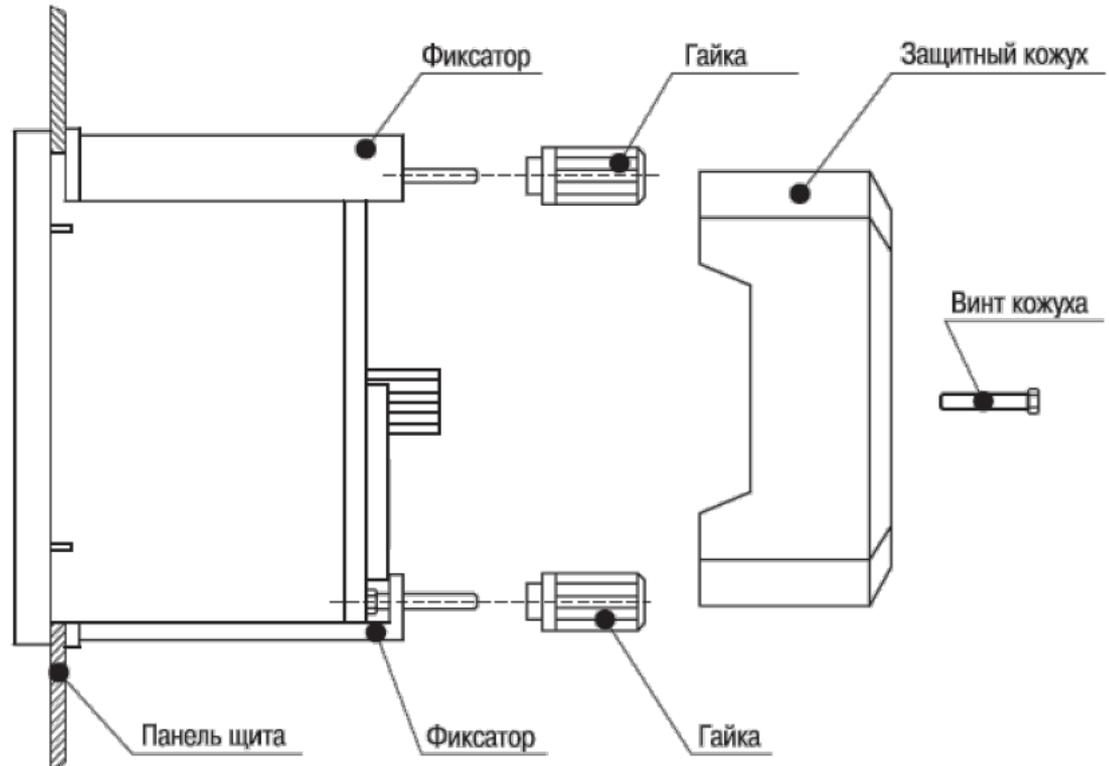
- клеймо государственной поверки в паспорте и на боковой стороне изделия

- межповерочный интервал **2 года!**



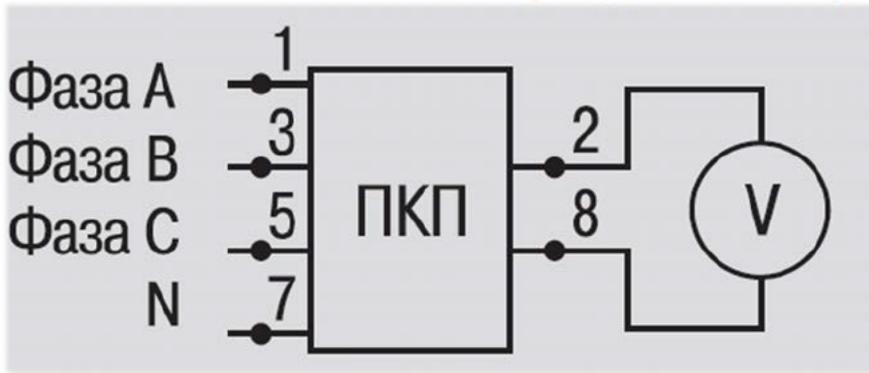


- паспорт
- крепления для монтажа
- защитная крышка

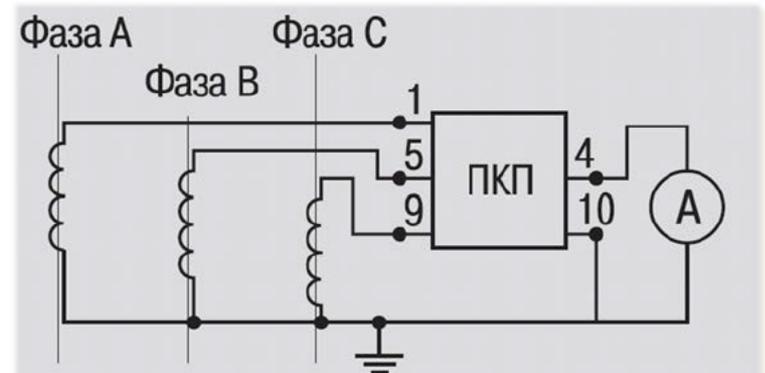




Переключатели кулачковые серии **ПКП** торговой марки IEK® могут использоваться для переключений с требуемой программой коммутации в измерительных цепях.



Включение вольтметра для измерения фазных напряжений



Включение амперметра для измерения токов в трехфазной сети

1

Внесены в Гос. реестр средств измерения

2

Продажа поверенных измерительных приборов

3

Корпус из самозатухающей пластмассы

4

Защитная крышка выводов в комплекте

5

Межповерочный интервал

2 года

6

Крепеж для монтажа в комплекте

7

Гарантия

1 ГОД

Выбор и применение средств измерения





ПР 50.2.006-94

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ.

● п.1.7. ...

Если средство измерений по результатам поверки признано пригодным к применению, то на него или техническую документацию наносится поверительное клеймо или выдается «Свидетельство о поверке»...



ПР 50.2.006-94

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ.

- Поверительные клейма наносят на средства измерений во всех случаях, когда конструкция средств измерений не препятствует этому и условия их эксплуатации обеспечивают сохранность поверительных клейм в течение всего межповерочного интервала.

Если особенности конструкции (или условия эксплуатации) средств измерений делают невозможным нанесение на них поверительных клейм, то поверительные клейма наносят на паспорт или формуляр средств измерений.



ПР 50.2.006-94

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ.

- п.2.2. Первичной поверке подлежат средства измерений утвержденных типов при выпуске из производства и ремонта, при ввозе по импорту.

...

п.2.3. Первичной поверке подлежит, как правило, каждый экземпляр средств измерений.

Допускается выборочная поверка.



ПР 50.2.006-94

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ.

- п.2.5. Периодической поверке подлежат средства измерений, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через определенные межповерочные интервалы.

п.2.9. Первый межповерочный интервал устанавливается при утверждении типа.

- по напряжению

$$U_{\text{раб}} \leq U_{\text{ном}}$$

- по первичному току

$$I_{1\text{раб}} \leq I_{1\text{ном}}$$

- по вторичному току

1 А или 5А

- по классу точности

- по коэффициенту трансформации

- по вторичной нагрузке

- по коэффициенту безопасности



ПУЭ 6-ое издание

ГЛАВА 1.6

ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- п.1.6.2. Средства измерений электрических величин должны удовлетворять следующим основным требованиям:

| Класс точности прибора | Класс точности измерительного трансформатора |
|------------------------|--|
| 1,0 | 0,5 |
| 1,5 | 0,5 (допускается 1,0) |
| 2,5 | 1,0 (допускается 3,0) |



ПУЭ 6-ое издание

ГЛАВА 1.5

УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

- п.1.5.16. Класс точности трансформаторов тока и напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 0,5.



ПУЭ 6-ое издание

ГЛАВА 1.5 УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ УЧЕТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

п.1.5.17. Допускается применение трансформаторов тока с **завышенным коэффициентом трансформации** (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при **максимальной нагрузке** присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять **не менее 40 %** номинального тока счетчика, а при **минимальной рабочей нагрузке** - **не менее 5 %**.

Обычно !

$I_{НОМ}$



=

$I_{НОМ}$



$$I_{2 \text{ макс}} \geq 0,4 I_{2 \text{ ном}} (2A)$$

$$I_{2 \text{ мин}} \geq 0,05 I_{2 \text{ ном}} (0,25A)$$



Коэффициент трансформации **завышен** если при 25%-ной расчетной присоединяемой нагрузке ток во вторичной обмотке менее 10 % номинального тока счетчика

$$0,25 I_{2 \text{ макс}} < 0,1 I_{2 \text{ ном}}$$

$$I_{2 \text{ макс}} < 0,4 I_{2 \text{ ном}}$$



ГОСТ 7746-2001

Трансформаторы тока.

Общие технические условия.

Класс точности

Диапазон токов, в котором обеспечивается класс точности, % $I_{1\text{НОМ}}$:

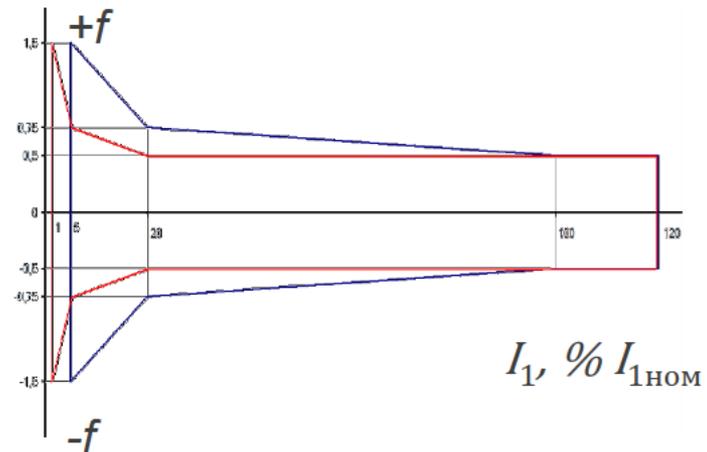
0,5

5 - 120

0,5S

1 - 120

? **зачем** ?
0,5S





● Пример

Номинальный ток ТТ 100 А;
10 часов в сутки – 5 % нагрузки;

Погрешности ТТ (f):

класс 0,5 - 1,5 %;

класс 0,5S - 0,75 %

Ошибка измерения

$$W_{\Delta} = U \cdot I \cdot t \cdot f$$

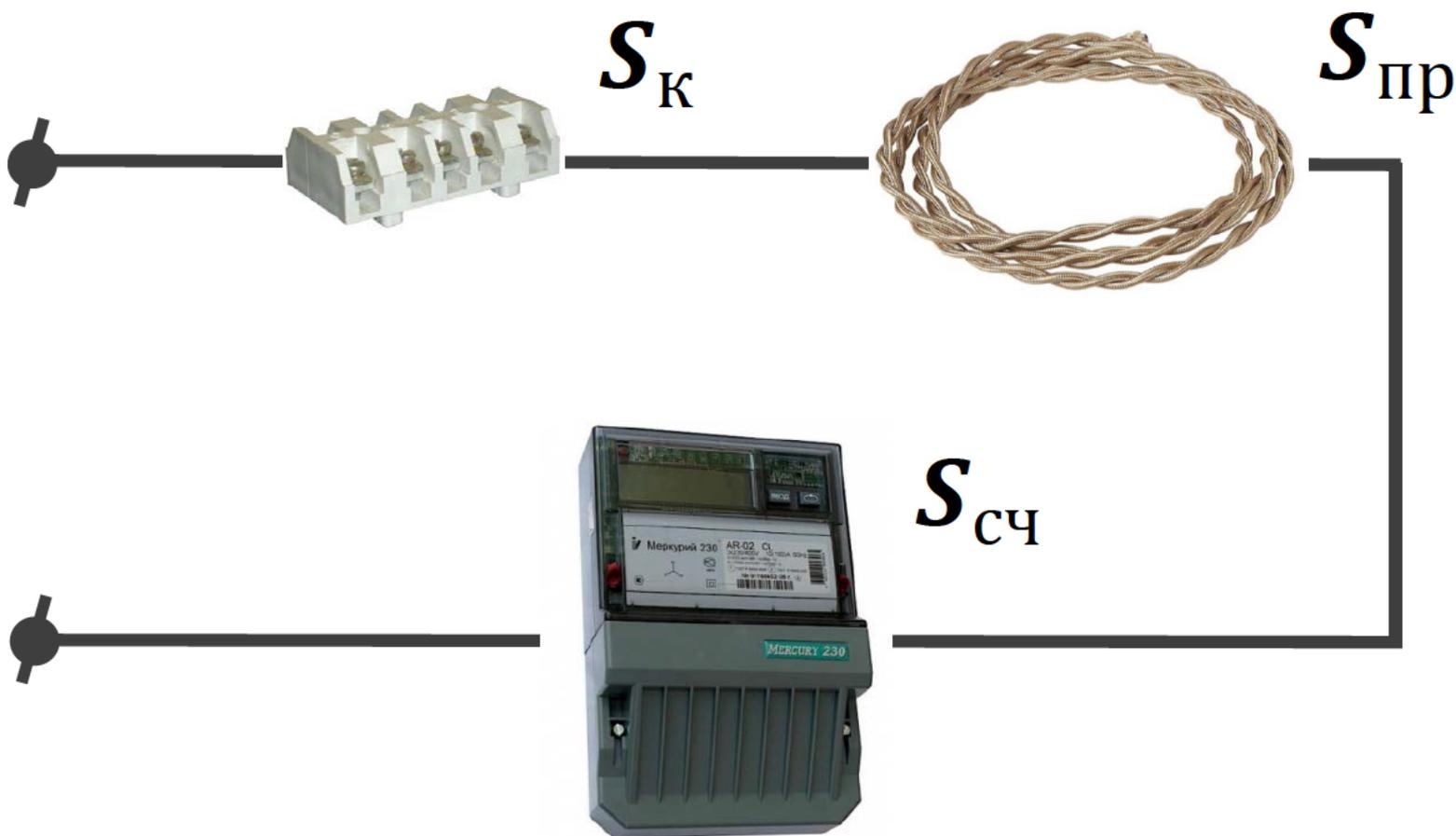
$$W_{\Delta 0,5} = 220 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 0,015 = 0,165 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$$

$$W_{\Delta 0,5S} = 220 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 0,0075 = 0,0825 \text{ кВт}\cdot\text{ч/сутки}$$

Выбор ТТ рекомендуют проводить по табл.:

| Номинальная мощность силового трансформатора, кВА | Номинальный ток, А | Трансформатор тока | |
|---|--------------------|--------------------|----------------|
| | | нижний предел | верхний предел |
| 5 | 7,5 | 10/5 | 15/5 |
| 10 | 14,4 | 20/5 | 30/5 |
| 20 | 28,9 | 30/5 | 50/5 |
| 25 | 36 | 50/5 | 75/5 |
| 30 | 43,3 | 50/5 | 75/5 |
| 35 | 50,5 | 75/5 | 100/5 |
| ... | ... | ... | ... |

$$S_{2 \text{ факт}} \approx S_K + S_{\text{пр}} + S_{\text{сч}}$$



- Сопротивление проводников $R_{\text{пр}}$

$$R_{\text{пр}} = \rho \frac{l_{\text{пр}}}{S_{\text{пр}}}$$

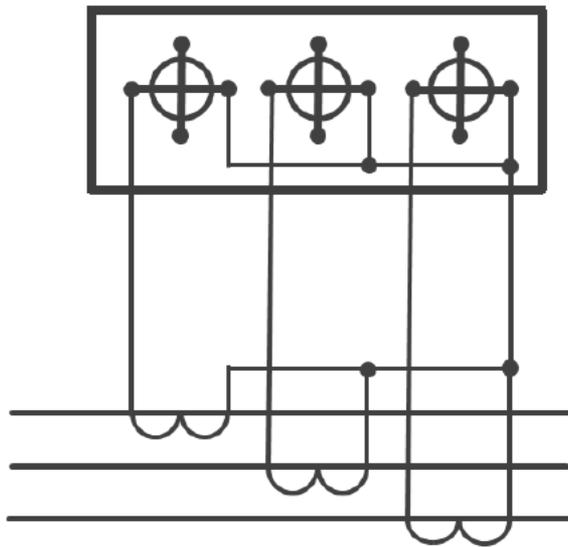


ρ – удельное сопротивление, Ом мм²/м:

медь - 0,0175

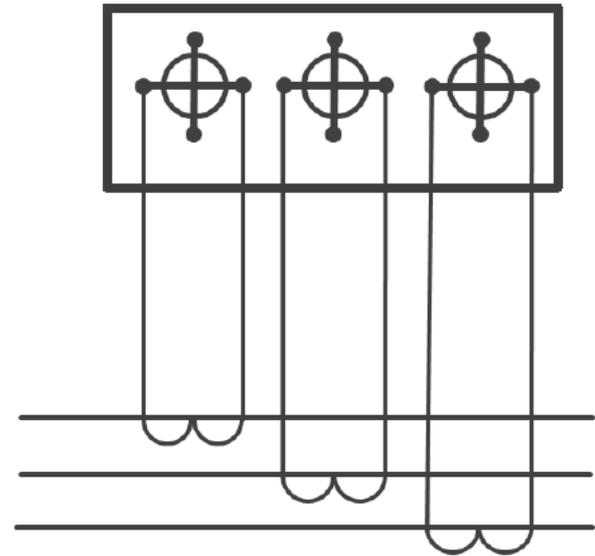
алюминий - 0,0283

- Расчетная длина проводников $l_{\text{пр}}$



$$l_{\text{пр}} = l$$

включение
звездой



$$l_{\text{пр}} = 2l$$

отдельные
включения

- Сечение проводников

$$S_{\text{пр}}$$


ПУЭ 6-ое издание

ГЛАВА 1.3 ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ПО НАГРЕВУ, ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА И ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ.

п. 1.3.11 (допустимые длительные токи для проводов)

ГЛАВА 3.4 ВТОРИЧНЫЕ ЦЕПИ

п. 3.4.4 (условия механической прочности проводов)

Сечение жил проводов от ТТ до счетчиков должны быть не менее:

медных - 2,5 мм²;

алюминиевых – 4 мм²

- Пример:

Медь; $S_{\text{пр}} = 2,5 \text{ мм}^2$; $l_{\text{пр}} = 2 \text{ м}$, ;

$$R_{\text{пр}} = \rho \frac{l_{\text{пр}}}{S_{\text{пр}}} = 14 \text{ мОм};$$

Мощность потерь в проводниках:

$$S_{\text{пр}} = I^2 R_{\text{пр}} = 0,35 \text{ ВА}$$



- Сопротивление контактных соединений

R_K - переходное сопротивление в контактах



Принимают равным 50 мОм

Мощность потерь в контактном соединении S_K 1,25 ВА

- Полная мощность цепи тока счетчика $S_{сч}$

Каталожные данные

Типовые значения 0,1; 0,3; 0,5 ВА





ПУЭ 6-ое издание

ГЛАВА 1.5 УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

- п.1.5.19. Нагрузка вторичных обмоток измерительных трансформаторов, к которым присоединяются счетчики, не должна превышать номинальных значений...

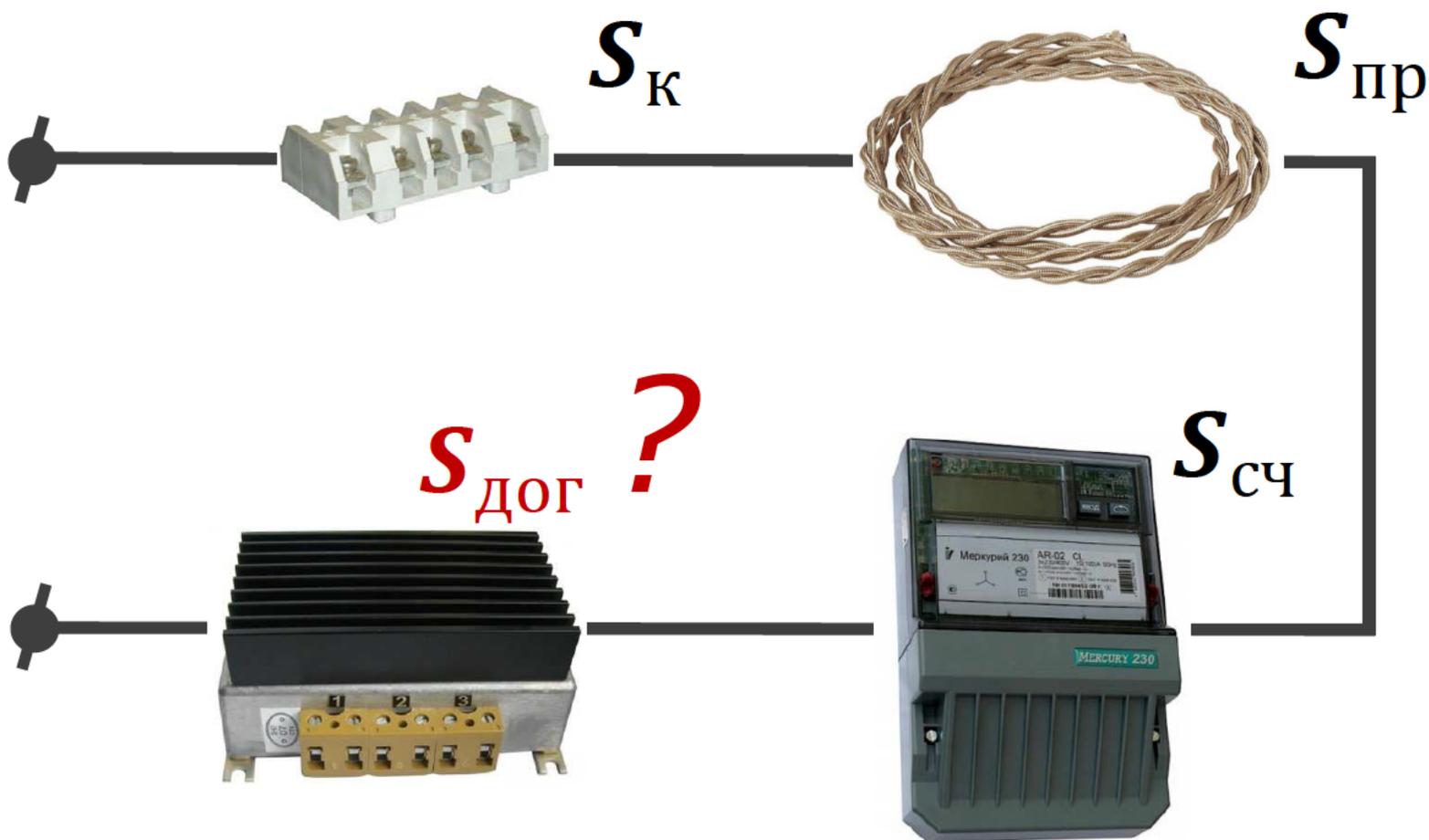


ГОСТ 7746-2001

- ... для трансформаторов с номинальными вторичными нагрузками 5 и 10 ВА нижний предел вторичных нагрузок – 3,75 ВА

| Класс точности | Предел нагрузки, % |
|----------------|--------------------|
| 0,5 | 25 - 100 |
| 0,5s | |

$$S_{2\text{факт}} \approx S_{\text{к}} + S_{\text{пр}} + S_{\text{сч}} + S_{\text{дог}}$$





РОССТАНДАРТ

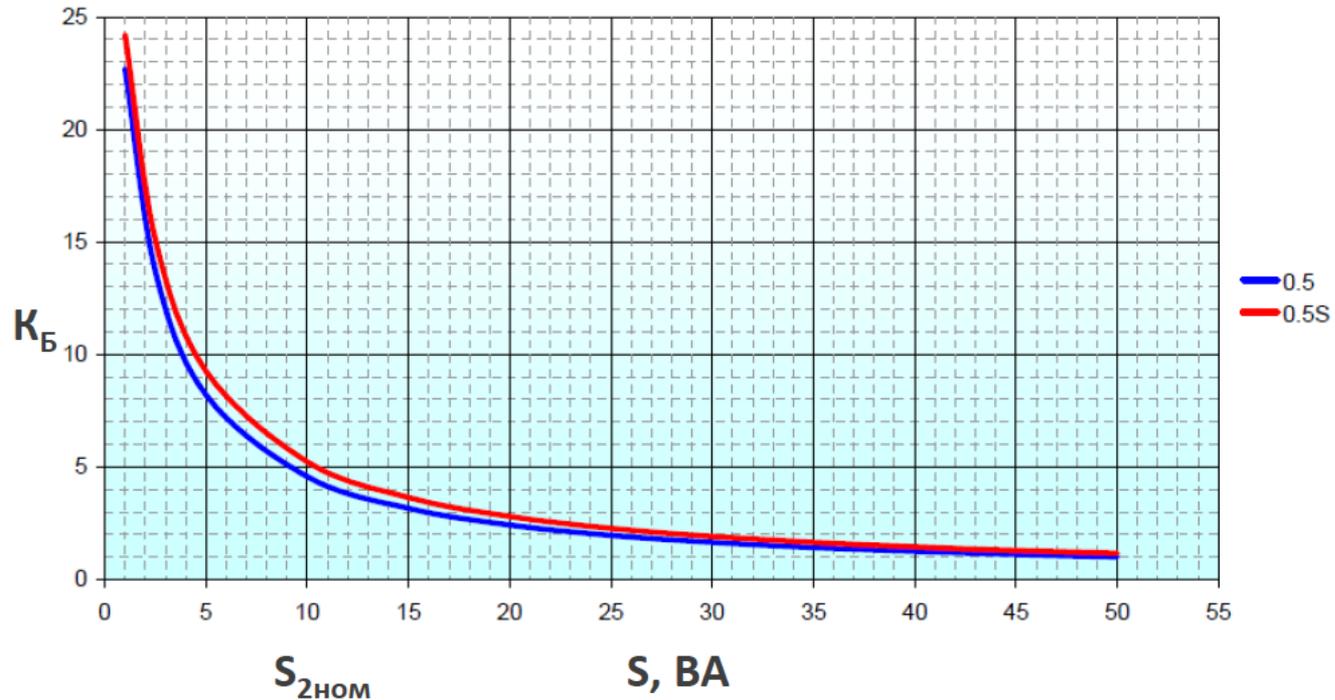
МИ 3022-2006 ГСИ

Нормализация нагрузки вторичных цепей
измерительных трансформаторов тока.

...оптимальные значения метрологических характеристик трансформаторов тока находятся в диапазоне от 40 % до 60 % от номинального значения вторичной нагрузки, то выполняем нормализацию вторичной нагрузки трансформатора тока до уровня **50 %**.

$$S_{\text{догр}} = 0,5 \cdot S_{2 \text{ ном}} - S_{2 \text{ факт}}$$

Типичная зависимость коэффициента безопасности приборов от вторичной нагрузки ТТ



Рекомендуем !

$$S_{\text{догр}} = (0,5 \dots 1) \cdot S_{2 \text{ ном}} - S_{2 \text{ факт}}$$



$S_{\text{дог}} ?$

● Пример:

$$S_{\text{пр}} = 0,35 \text{ ВА}; S_{\text{к}} = 1,25 \text{ ВА}; S_{\text{сч}} = 0,01 \text{ ВА}$$

$$S_{\text{факт}} = 0,35 + 1,25 + 0,01 = 1,61 \text{ ВА}$$

а) $S_{2 \text{ ном}} = 5 \text{ ВА};$

$$S_{\text{догр}} = 3,75 - 1,61 = 2,14 \approx 2,5 \text{ ВА}$$

б) $S_{2 \text{ ном}} = 10 \text{ ВА};$

$$S_{\text{догр}} = 5,00 - 1,61 = 3,39 \approx 3 \text{ ВА}$$

После проведения нормализации нагрузки ТТ измеряют фактическое значение нагрузки (сопротивления) вторичной цепи





ПУЭ 6-ое издание

ГЛАВА 1.5 УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ УЧЕТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

п.1.5.18. **Присоединение** токовых обмоток счетчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока **следует** проводить, как правило, отдельно от цепей защиты и совместно с электроизмерительными приборами...



Требования Ростехнадзора

Не следует включать какие-либо измерительные приборы во вторичную цепь трансформаторов тока вместе со счетчиками электроэнергии



ПУЭ 6-ое издание

ГЛАВА 1.5 УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ УЧЕТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

1.5.23. Цепи учета следует выводить на самостоятельные сборки зажимов или секции в общем ряду зажимов.

Коробка испытательная переходная обеспечивает:

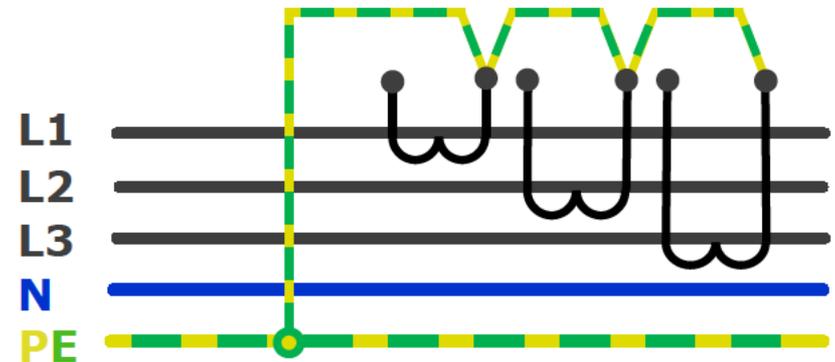
- закорачивание вторичных цепей ТТ,
- отключение токовых цепей и цепей напряжения счетчика при их замене или проверке;
- включение образцового счетчика без отсоединения проводов и кабелей.



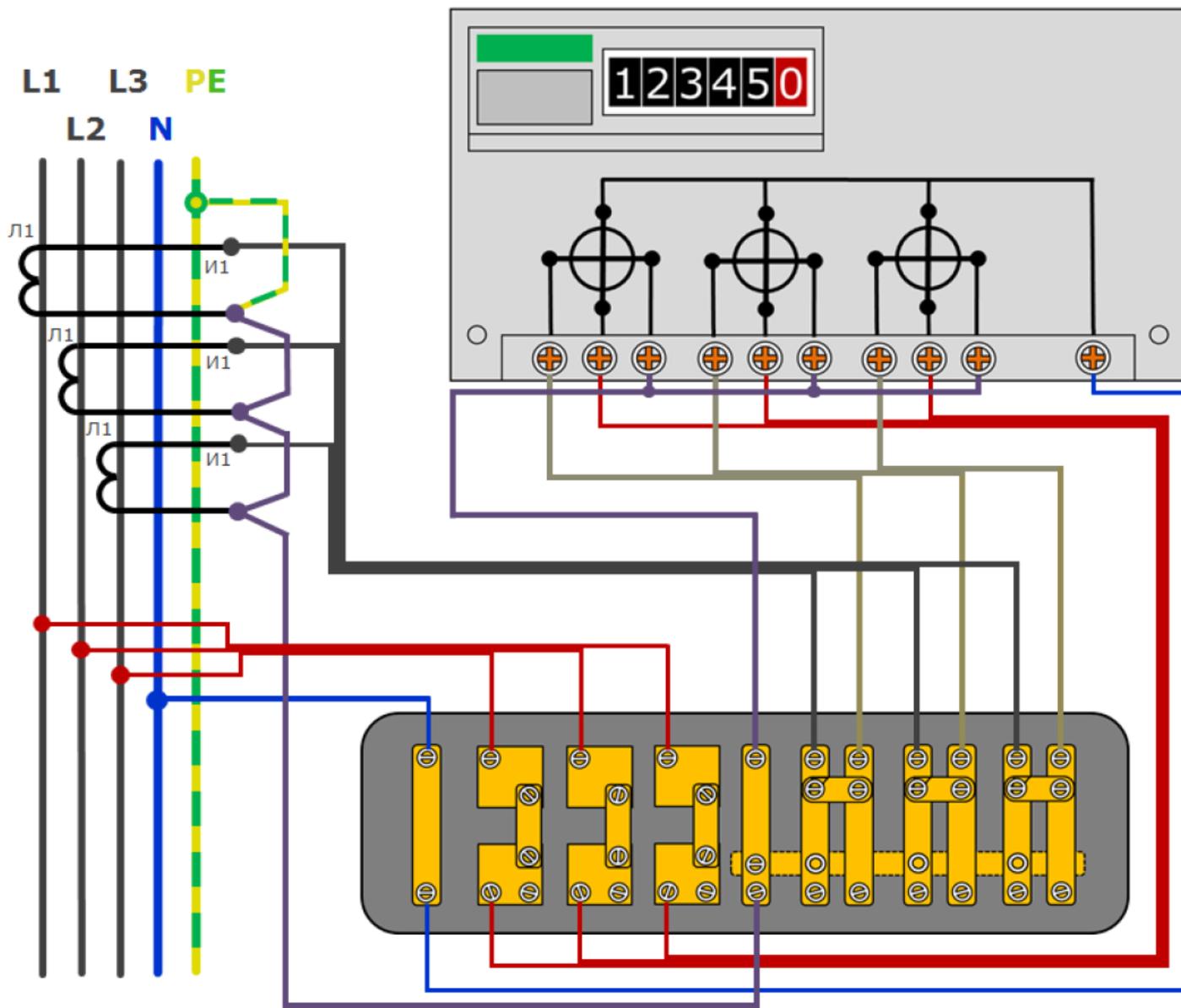
ПУЭ 6-ое издание

ГЛАВА 3.4 ВТОРИЧНЫЕ ЦЕПИ

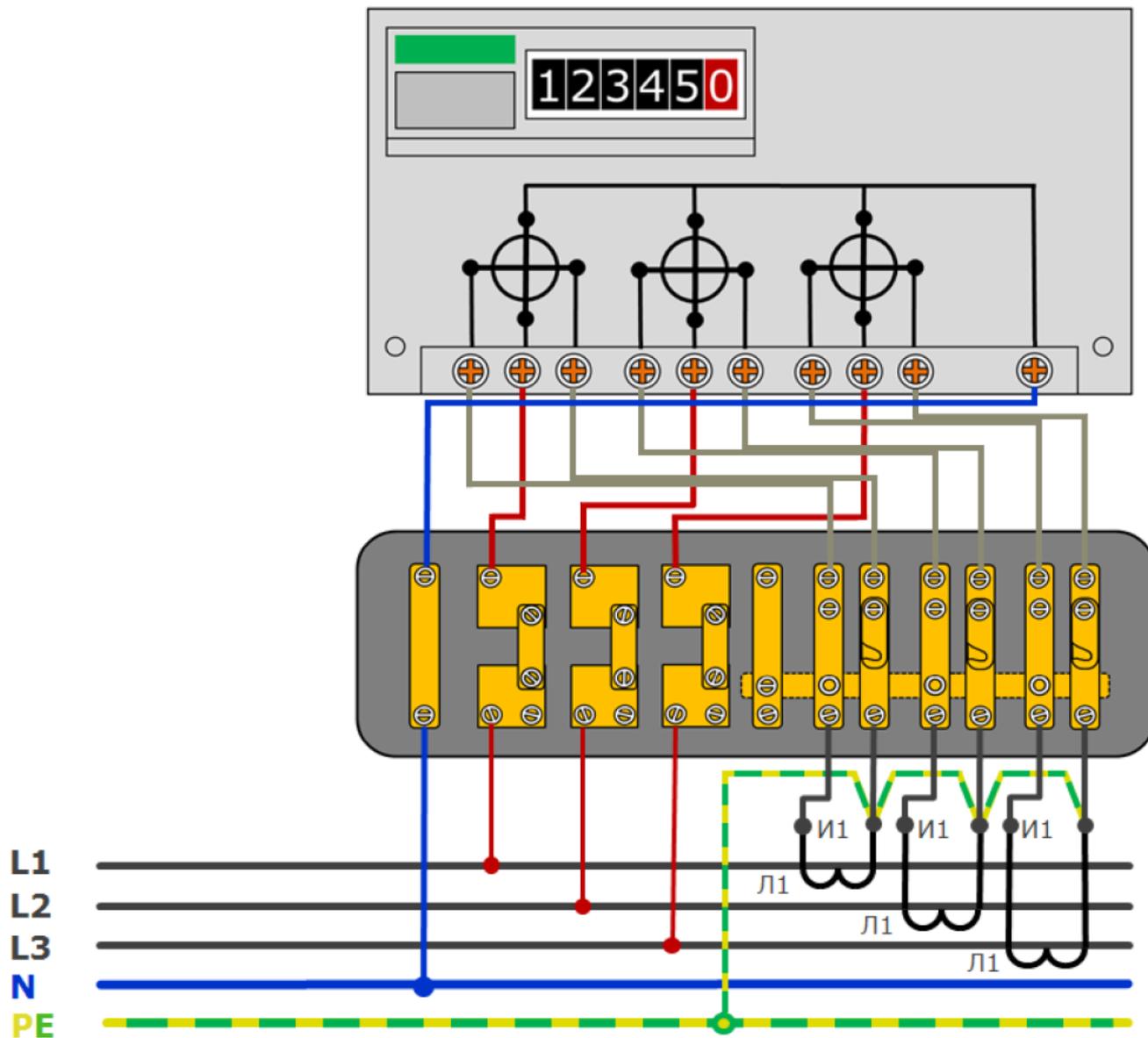
3.4.23. Заземление во вторичных цепях трансформаторов тока следует предусматривать в одной точке на ближайшей от трансформаторов тока сборке зажимов или на зажимах трансформаторов тока



полная звезда



десяти-
проводная



1

Торговый каталог

2

Паспорт на изделие

3

Газета «Вестник ИЭК»

4

Сайт компании



www.iek.ru

5

Система дистанционного обучения
СДО



www.iek-edu.com



Спасибо за внимание!

Группа компаний IEK

тел. +7 (495) 542-22-22 /23

факс. +7 (495) 542-22-20

Отдел проектной поддержки (доб.3263, 3334)

Техническая поддержка +7 (495) 542-22-27

www.iek.ru

www.iek-edu.com



Спасибо за внимание!