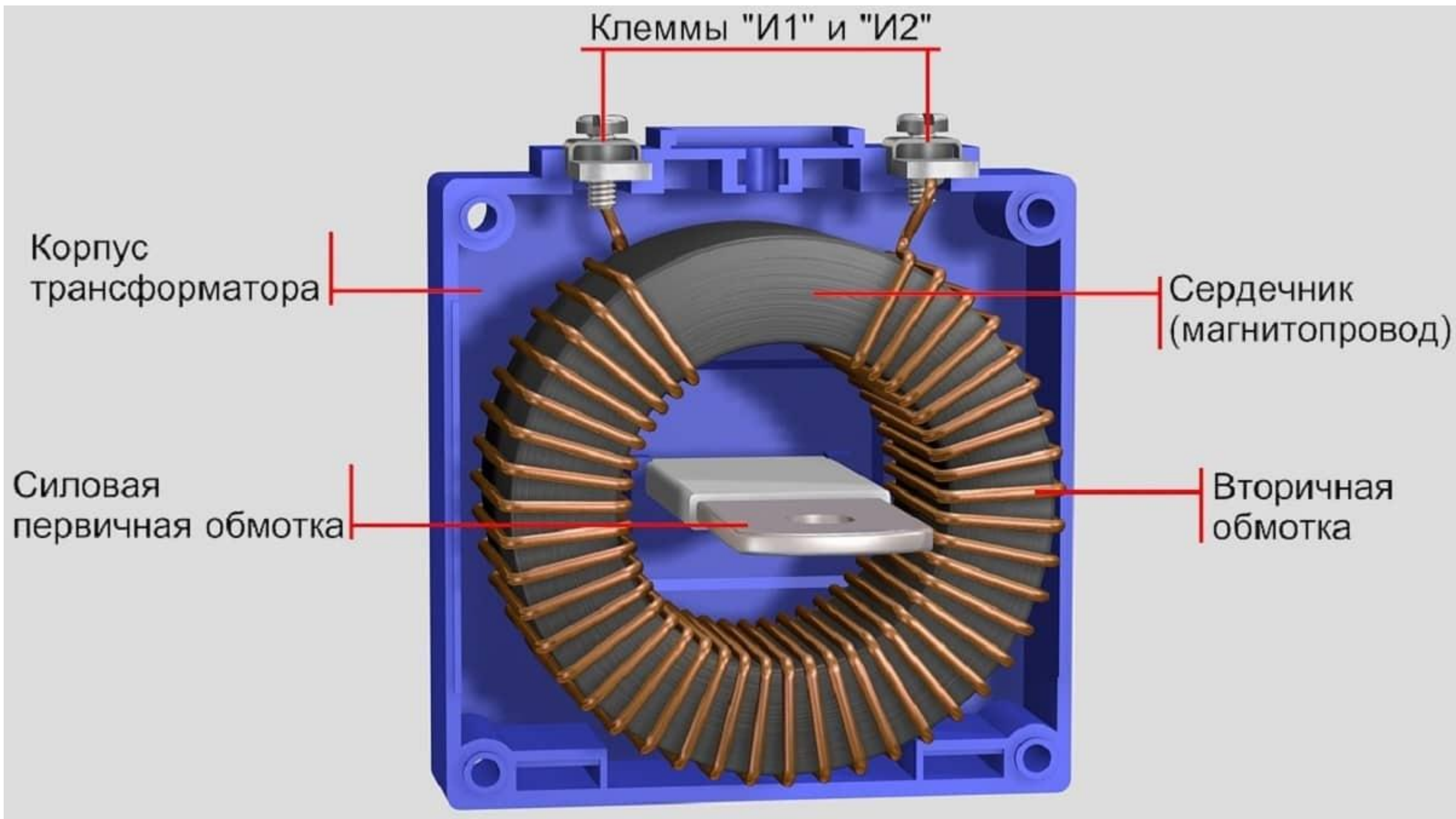


# Измерительные трансформаторы тока



## ДЛЯ ЧЕГО НУЖНЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА

- Трансформатор принадлежит к классу статических электромагнитных аппаратов, который преобразует ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Измерительные трансформаторы признаны одними из самых надежных элементов в системе энергообеспечения.
- Помимо определения показателей нагрузки и напряжения служат для присоединения аппаратуры автоматического регулирования и защитных устройств. С помощью измерительных трансформаторов:
  - снижают габариты и вес приборов измерения;
  - повышают уровень безопасного обслуживания оборудования;
  - предупреждают последствия от ошибочных действий электротехнического персонала;
  - расширяют пределы измерения переменного тока.

## НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

- Трансформаторы тока преобразуют первичный ток во вторичный ток меньшей величины в процессе гальванического разделения цепи. Они служат для включения амперметров и токовых катушек приборов измерения, отличающихся очень малым сопротивлением.
- Трансформаторы тока постоянно работают в **режиме короткого замыкания**. Вторичная цепь защищается от сильных токов за счет эффекта насыщения стального сердечника.
- Применяются ТТ там, где затруднительно произвести замеры токовых величин напрямую.
- С использованием измерительных трансформаторов выполняют учет потребления электроэнергии.

Трансформатор тока имеет замкнутый магнитопровод 2 (рисунок 1) и две обмотки — первичную 1 и вторичную 3. Первичная обмотка включается последовательно в цепь измеряемого тока  $I_1$ , ко вторичной обмотке присоединяются измерительные приборы, обтекаемые током  $I_2$ .

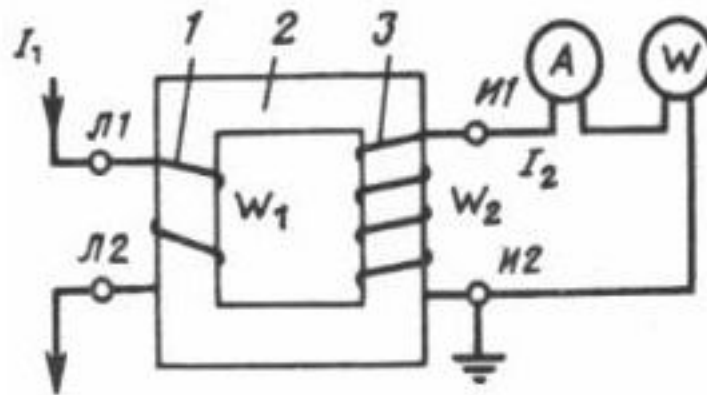


Рисунок 1 - трансформатор тока

Трансформатор тока характеризуется номинальным коэффициентом трансформации

$$K_n = \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}}$$

где  $I_{1ном}$  и  $I_{2ном}$  - номинальные значения первичного и вторичного тока соответственно. Значения номинального вторичного тока приняты равными **5 и 1 А**.

Коэффициент трансформации трансформаторов тока не является строго постоянной величиной и может отличаться от номинального значения вследствие погрешности, обусловленной наличием тока намагничивания. Токовая погрешность определяется по выражению

$$\frac{I_1 - I_2}{I_2} = \frac{I_1}{I_2} - 1 = \frac{I_1}{I_2} - \frac{I_1}{I_1} = \frac{I_1}{I_2} - \frac{I_1}{I_1} = \frac{I_1}{I_2} - 1$$

Погрешность трансформатора тока зависит от его конструктивных особенностей: сечения магнитопровода, магнитной проницаемости материала магнитопровода, средней длины магнитного пути, значения  $I_1 W_1$ . В зависимости от предъявляемых требований выпускаются трансформаторы тока с классами точности 0,2; 0,5; 1; 3; 10. Указанные цифры представляют собой токовую погрешность в процентах номинального тока при нагрузке первичной обмотки током 100—120% для первых трех классов и 50—120% для двух последних. Для трансформаторов тока классов точности 0,2; 0,5 и 1 нормируется также угловая погрешность.

Погрешность трансформатора тока зависит от вторичной нагрузки (сопротивление приборов, проводов, контактов) и от кратности первичного тока по отношению к номинальному. Увеличение нагрузки и кратности тока приводит к увеличению погрешности.

При первичных токах, значительно меньших номинального, погрешность трансформатора тока также возрастает.

**Трансформаторы тока класса 0,2 применяются для присоединения точных лабораторных приборов, класса 0,5 — для присоединения счетчиков денежного расчета, класса 1 — для всех технических измерительных приборов, классов 3 и 10 — для релейной защиты.**

- Токовые цепи измерительных приборов и реле имеют малое сопротивление, поэтому трансформатор тока нормально работает в режиме, близком к режиму КЗ. Если разомкнуть вторичную обмотку, магнитный поток в магнитопроводе резко возрастет, так как он будет определяться только МДС первичной обмотки. В этом режиме **магнитопровод может нагреться до недопустимой температуры**, а на вторичной разомкнутой обмотке появится высокое напряжение, достигающее в некоторых случаях десятков киловольт.
- **Из-за указанных явлений не разрешается размыкать вторичную обмотку трансформатора тока при протекании тока в первичной обмотке. При необходимости замены измерительного прибора или реле предварительно замыкается накоротко вторичная обмотка трансформатора тока (или шунтируется обмотка реле, прибора).**



# ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И

При осуществлении защиты применяются различные схемы соединения трансформаторов тока и обмоток реле в первую очередь схема полной звезды, схема неполной звезды и схема включения реле на разность токов двух фаз (рисунок 2).

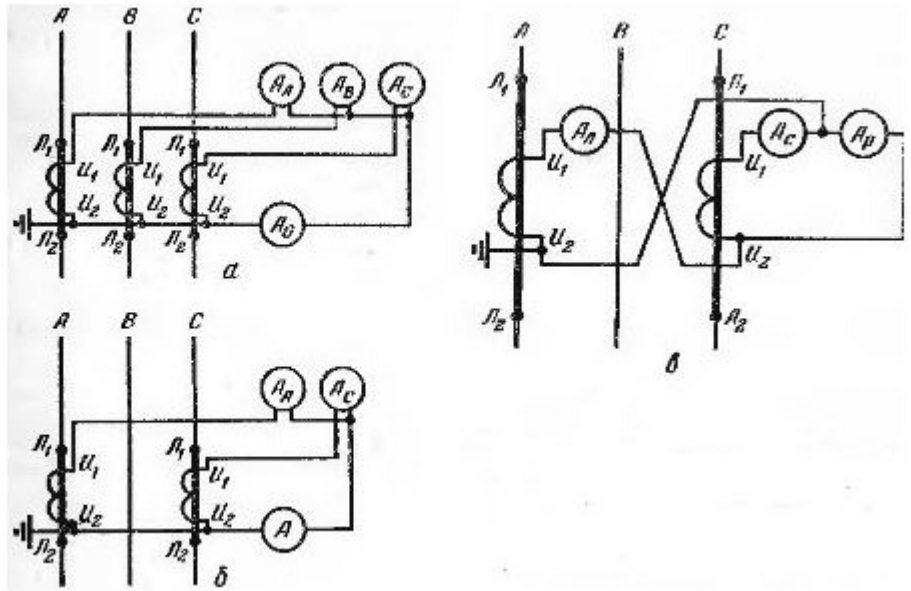
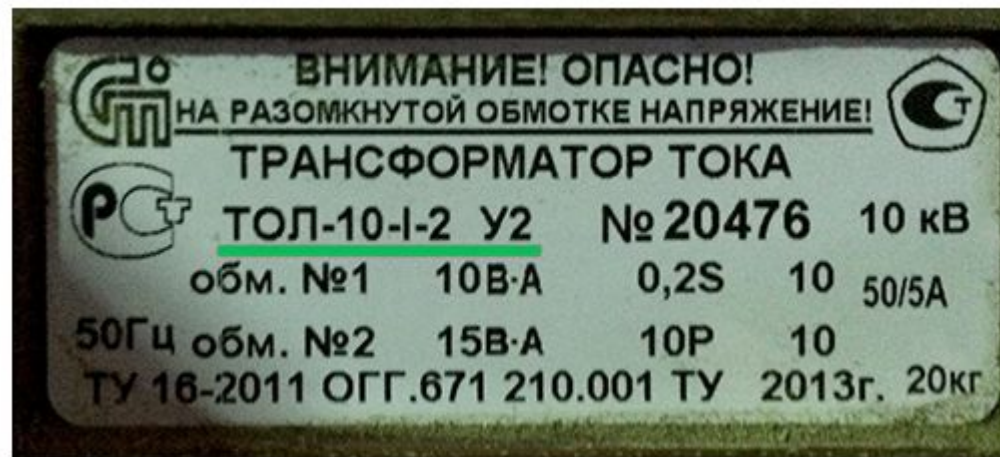


Рисунок 2 - Схемы соединения трансформаторов тока и реле: а – полная звезда; б – неполная звезда; в – включение одного реле на разность токов двух фаз.

- В сельских электрических сетях в настоящее время наиболее часто используют схему неполной звезды. В дифференциальных защитах силовых трансформаторов и блоков генератор — трансформатор, а также в других защитах применяется схема включения трансформаторов тока в треугольник, реле в звезду.
- Выбор той или иной схемы соединения определяется целым рядом факторов: назначением защиты, видами повреждений, на которые защита должна реагировать, условиями чувствительности, требованиями простоты выполнения и эксплуатации и т. д.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

- Отечественные трансформаторы тока имеют следующие обозначения:
- первая буква в обозначении «Т» — трансформатор тока
- вторая буква — разновидность конструкции: «П» — проходной, «О» — опорный, «Ш» — шинный, «Ф» — в фарфоровой крышке
- третья буква — материал изоляции: «М» — масляная, «Л» — литая изоляция
- Далее через тире пишется класс изоляции трансформатора тока, климатическое исполнение и категория установки. Например ТПЛ - 10УХЛ4 100/5А: «трансформатор тока проходной с литой изоляцией с классом изоляции 10 кВ, для умеренного и холодного климата, категории 4 с коэффициентом трансформации 100/5» (читается как «сто на пять»).



В зависимости от категории установки могут применяться особые обозначения. Для трансформатора тока и напряжения они могут не совпадать. Вторая разновидность техники применяется при работе защитных механизмов или для измерения тока. Первая категория приборов предназначена для изменения значения переменного тока.



# Конструкции трансформаторов тока.

- По типу первичной обмотки различают катушечные (на напряжение до 3 кВ включительно), одновитковые и многовитковые трансформаторы.
- На рисунке 2а схематично показано выполнение магнитопроводов и обмоток, а на рисунке 2б — внешний вид трансформатора тока ТПОЛ-20 (проходной, одновитковый, с литой изоляцией на 20 кВ). В этих трансформаторах токоведущий стержень, проходящий через «окна» двух магнитопроводов, является одним витком первичной обмотки. Одновитковые трансформаторы тока изготавливаются на первичные токи 600 А и более; при меньших токах МДС первичной обмотки  $I_1W_1$  окажется недостаточной для работы с необходимым классом точности.
- К самостоятельному изучению

Трансформатор тока элегазовый с фарфоровой изоляцией

- Трансформатор ТПОЛ-20 имеет два магнитопровода, на каждый из которых намотана своя вторичная обмотка. Классы точности этих трансформаторов тока 0,5; 3 и Р. Магнитопроводы вместе с обмотками заливаются компаундом на основе эпоксидной смолы, который после затвердения образует монолитную массу. Такие трансформаторы тока имеют значительно меньшие размеры, чем трансформаторы с фарфоровой изоляцией, выпускавшиеся ранее, и обладают высокой электродинамической стойкостью.

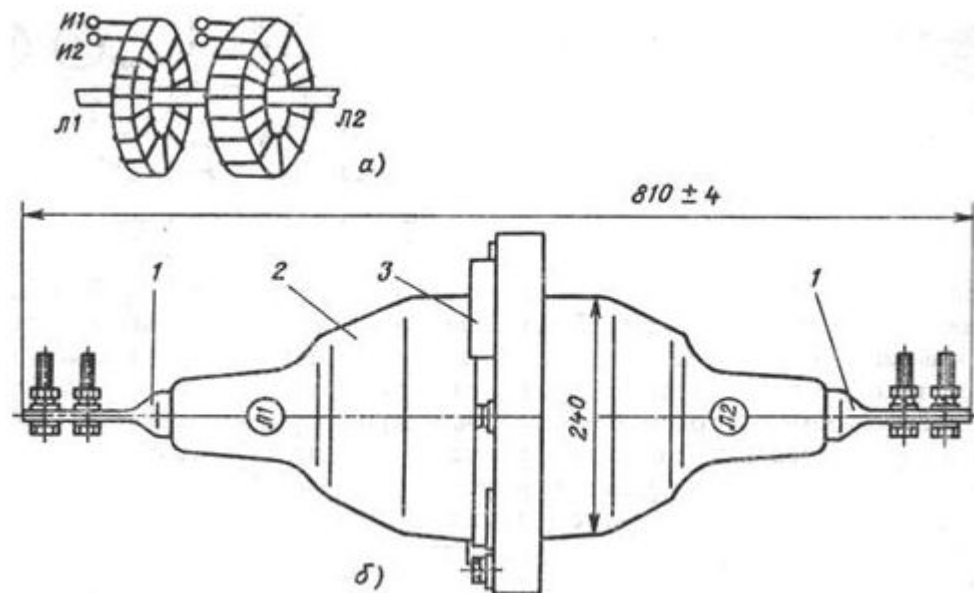


Рисунок 2 -Трансформатор тока ТПОЛ-20:

а - принципиальное расположение магнитопроводов с обмотками; б - конструкция: 1 - вывод первичной обмотки, 2 - эпоксидная изоляция; 3 - выходы вторичной обмотки

Рассматриваемый трансформатор тока в распределительном устройстве выполняет одновременно роль проходного изолятора.

При токах, меньших 600 А, применяются многовитковые трансформаторы тока ТПЛ, у которых первичная обмотка  $\mathcal{Z}$  состоит из нескольких витков, количество которых определяется необходимой МДС (рисунок 3).

В комплектных распределительных устройствах применяются опорно-проходные трансформаторы тока ТЛМ-10, ТПЛК-10, конструктивно совмещенные с одним из штепсельных разъемов первичной цепи ячейки КРУ.

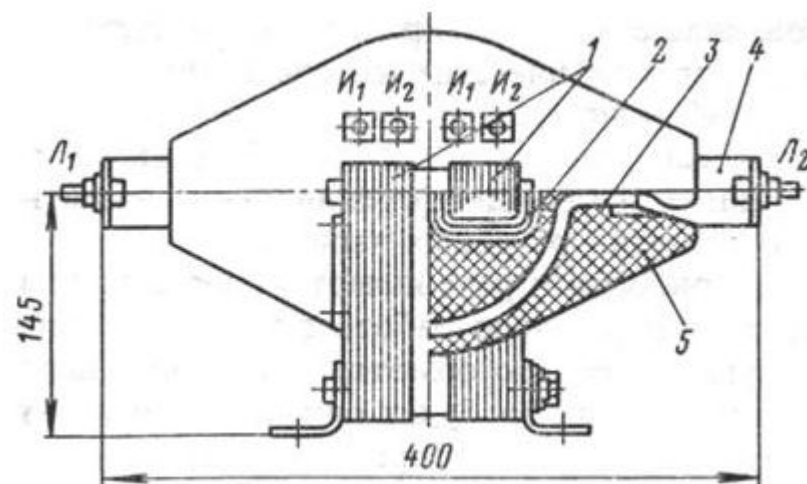


Рисунок 3 -Трансформатор тока ТПЛ-10 с двумя магнитопроводами:  
1 - магнитопровод; 2 - вторичная обмотка; 3 - первичная обмотка; 4 - вывод первичной обмотки; 5 - литой эпоксидный корпус

