

# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

- **По виду измеряемого значения:**
  - трансформаторы напряжения;
  - трансформаторы тока (переменного);
  - трансформаторы постоянного тока.
- **По количеству коэффициентов трансформации:**
  - однодиапазонные;
  - многодиапазонные.
- **По способу установки:**
  - внутренней установки;
  - наружной установки;
  - встроенные;
  - накладные;
  - переносные.
- **По материалу диэлектрика:**
  - масляные;
  - газонаполненные;
  - сухие (с изоляцией из бакелизированной бумаги, с керамической изоляцией, с эпоксидной изоляцией. )



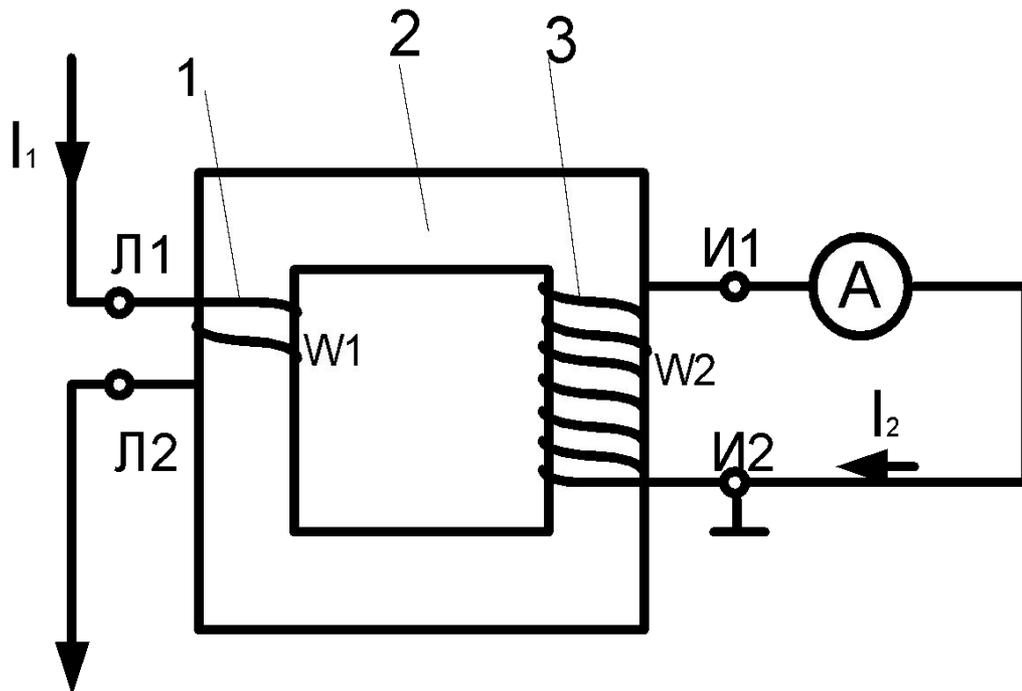
Измерительные трансформаторы применяют в установках переменного тока для изоляции цепей измерительных приборов и реле от сети высокого напряжения, для расширения пределов измерения измерительных приборов.

# *Трансформаторы тока*



Опорно-проходной трансформатор тока ТПЛ-10-М

Измерительные трансформаторы тока применяются для включения в сеть амперметров, обмоток тока ваттметров, счетчиков и фазометров. Первичная обмотка трансформатора тока выполняется из провода большого поперечного сечения и включается в цепь последовательно. Вторичная обмотка выполняется всегда на ток  $I_2 = 5\text{A}$ . Рабочий режим трансформатора тока близок к короткому замыканию, поэтому размеры магнитопровода у него значительно меньше, чем у трансформатора напряжения.



Трансформатор тока имеет замкнутый магнитопровод **2** 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  $I_2$ .

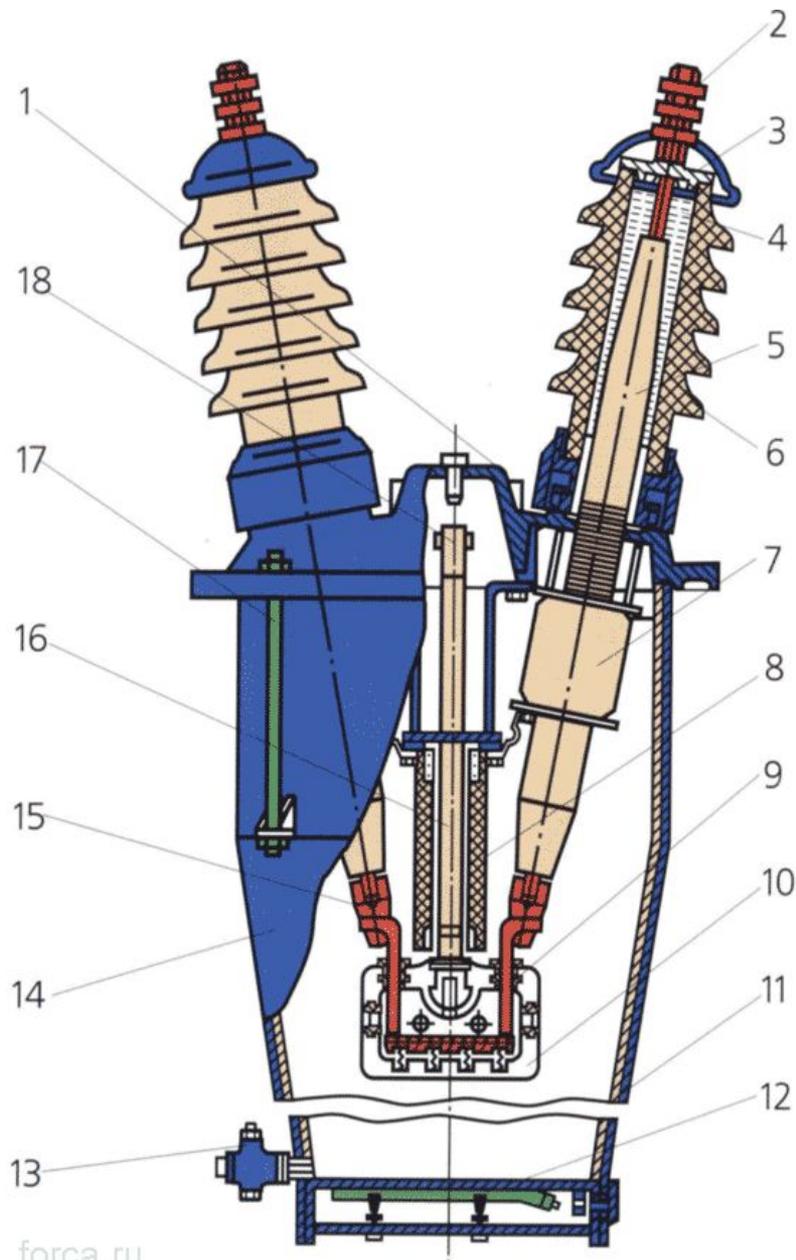


По исполнению и применению трансформаторы тока бывают следующих видов:

- встроенный трансформатор тока — трансформатор тока, первичной обмоткой которого служит ввод электротехнического устройства;
- опорный трансформатор тока — трансформатор тока, предназначенный для установки на опорной плоскости;
- проходной трансформатор тока — трансформатор тока, предназначенный для использования его в качестве ввода;
- шинный трансформатор тока — трансформатор тока, первичной обмоткой которого служит одна или несколько параллельно включенных шин распределительного устройства (шинные трансформаторы тока имеют изоляцию, рассчитанную на наибольшее рабочее напряжение);

# Встроенный трансформатор тока

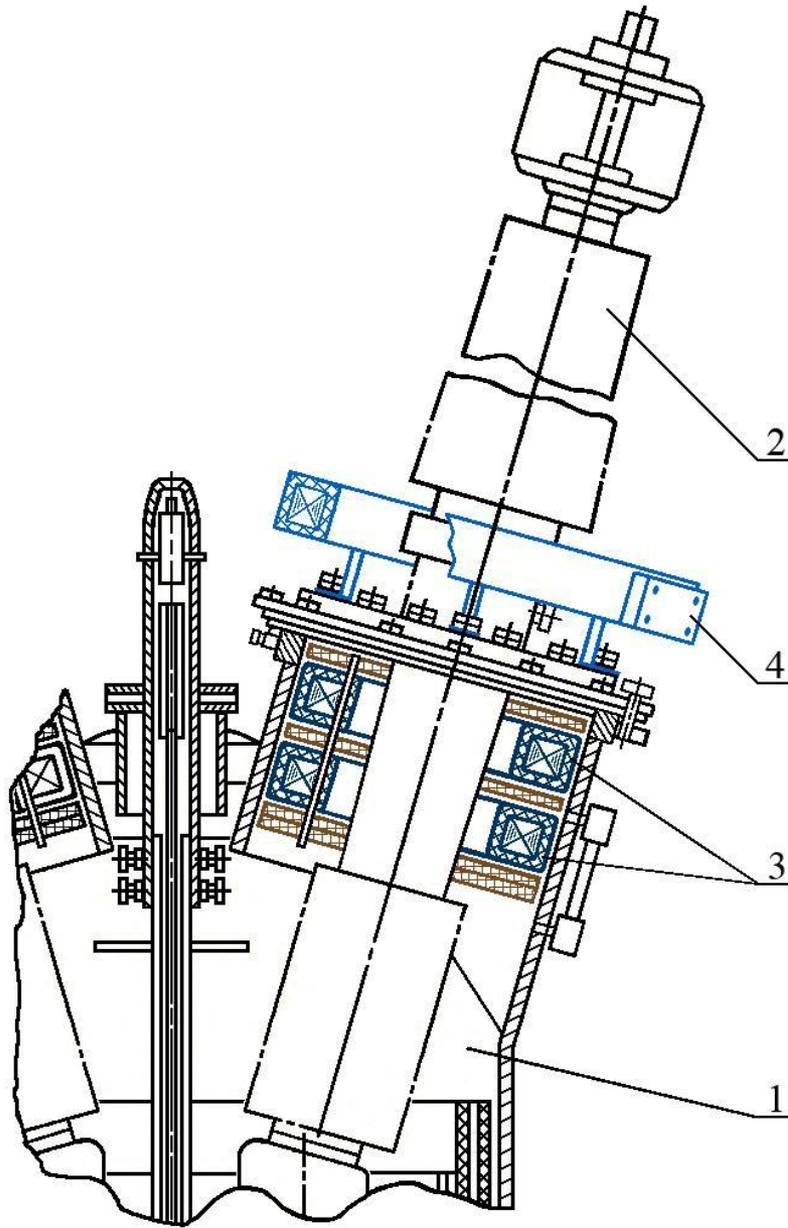
a)



Выключатель типа С-35М-630-10

1 - стальная крышка; 2 - контактный вывод; 3 - крышка; 4 - морозостойкая мастика; 5 - бакелитовая втулка; 6 - фарфоровая покрывка; 7 – **встроенный трансформатор тока**; 8 - направляющая втулка; 9 - неподвижный контакт; 10 - дугогасительная камера выключателя; 11 - изоляционный электрокартон; 12 - подогреватель масла; 13 - маслоспускной кран; 14 - бак; 15 - токоведущий стержень ввода; 16 - штанга; 17 - стяжная шпилька; 18 - приводной механизм

Пример установки трансформатора ТВ



# Опорный трансформатор тока

# Опорный однообмоточный трансформатор тока ТОЛ-35



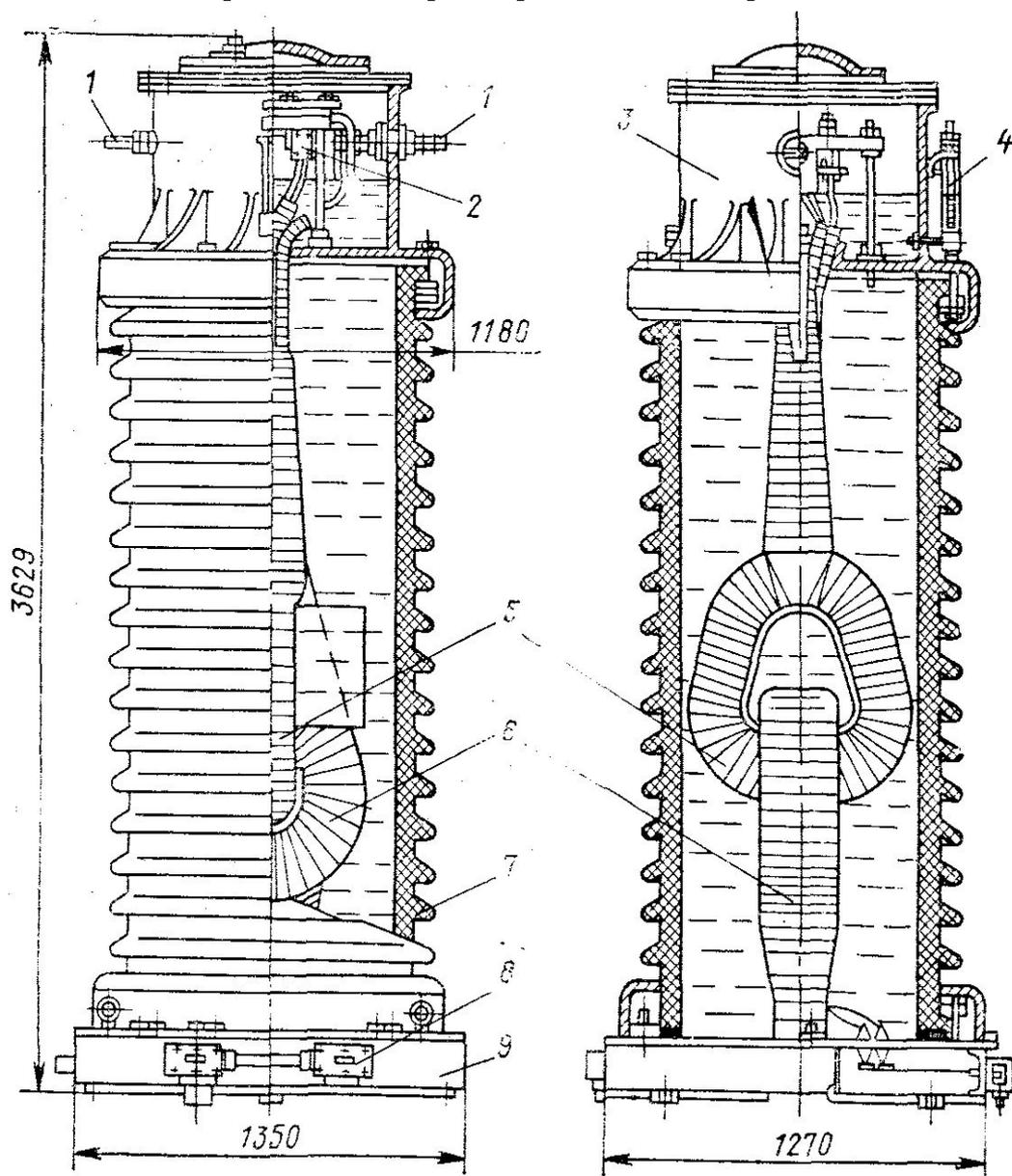
# Опорные трансформаторы тока ТОП-0,66,



# Опорные трансформаторы тока ТОЛК-10



# Трансформатор тока типа ТФН-220



- 1 — выводы первичной обмотки;
- 2 — переключатель;
- 3 - маслорасширитель;
- 4 — маслоуказатель;
- 5 — первичная обмотка;
- 6 — сердечник со вторичной обмоткой;
- 7 — крышка — фарфор;
- 8 - коробка зажимов вторичной обмотки;
- 9 — цоколь основания

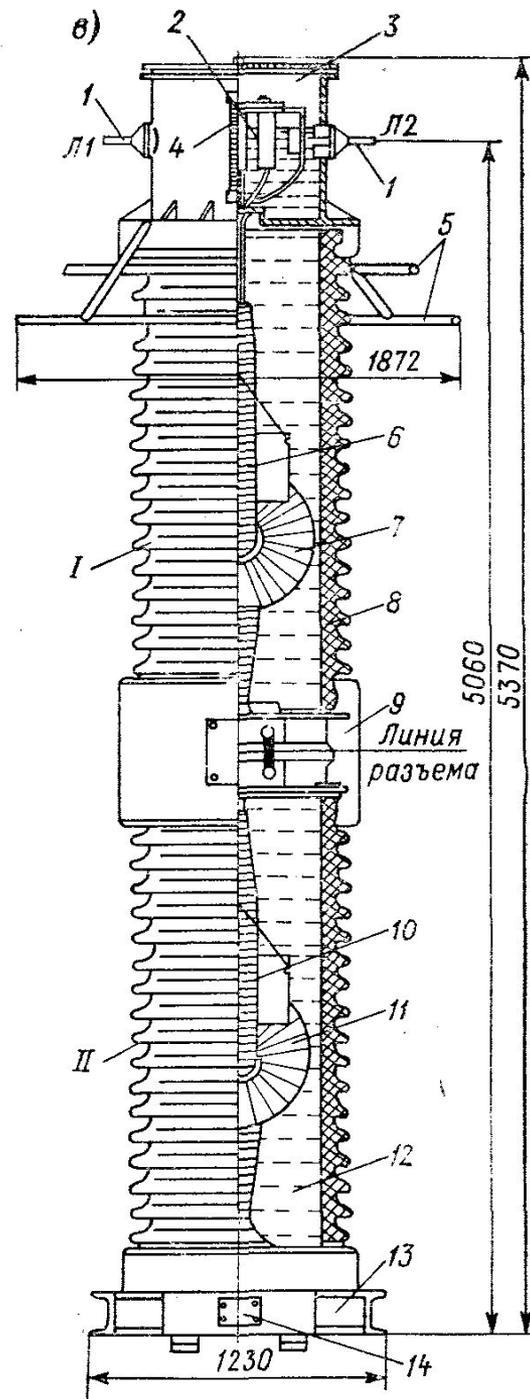
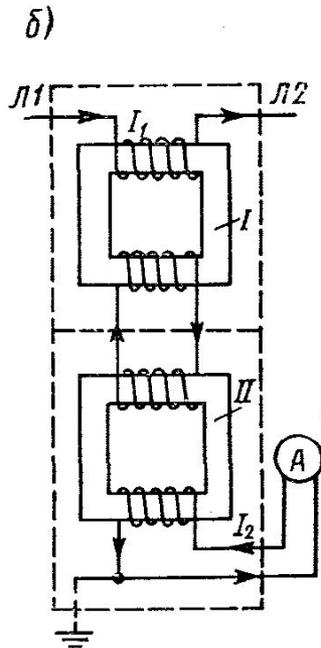
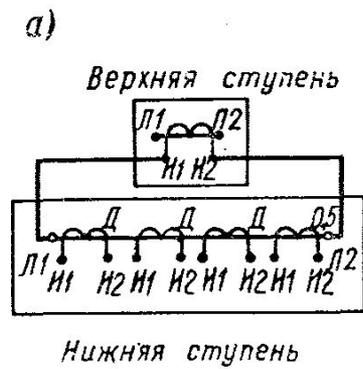
# Трансформатор тока типа ТФН-220



# Каскадный трансформатор тока

[elex.ru](http://elex.ru)





## Каскадный трансформатор тока типа ТФНКД-330:

1 — вводы первичной обмотки; 2 — переключатель; 3 — маслорасширитель; 4 — маслоуказатель; 5 — кольца экрана; 6 — первичная обмотка верхней ступени; 7 сердечник со вторичной обмоткой верхней ступени; 8 — крышка (корпус) фарфор; 9 соединительная часть; 10 — первичная обмотка нижней ступени; 11 сердечник со вторичной обмоткой нижней ступени; 12 — масло; 13 — цоколь основания; 14 коробка зажимов вторичной обмотки

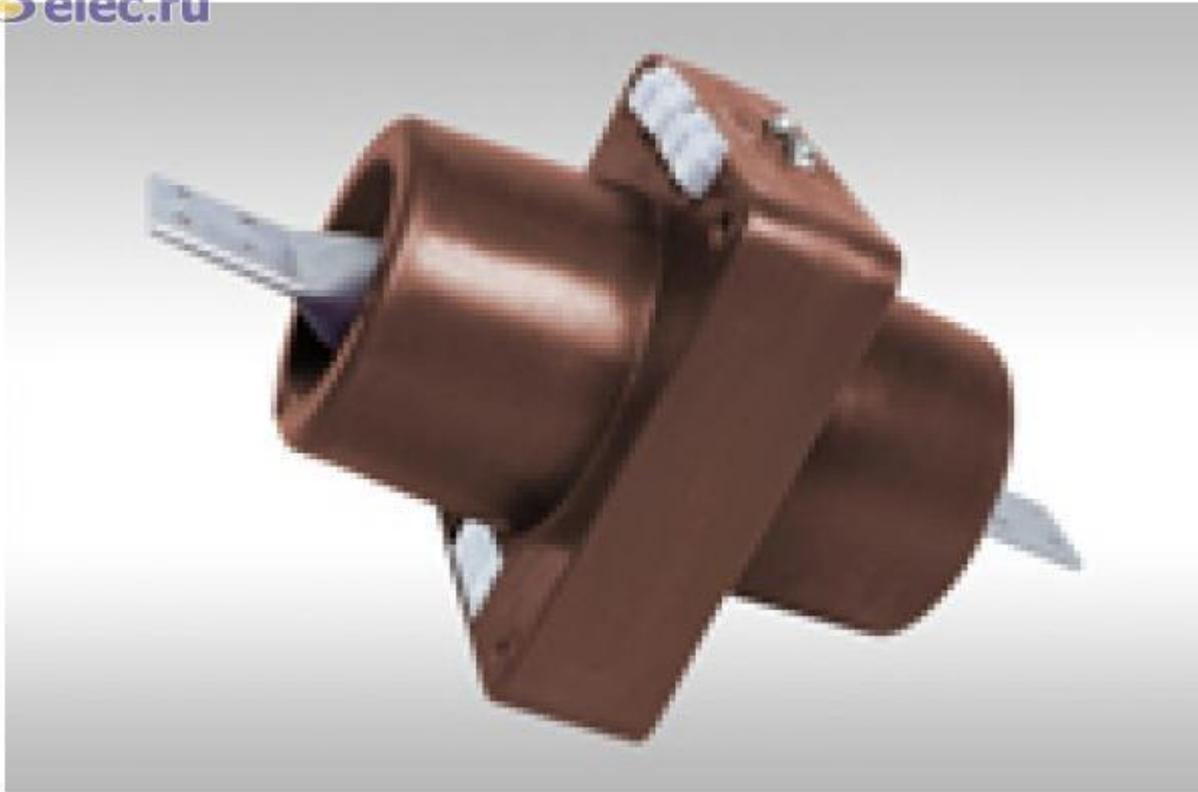
- **Каскадный трансформатор:**

- два и более последовательно включенных электрических трансформатора для преобразования или использования переменного тока высокого напряжения. Обычно применяется принцип каскадного возбуждения трансформаторов. Каждый последующий трансформатор возбуждается от части повышающей обмотки предыдущего трансформатора.
- недостатки такого каскадного трансформатора: установленная мощность трансформаторов намного превышает мощность каскада, значительная индуктивность, неравномерность распределения импульсных напряжений по отдельным звеньям каскада, громоздкость конструкции.

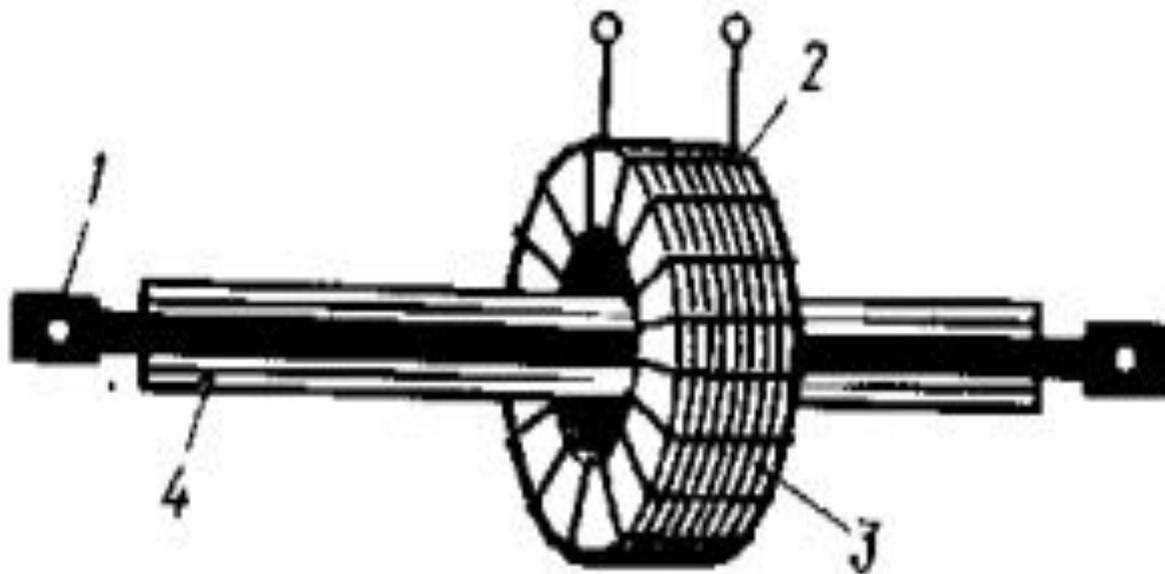
# Проходной трансформатор тока

# Проходные трансформаторы тока ТПОЛ-10

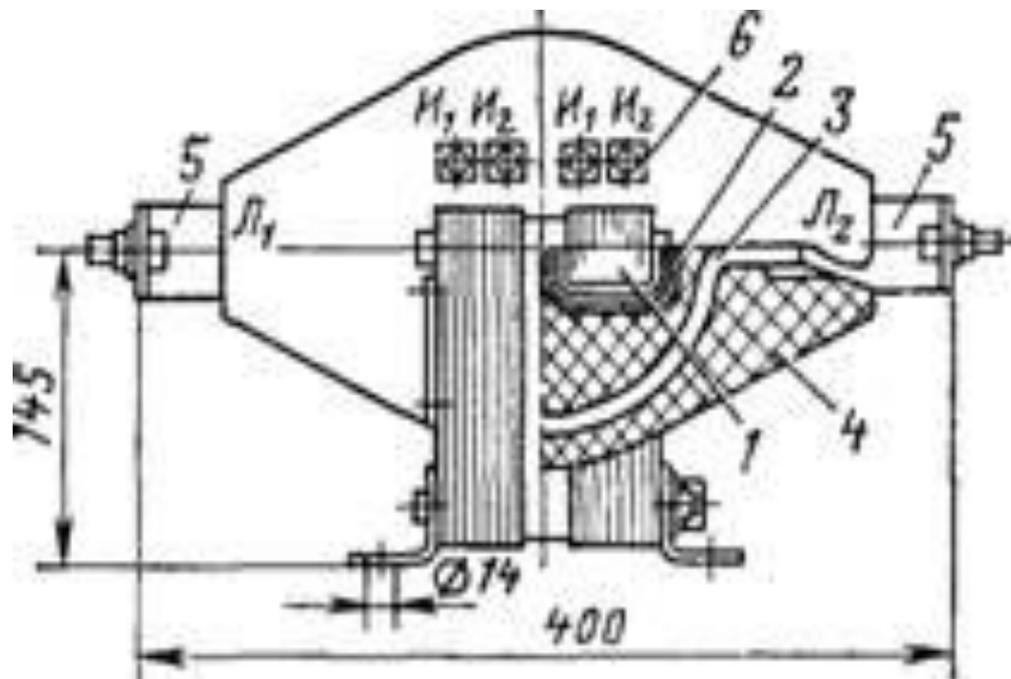
 elec.ru



На подстанциях применяют так называемые проходные трансформаторы тока. В таком трансформаторе магнитопровод 3 и вторичная обмотка 2 смонтированы на проходном изоляторе 4, служащем для ввода высокого напряжения в кузов, а роль первичной обмотки трансформатора выполняет медный стержень 1, проходящий внутри изолятора.



# Проходной трансформатор тока ТПЛ-10 У2



На прямоугольном шихтованном магнитопроводе 1 расположена вторичная обмотка 2. Первичная обмотка 3 выполняется из медной шины. Первичная обмотка выведена на контакты 5, вторичная — на контакты 6. Все детали ТТ залиты эпоксидным компаундом 4. Применяется на токи меньше 600А.

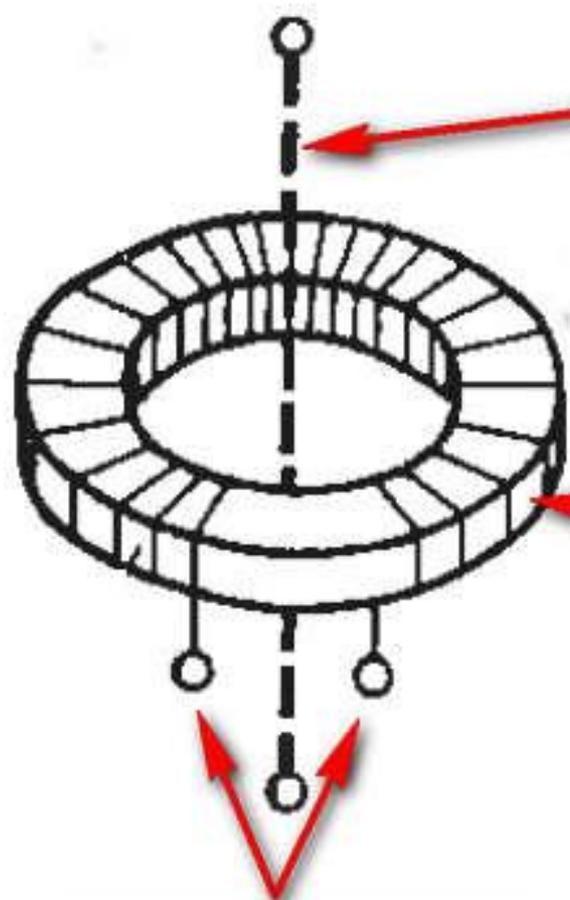
Шинный

трансформатор тока

# Шинные трансформаторы тока ТНШЛ-0,66



На большие номинальные первичные токи (6000-18000А) применяются ТТ, у которых роль первичной обмотки выполняет шина, проходящая внутри трансформатора. Эти трансформаторы представляют собой кольцеобразный эпоксидный блок с залитым в нем магнитопроводом и вторичными обмотками. Первичной обмоткой является шина токопровода.



Шина, пропускаемая в полость трансформатора тока

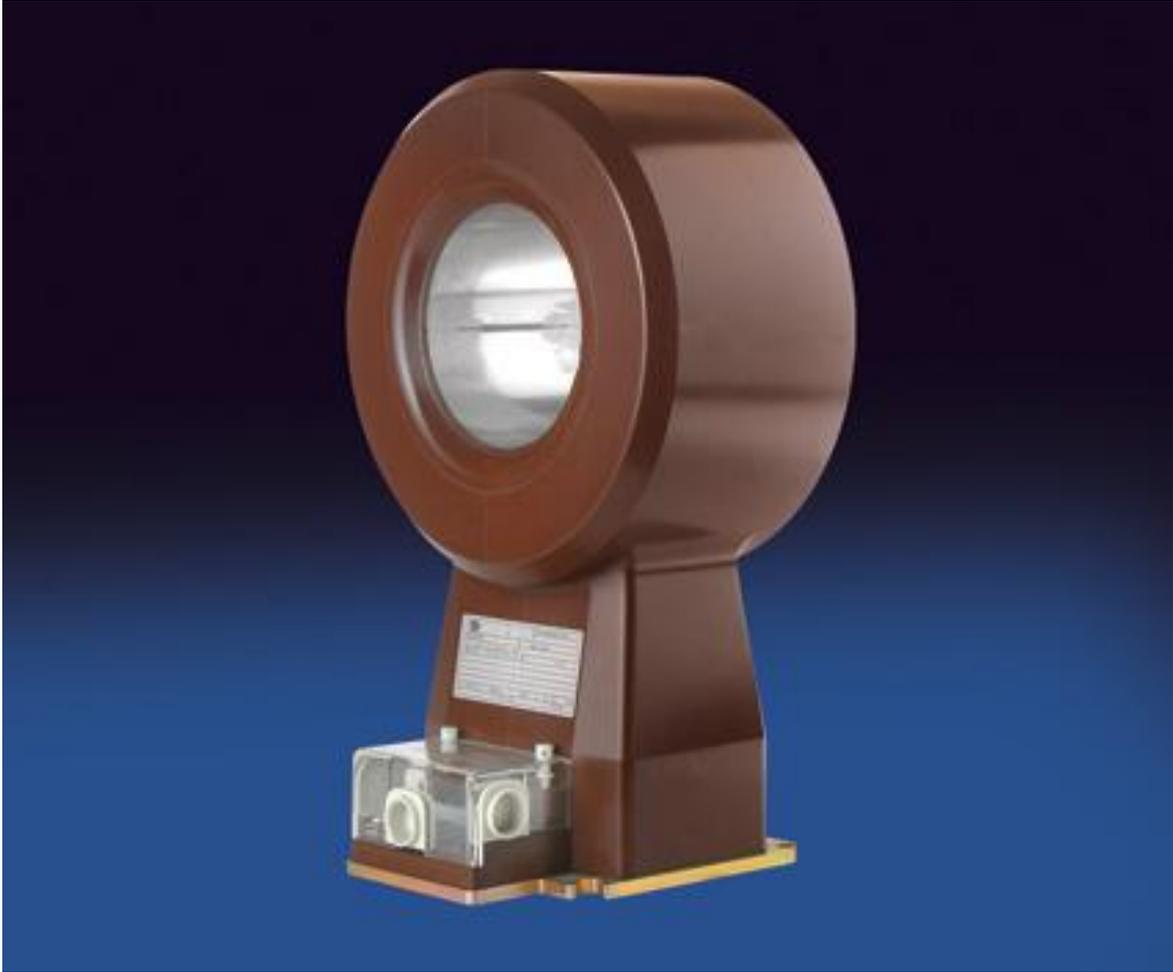
Магнитопровод, на котором намотана вторичная обмотка

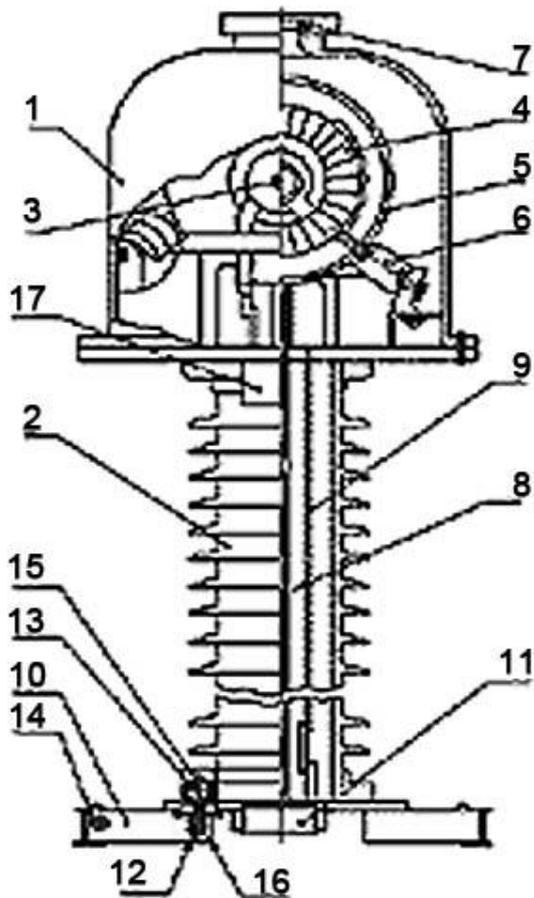
Вывода вторичной обмотки (I1 и I2)

<http://zametkielectrika.ru>

# Шинные трансформаторы тока ТШП-0,66







Конструктивная схема трансформатора тока с элегазовой изоляцией (ТОГ)

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – первичная обмотка; 4 – вторичная обмотка; 5 – подставка; 6 – изоляторы; 7 – мембрана; 8 – вторичные выводы; 9 – конденсатор; 10 – основание; 11 – коробка выводов; 12 – вентиль; 13—манометр; 14 – бобышка для заземления; 15 – кожух на манометр; 16 – кожух на вентиль; 17 – кожух на первичные провода

# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ТОКА С ЭЛЕГАЗОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ТОГ-110





Трансформатор тока ТОГ- 110кВ представляет собой конструкцию, в верхней части которой расположен металлический корпус, закрепленный на опорном изоляторе. Изолятор в свою очередь закреплен на основании, в котором находится коробка выводов вторичных обмоток. На металлическом корпусе закреплена первичная обмотка и ее выводы, внутри корпуса размещаются вторичные обмотки. Внутренняя полость корпуса и изолятора заполнена изолирующим газом. Конструкция первичной обмотки позволяет получить различные коэффициенты трансформации при измерении количества витков путем последовательно - параллельного соединения секций первичной обмотки. Вторичные обмотки помещены в электростатические экраны, которые выравнивают внутреннее электрическое поле. Активная часть магнитопровода вторичной обмотки для измерения изготовлена с применением нанокристаллического сплава на основе железа, обмоток для защиты - из холоднокатаной анизотропной электрической стали.

Контроль состояния газовой среды производится с помощью сигнализатора плотности, имеющего температурную компенсацию. Сигнализатор плотности оснащен двумя парами контактов, что позволяет получать сигнал при двух значениях плотности (давления) газа и дистанционно осуществлять контроль над состоянием газовой среды аппарата. Применение высококачественных уплотнений обеспечивает утечку не более 1 % в год от общей массы элегаза.

В верхней части трансформатора тока расположено защитное устройство, которое соединяет внутренний газовый объем с атмосферой при значительном превышении внутреннего давления (например, при избыточном заполнении газом или внутреннем дуговым перекрытием), что делает аппарат взрывобезопасным. В трансформаторе отсутствует внутренняя твердая изоляция, что снижает уровень частичных разрядов до минимума и повышает его надежность.

# Буквенные обозначения трансформаторов тока

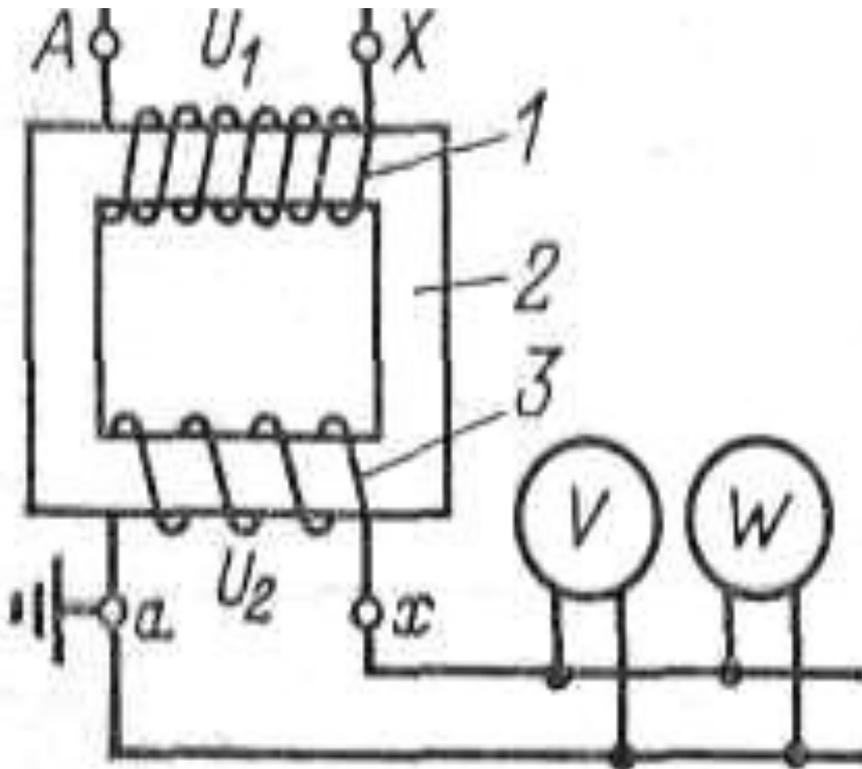
- Т - трансформатор тока; П - проходной; Ш - шинный; ТВ - встроенный; З - для защиты от замыканий на землю (для трансформаторов ТФЗМ - вторичная обмотка звеньевоего типа); Л - с литой изоляцией; Ф - в фарфоровом корпусе; М - модернизированный; Н - наружной установки; Р - с сердечником для релейной защиты; У - усиленный (повышенная электродинамическая стойкость).
- ТПОЛ-10-0,5/Р-600/5:  
трансформатор тока; проходной одновитковый; с литой изоляцией; номинальное напряжение, кВ; обозначение измерительного сердечника; обозначение защитного сердечника; номинальный первичный ток, А; номинальный вторичный ток, А.

# *Трансформаторы напряжения*



- Измерительный трансформатор напряжения служит для понижения высокого напряжения, подаваемого в установках переменного тока на измерительные приборы и реле защиты и автоматики. Трансформатор напряжения понижает высокое напряжение до стандартного значения 100 или  $100/\sqrt{3}$  В.
- Применение трансформаторов напряжения позволяет использовать для измерения на высоком напряжении стандартные измерительные приборы, расширяя их пределы измерения;
- Кроме того, трансформатор напряжения изолирует (отделяет) измерительные приборы и реле от высокого напряжения, благодаря чему обеспечивается безопасность их обслуживания.

# Трансформаторы напряжения



Измерительный трансформатор напряжения по принципу выполнения ничем не отличается от силового понижающего трансформатора. Он состоит из стального сердечника, набранного из пластин листовой электротехнической стали, первичной обмотки и одной или двух вторичных обмоток. Трансформаторы напряжения с двумя вторичными обмотками, кроме питания измерительных приборов и реле, предназначены для работы на устройствах сигнализации замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью или на защиту от замыканий на землю в сети с заземленной нейтралью.

# Погрешности трансформаторов напряжения

- Погрешности трансформатора напряжения зависят от размеров магнитопровода, магнитных свойств стали, конструкции обмотки, сечения проводов, а также от присоединенной нагрузки и первичного напряжения.
- Для трансформаторов напряжения различных классов точности установлена следующая допустимая погрешность напряжения: класс 0,5—  $\pm 0,5\%$ ; класс 1 —  $\pm 1\%$ ; класс 3—  $\pm 3\%$ .
- Магнитное рассеяние у трансформаторов напряжения значительно меньше, чем у силовых трансформаторов. Напряжение КЗ составляет только 0,4 - 1,0%.



# По исполнению и применению трансформаторы тока бывают следующих видов:



- В установках напряжением до 20 кВ применяются трехфазные и однофазные трансформаторы, 35 кВ и выше – только однофазные.
- По типу применяемой изоляции различают трансформаторы напряжения:
  - сухие (НОС);
  - маслонаполненные (НОМ, ЗНОМ, НТМИ, НТМК (компенсированные), НАМИ(антирезонансные); НАМИТ
  - элегазовые (НОГ, ЗНОГ);
  - с литой изоляцией (НОЛ, ЗНОЛ).

Для напряжений до 6 кВ трансформаторы напряжения изготавливают сухими, т. е. с естественным воздушным охлаждением.

На напряжении до 35 кВ применяются маслонаполненные однофазные ТН (ЗНОМ, ЗНОМП).

Следует отличать однофазные двухобмоточные трансформаторы с литой изоляцией (НОЛ, НОЛП) от однофазных заземленных трехобмоточных трансформаторов (ЗНОЛ, ЗНОЛП).

В установках напряжением 110 кВ и выше применяют трансформаторы напряжения каскадного типа маслонаполненные НКФ, с элегазовой изоляцией и с емкостными делителями напряжения типа НДЕ (СРА, СРВ).

# Буквенные обозначения трансформаторов напряжения

- Н - трансформатор напряжения, К - каскадный, Ф - с фарфоровой крышкой, З - заземляемой первичной обмоткой, О - однофазный, А - антирезонансный, М - с естественной циркуляцией масла и воздуха, И - для контроля изоляции сети, Л - с литой изоляцией, Т - трёхфазный.
- Например, типовое обозначение трансформатора напряжения ЗНОМ-35У1 расшифровывается так: заземляемый трансформатор напряжения, однофазный, с естественной циркуляцией масла и воздуха, класс напряжения 35 кВ, климатическое исполнение (У, УХЛ) и категория размещения (1, 2);
- трансформатор напряжения НАМИ-10УЗ - трансформатор напряжения, антирезонансный, с естественной циркуляцией масла и воздуха, И - для контроля изоляции сети, класс напряжения 10 кВ, климатическое исполнение (У, ХЛ) и категория размещения (1, 2,3).

# Сухие трансформаторы напряжения типа НОС

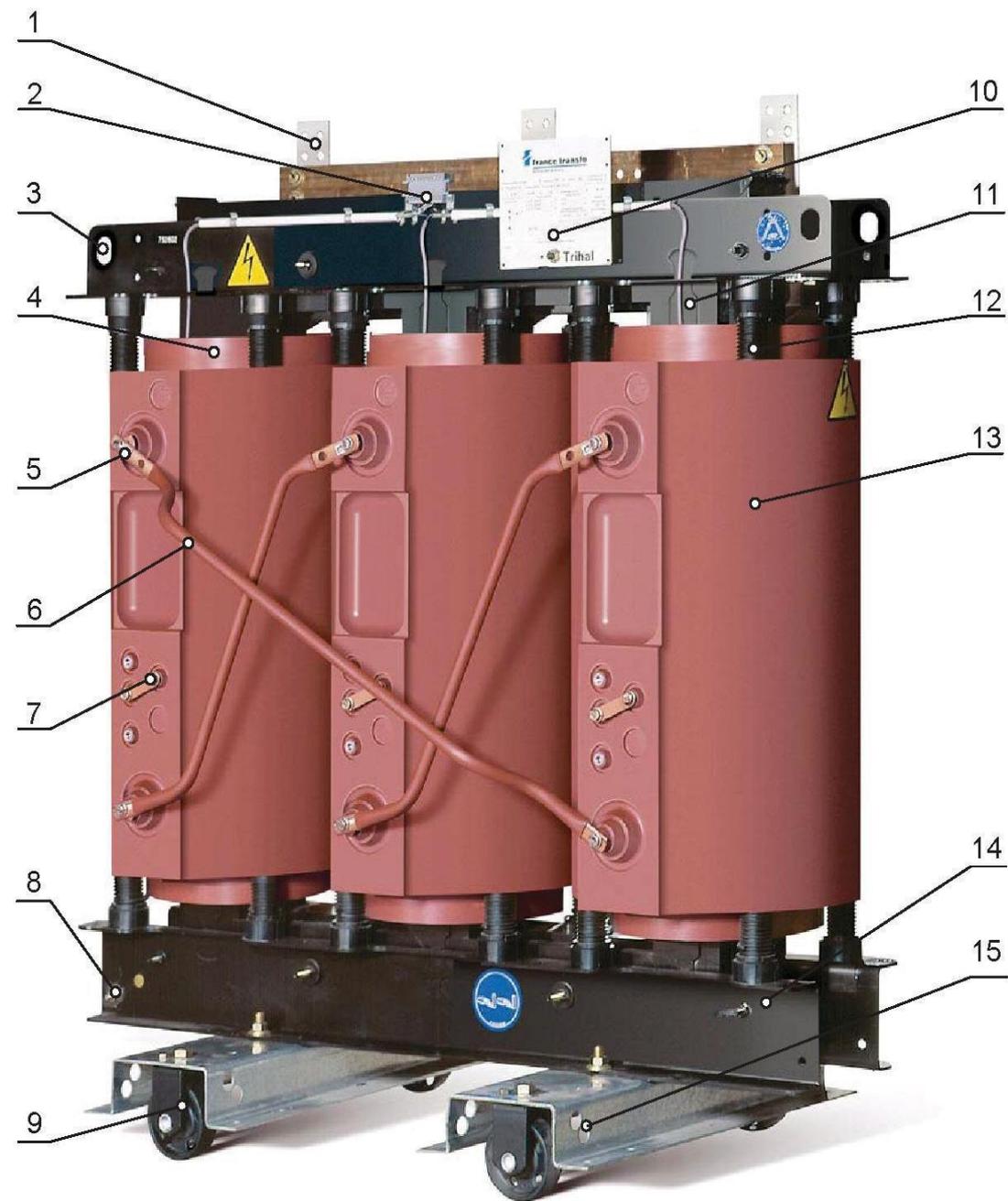


Сухие трансформаторы (Франция)



Сухие трансформаторы (Запорожье)





- 1 – контактный вывод низкого напряжения;
- 2 – устройство тепловой защиты;
- 3 – строповочные отверстия;
- 4 – обмотка низкого напряжения;
- 5 – контактный вывод высокого напряжения;
- 6 – соединительная шина; 7 – отпайки РБВ;
- 8 - контактная площадка заземления;
- 9 – транспортные колеса;
- 10 – табличка электрических характеристик трансформатора;
- 11 – магнитопровод;
- 12 – распорные клинья;
- 13 – обмотка высокого напряжения;
- 14 – нижняя ярмовая балка;
- 15 – проушины для продольного и горизонтального перемеще

# МАСЛОНАПЛНЕННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ



**Трансформаторы напряжения  
измерительный типа НТМИ-6(10)**

# ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НКФ-110У1 ЕКАТЕРИНБУРГ

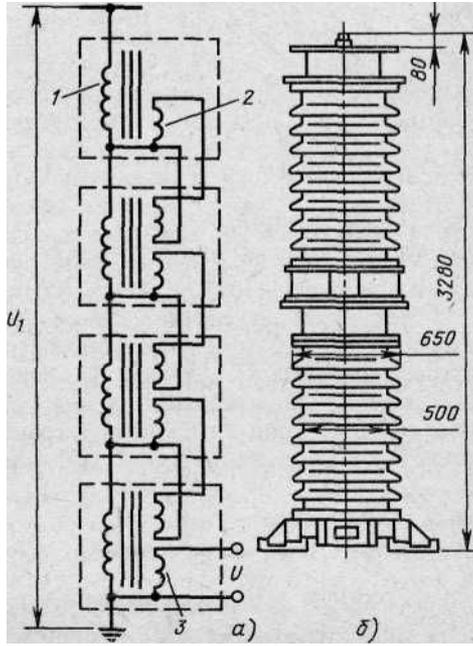


Однофазный, масляный, наружной установки, в фарфоровой крышке. Каждый блок трансформатора имеет свою активную часть и обмотки с электростатическими экранами. Опорой трансформатора (блока) является цоколь, на который монтируется активная часть и фарфоровая крышка. Цоколь имеет маслосливное устройство, коробку вторичных выводов, кабельную муфту. Магнитопровод изготовлен из пластин анизотропной, холоднокатаной электротехнической стали.

Конструкция обмоток – цилиндрическая, многослойная.

Изоляция трансформатора напряжения выполнена из изоляционной трансформаторной бумаги, высушенной под вакуумом и пропитанной трансформаторным маслом.

Электропроводящие экраны на обмотках и магнитопроводах улучшают устойчивость трансформаторов напряжения против ударных атмосферных перенапряжений и снижают уровень частичных разрядов.



# Трансформаторы НАМИ-10, НАМИ-6 (Запорожье)



# ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ СЕРИИ НОМИ



# Трансформаторы напряжения элегазовые ЗНОГ220-У1



Внутренняя полость трансформатора заполняется элегазом, служащим изолирующей и теплоотводящей средой. Заполнение трансформатора элегазом производится через клапан, установленный на корпусе трансформатора. На корпусе трансформатора установлена предохранительная мембрана, срабатывающая при аварийном повышении внутреннего давления. Поток выхлопных газов направлен вниз, вдоль корпуса.

# *Элегазовый трансформатор напряжения ЗНГ -110*



# Однофазные заземляемые трансформаторы напряжения ЗНОЛ-35-III



| Наименование  | ЗНОЛ-35        |
|---|----------------|
| Класс напряжения, кВ  | 35             |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ                                     | 40,5           |
| Номинальное напряжение осн. вторичной обмотки, В                      | $100/\sqrt{3}$ |
| Номинальное напряжение доп. вторичной обмотки, В                      | $100/3$        |
| Номинальная мощность, ВА, в классе точности:                          |                |
| 0,2   | 75             |
| 0,5   | 150            |
| 1,0   | 300            |
| 3,0   | 600            |
| Номинальная мощность доп. вторичной обмотки в классе точности 3,0, ВА | $100/3$        |
| Предельная мощность вне класса точности, ВА                           | 1000           |
| Номинальная частота, Гц   | 50 или 60      |
| Масса, кг   | 90             |

Одним из основных преимуществ трансформаторов с литой изоляцией является герметичность конструкции. Т.е. литая изоляция, герметизируя и жестко фиксируя активные части трансформаторов, исключает влияние на них внешних воздействий, таких как влажность, механические удары, вибрации.



Заземляемый трансформатор напряжения ЗНОЛ.06

Трансформатор напряжения типа НОЛ (однофазный с литой изоляцией) представляет собой магнитопровод броневое типа из холоднокатаной стали, на среднем стержне которого расположены обмотки. Вторичная обмотка трансформатора является внутренней, первичная — внешней. Изоляция первичной и вторичной обмоток пропитана эпоксидным компаундом, которым заливают магнитопровод и обмотки, образуя литой блок 1.

Трансформатор может крепиться на конструкциях в любом положении с помощью двух металлических кронштейнов 2. На одном кронштейне есть болт заземления 3.

