

Трансформаторы тока и напряжения

Назначение

ТТ и ТН высокого напряжения **внутренней и наружной установки** предназначены для

- измерения тока,
- питания схем релейной защиты,
- изолирования измерительных приборов, реле и обслуживающего персонала от **высокого напряжения.**

Применимость:

- в открытых распределительных устройствах;
- в герметичных распределительных устройствах сетей переменного и постоянного тока;
- в устройствах защиты и регулирования.
- В токопроводах генераторных распределительных устройств.

ТТ и ТН внутренней установки отличаются от ТТ и ТН наружной установки требованиями к характеристикам окружающей среды.

Различное климатическое исполнение и категория размещения ТТ и ТН устанавливаются **ГОСТ 15543-70**.

Группы ТТ и ТН как внутренней, так и наружной установки весьма разнообразны по конструктивным исполнениям.

Это прежде всего обусловлено различной

✓ компоновкой распределительных устройств,

их

✓ габаритами,

✓ способом крепления трансформаторов.

Кроме того, на конструктивное исполнение в известной мере оказывают влияние

✓ номинальные параметры трансформатора.

Трансформаторы тока

Трансформатором тока называется трансформатор, в котором при нормальных условиях работы вторичный ток пропорционален первичному току и фазовый сдвиг между ними близок к нулю.

Такое определение принято в **ГОСТе 18685-73**, но оно искажает физическую сущность преобразования тока.

В ТТ фазовый сдвиг между первичным током и вторичным всегда близок к 180° .

Первичная обмотка ТТ включается в цепь последовательно (в рассечку токопровода), а вторичная замыкается на измерительный прибор или реле, обеспечивая ток в ней, пропорциональный току в первичной обмотке.

В ТТ высокого напряжения первичная обмотка изолирована от вторичной (от земли) на **полное рабочее напряжение**.

Один конец вторичной обмотки обычно заземляется, поэтому она имеет потенциал, близкий к потенциалу земли.

Трансформатор тока осуществляет:

1) преобразование переменного тока в ток, приемлемый по значению для непосредственного измерения с помощью стандартных измерительных приборов или для работы реле защиты;

2) изоляцию измерительных приборов и защитных реле, к которым имеет доступ обслуживающий персонал, от цепи высокого напряжения.

ТТ в установках высокого напряжения необходим даже в тех случаях, когда уменьшения тока не требуется.

Классификация ТТ

По месту установки:

- а) на открытом воздухе (категория размещения 1 по ГОСТ 15150-69);
- б) в закрытом помещении (категория размещения 3 и 4);
- в) в полостях электрооборудования (категории размещения 2, 3 и 4).

По способу установки:

- а) проходные, используемые в качестве вводов и устанавливаемые в проемах перегородок, стен или потолков;
- б) опорные, устанавливаемые на опорной плоскости;
- в) встроенные, размещаемые в полостях электрооборудования.

По числу ступеней в трансформаторе:

- а) одноступенчатые;
- б) каскадные (многоступенчатые).

По выполнению первичной обмотки:

- а) одновитковые;
- б) многовитковые.

По назначению первичных обмоток:

- а) для измерения;
- б) для защиты;
- в) для измерения и защиты.

По числу коэффициентов трансформации:

а) с одним коэффициентом трансформации;

б) с несколькими коэффициентами трансформации (изменением числа витков первичной или вторичной обмоток, с несколькими вторичными обмотками).

Основные номинальные параметры ТТ

Номинальное напряжение

Номинальная частота

Номинальный ток первичной обмотки

Номинальный ток вторичной обмотки (1 или 5 А.
По согласованию с заказчиком допускается 2 и 2,5 А.)

Коэффициент трансформации

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1} = n$$

Мощность вторичной цепи в ВА с указанием $\cos \varphi$
Обычно $\cos \varphi = 0,8$, при котором гарантируется
класс точности ТТ.

Для отечественных ТТ установлен ряд
номинальных мощностей вторичной нагрузки:

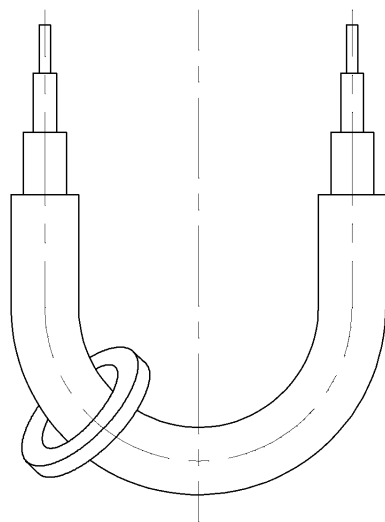
1; 2; 2,5; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 40;
50; 60; 75; 90; 100; 120.

Конструкции трансформаторов тока

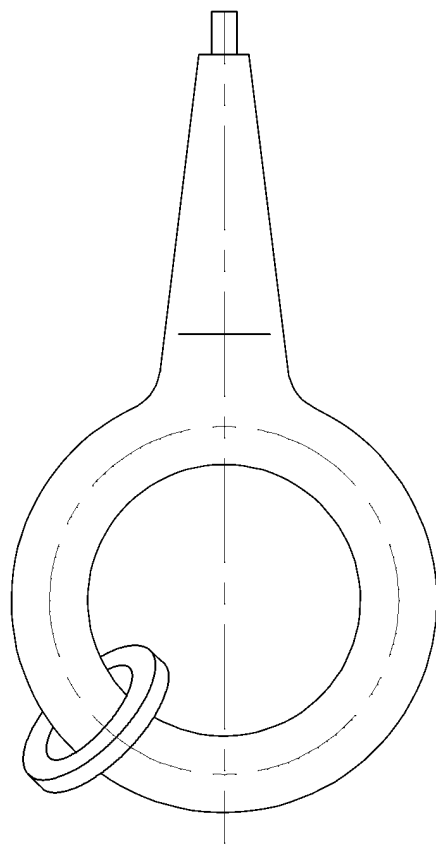
По типу диэлектрика изоляцию ТТ можно разделить на **твердую** и **бумажно-масляную**. Для напряжений до 35 кВ включительно изоляцию чаще всего выполняют из твердых материалов: фарфор, стекло, эпоксидный компаунд. Эпоксидный компаунд применяется в основном в ТТ внутренней установки.

По конструктивному исполнению трансформаторы с бумажно-масляной изоляцией можно разделить на следующие основные виды.

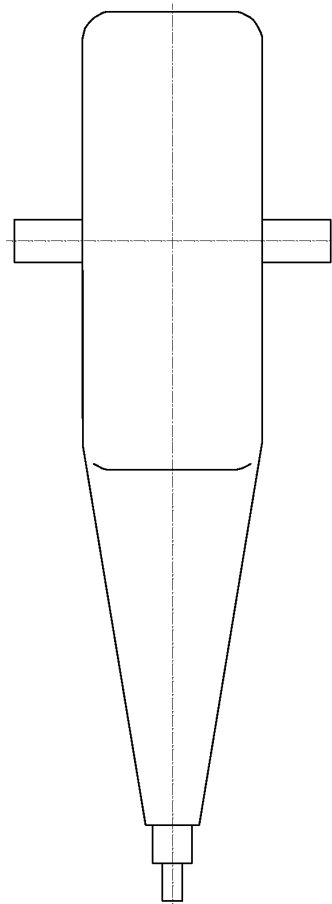
1) **U-образные.** Изоляция получается непрерывной навивкой бумажной ленты на изогнутую первичную обмотку. На магнитопровод со вторичной обмоткой высоковольтная изоляция не накладывается.



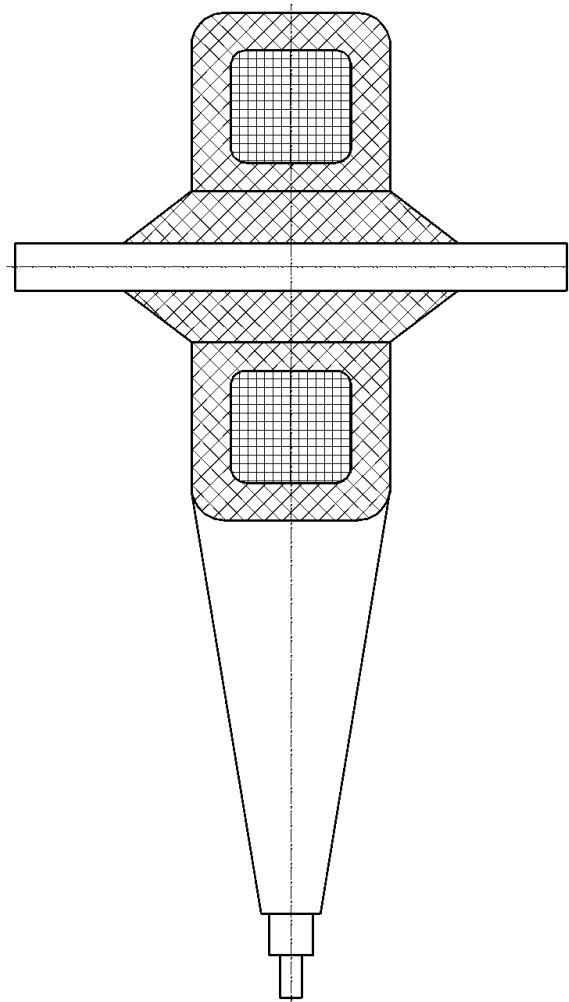
2) Рымовидной формы I. Изоляция получается навивкой бумажной ленты на первичную обмотку. На магнитопровод со вторичной обмоткой высоковольтная изоляция не накладывается.



3) **Рымовидной формы II.** Изоляция получается навивкой бумажной ленты на вторичную обмотку. На магнитопровод первичной обмотки высоковольтная изоляция не накладывается.



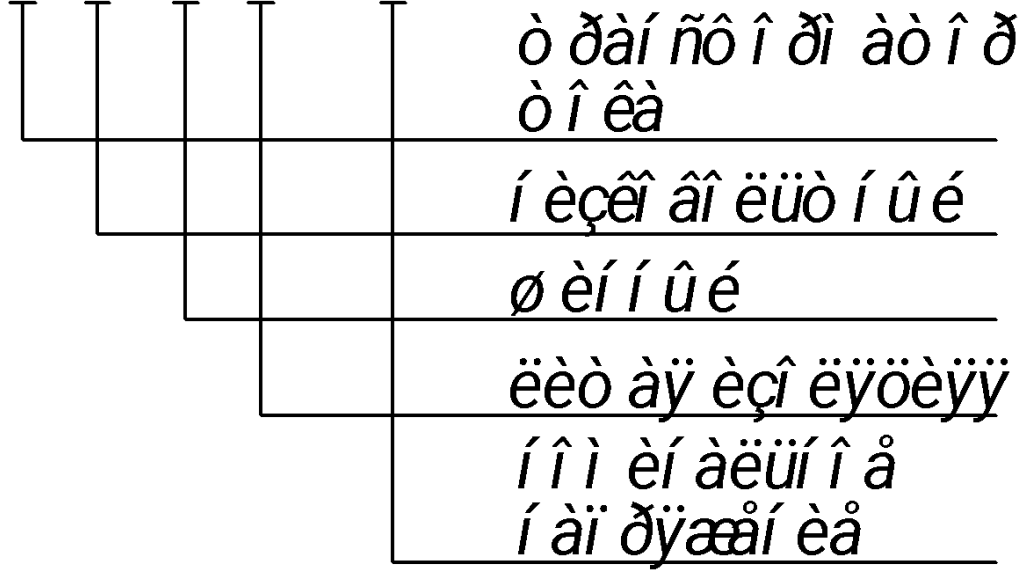
4) **Рымовидной формы III.** Изоляция представляет собой комбинацию двух изоляционных блоков.



1. Шинные трансформаторы тока

Трансформаторы тока типа ТНШЛ 0,66

ОНØ Æ 0,66



Предназначены для встраивания в КРУ и служат для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам или устройствам защиты и управления, в установках переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением до **0,66 кВ** включительно.

Изготавливаются на токи первичной цепи **800 — 10000 А**, токи вторичной цепи **5 А**.

Номинальные классы точности **0,5 и 3**. Изоляция литая на основе эпоксидной смолы.

Трансформатор тока типа ТШЛ-10



Ø E 10

ò ðàí ñô î ðì àò î ð
ò î êà

ø èí í û é

ëèò àÿ èçî ëÿöèÿ

í î ì èí àëüí î å

í àì ðÿæáí èå

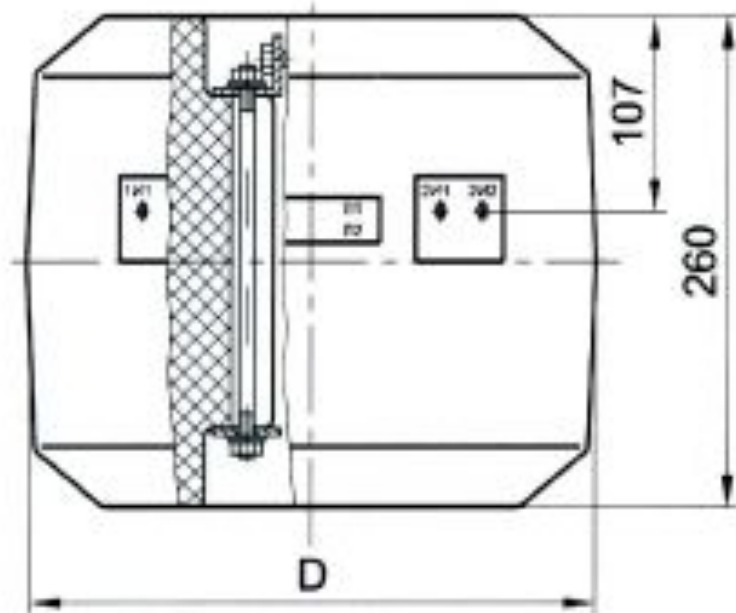
Предназначен для питания цепей защиты и управления, для изолирования цепей вторичного тока от высокого напряжения в электрических установках переменного тока на класс напряжения до **10 кВ**.

Трансформаторы применяются для встраивания в закрытые шинопроводы и КРУ.

Изготавливаются на токи первичной цепи **1000 — 5000 А**, токи вторичной цепи **5 А**. Номинальные классы точности **0,5 и 10Р**.

Изоляция литая на основе эпоксидной смолы с наполнителем (кварцевый песок).

Нормальная работа ТТ обеспечивается при невзрывоопасной, не содержащей примесей агрессивных газов, паров и пыли окружающей среды, при защищенности места установки ТТ от попадания брызг воды, масла, эмульсии.



ТТ типа **ТШЛ 20**
изготавливается на
номинальное
напряжение 20 кВ.
Конструктивно
аналогичен ТТ ТШЛ 10.
Номинальный
первичный ток 6000 —
10000 А. Класс точности
0,2; 0,5 или 10Р.



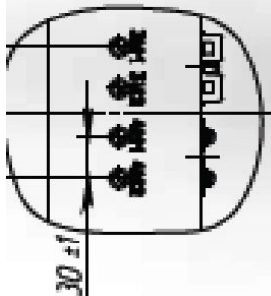
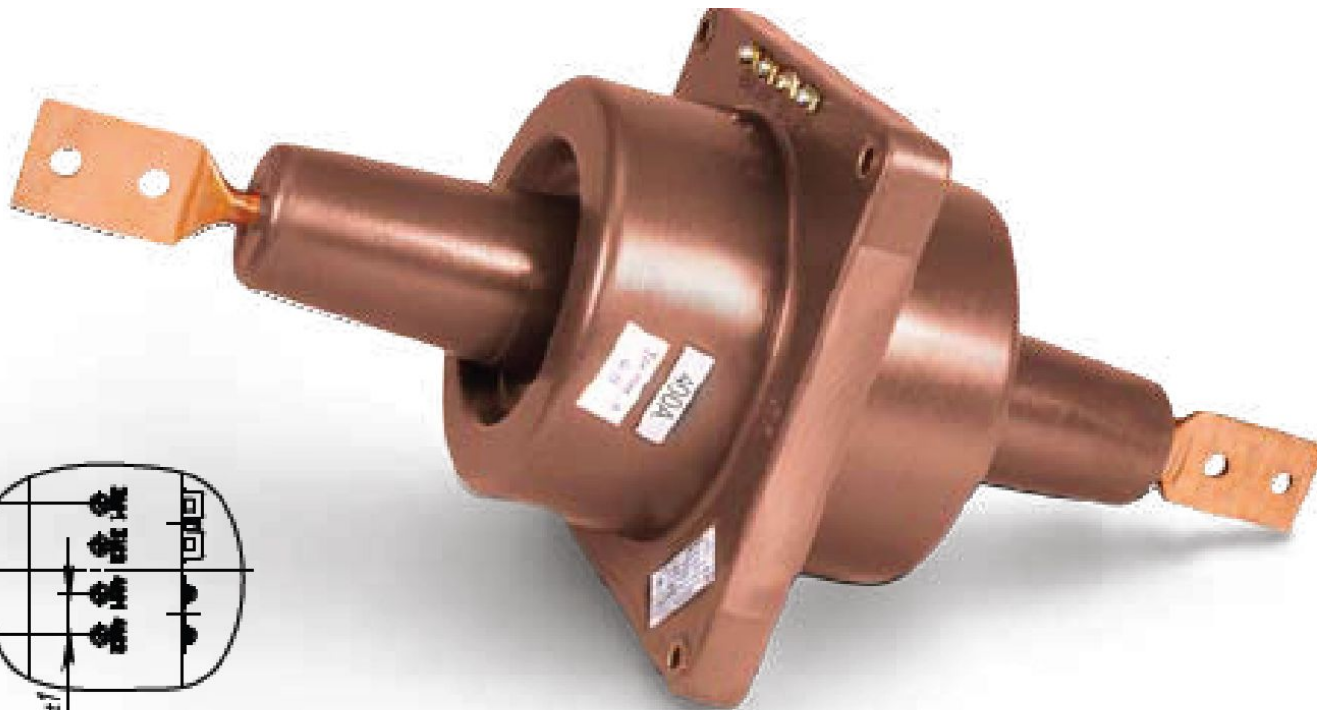
2. Проходные трансформаторы тока

Трансформаторы тока ТПОЛ-20 и ТПОЛ-35

Предназначены для передачи сигнала силовой цепи к измерительным приборам, устройствам защиты и управления в закрытых распределительных устройствах на номинальное напряжение 20 и 35 кВ.

Òĭ Î Ę-20

Ò	Đ	Ñ	Ô	Î	Đ	À	Ô	Đ
Ò	Î	Ê	À	Ô	Đ	À	Ô	Đ
ĭ	đ	õ	ä	î	é			
î	ä	î	â	è	ẽ	â	û	é
ë	à	ÿ	è	ç	ë	ö	è	ÿ
í	î	ì	è	í	à	ë	ü	í
í	à	đ	ÿ	æ	í	è	å	



Номинальный режим этих ТТ обеспечивается при тех же условиях, что и ТТ типа ТШЛ-10.

ТТ типа ТПЛО-20 и ТПЛО-35 — проходные одновитковые с литой изоляцией. Эти трансформаторы имеют две независимые вторичные обмотки, каждая из которых намотана на кольцевой ленточный магнитопровод. Первичная обмотка выполнена из медной трубы. Вторичные обмотки отделены от первичной обмотки эпоксидным компаундом. В средней части блока залиты три специальные гайки для крепления фланца. С этими гайками соединены экраны вторичных обмоток.

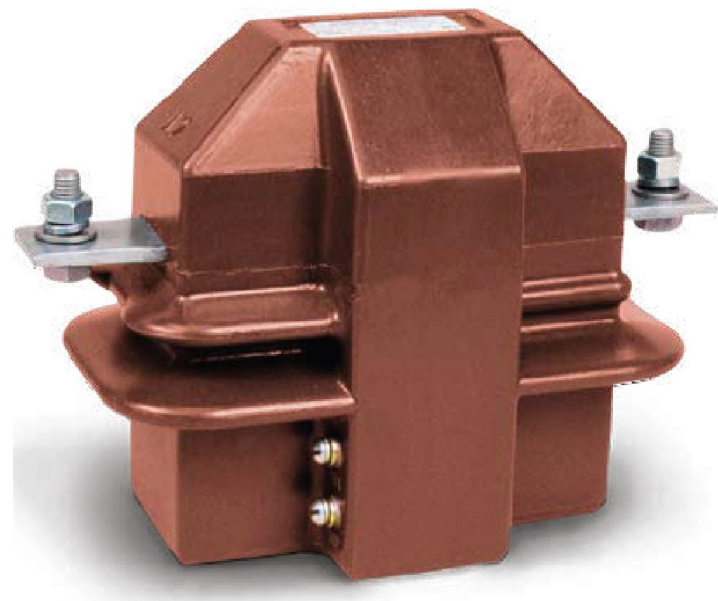
Выводы первичной обмотки — плоской формы и снабжены болтами и гайками для присоединения шин первичной цепи. Выводы вторичных обмоток расположены на приливе изоляционного блока в выемке фланца.

3. Опорные ТТ

Опорные трансформаторы весьма разнообразны по конструктивному исполнению и применению. Диапазон по классам напряжения 6 — 35 кВ.

ТТ типа ТОЛК 6

Предназначены для встраивания высоковольт-ные взрывобезопасные КРУ в сетях 6 кВ угольных и сланцевых шахт, **опасных по газу и пыли**. Служат для измерения тока и питания устройств релейной защиты. Изготавливаются на токи первичной цепи 50 — 600 А, ток вторичной цепи 5 А.



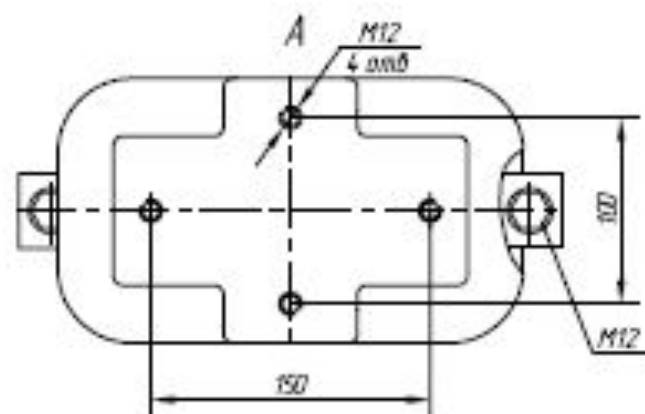
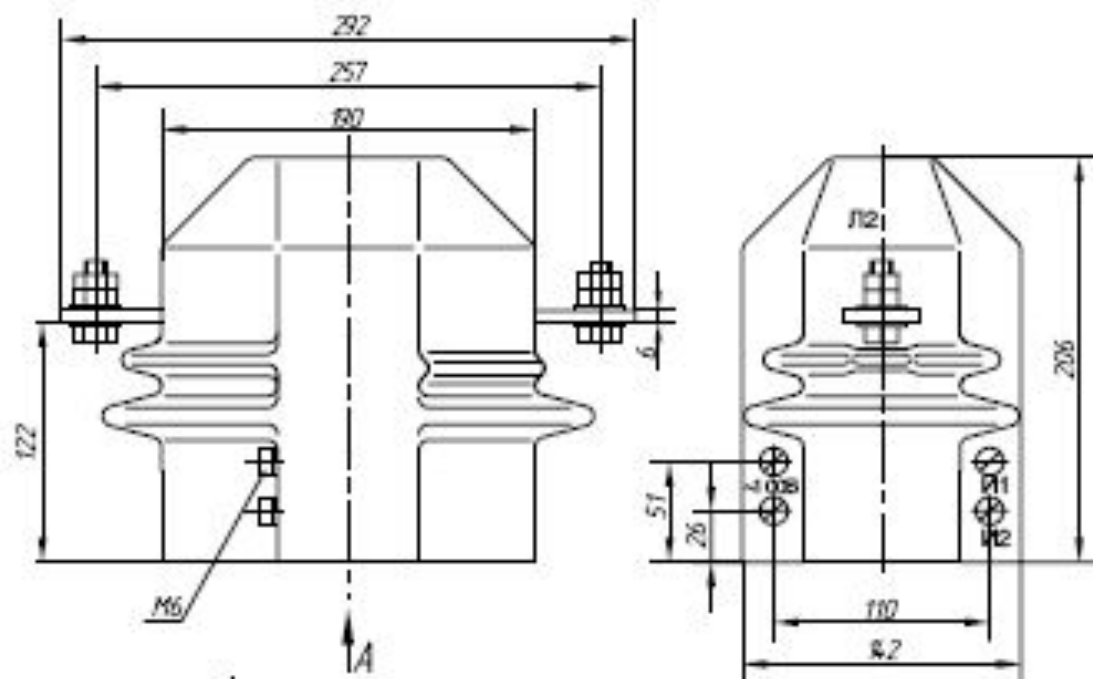


Рис. 1. Общий вид трансформатора ТОЛК-6

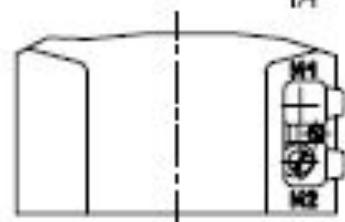


Рис. 2. Общий вид трансформатора ТОЛК-6-1.
Остальное см. рис. 1

Возможно изготовление с переключением по
вторичной стороне.

Наименование параметра	Значение	
	ТОЛК-6	ТОЛК-6-1

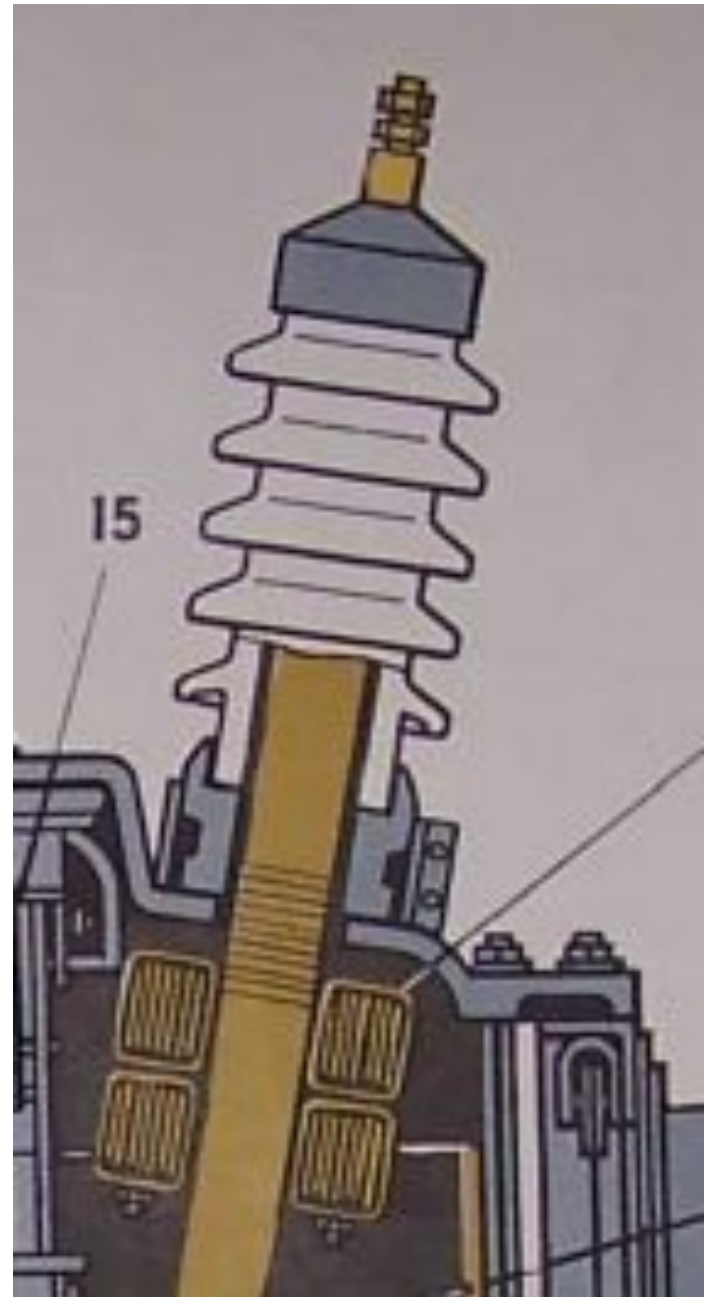
4. ТТ встроенного типа

ТТ типа ТВ



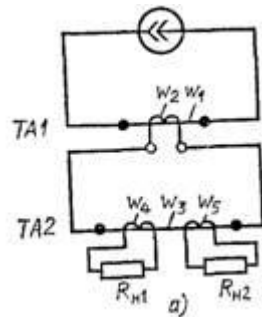
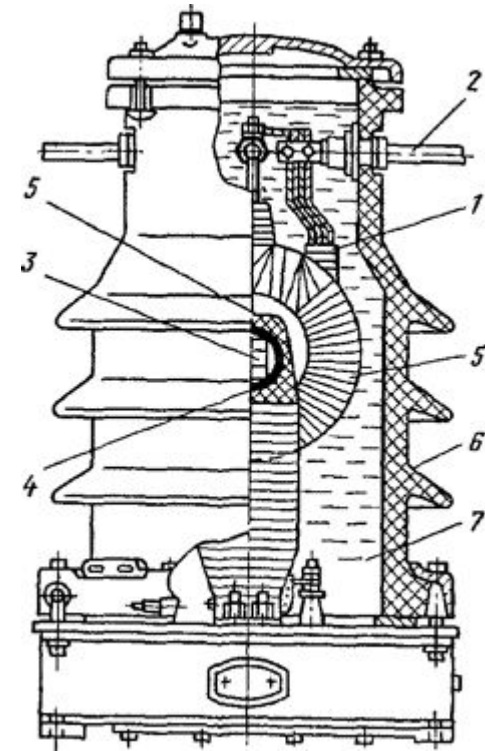
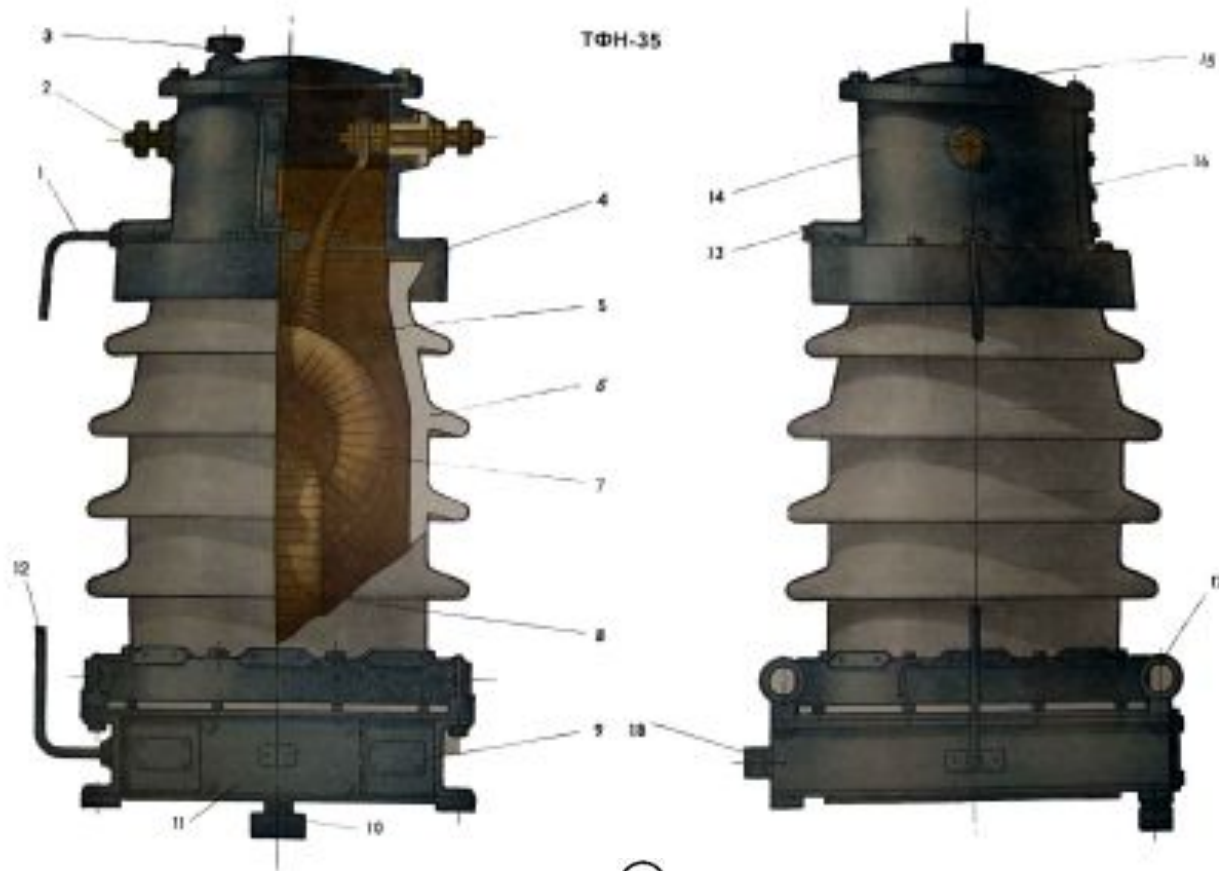
Встраиваются в масляные выключатели или силовые трансформаторы. Трансформаторы типа ТВ-220-IV встраиваются в элегазовые выключатели. Работают в среде масла. Номинальный первичный ток от 300 А до 8000 А.

TB



5. ТТ наружной установки

ТФН-35



35

ТТ типа ТФНУ-66

Трансформатор наружной установки, применяется в открытых распределительных устройствах и предназначен для передачи сигнала силовой цепи к измерительным приборам и устройствам защиты и управления в сетях переменного тока частотой 50 и 60 Гц с заземленной нейтралью.

Номинальное напряжение 66 кВ.

Масса трансформатора 830 кг.

Трансформатор тока **ТФНУ-66** — опорного типа, состоит из первичной и вторичной обмоток, изолированных кабельной бумагой и помещенных в фарфоровую крышку, заполненную трансформаторным маслом. Первичная обмотка представляет собой петлю и имеет две секции, соединяемые последовательно или параллельно, благодаря чему трансформатор можно включать на токи 200 и 400, 600 и 1200 А соответственно.

Выводы первичной обмотки укреплены в стенках фарфоровой крышки. Секции переключают перестановкой контактных перемычек, расположенных снаружи крышки.

Вторичная обмотка состоит из трех обмоток, изолированных друг от друга и заключенных в общую бумажную изоляцию. Две из них предназначены для релейной защиты, одна (класса точности 0,5) — измерительная.

На крышке трансформатора имеется воздухоосушитель, предназначенный для очистки от влаги и пыли воздуха, попадающего в трансформатор.

Опорой трансформатора, на которой монтируются элементы его конструкции, является цоколь. Крепление фарфоровой крышки к цоколю — механическое. Уплотнение соединений достигается прокладкой из маслостойкой резины. Слив и отбор масла осуществляется через масловыпускной патрубок.

Коробка вторичных выводов расположена на одной из стенок цоколя.



**Трансформатор тока
110 кВ типа ТФМ**
(изготовитель ОАО
холдинговая компания
"ЭЛЕКТРОЗАВОД", г.
Москва).

ТТ ТФН-500



Трансформатор тока наружной установки типа ТРН-500 и ТРН-750

Предназначены для питания цепей измерительных приборов и релейной защиты и применяются в сетях переменного тока напряжением **500** и **750 кВ**, частотой **50 Гц** с большим током замыкания на землю.

Трансформаторы тока **ТРН-500** выпускаются на номинальный первичный ток **1000-2000 А** при номинальном вторичном токе, равном **1 А**.

Трансформаторы этого типа — опорные маслонаполненные двухступенчатые каскадные. Обмотки трансформаторов рывовидного типа. Внутренняя изоляция выполнена бумажно-масляной. Роль внешней изоляции ступени выполняет опорная фарфоровая крышка. Каждая ступень трансформатора представляет собой самостоятельный элемент.

Масса ТТ типа ТРН-500 — 7 т, ТРН-750 — 9 т.

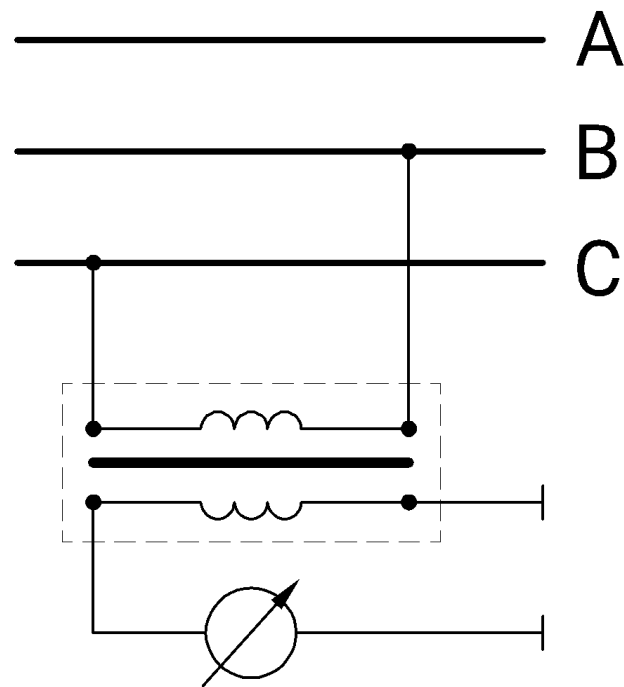
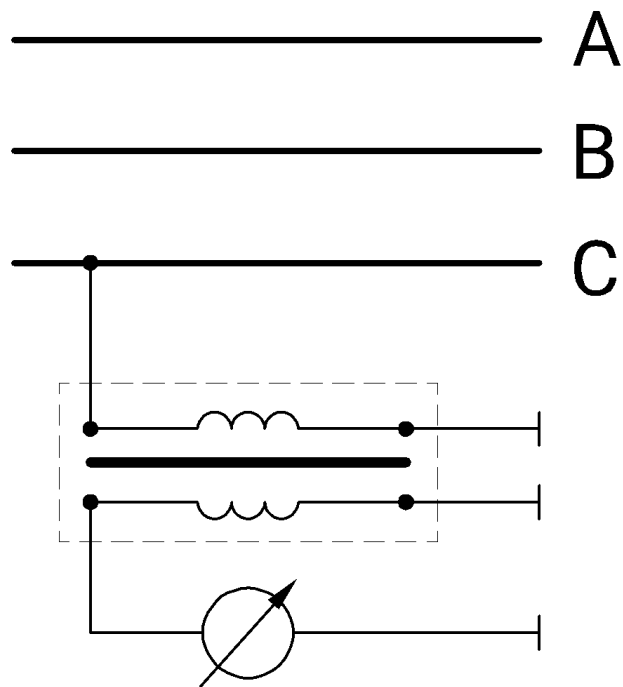
Трансформаторы напряжения

Трансформатором напряжения (ТН) называется измерительный трансформатор, в котором при нормальных условиях вторичное напряжение практически пропорционально первичному и фазовый сдвиг между ними близок к нулю.

ТН осуществляет:

- 1) **Преобразование** высокого напряжения переменного напряжения в напряжение, приемлемое для **непосредственного измерения измерительными приборами, для работы релейной защиты или устройств автоматики и сигнализации.**
- 2) **Изоляцию** измерительных приборов и защитных реле, к которым имеет доступ обслуживающий персонал, от цепи высокого напряжения.

ТН подключается одним концом к фазному проводу, а другим - к земле, либо обоими концами первичной обмотки — к фазовым проводам линии.



Первичная обмотка ТН включается в цепь высокого напряжения **параллельно**, а ко вторичной обмотке подключаются измерительные приборы, цепи автоматики, релейной защиты и сигнализации.

В ТН первичная обмотка изолирована от вторичной на полное напряжение.

Первичная обмотка может иметь один или оба выводных конца изолированными от земли на полное рабочее напряжение.

Один выводной конец вторичной обмотки всегда заземляется.

Классификация ТН производится по следующим признакам.

По способу подключения к цепи:

- а) непосредственному (электромагнитные ТН);
- б) через емкость (емкостные ТН).

По числу ступеней трансформации:

- а) одноступенчатые;
- б) многоступенчатые (каскадные).

Одноступенчатые ТН изготавливаются на напряжение до 35 кВ, многоступенчатые — 110 кВ и выше.

По числу обмоток:

- а) двух обмоточные;
- б) трехобмоточные.

По числу фаз:

- а) однофазные;
- б) трехфазные.

Трехфазные ТН изготавливают на напряжение до 35 кВ.

По способу охлаждения:

- а) сухие (с естественным воздушным охлаждением);
- б) масляные.

По роду установки:

- а) внутренней;
- б) наружной.

Основные номинальные параметры ТН

1. Номинальное первичное напряжение.
2. Номинальная частота.
3. Номинальное вторичное напряжение.

Номинальные напряжения основных вторичных обмоток **100 В** для однофазных ТН, включаемых на напряжение между фазами, и $100/\sqrt{3}$ для однофазных ТН, включаемых на напряжение между фазой и землей.

4. Номинальный коэффициент трансформации, равный отношению первичного и вторичного номинальных напряжений.

5. Нагрузка ТН — это суммарная полная мощность, потребляемая приборами, подключенными ко вторичной обмотке.

6. Номинальная нагрузка — это мощность нагрузки, при которой погрешности ТН не выходят за установленные пределы.

7. Класс точности. По ГОСТ 1983-77 для ТН установлены классы точности: **0,2; 0,5; 1; 3.**

ТН класса точности **3** и грубее используются в цепях релейной защиты.

Конструкции трансформаторов напряжения

ТН до 35 кВ включительно предназначены для сетей с изолированной нейтралью.

Обозначение ТН содержит буквенную часть:

Н — трансформатор напряжения;

О — однофазный;

Т — трехфазный;

С — с естественным воздушным охлаждением;

Л — с литой изоляцией;

Г — с газовой изоляцией;

М — с естественным масляным охлаждением;

Ф — в фарфоровой крышке;

З — с заземленным выводом первичной обмотки;

И — с обмоткой для контроля изоляции;

К — электромагнитный каскадный;

ДУ — с емкостным делителем;

В — водозащищенное исполнение;

А — антирезонансная конструкция;

П — с встроенным предохранителем.

Э — для установки на экскаватор;

К — в серии НОСК — для КРУ;

К — в серии НКФ — каскадный;

К — в серии НТМК — с компенсацией угловой погрешности.

В большинстве случаев цифровая часть означает:

первое число — класс напряжения;

второе (если есть) — год разработки.

Всего в нашей стране выпускается **более 40**
типов ТН.

- 1 – трансформатор
- 2 – целевое назначение
- 3 – конструктивный признак, характеризующий число фаз
- 4 – конструктивный признак, характеризующий принцип действия
- 5 – вид изоляции
- 6 – другие конструктивные признаки
- 7 – класс напряжения первичной обмотки, кВ
- 8 – категория в зависимости от длины пути утечки внешней изоляции по ГОСТ 9920
- 9 – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150

- **В стандартах на трансформаторы конкретных типов в обозначении допускается применять дополнительные или исключать отдельные данные**

1. Сухие ТН

Трансформаторы серии НОС и НОСК

Выпускаются на напряжение **0,38; 0,5; 0,66; 3; 6 кВ.**

Максимальная мощность **200-240 ВА.**

Магнитопроводы из цельноштампованных Ш-образных или прямоугольных пластин.

Обмотки слоевые, намотанные на каркас из электротехнического картона и пропитаны асфальтовым лаком.

Предназначены для КРУ угольных шахт.

Заливаются битумной массой и не имеют панелей зажимов, концы обмоток выведены гибкими проводниками.

Обмотки слоевые, намотанные на каркас из электротехнического картона и пропитаны асфальтовым лаком.

Предназначены для КРУ угольных шахт.

Заливаются битумной массой и не имеют панелей зажимов, концы обмоток выведены гибкими проводниками.

Трансформаторы с литой изоляцией серии НОЛ и ЗНОЛ

Применяются в основном в установках до **35 кВ** включительно.

Можно устанавливать в любом положении, они **пожаро- и взрывобезопасны**.

Имеют меньшие размеры по сравнению с масляными трансформаторами.

Эксплуатационные затраты незначительные.

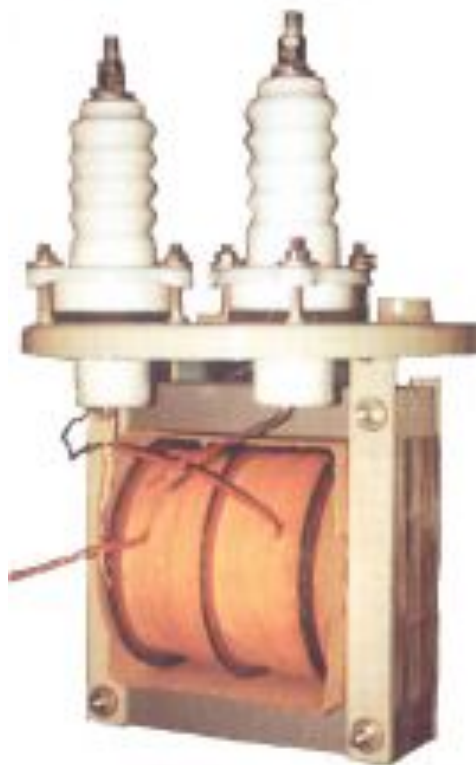


ЗНОЛ 35 Б

ТН типа **ЗНОЛ-35Б**,
заземляемый.
Предназначен для
питания
электрических
измерительных
приборов, цепей
защиты и
сигнализации в
электроустановках
переменного тока
частоты 50 или 60 Гц.

2. Маслонаполненные ТН

ТН серии НОМ



Обычно имеют сердечник броневое типа.

Аналогичную конструкцию имеет трансформатор НОМ-10. Форма баков трансформаторов НОМ-6 и НОМ-10 круглая.

ТН типа НОМ-6.



Трансформатор
напряжения однофазный
масляный
трехобмоточный на
напряжение 35 кВ типа
НОМ-35 для открытых
установок.

Номинальное напряжение
обмотки НН 100 В,
масса 92 кг (изготовитель
ОАО "Электrozавод",
г. Москва).

Трансформаторы типа **ЗНОМ** имеют один высоковольтный вывод, второй вывод первичной обмотки заземлен (соединен с корпусом).



ТН типа **ЗНОМ-35** для наружной установки.

3. Масляные каскадные ТН

Эти трансформаторы содержат от двух до четырех каскадов.



Трансформатор напряжения однофазный каскадный масляный трехобмоточный на напряжение 110 кВ типа НКФ-110. Номинальное напряжение обмотки НН 100 В, масса 800 кг (изготовитель ОАО "Электрозавод", г. Москва).



Трансформатор
напряжения
однофазный каскадный
масляный
трехобмоточный на
напряжение 220 кВ типа
НКФ-220. Номинальное
напряжение обмотки НН
100 В, масса 1295 кг
(изготовитель ОАО
"Электрозавод",
г. Москва).

4. Емкостные ТН

Емкостные трансформаторы состоят из емкостного делителя напряжения и электромагнитного устройства.

Типичный представитель ТН этого типа **НДЕ**.



ТН типа НДЕ-750-72У1.

70

Трансформаторы напряжения емкостные трехобмоточные на напряжение 750 кВ типа НДЕ-750-72У1 для открытых стационарных установок. Номинальное напряжение обмотки ВН — **750 кВ**, номинальное напряжение обмотки НН — 100 В, масса **3870 кг** (ТУ16-671.057-84) (изготовитель ОАО "Электрозавод", г. Москва).

Предназначен для питания измерительных приборов и защитных устройств в электрических сетях переменного тока частотой 50 Гц с заземленной нейтралью.

Емкостный делитель трансформатора напряжения включает в себя четыре конденсатора связи и конденсатор отбора мощности. Электромагнитное устройство состоит из реактора, однофазного трехобмоточного понижающего трансформатора и демпфера, размещенных в общем баке с масляным наполнением.