

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

*Электр станцияларының және
қосалқы станцияларының
электрлік бөлігі*

Лектор: Сарсенбаев Е.А.

«Энергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры

E-mail: y.sarsenbayev@satbayev.university

12 дәріс

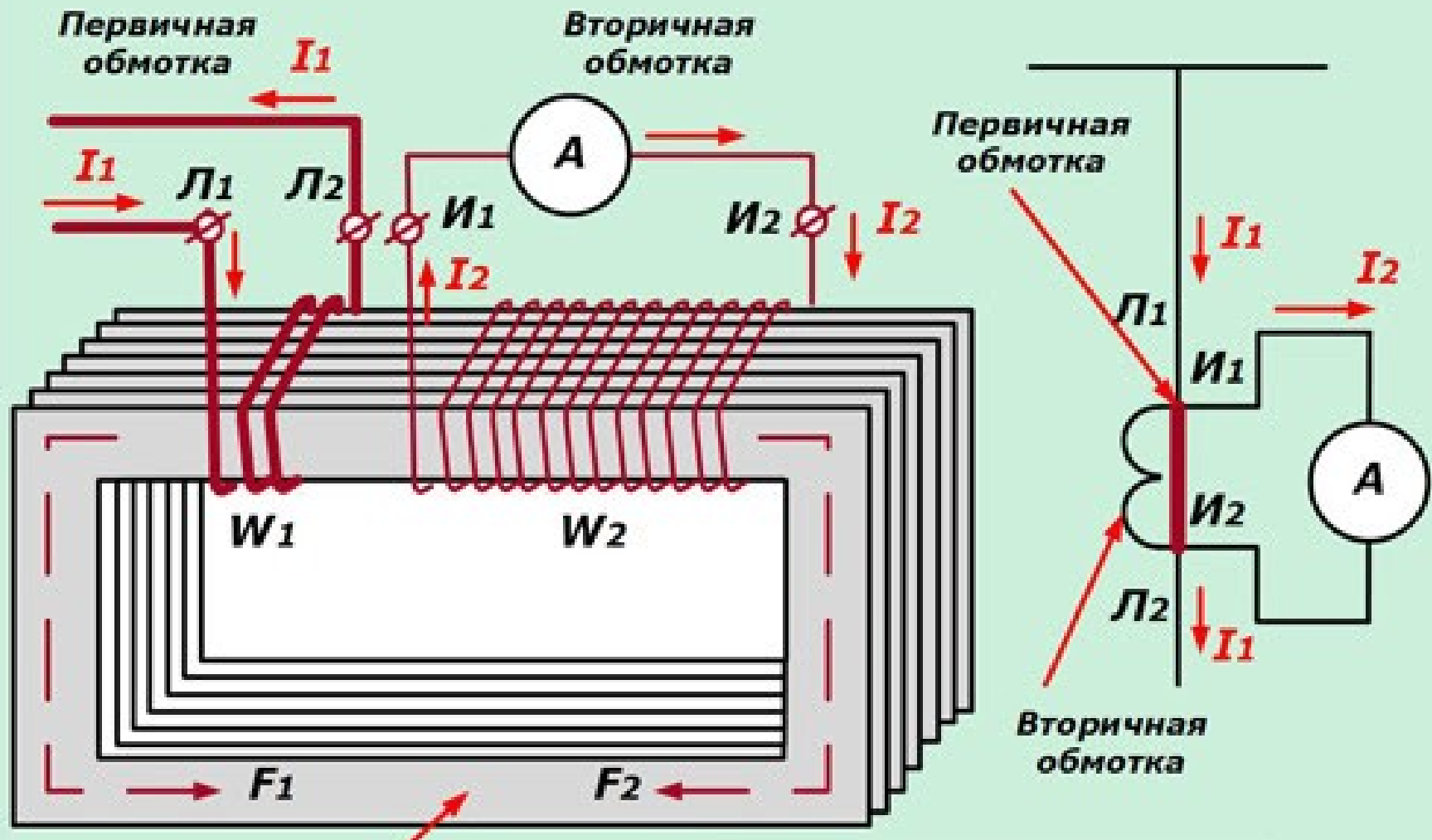
9 дәріс (1 сағат)

«9 апта – «Ток пен кернеу өлшеуіш трансформаторлары»

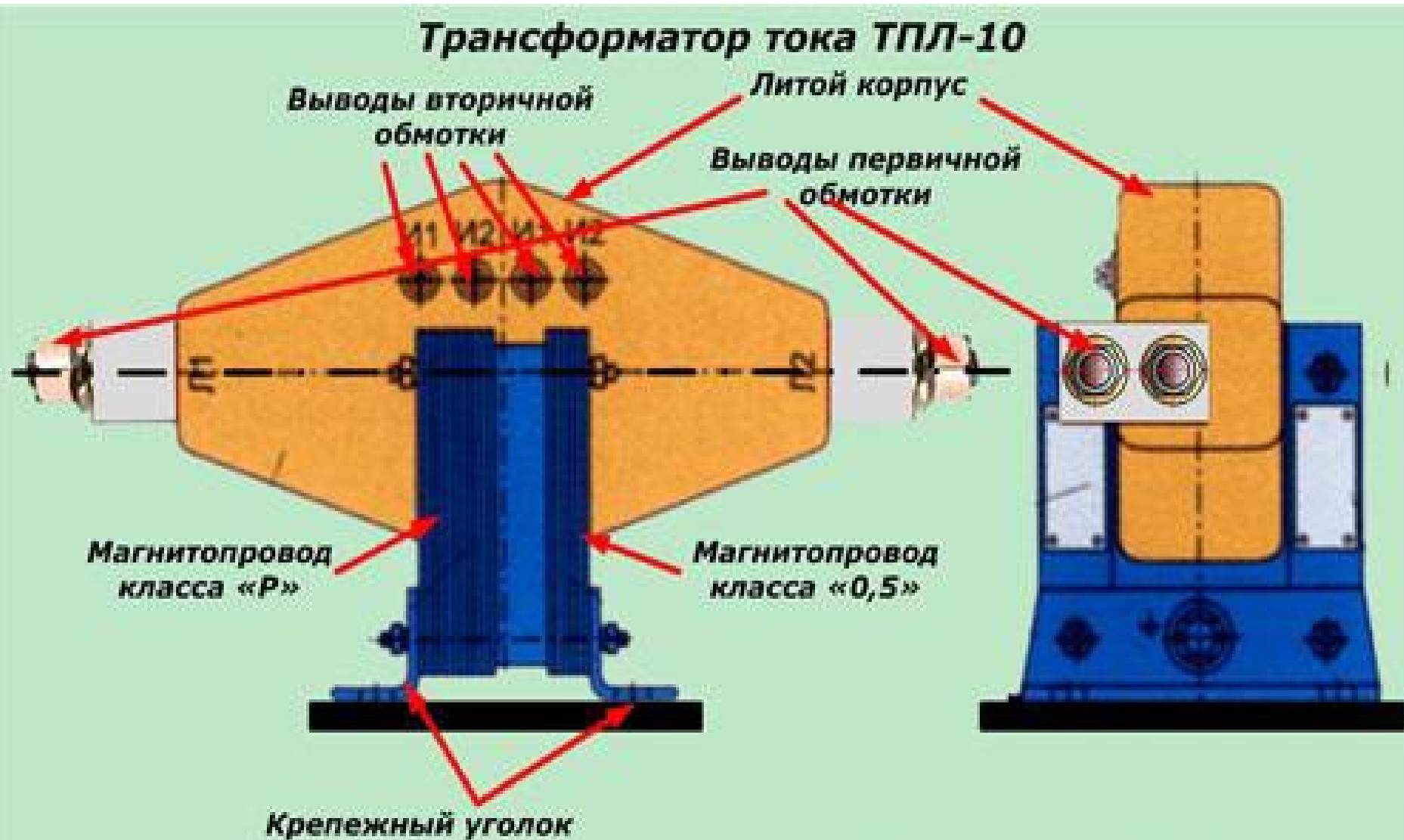
- 1 Ток пен кернеу өлшеуіш трансформаторлары.
- 2 Ток және кернеу трансформаторларының конструкциялары.
- 3 Өлшеу трансформаторларын таңдау шарттары.

1 Ток өлшеуіш трансформаторлары

Принцип работы измерительного трансформатора тока

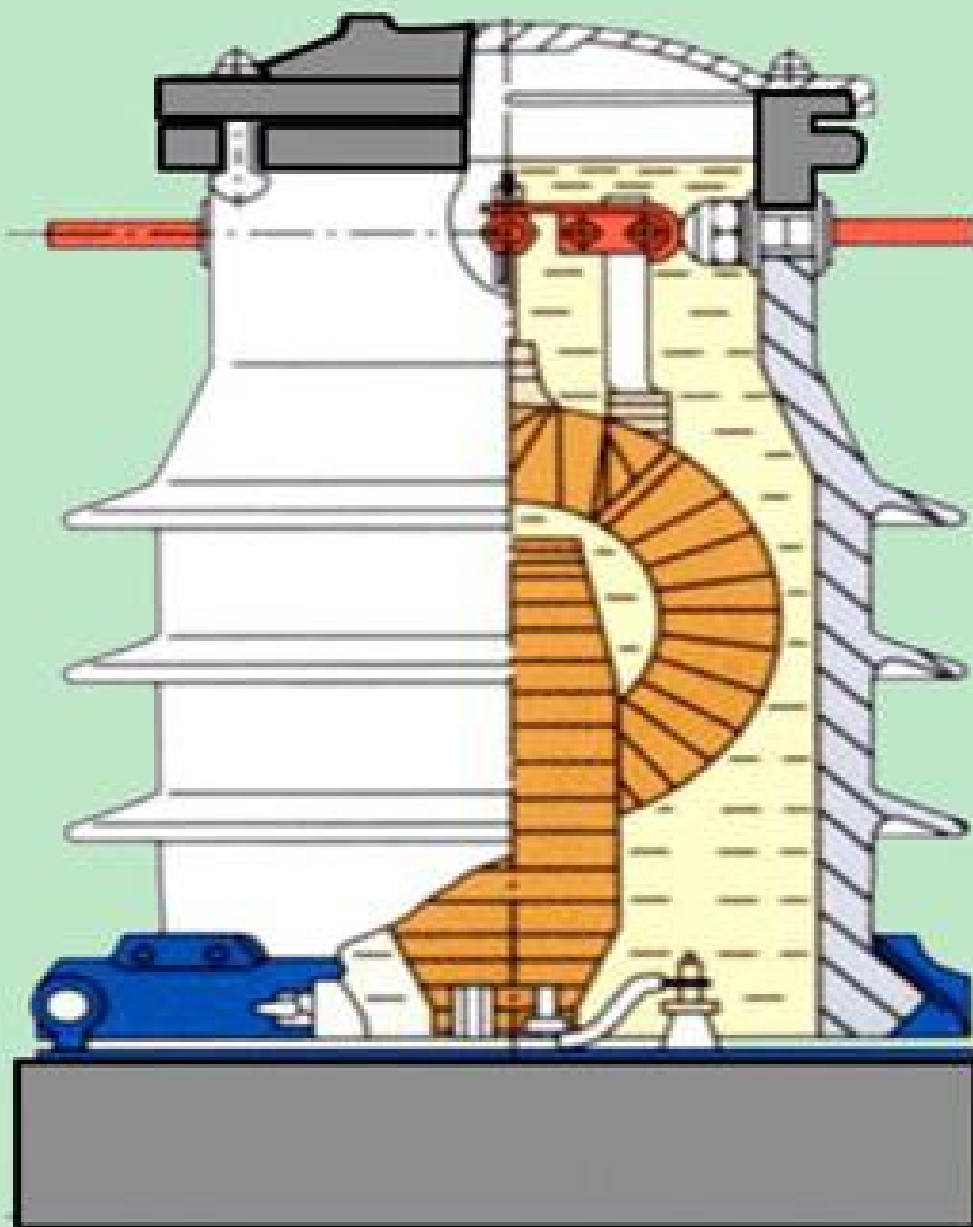


1 Ток өлшеуіш трансформаторлары



Трансформатор тока ТФЗМ-35 кВ

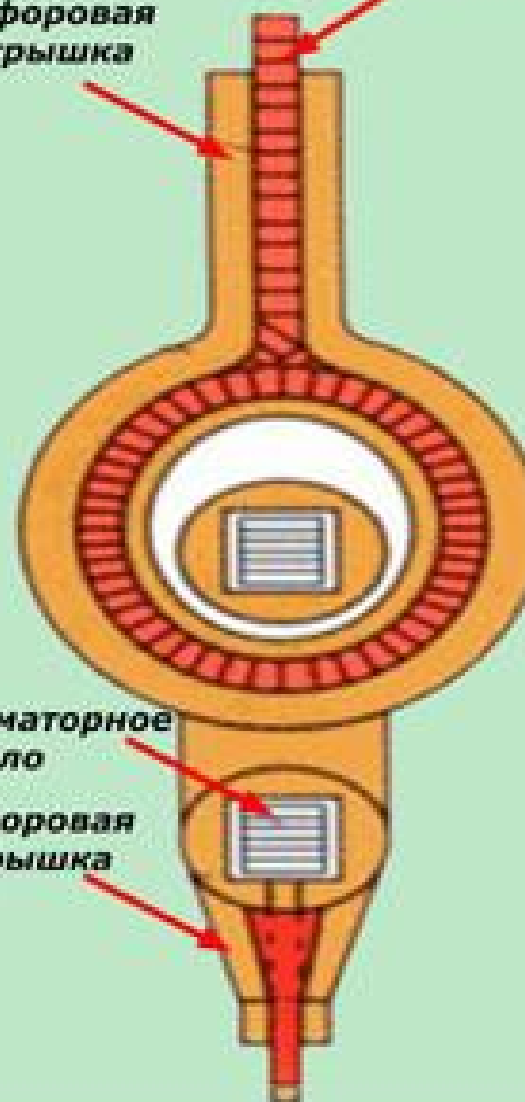
Внешний вид



Магнитопровод с обмотками

Первичная обмотка

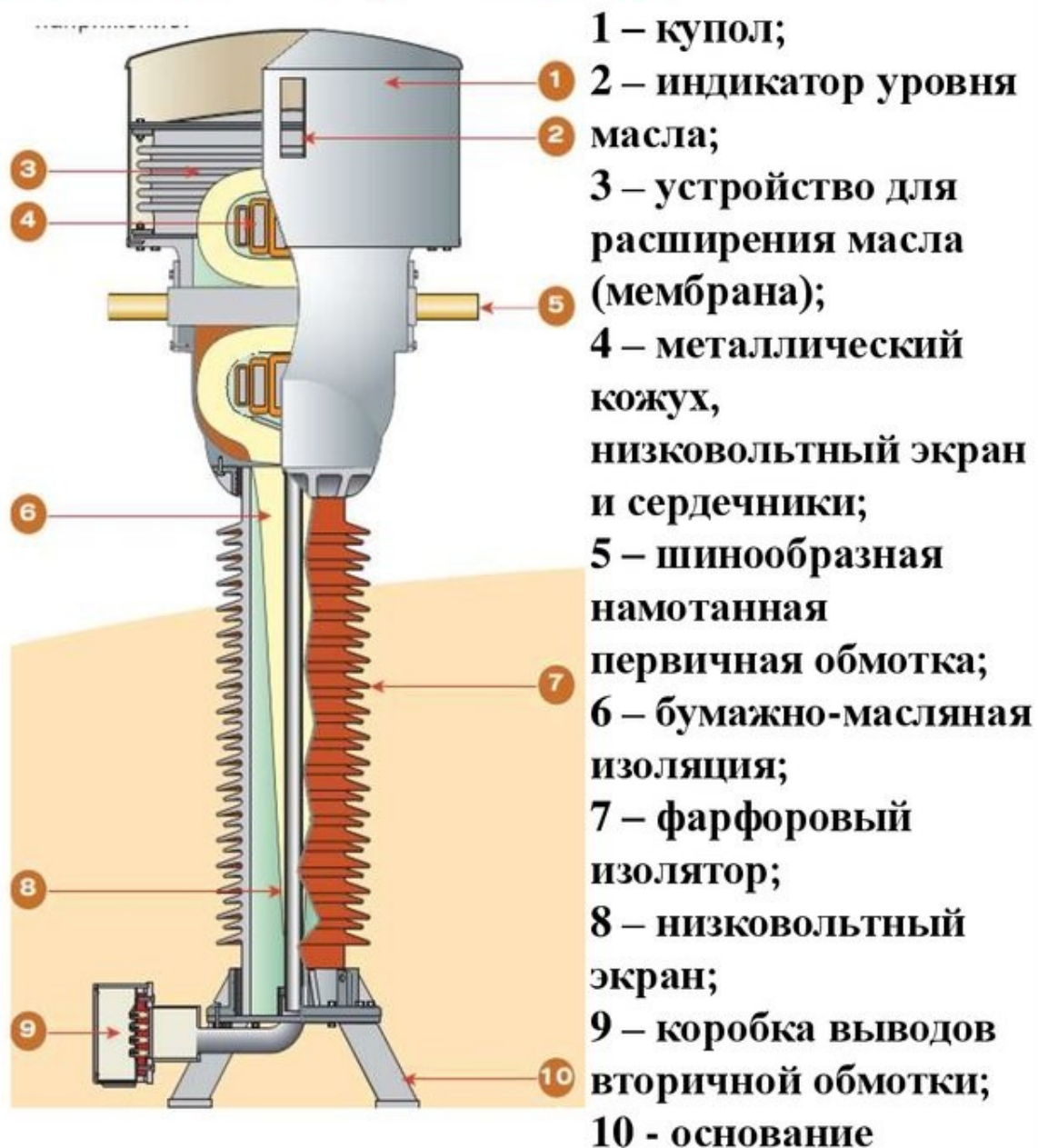
Фарфоровая
покрышка



Трансформаторное
масло

Фарфоровая
покрышка

Трансформатор тока СТН U = 72,5 – 765 кВ



1 Ток өлшеуіш трансформаторлары

Результирующий магнитный поток в сердечнике

$$\Phi_0 = \Phi_1 - \Phi_2$$

Магнитный поток зависит не только от значения создающего его тока, но и от количества витков обмотки, по которой этот ток проходит. Произведение тока на число витков $F = Iw$ называется **магнитодвижущей силой** и выражается в амперах (А). Поэтому выражение можно заменить выражением:

$$F_0 = F_1 - F_2$$

$$I_0 w_1 = I_1 w_1 - I_2 w_2$$

$$I_{нам} \cdot (w_1 / w_2) = I_1 (w_1 / w_2)$$

$$I_1 (w_1 / w_2) = I_2 + I_{нам} (w_1 / w_2)$$

I_0 — ток намагничивания, являющийся частью первичного тока, обеспечивает результирующий магнитный поток в сердечнике (в дальнейшем обозначается $I_{нам}$);

w_1, w_2 — число витков первичной и вторичной обмоток.

1 Ток өлшеуіш трансформаторлары

Отношение витков $w_2/w_1 = K_I$ называется коэффициентом трансформации.

$$\frac{I_1}{I_2} = K_I \quad 600/5 \text{ или } 1000/1. \quad I_2 = I_1 K_I; \quad I_1 = I_2 K_I$$

Для измерительных приборов погрешность относится к зоне нагрузочных токов $0,2 - 1,2 I_{ном}$.

Эта погрешность именуется классом точности

0,2; 0,5; 1,0; 3,0

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{I}_1 - \dot{I}_{нам}}{K_I}$$

1 Ток өлшеуіш трансформаторлары

Токовая погрешность

$$\Delta I = \frac{I_1}{K_I} - I_2$$

Токовая погрешность, %,

$$f = \frac{\Delta I}{I_1 K_I} 100$$

Угловая погрешность

δ

1 Ток өлшеуіш трансформаторлары

Угловая погрешность представляет собой угол между вектором первичного тока I_1 и повернутым на 180 вектором вторичного тока I_2 и обозначается δ .

Полная погрешность (ε)

При синусоидальных первичном и вторичном токах: $\varepsilon = I_{нам}$

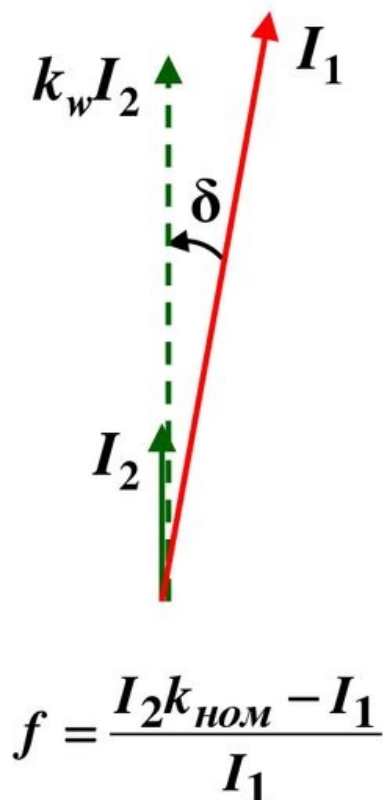
$$E_2 = I_2(Z_2 + Z_n)$$

(полная погрешность ТТ ε не должна превышать 10 %)

Сопротивление ветви намагничивания $Z_{нам}$ зависит от конструкции трансформаторов тока и качества стали, из которой выполнен сердечник. Это сопротивление не является постоянным, а зависит от характеристики намагничивания стали. При насыщении стали сердечника ТТ, $Z_{нам}$ резко уменьшается, что приводит к возрастанию $I_{нам}$ и как следствие этого к возрастанию погрешностей ТТ.

1 Ток өлшеуіш трансформаторлары

Погрешности трансформаторов тока



ГОСТ 7746-2001

Класс точности	Условия работы		Предельная погрешность	
	$I_1/I_{ном}, \%$	$Z, \%$	$f, \%$	$\delta, \text{мин}$
0,2	5	25÷100	±0,75	±30
	10		±0,50	±20
	20		±0,35	±15
	100÷120		±0,20	±10
0,5	5	25÷100	±1,5	±90
	10		±1,0	±60
	20		±0,75	±45
	100÷120		±0,5	±30
1,0	5	25÷100	±3,0	±180
	10		±2,0	±120
	20		±1,5	±90
	100÷120		±1,0	±60
3	50÷120	50÷100	+3	не норм.
5	50÷120	50÷100	+5	не норм.
10	50÷120	50÷100	+10	не норм.

1 Ток өлшеуіш трансформаторлары

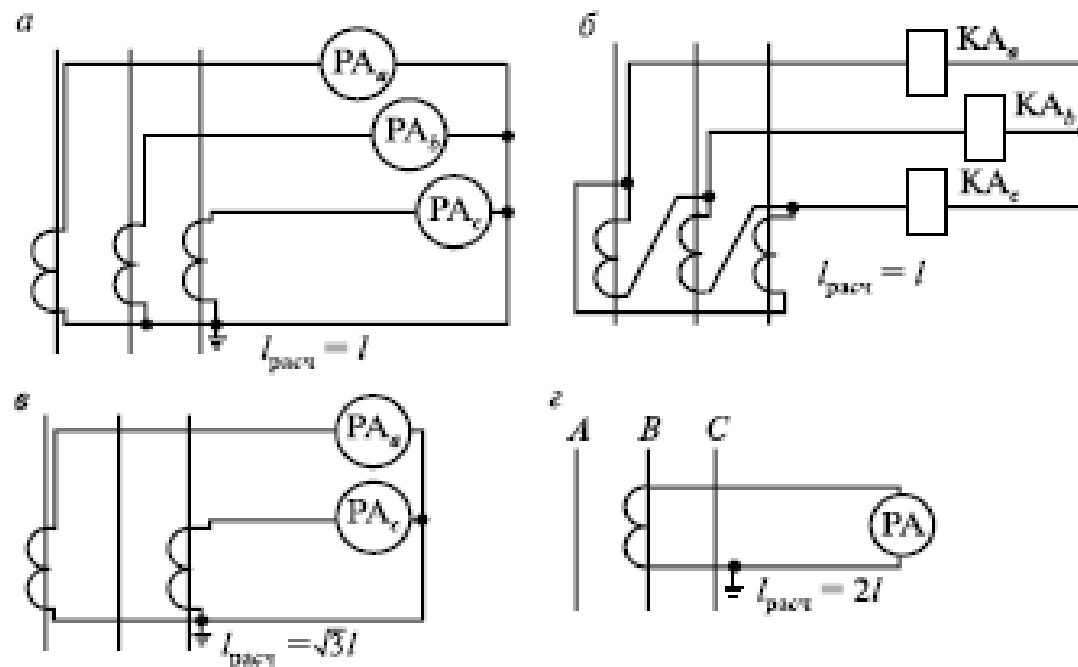


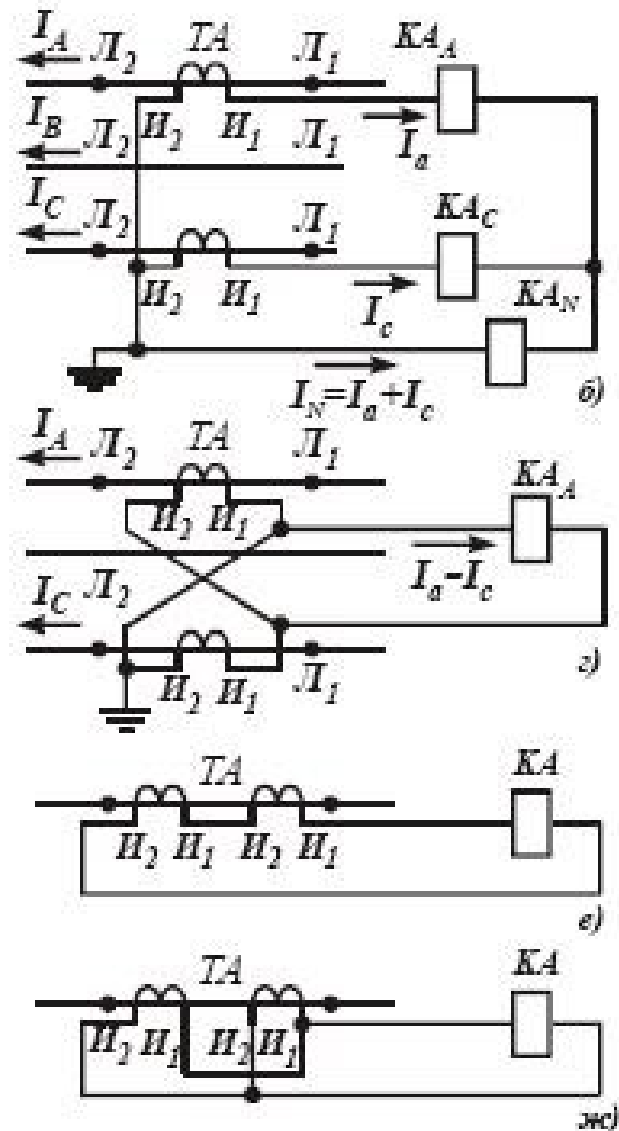
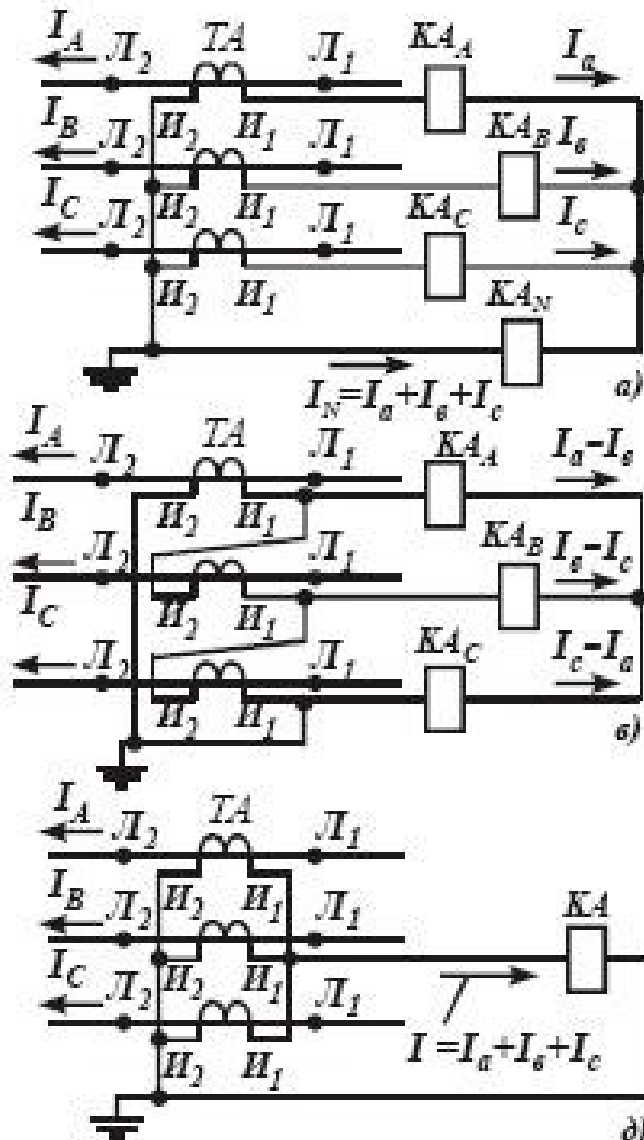
Рис. 3.17. Схемы соединения обмоток трансформаторов тока:

а — трех, в «полную звезду»; б — трех, в «треугольник»; в — двух, в «неполную звезду»; г — одного

а - трех, в «полную звезду»; б - трех, в «треугольник»; в - двух, в «неполную звезду»; г - одного

Рисунок 3 - Схемы соединения обмоток трансформаторов тока

1 Ток өлшеуіш трансформаторлары



2 Кернеу өлшеуіш трансформаторлары

Трансформаторы напряжения

предназначены для измерения напряжения, питания цепей автоматики, сигнализации

классификация

по числу фаз: однофазные и трехфазные;

по числу обмоток: двухобмоточные и трехобмоточные;

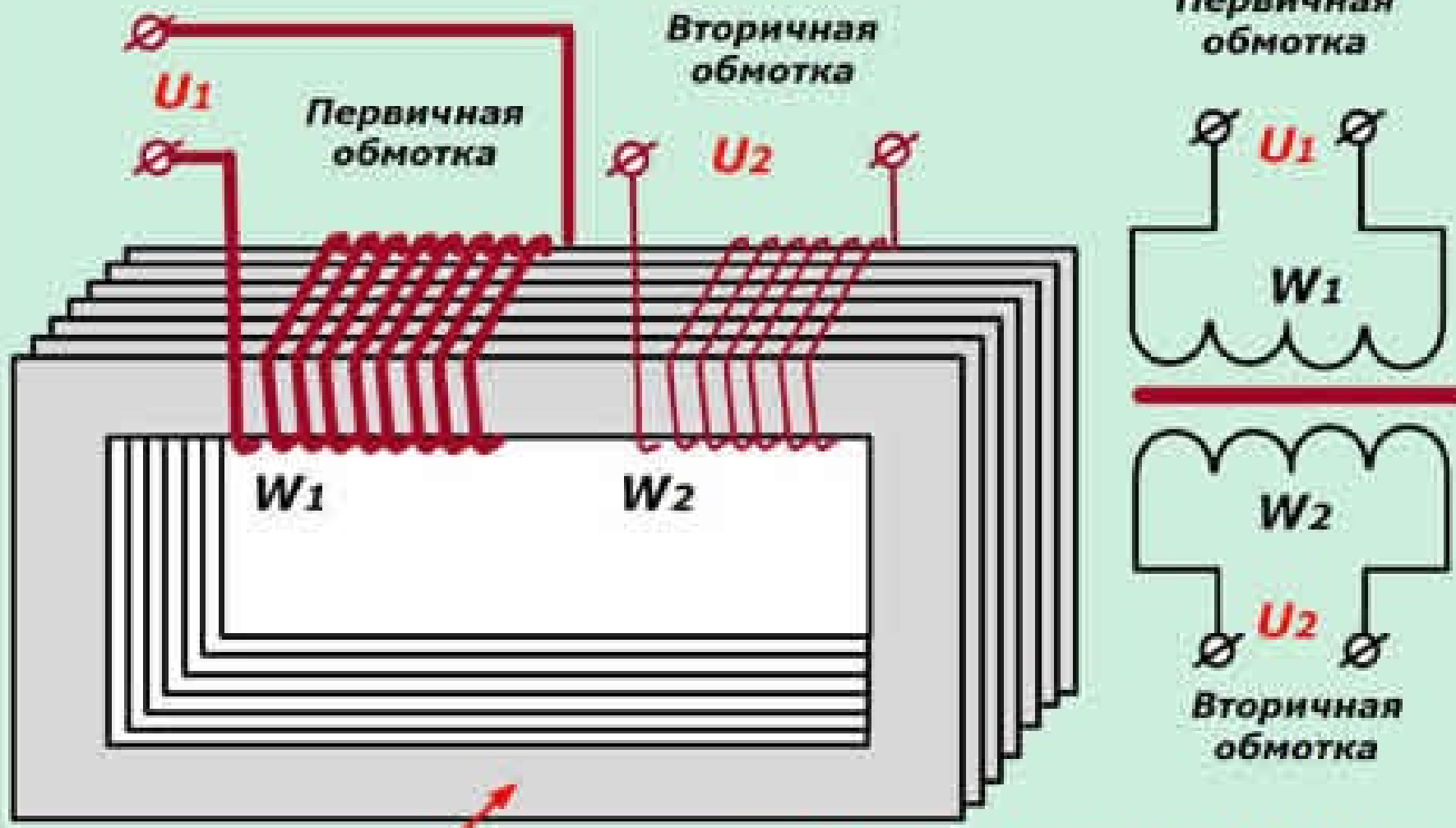
по классу точности, т.е. по допускаемым значениям погрешности;

по способу охлаждения: с масляным охлаждением (масляные), с естественным воздушным охлаждением (сухие и с литой изоляцией);

по роду установки: для внутренней или наружной установки.

2 Кернеу өлшеуіш трансформаторлары

Принцип работы измерительного трансформатора напряжения



2 Кернеу өлшеуіш трансформаторлары

Устройство однофазного трансформатора напряжения

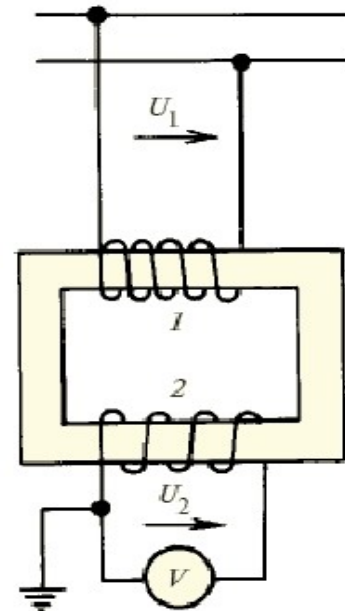
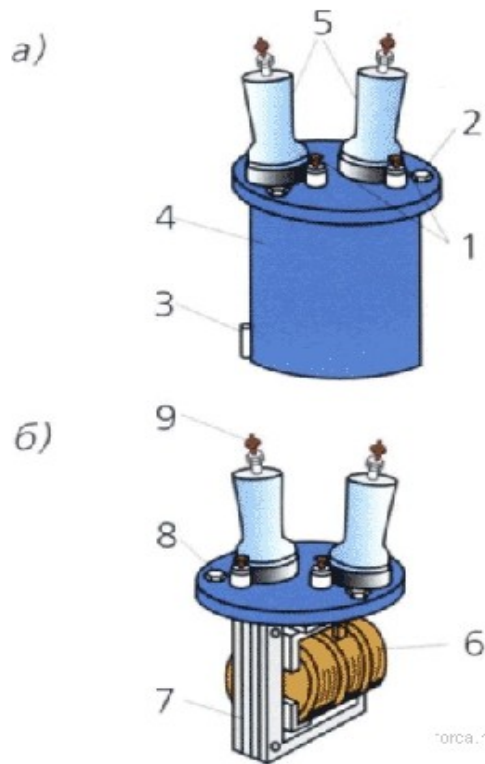


Рис. 4 Схема включения трансформатора напряжения:
1 — первичная обмотка;
2 — вторичная обмотка

а - общий вид трансформатора напряжения; б - выемная часть; 1,5 - проходные изоляторы; 2 - болт для заземления; 3 - сливная пробка; 4 - бак; 6 - обмотка; 7 - сердечник; 8 - винтовая пробка; 9 - контакт высоковольтного ввода

2 Кернеу өлшеуіш трансформаторлары

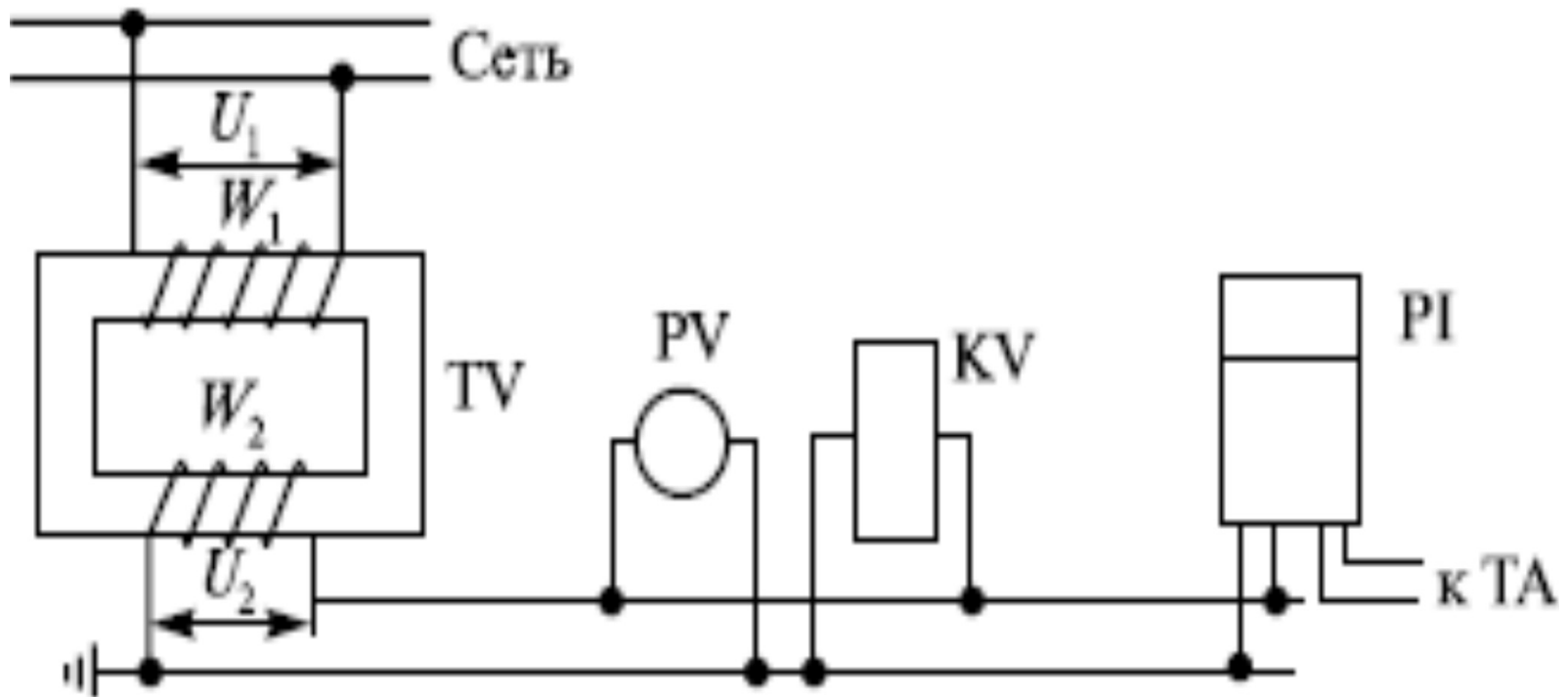
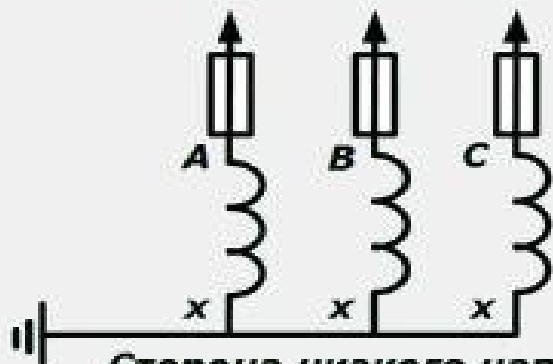


Рисунок 1 - Схема подключения приборов через однофазной однофазной трансформатор напряжения

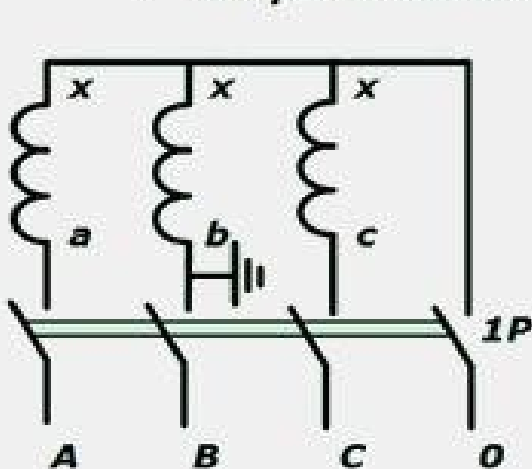
2 Кернеу өлшеуіш трансформаторлары

Схема включения трансформаторов напряжения

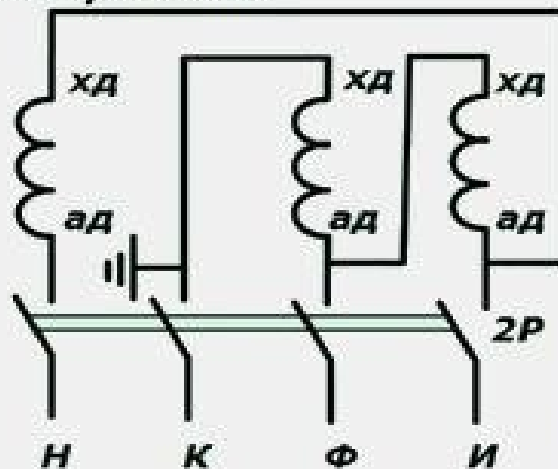
Сторона высокого напряжения



Сторона низкого напряжения



Цепи звезды



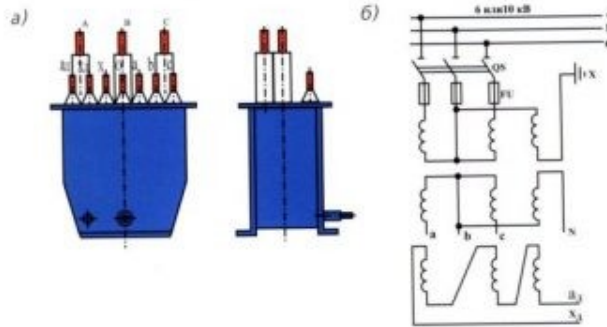
Цепи треугольника



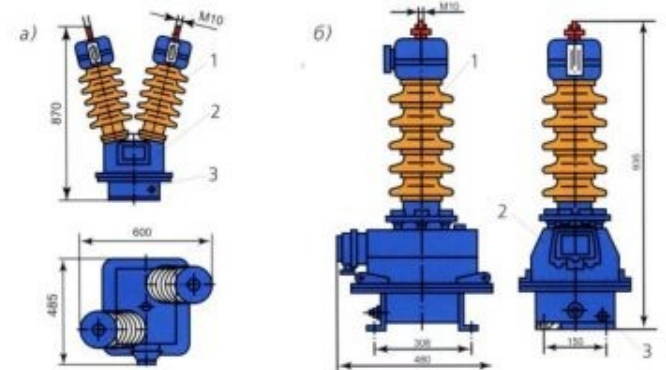
ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ



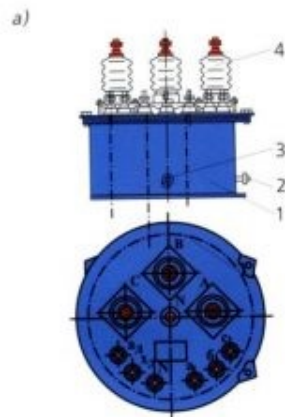
ОДНОФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НОМ-10:
а-общий вид; б-выемная часть;
1,5-проходные изоляторы; 2-болт для заземления; 3-сливная пробка; 4-бак; 6-обмотка; 7-сердечник; 8-винтовая пробка; 9-контакт высоковольтного ввода



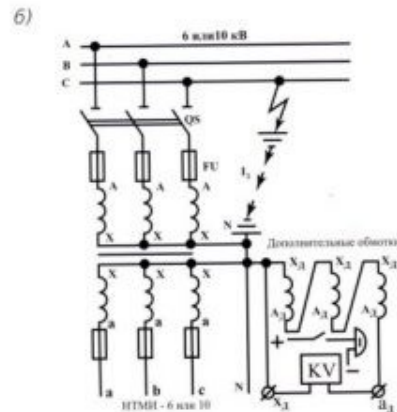
АНТИРЕЗОНАНСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НАМИ-10:
а-общий вид; б-электрическая схема



ОДНОФАЗНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ 35 кВ:
а-двумя вводами типа НОМ-35-66; б-с одним вводом типа 3НОМ-35;
1-ввод первичной обмотки; 2-коробка вводов вторичной обмотки; 3-бак



ТРЕХФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НТМИ-10:
а-общий вид; 1-бак; 2-болт для заземления; 3-сливная пробка; 4-высоковольтный ввод;
б-электрическая схема



ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ 110кВ:
а-общий вид;
1-вторичные выводы;
2-расширитель;
3-указатель уровня масла;
4-фарфоровая крышка;
5-тележка;
6-коробка с выводами;
7-болт для подъема;
б-электрическая схема;
1 и 2-секции первичной обмотки;
3 и 4-магнитопроводы;
5-вторичная обмотка;
6 и 7-уравнительные обмотки

2 Кернеу өлшеуіш трансформаторлары

Напряжение U_{2x} во столько раз меньше первичного напряжения U_1 , во сколько раз число витков вторичной обмотки w_2 меньше числа витков первичной обмотки w_1 .

$$\frac{U_1}{U_{2x}} = \frac{w_1}{w_2}$$

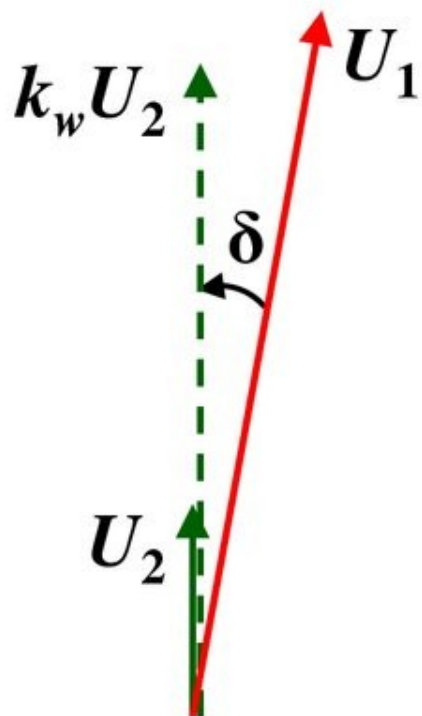
Отношение чисел витков обмоток называется коэффициентом трансформации и обозначается

$$K_U = w_1 / w_2$$

$$U_1 = U_2 K_U ;$$

$$U_2 = \frac{U_1}{K_U} .$$

Погрешности трансформаторов напряжения



$$f = \frac{U_2 k_{ном} - U_1}{U_1}$$

ГОСТ 1983-2001

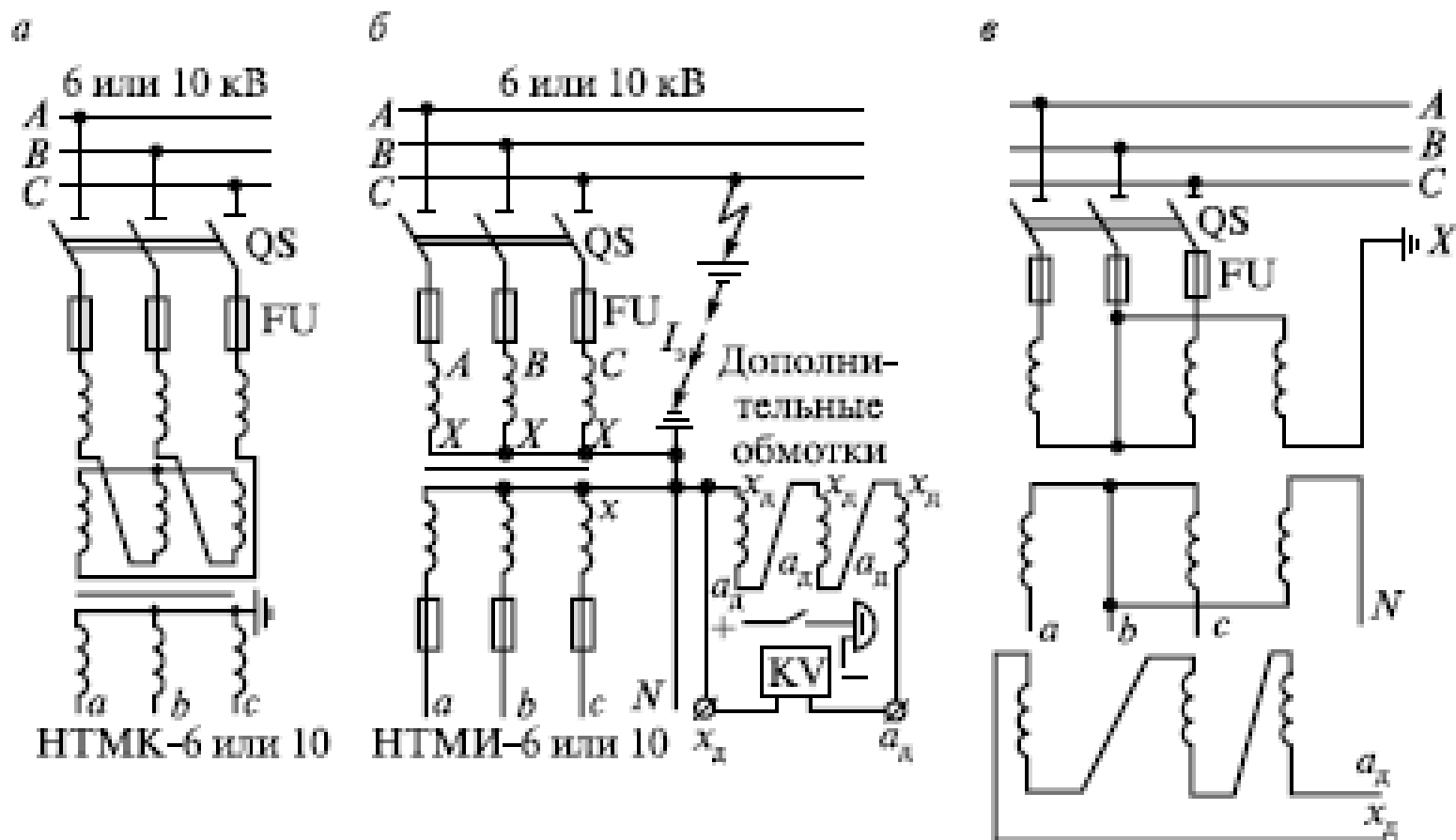
Класс точности	Предельная погрешность	
	$f, \%$	$\delta, \text{мин}$
0,2	$\pm 0,2$	± 10
0,5	$\pm 0,5$	± 20
1,0	$\pm 1,0$	± 40
3	$\pm 3,0$	не норм.

$$U_1 = (0.8 \div 1.2) U_{1ном}$$

$$S = (0.25 \div 1.0) S_{ном}$$

$$\cos \varphi = 0.8$$

2 Кернеу өлшеуіш трансформаторлары



а - НТМК; *б* - НТМИ; *в* - НАМИ

Рисунок 3 - Схемы соединения обмоток трехфазных трансформаторов напряжения

2 Кернеу өлшеуіш трансформаторлары

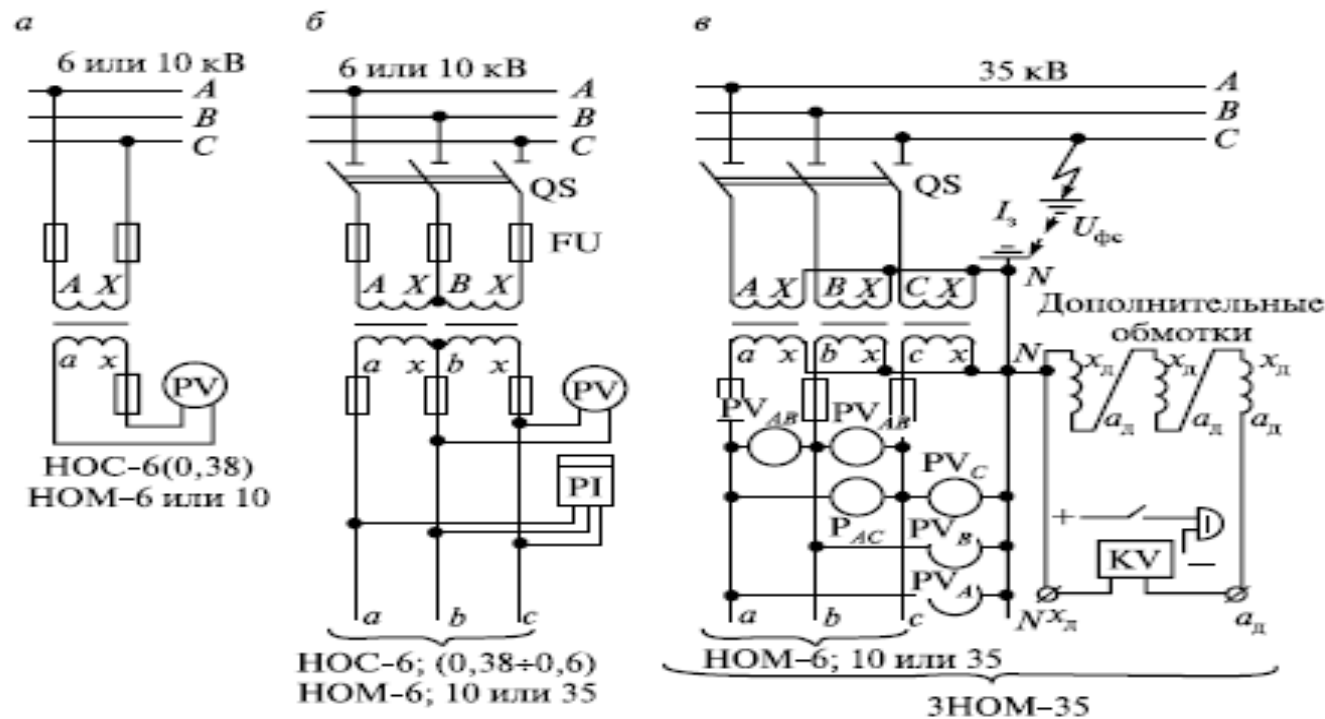


Рис. 3.7. Схемы соединения обмоток однофазных трансформаторов напряжения:

a — одного, типа НОС или НОМ; *б* — двух, в открытый (неполный) «треугольник»; *в* — трех, в «звезду» с заземленной нейтралью

a - одного, типа НОС или НОМ; *б* - двух, в открытый (неполный) «треугольник»;
в - трех, в «звезду» с заземленной нейтралью

Рисунок 4 - Схемы соединения обмоток однофазных трансформаторов напряжения

ТН



ТН

Измерительные трансформаторы напряжения 110 кВ





Бақылау сұрақтары:

1. Трансформатордың максималды ток қорғанысын түсіндіріңіз.
2. Кернеу арқылы Құлыпталған максималды ток қорғаныс тізбегін түсіндіріңіз.
3. Дифференциалды қорғаныс схемасын түсіндіріңіз.
4. Трансформаторлардағы қорғаныстың орналасуын түсіндіріңіз.
5. Қорғаныс тогын таңдау.
6. Қорғаныстың сезімталдық коэффициентін анықтау.

СӨЖ:

1. ДЗТ құрылғысындағы өлі қорғаныс аймағы.
2. Кернеу тізбектерінің ақаулығы кезіндегі блоктау құрылғылары.
3. Көлденең дифференциалды бағытталған қорғаныс.
4. 110-220 кВ желілерді қорғау.
5. Жоғары жиілікті қорғаныс

9 дәріс

Әдебиет тізімі

- 1 Балаков Ю.Н. Проектирование схем электроустановок. 2-е изд. – М.: МЭИ, 2006. – 288 с.
- 2 Соколов С.Е., Кузембаева Р.М. Хожин Г.Х. Электроэнергетика (Электрические станции и подстанции). Учебное пособие. Алматы, АИЭС 2008 .
- 3 Соколов С.Е., Кузембаева Р.М., Хожин Г.Х. Электрические станции и подстанции: Учебное пособие. – Алматы, 2006.
- 4 Электротехнический справочник. Под общ. ред. профессоров Московского МЭИ, Герасимова В. Г., Дьякова А. Ф., Ильинского Н. Ф., Лабунцова В. А., Морозкина В. П., Орлова И. Н. (главный редактор), Попова А. И., Строева В. А. — 9-е издание, стереотипное. — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 964 с.
- 5 Хожин Г.Х., Электр станциялары мен қосалқы станциялар, Оқулық, Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым министрлігінің «Оқулық» республикалық ғылыми-практикалық орталығы бекіткен, ҚР жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2014, ҚР., «Полиграфкомбинат» ЖШС. - Алматы, 2014. – 452 б.
- 6 Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: [учебное пособие] / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков . – 5-е изд., стер . – СПб.: БХВ-Петербург, 2013 . – 608 с. (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0833-9 .
- 7 Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю. Г. Барыбина. – М. : Энергоатомиздат, 1990.
- 8 Электрические подстанции. Сибикин, Ю.Д., М.: Радиософт, 2011.
- 9 Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. Под общей редакцией Немировского А.Е. Учебное пособие// М.: Вологда: Инфра-Инженерия, 2019.
- 10 Электроснабжение. Кудрин Б.И. – 2-ое изд., перераб и доп. –М.: Академия, 2012. 352с.
- 11 Электрическая часть станций и подстанций. А.А. Васильев, М.:Энергоатомиздат, 2005.