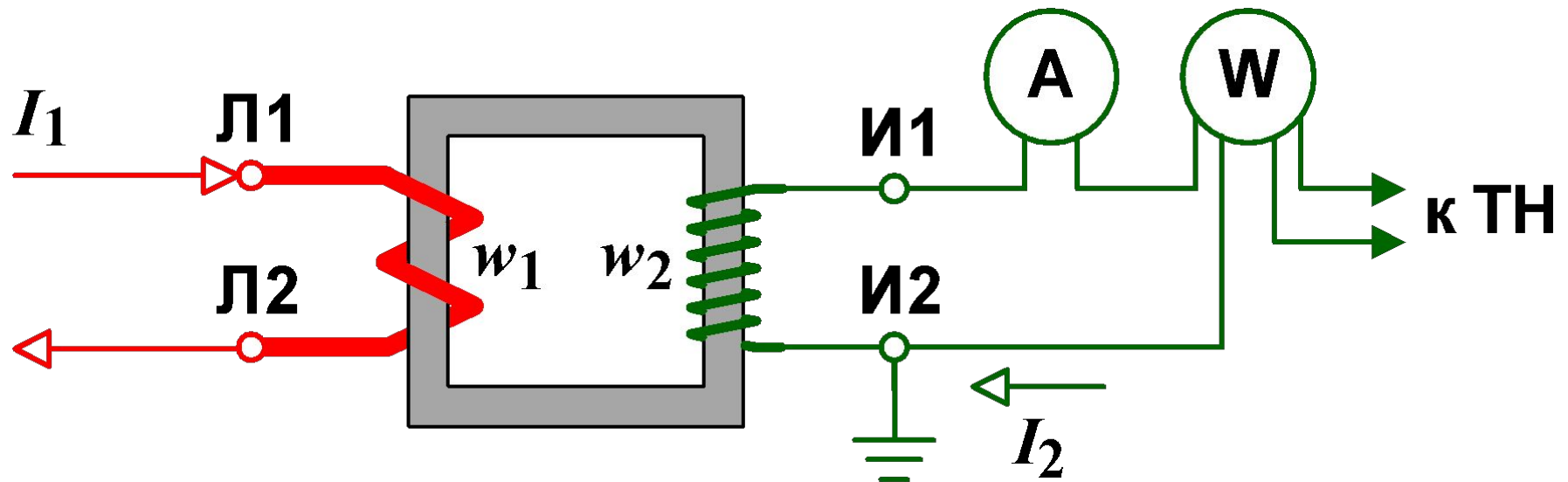


## 6. Измерительные трансформаторы



## 6.1 Измерительные трансформаторы тока

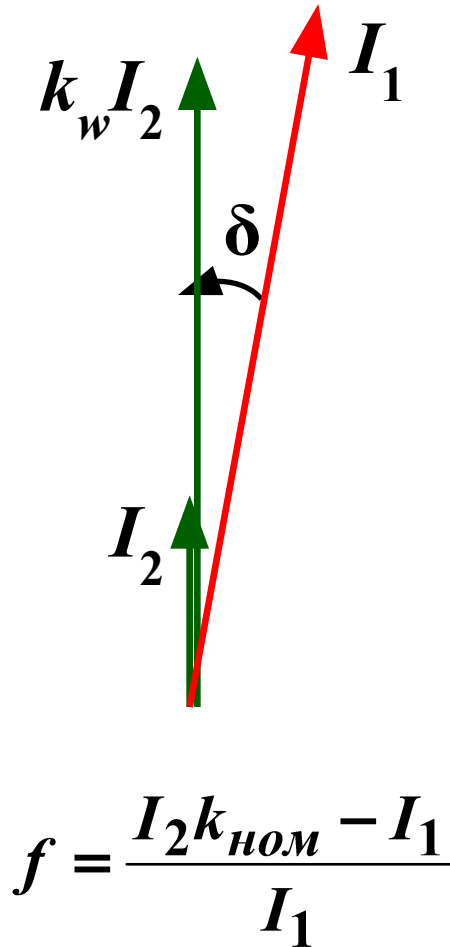
трансформатор, предназначенный для преобразования тока до величины, удобной для измерения



$$k_w = \frac{w_2}{w_1} < k_{\text{НОМ}} = \frac{I_{1\text{НОМ}}}{I_{2\text{НОМ}}}$$

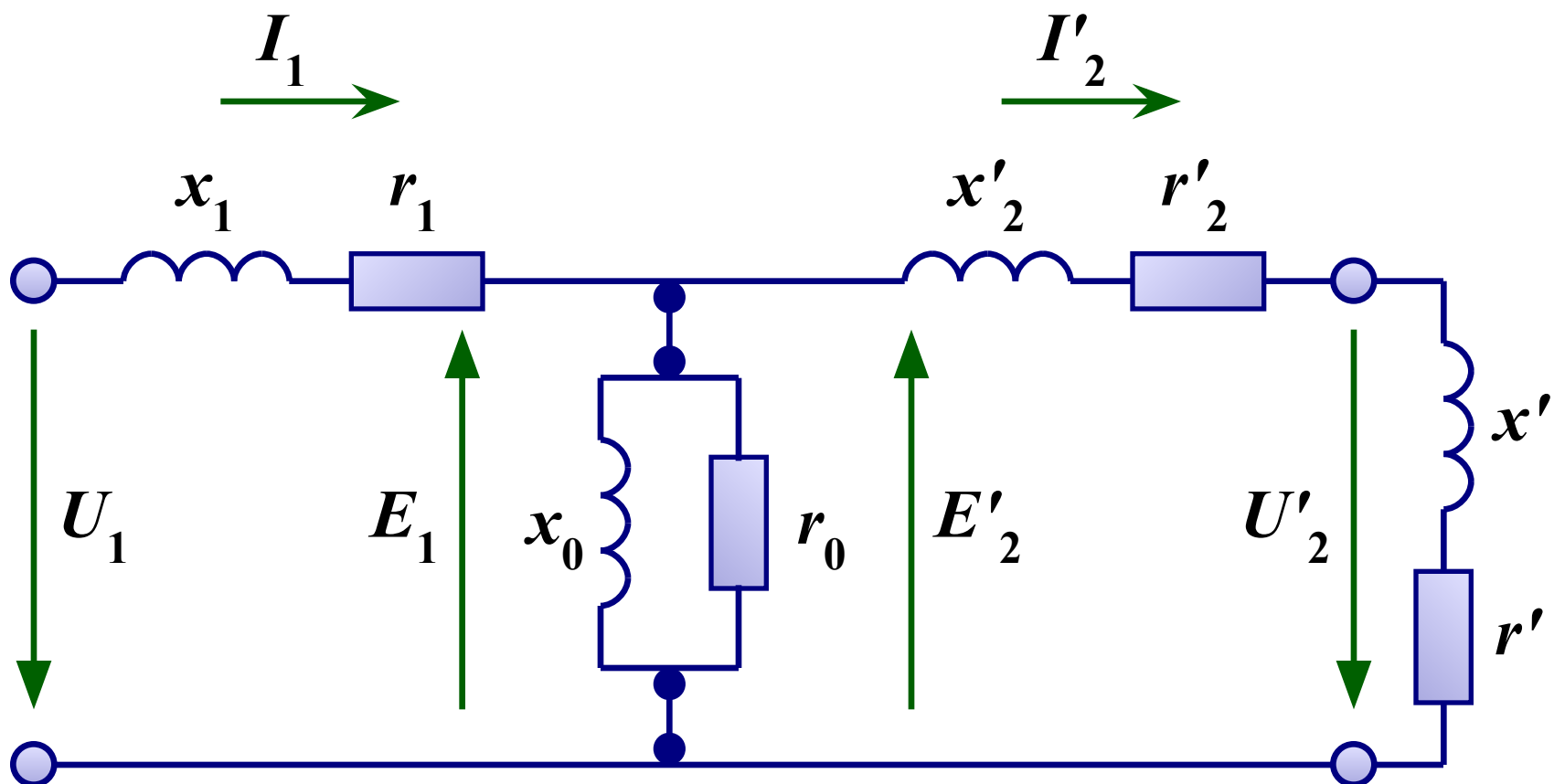
# Погрешности трансформаторов тока

## ГОСТ 7746-2001

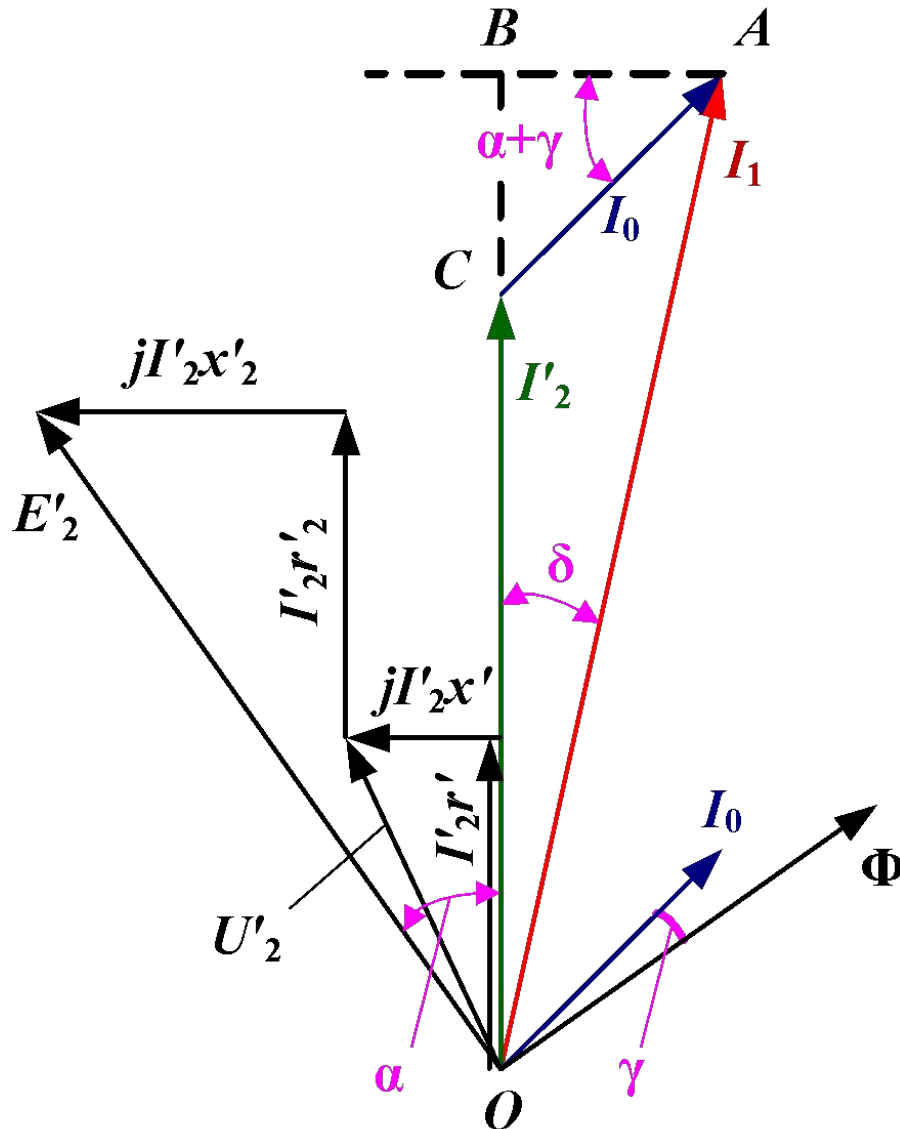


| Класс точности | Условия работы     |         | Предельная погрешность |                      |
|----------------|--------------------|---------|------------------------|----------------------|
|                | $I_1/I_{1ном}, \%$ | $Z, \%$ | $f, \%$                | $\delta, \text{мин}$ |
| 0,2            | 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.             |

# Схема замещения трансформатора тока



# Векторная диаграмма трансформатора тока



$$I_2' = k_w I_2$$

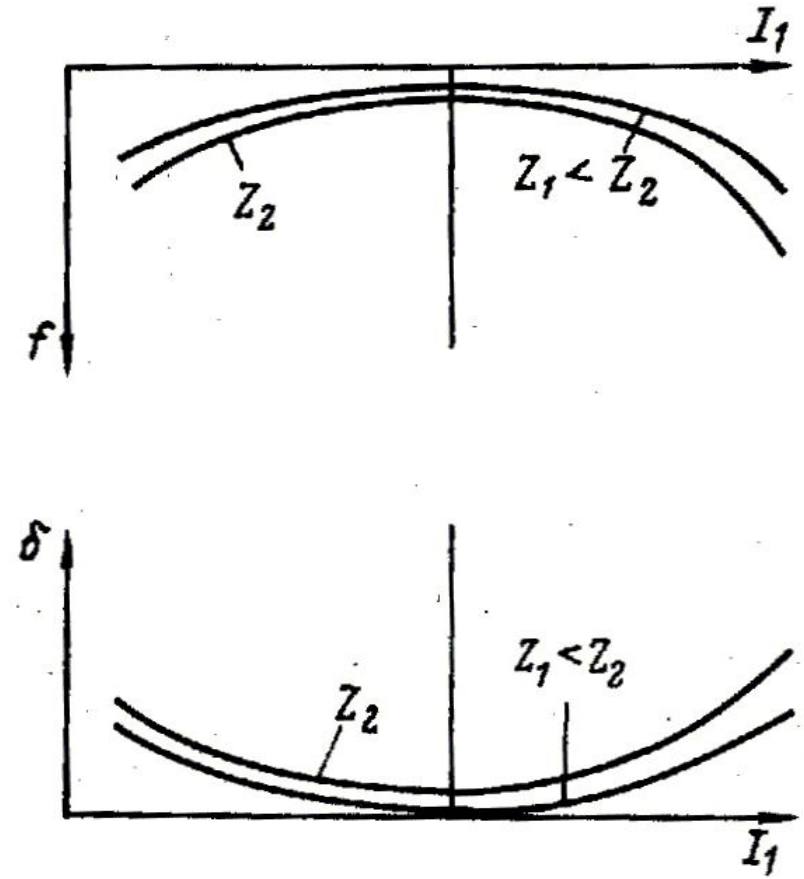
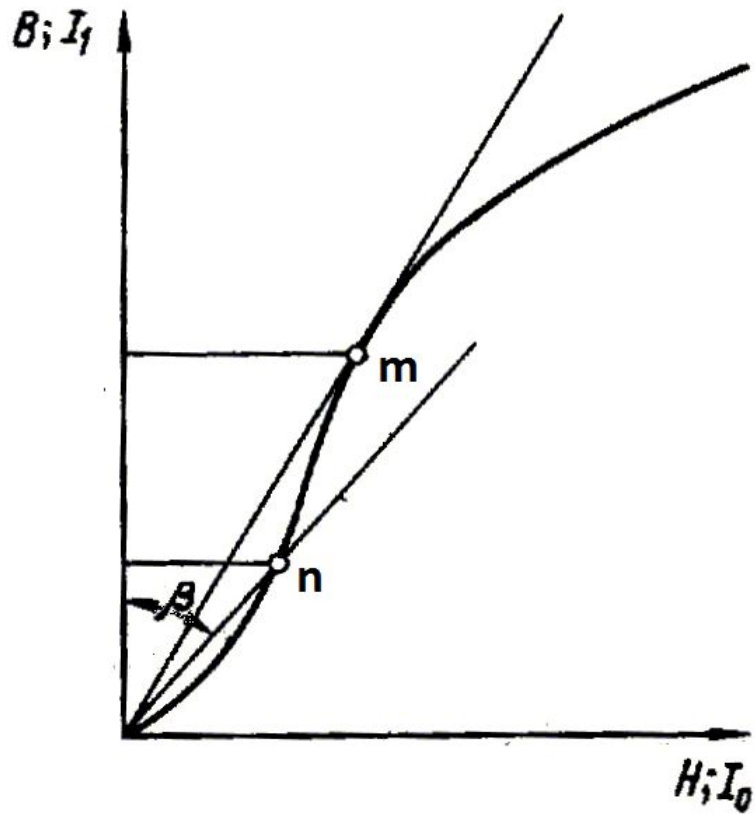
$$x'_2 = x_2 / k_w^2 \quad x' = x / k_w^2$$

**Если  $k_w = k_{\text{ном}}$  :**

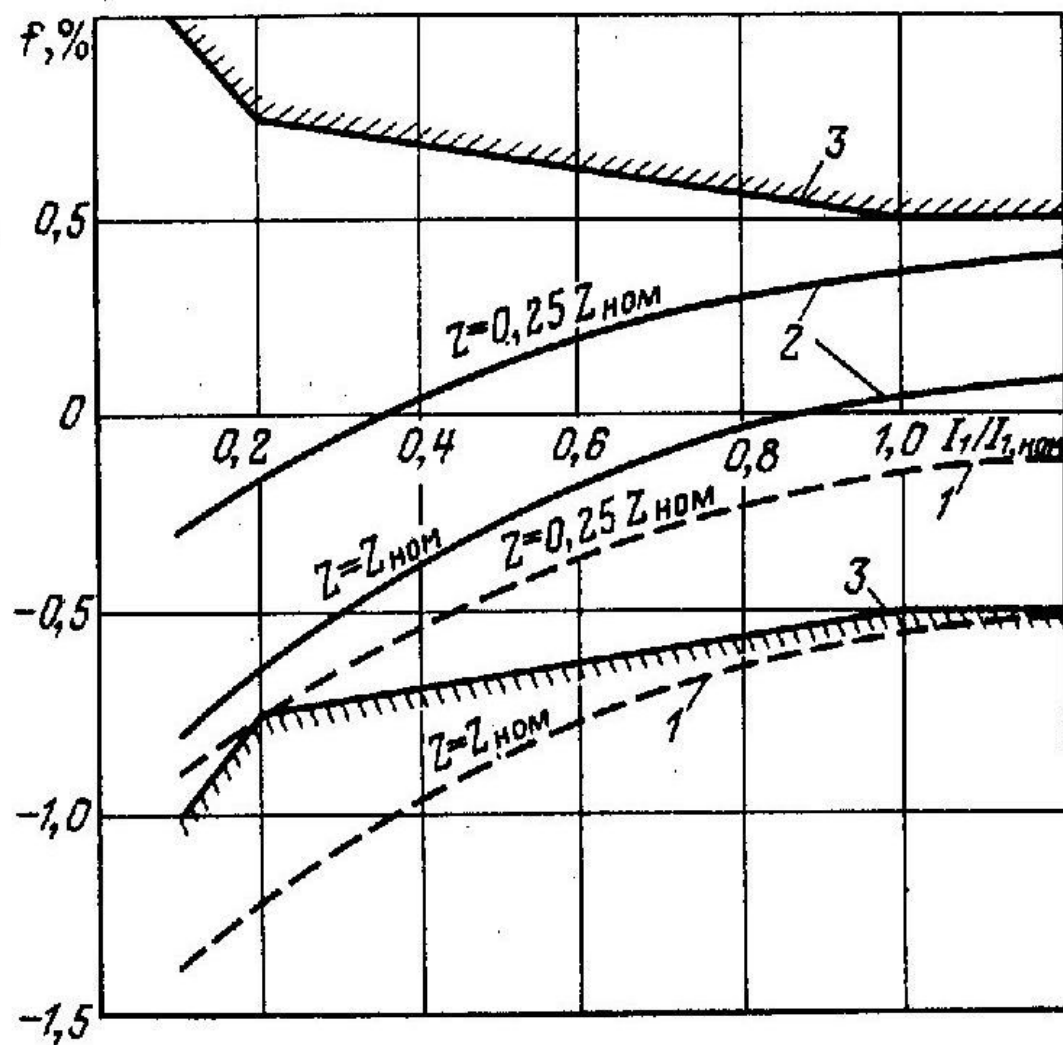
$$f \approx -\frac{CB}{OA} = -\frac{I_0}{I_1} \sin(\alpha + \gamma)$$

$$\delta \approx \frac{AB}{OA} = \frac{I_0}{I_1} \cos(\alpha + \gamma)$$

# Зависимости погрешностей ТТ от первичного тока

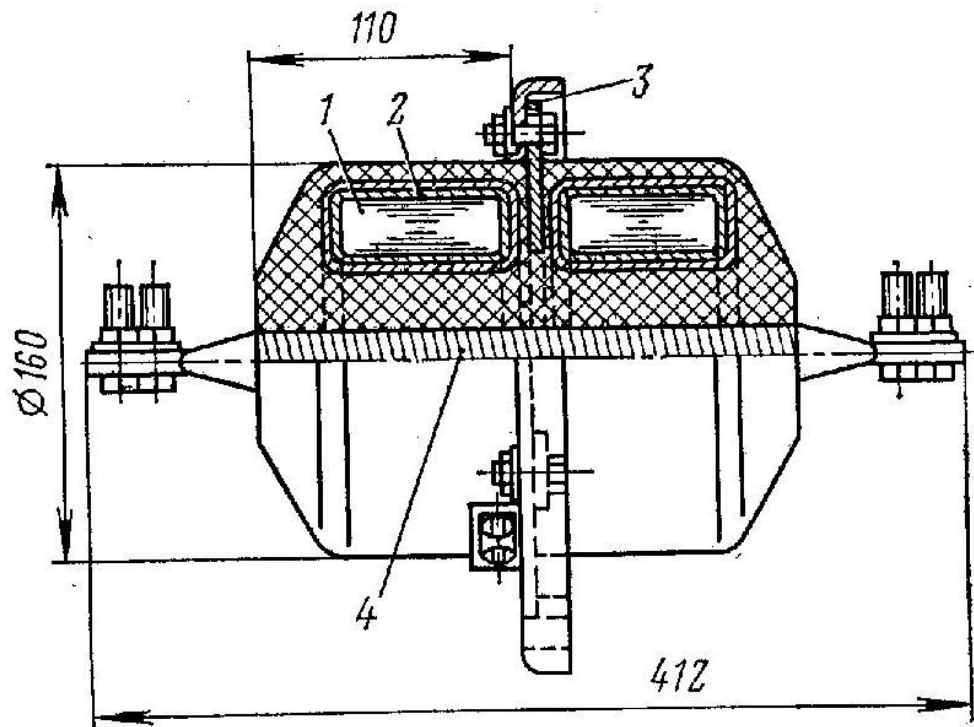
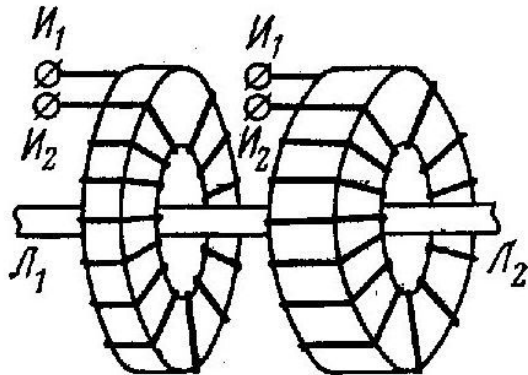


# Витковая компенсация токовой погрешности



1. без витковой коррекции
2. с витковой коррекцией
3. допустимые пределы для класса точности 0,5

# Проходные одновитковые трансформаторы тока (ТПОЛ-10)



1. магнитопровод
2. вторичная обмотка
3. крепежное кольцо
4. стержень первичной обмотки



# Проходные трансформаторы тока

---



# Проходные многовитковые трансформаторы тока (ТПЛ-10)

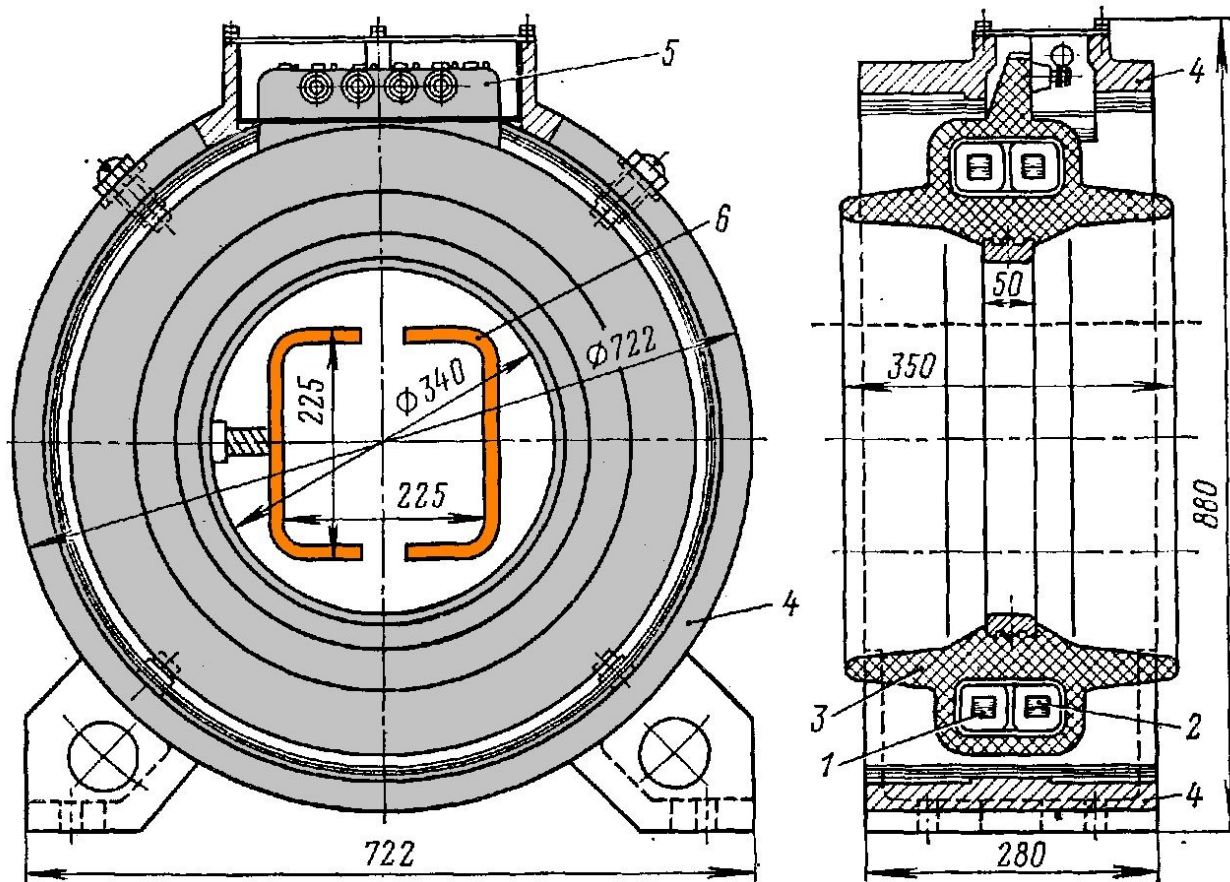
---



- 
- |                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| 1. магнитопровод     | 4. вывод первичной обмотки |
| 2. вторичная обмотка | 5. литой эпоксидный корпус |
| 3. первичная обмотка |                            |



# Шинные трансформаторы тока (ТШЛ-20)



- 1. магнитопровод кл. 0.5
- 2. магнитопровод кл. Р
- 3. литой эпоксидный блок

- 4. корпус
- 5. коробка выводов вторичных обмоток
- 6. шина

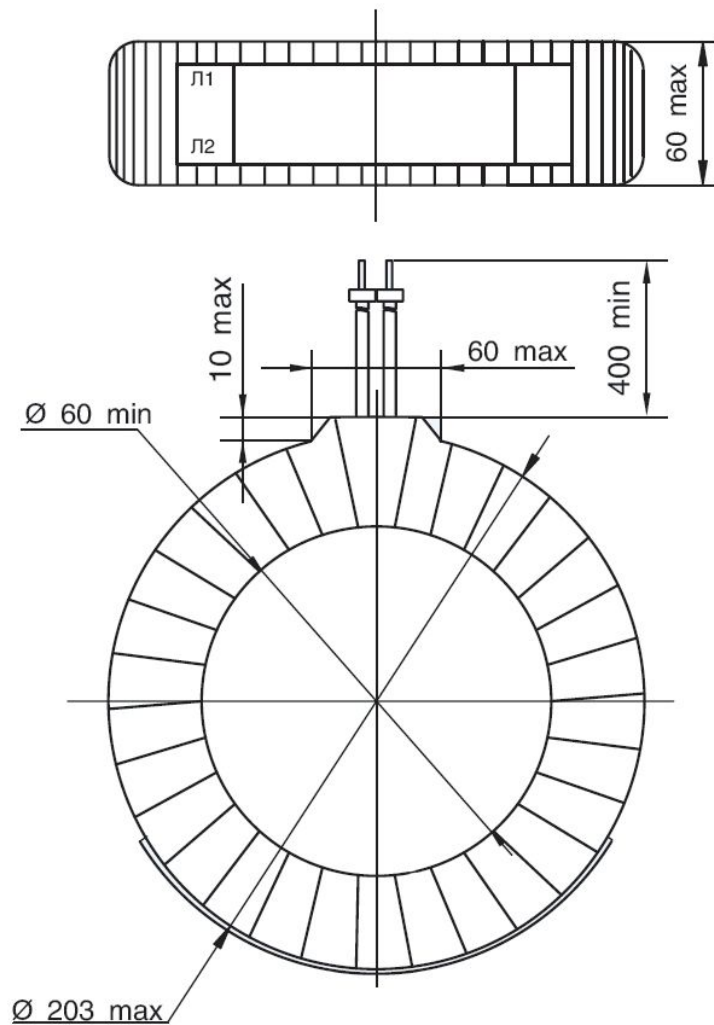
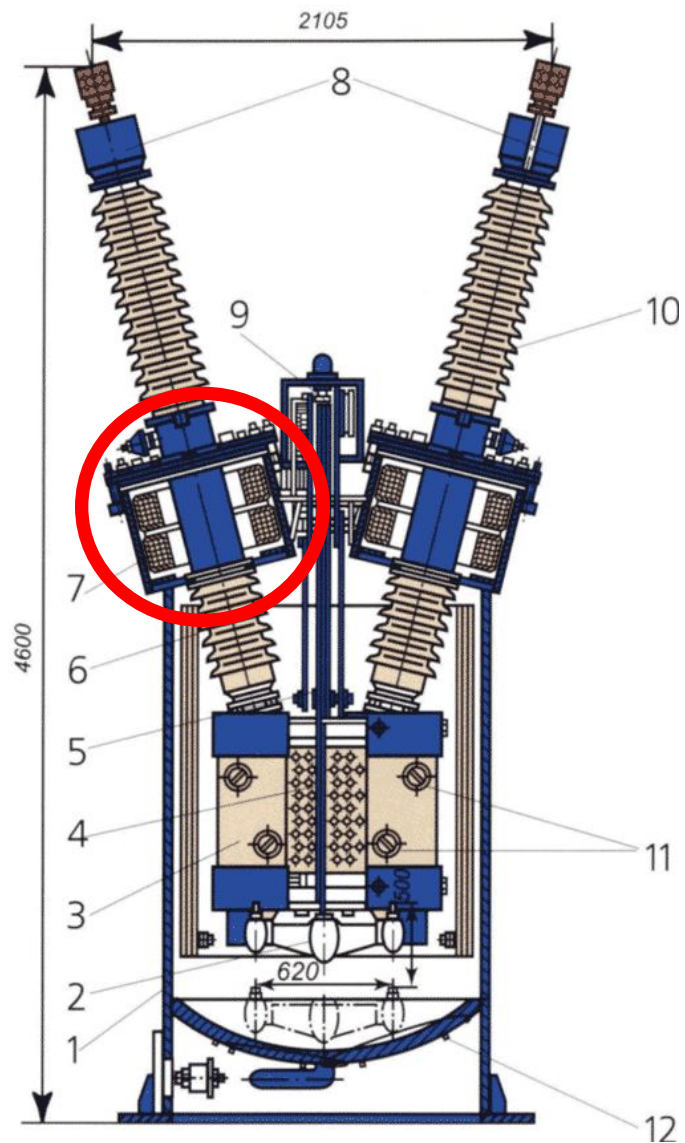
# Шинные трансформаторы тока

---





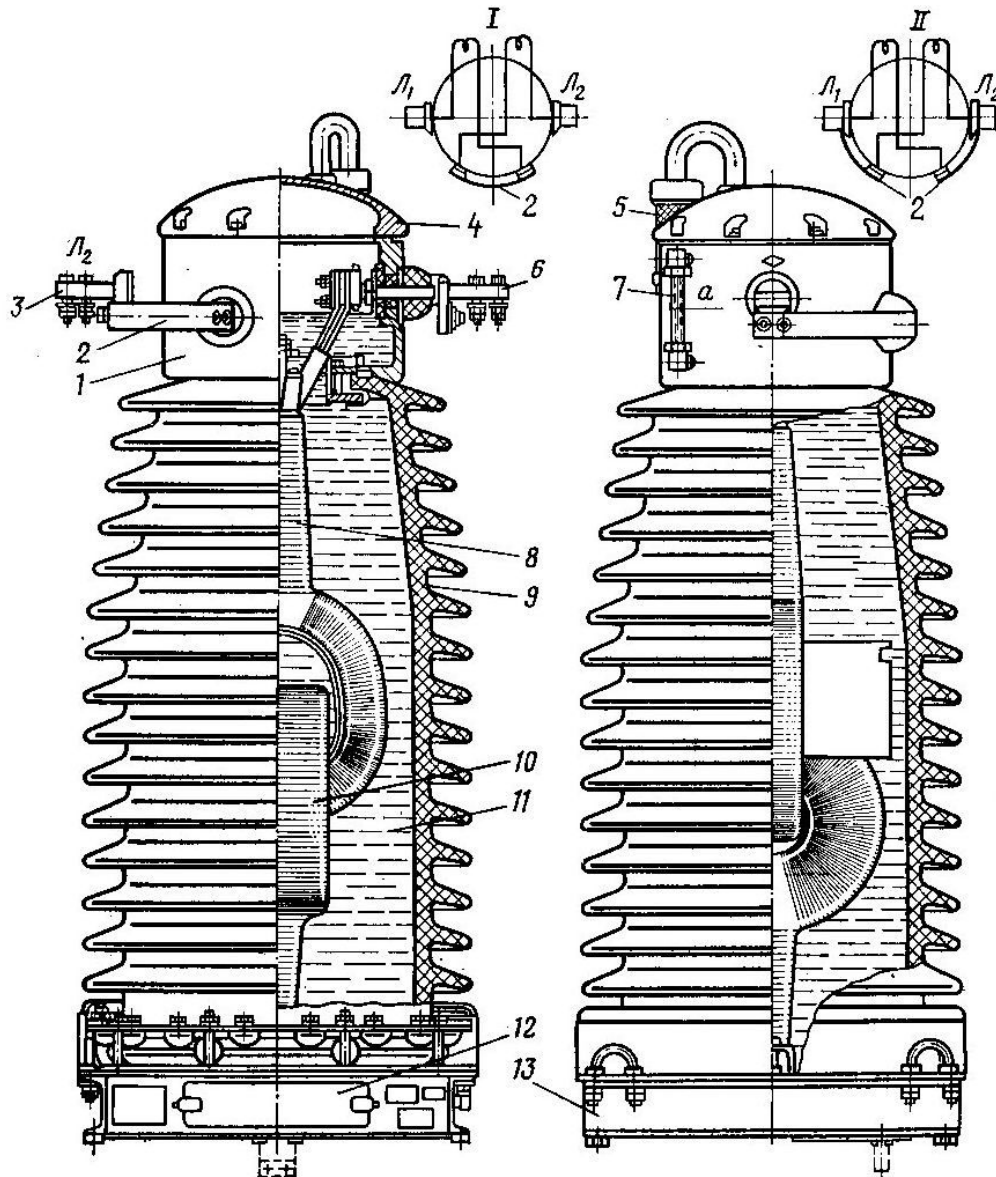
# Встроенные трансформаторы тока (ТВ, ТВТ)



# Встроенные трансформаторы тока (ТВ, ТВТ)



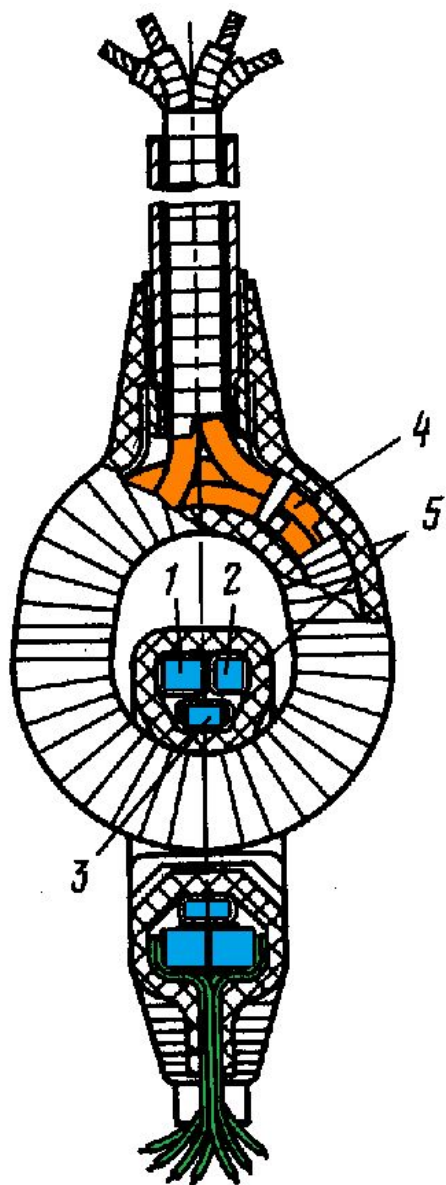
# Трансформаторы тока для наружной установки в фарфоровом корпусе (ТФЗМ)



1. маслорасширитель
2. переключатель  
первичной обмотки
3. ввод Л2
4. крышка
5. влагопоглотитель
6. ввод Л1
7. маслоуказатель
8. первичная обмотка
9. фарфоровая  
покрышка
10. магнитопровод со  
вторичной обмоткой
11. масло
12. коробка выводов  
вторичных обмоток
13. цоколь



# Обмотка звеньев трансформатора тока



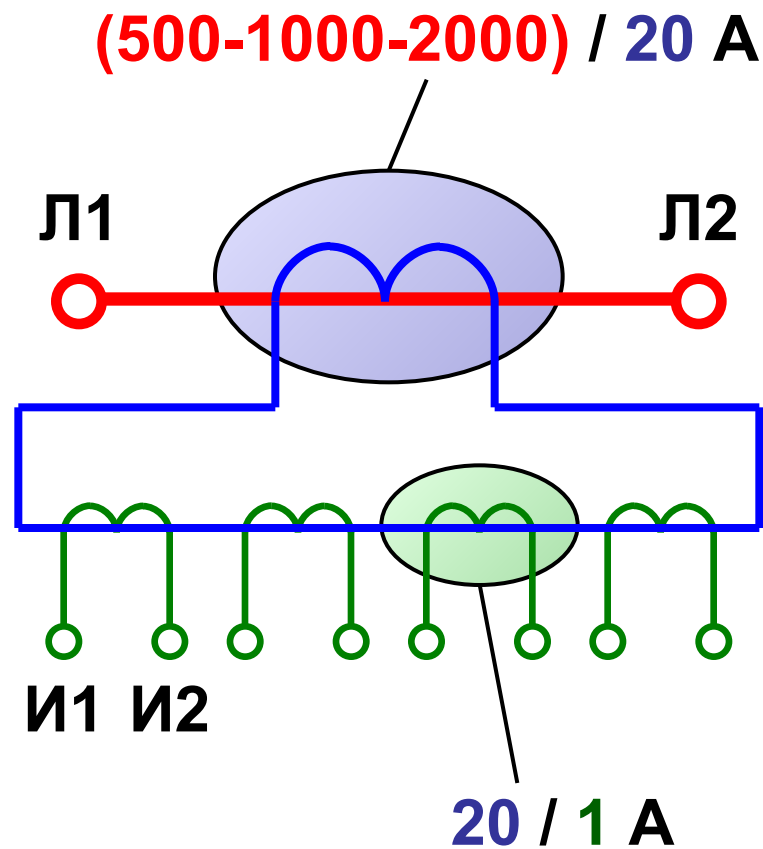
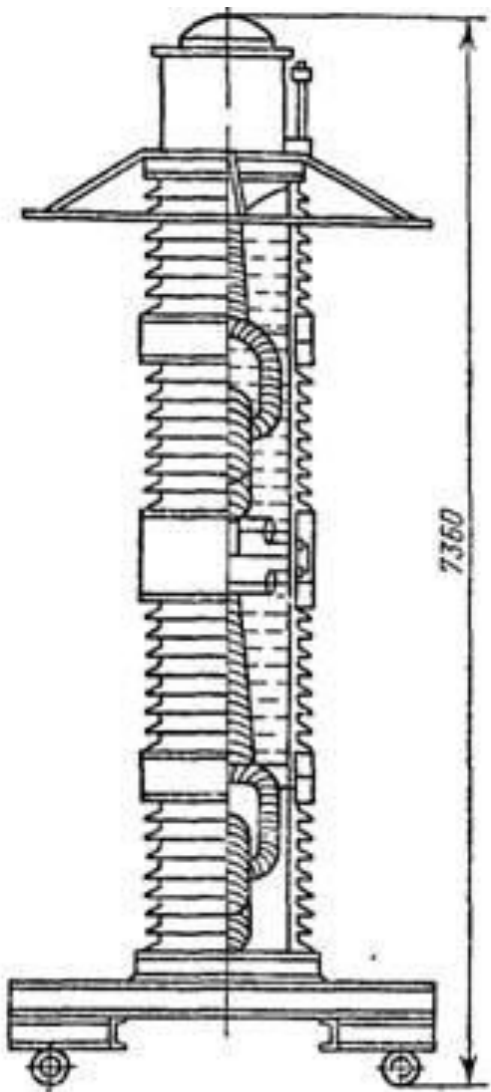
- 1-3. магнитопроводы
- 4. первичная обмотка
- 5. бумажная изоляция

# Трансформаторы тока ТФЗМ-220

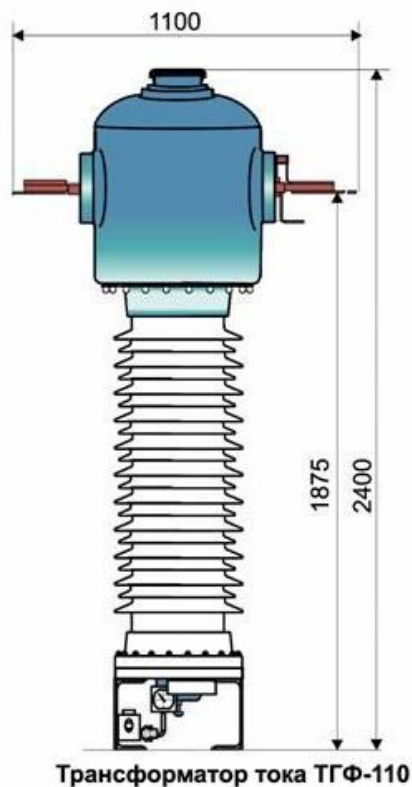
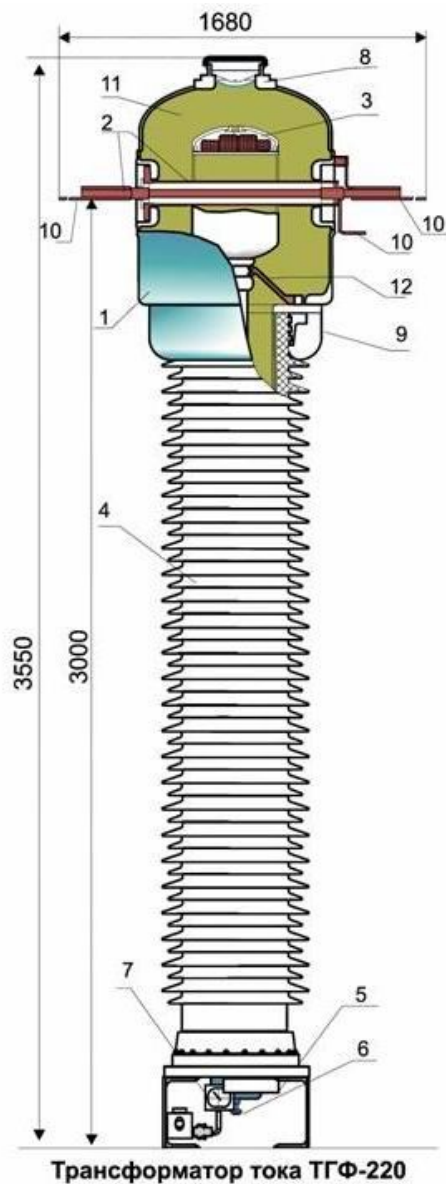
---



# Каскадные трансформаторы тока 330÷750 кВ



# Элегазовые трансформаторы тока (ТГФ, ТРГ)



**ТРГ-110**

# Выбор трансформаторов тока

---

## 1. По напряжению установки

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

## 2. По длительному току

$$I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}} \quad (I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}})$$

## 3. На электродинамическую стойкость

$$I_{\text{п0}} \leq I_{\text{дин}} \quad i_y \leq i_{\text{дин}}$$

## 4. На термическую стойкость

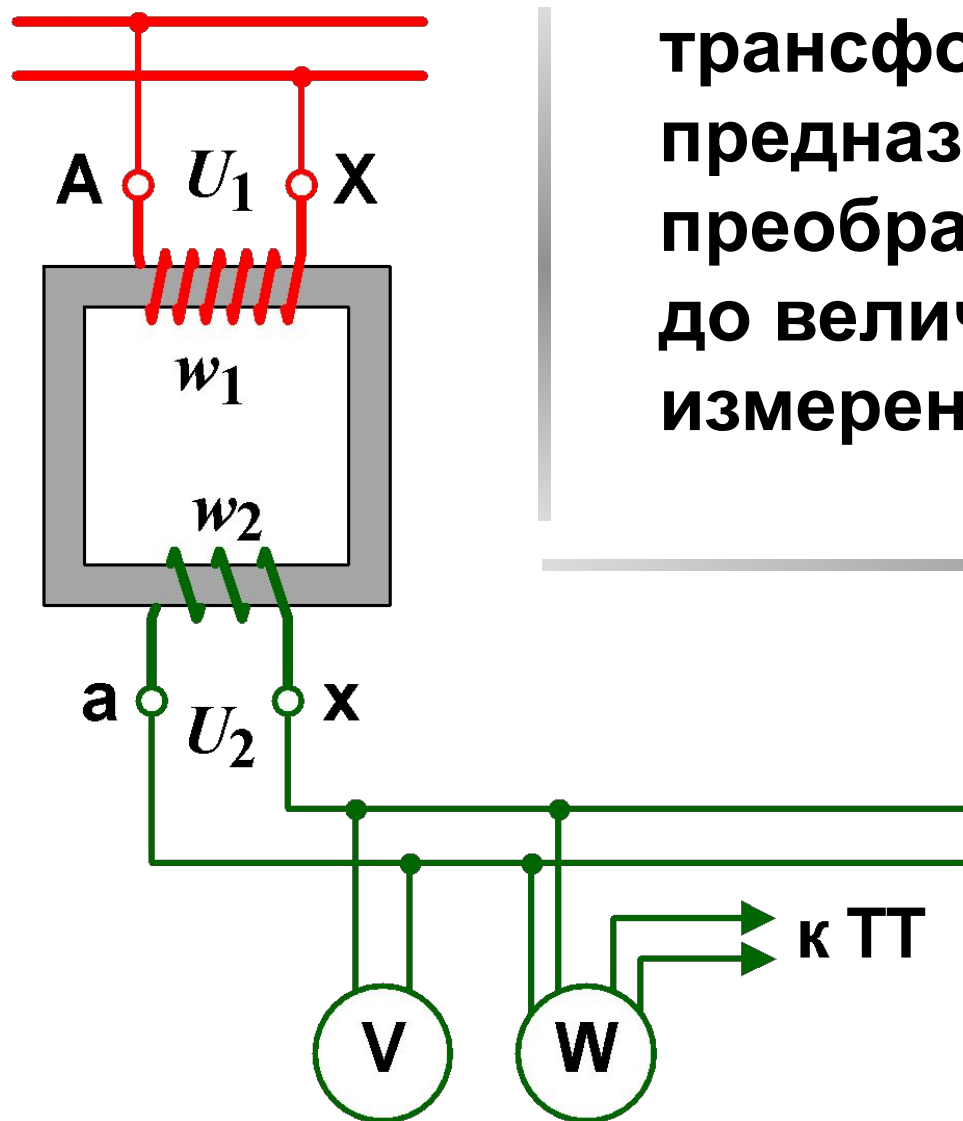
$$B_{\text{к}} \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}$$

## 5. По нагрузке

$$Z \leq Z_{\text{ном}} \quad Z \approx R_{\text{приборов}} + R_{\text{проводов}} + R_{\text{контактов}}$$



## 6.2 Измерительные трансформаторы напряжения

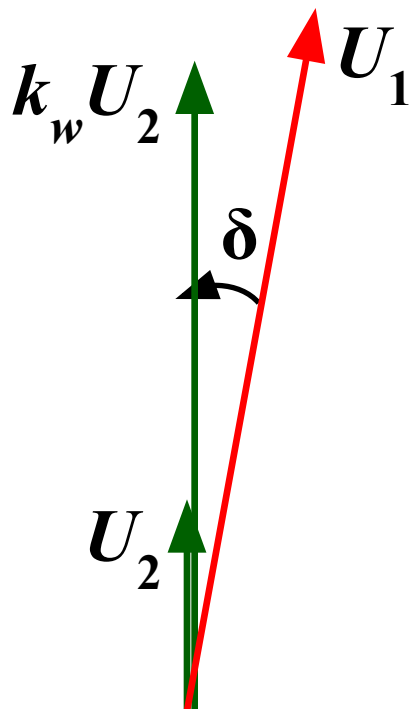


трансформатор,  
предназначенный для  
преобразования напряжения  
до величины, удобной для  
измерения

$$k_w = \frac{w_1}{w_2}$$

$$k_{\text{НОМ}} = \frac{U_{1\text{НОМ}}}{U_{2\text{НОМ}}}$$

# Погрешности трансформаторов напряжения



$$f = \frac{U_2 k_{ном} - U_1}{U_1}$$

## ГОСТ 1983-2001

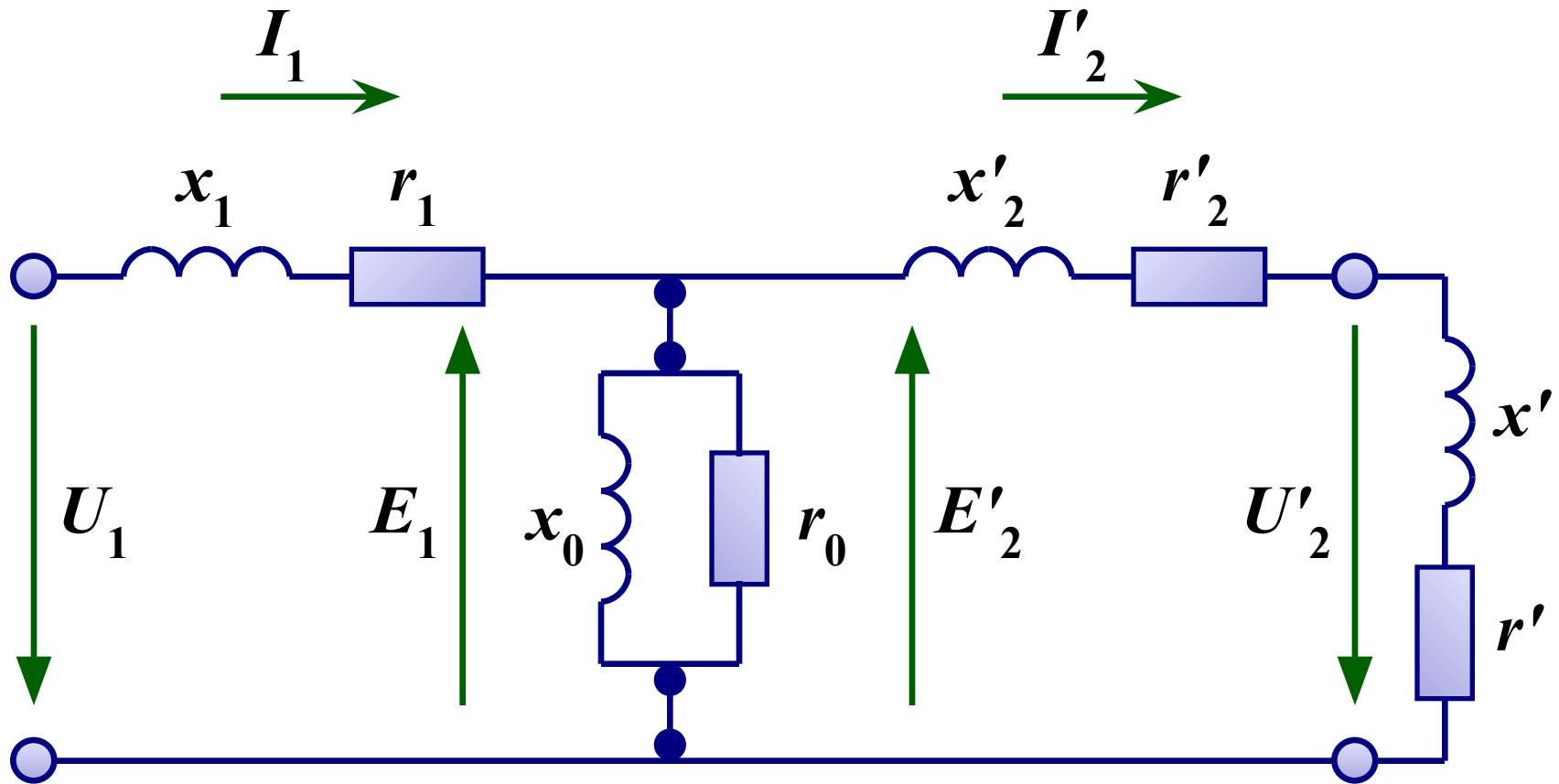
| Класс точности | Предельная погрешность |                      |
|----------------|------------------------|----------------------|
|                | $f, \%$                | $\delta, \text{мин}$ |
| 0,2            | $\pm 0,2$              | $\pm 10$             |
| 0,5            | $\pm 0,5$    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

$$U_1 = (0.8 \div 1.2) U_{1ном}$$

$$S = (0.25 \div 1.0) S_{ном}$$

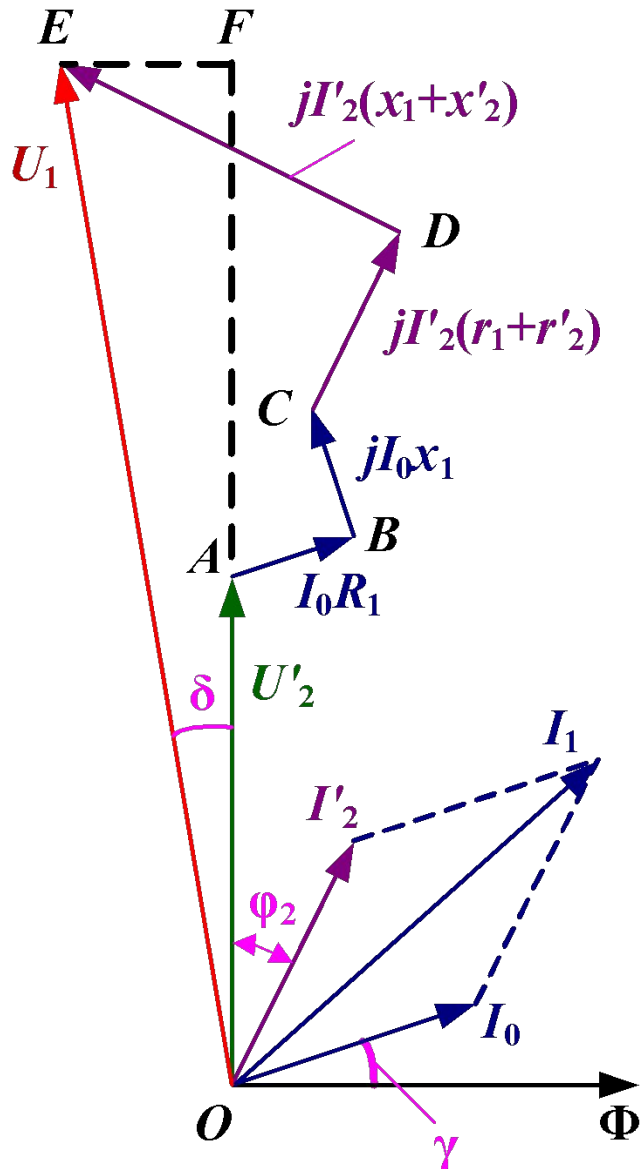
$$\cos \varphi = 0.8$$

# Схема замещения трансформатора напряжения



$$\vec{U}_1 - \vec{U}'_2 = \vec{I}'_2 \vec{z}'_2 + \vec{I}_1 \vec{z}_1 = \vec{I}_0 \vec{z}_1 + \vec{I}'_2 (\vec{z}_1 + \vec{z}_2)$$

# Векторная диаграмма трансформатора напряжения

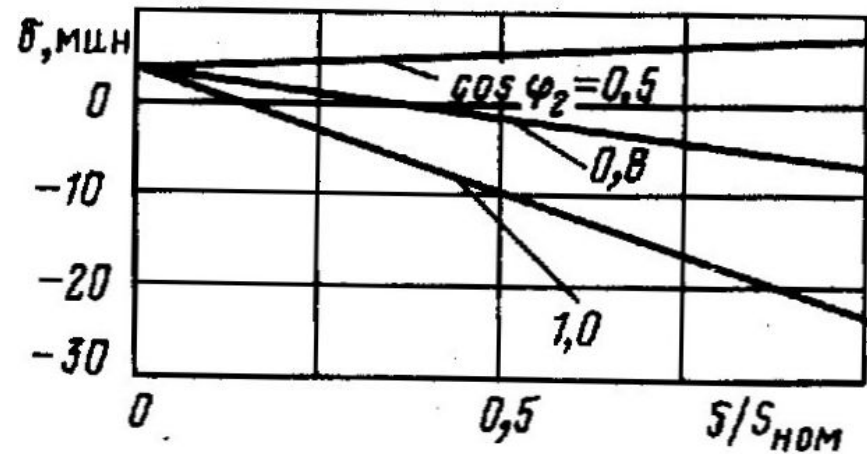
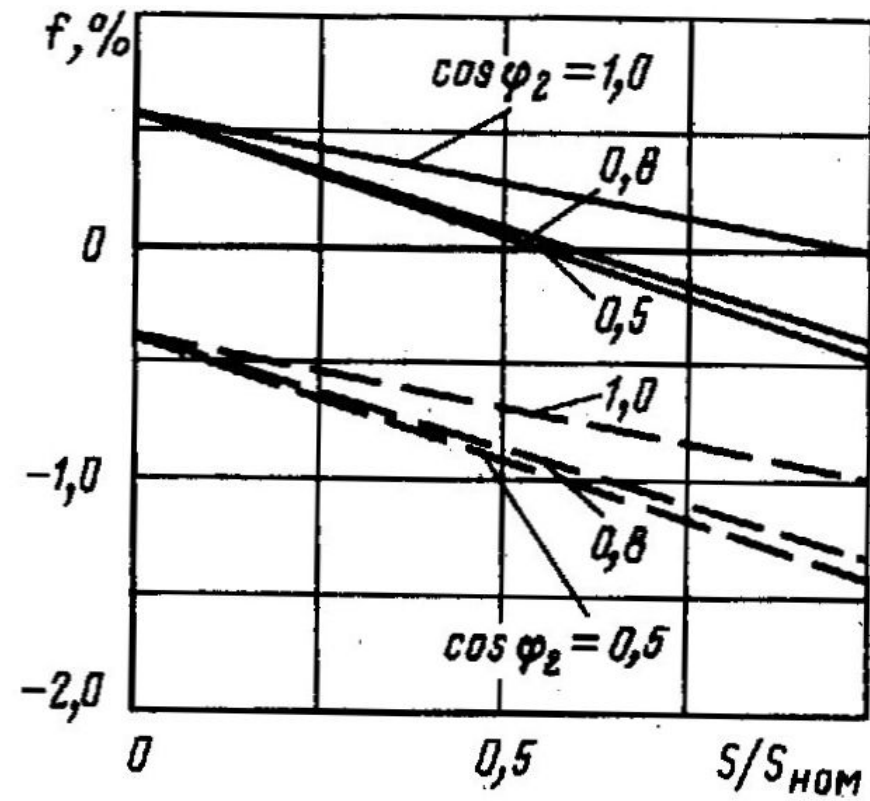


Если  $k_w = k_{\text{ном}}$  :

$$f \approx -\frac{FA}{EO}$$

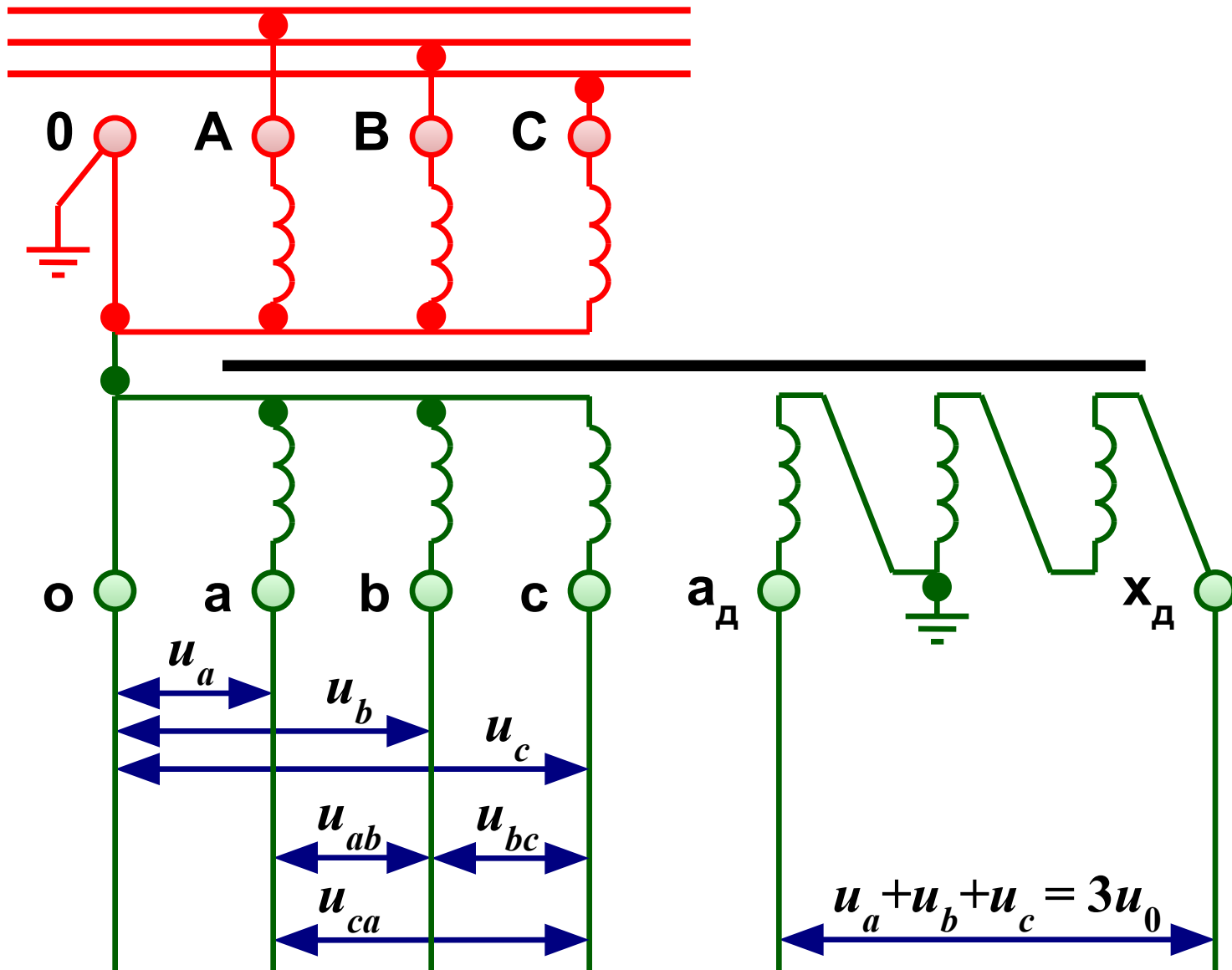
$$\delta \approx \frac{EF}{EO}$$

# Характеристики погрешностей ТН

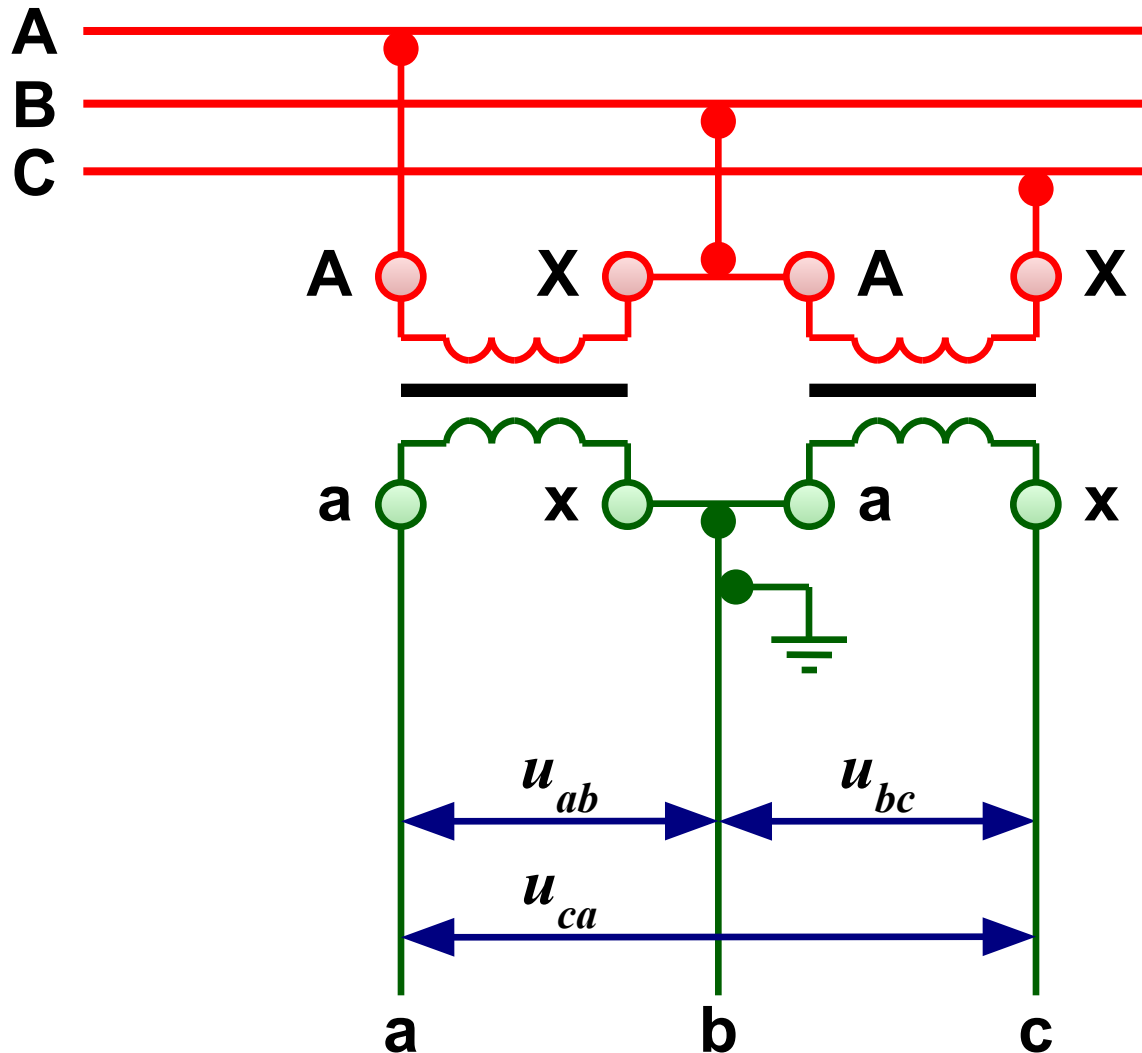




# Схемы соединения обмоток ТН



# Включение двух однофазных ТН в неполный треугольник



# Однофазные трансформаторы напряжения НОМ-10

---

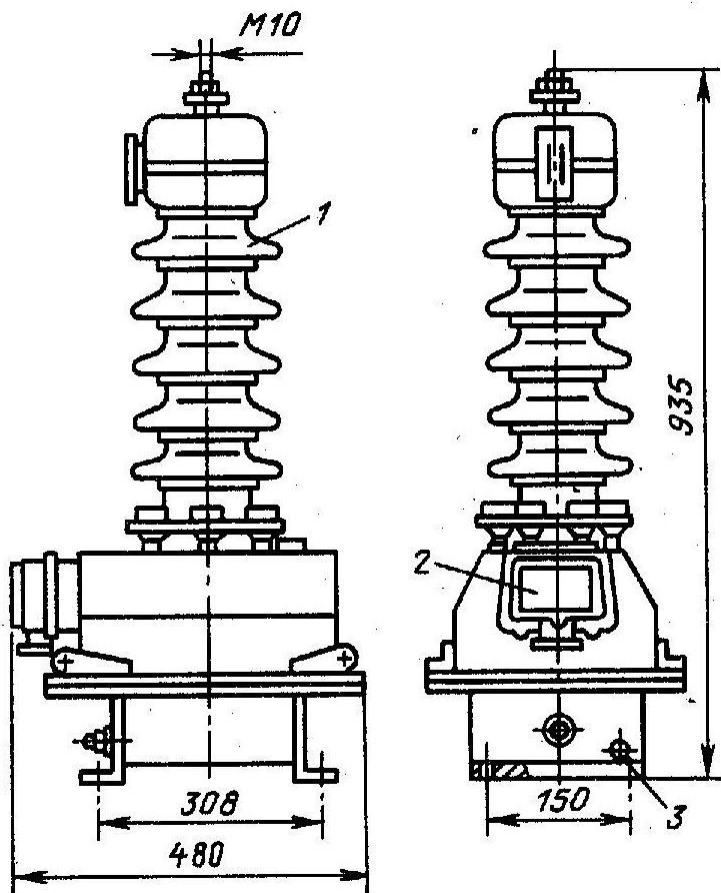


# Однофазные трансформаторы напряжения НОМ-35

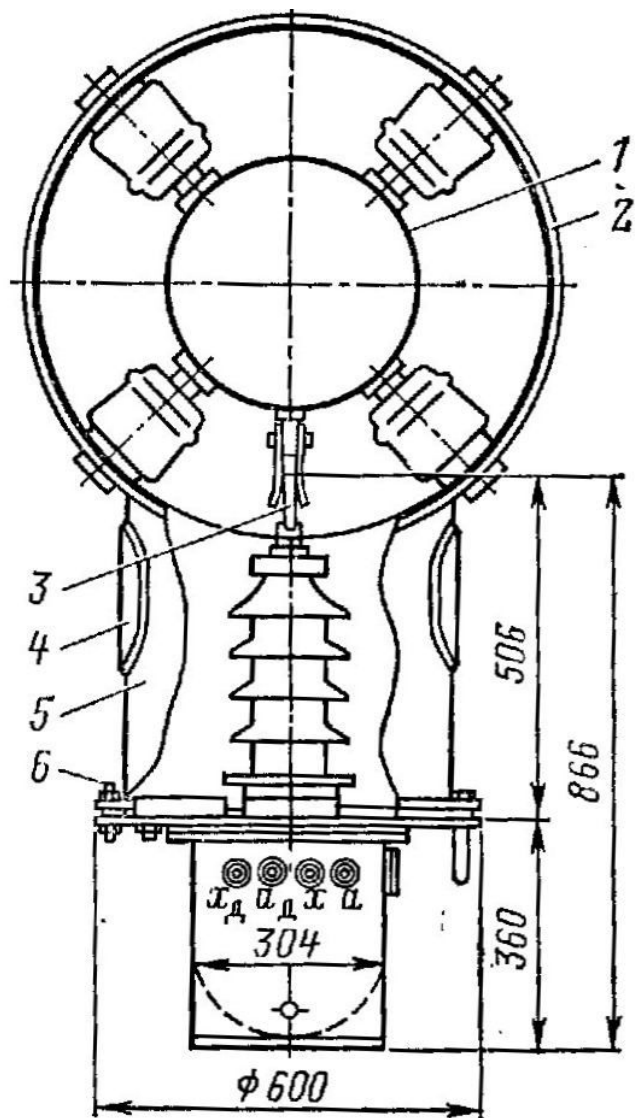
---



# Однофазные трансформаторы напряжения ЗНОМ-35



# Установка трансформаторы напряжения ЗНОМ-20 в комплектном токопроводе



1. токопровод
2. экран
3. ножевой контакт
4. смотровой люк
5. патрубок
6. болт

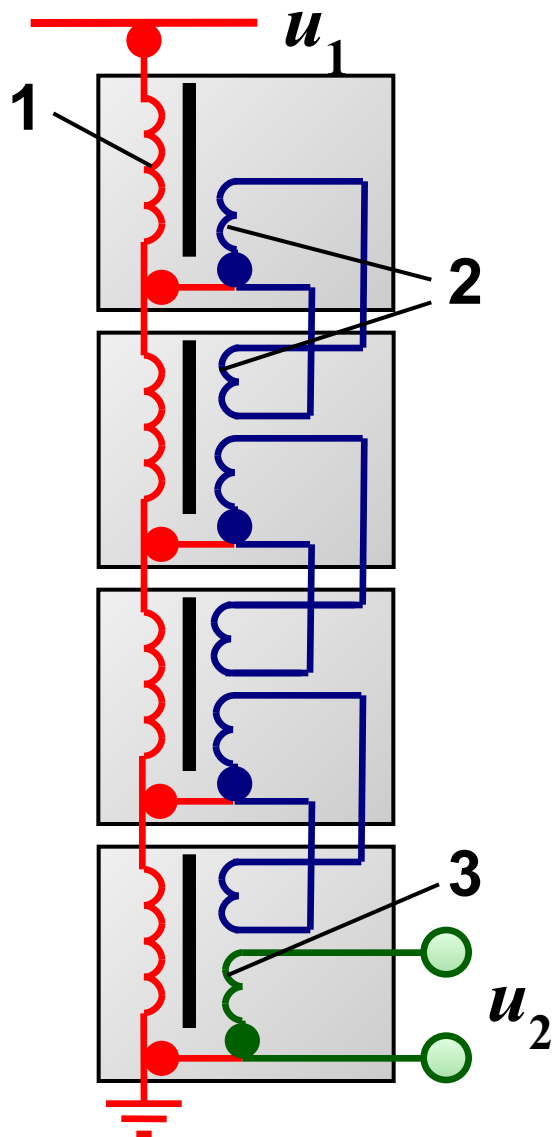


# Однофазные трансформаторы напряжения с литой изоляцией (НОЛ, ЗНОЛ, ЗНОЛП)

---



# Каскадные трансформаторы напряжения (НКФ-220)



# Трехфазные трансформаторы напряжения (НТМИ-6, НТМИ-10)

---



# Выбор трансформаторов напряжения

---

1. По напряжению установки
2. По типам подключаемых приборов и реле
3. По вторичной нагрузке ( $S$ )