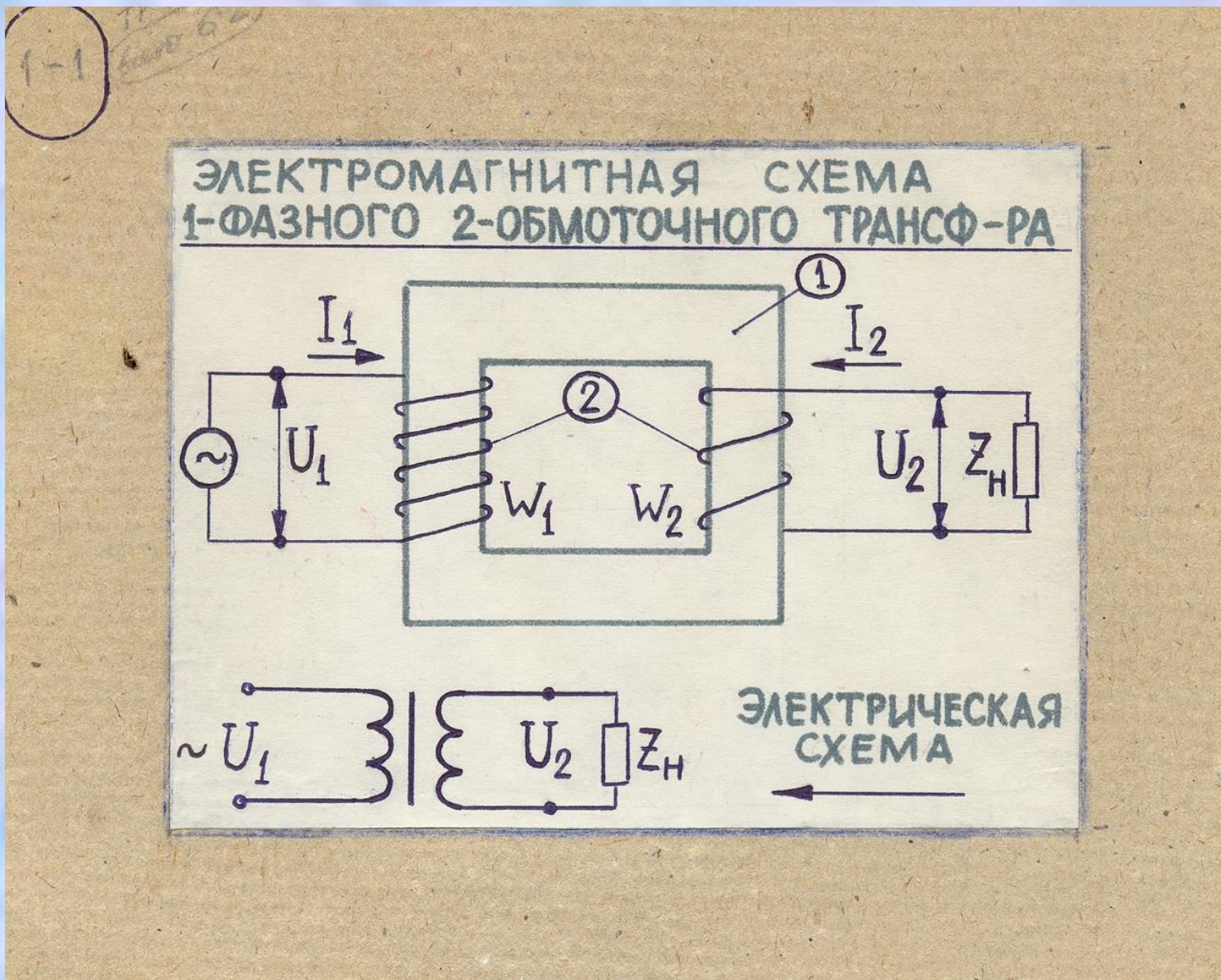


# ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАНСФОРМАТОРАХ

*Трансформатором называют статическое электромагнитное устройство, имеющее две (или более) индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования посредством явления электромагнитной индукции одной (первичной) системы переменного тока в другую (вторичную) систему переменного тока.*

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СХЕМА ТРАНСФОРМАТОРА



# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

1-2

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

### ХОЛОСТОЙ ХОД

$$U_{1H} \rightarrow I_{10} \rightarrow I_{10} \cdot W_1 \rightarrow \Phi_{10} = \Phi$$

$$\Phi \rightarrow e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

### НАГРУЗКА

$$U_{1H} \rightarrow I_1 \rightarrow \dots \rightarrow \Phi_1 \rightarrow \Phi$$

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$e_2 \rightarrow I_2 \rightarrow \dots \rightarrow \Phi_2 \rightarrow \Phi$$

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

## 4 УРАВНЕНИЯ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

$$e_1 = -w_1(d\Phi/dt), (1)$$

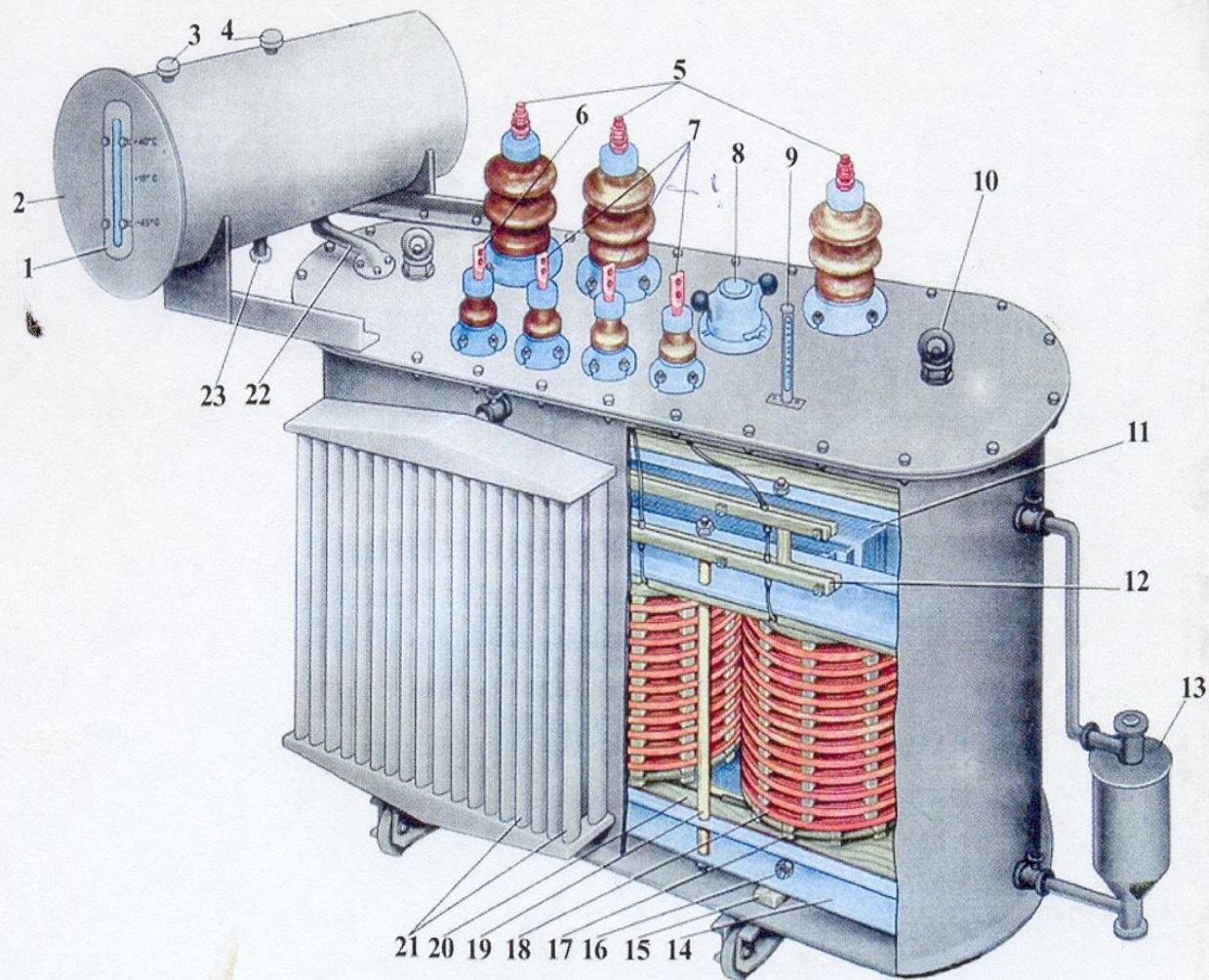
$$e_2 = -w_2(d\Phi/dt), (2)$$

В повышающих трансформаторах  $U_2 > U_1$ .

В понижающих трансформаторах  $U_2 < U_1$ .

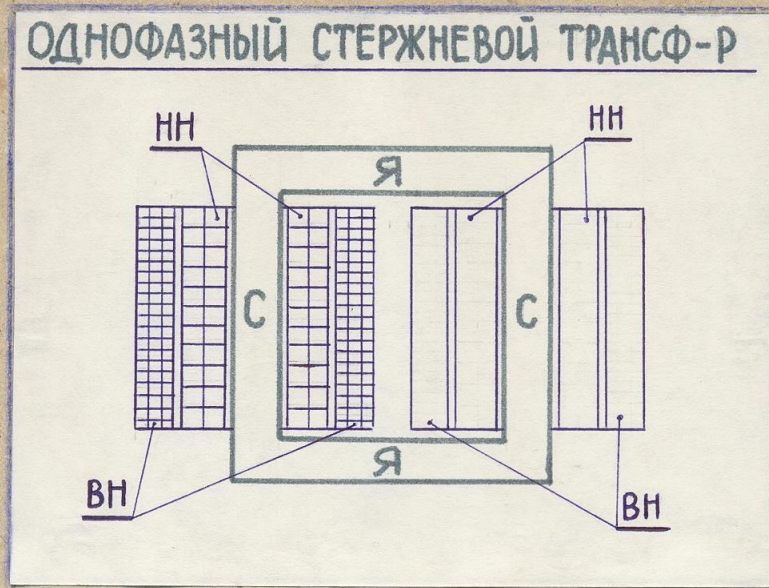
# УСТРОЙСТВО ТРАНСФОРМАТОРА С МАСЛЯНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

- 1 - маслоуказатель
- 2 - расширитель
- 3 - дыхательная пробка
- 4 - маслозаливная пробка
- 5 - вводы ВН
- 6 - нулевой ввод НН
- 7 - ввод НН
- 8 - переключатель ступеней регулирования напряжения
- 9 - ртутный термометр
- 10 - кольцо (рым) для подъема крышки
- 11 - магнитопровод
- 12 - буквые планки
- 13 - термосифонный фильтр
- 14 - ярмовая балка
- 15 - деревянная подкладка
- 16 - горизонтальная прессеующая шпилька
- 17 - ярмовая изоляция
- 18 - обмотка ВН
- 19 - вертикальная стяжная шпилька
- 20 - уравнивательная изоляция
- 21 - циркуляционная труба радиатора
- 22 - патрубок, соединяющий расширитель с баком
- 23 - грязеотстойник

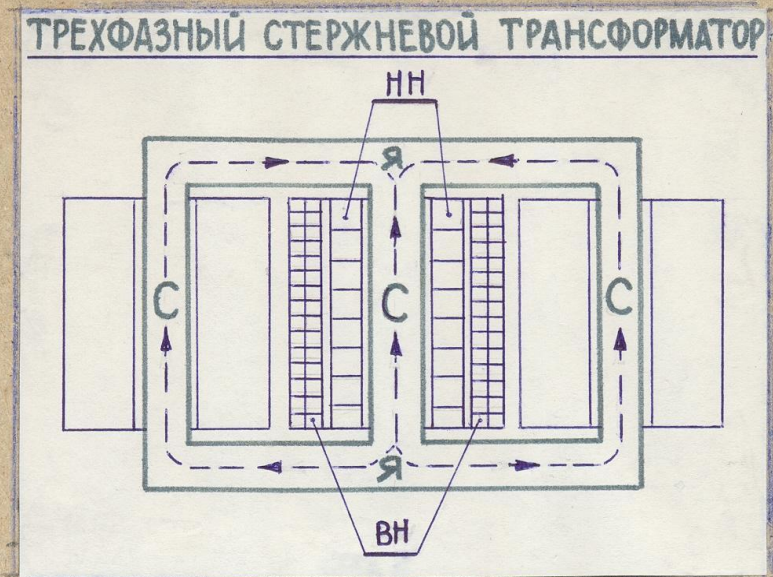


# ВИДЫ МАГНИТОПРОВОДОВ: СТЕРЖНЕВОЙ

1-3

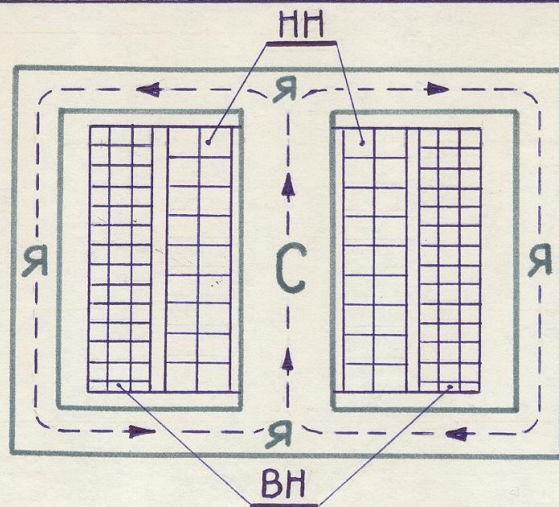


1-6

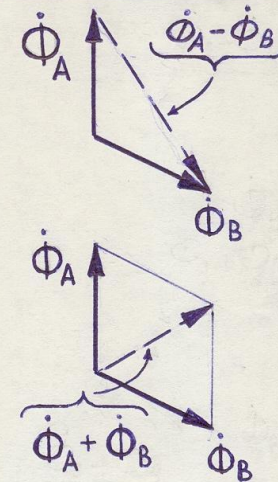
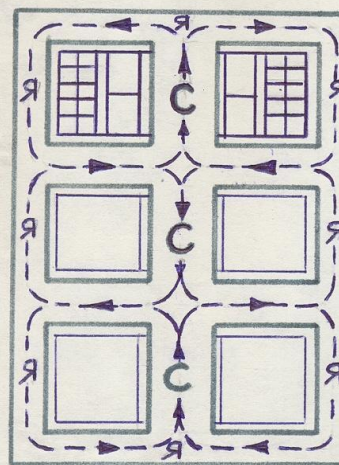


# ВИДЫ МАГНИТОПРОВОДОВ: БРОНЕВОЙ

ОДНОФАЗНЫЙ БРОНЕВОЙ ТРАНСФОРМАТОР

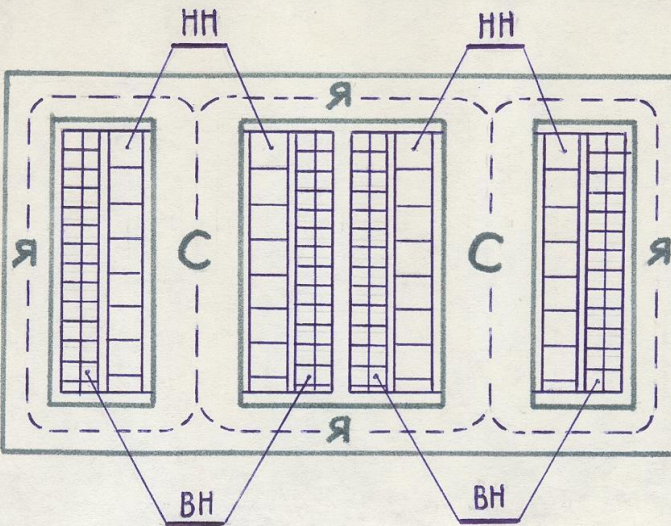


ТРЕХФАЗНЫЙ БРОНЕВОЙ ТРАНСФОРМАТОР

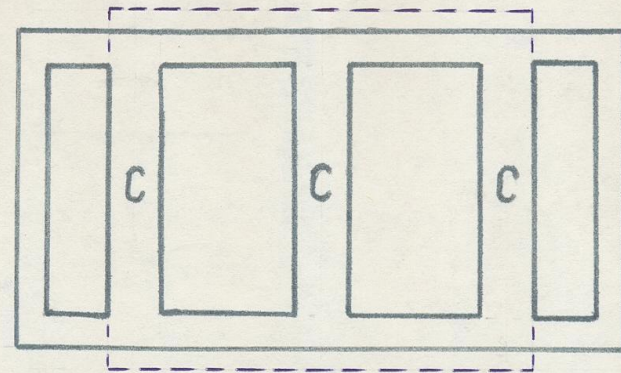


# ВИДЫ МАГНИТОПРОВОДОВ: БРОНЕСТЕРЖНЕВОЙ

ОДНОФАЗНЫЙ БРОНЕСТЕРЖНЕВОЙ ТРАНСФОР-

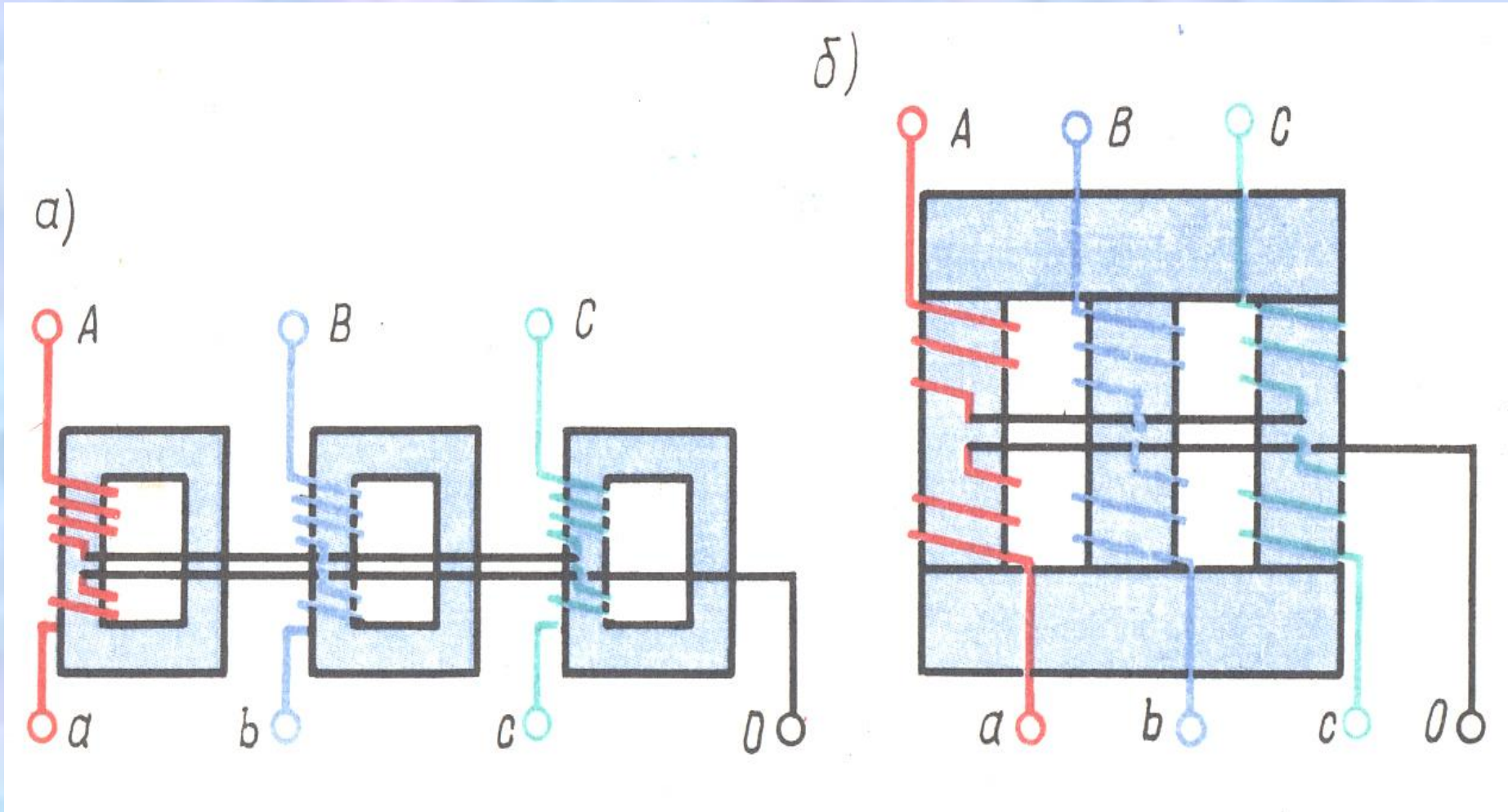


ТРЕХФАЗНЫЙ БРОНЕСТЕРЖНЕВОЙ ТРАНСФОР-Р

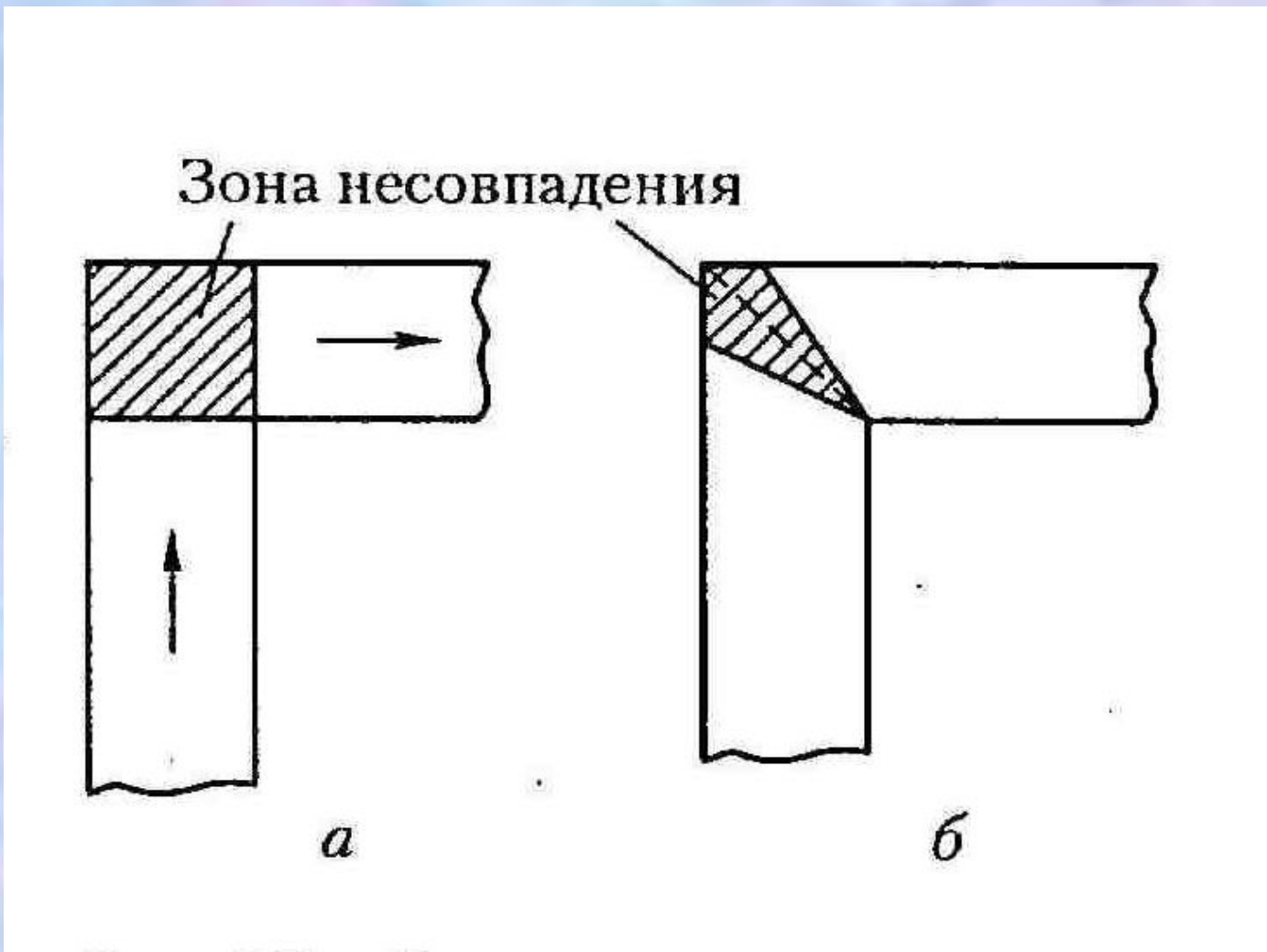




# ГРУППОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР



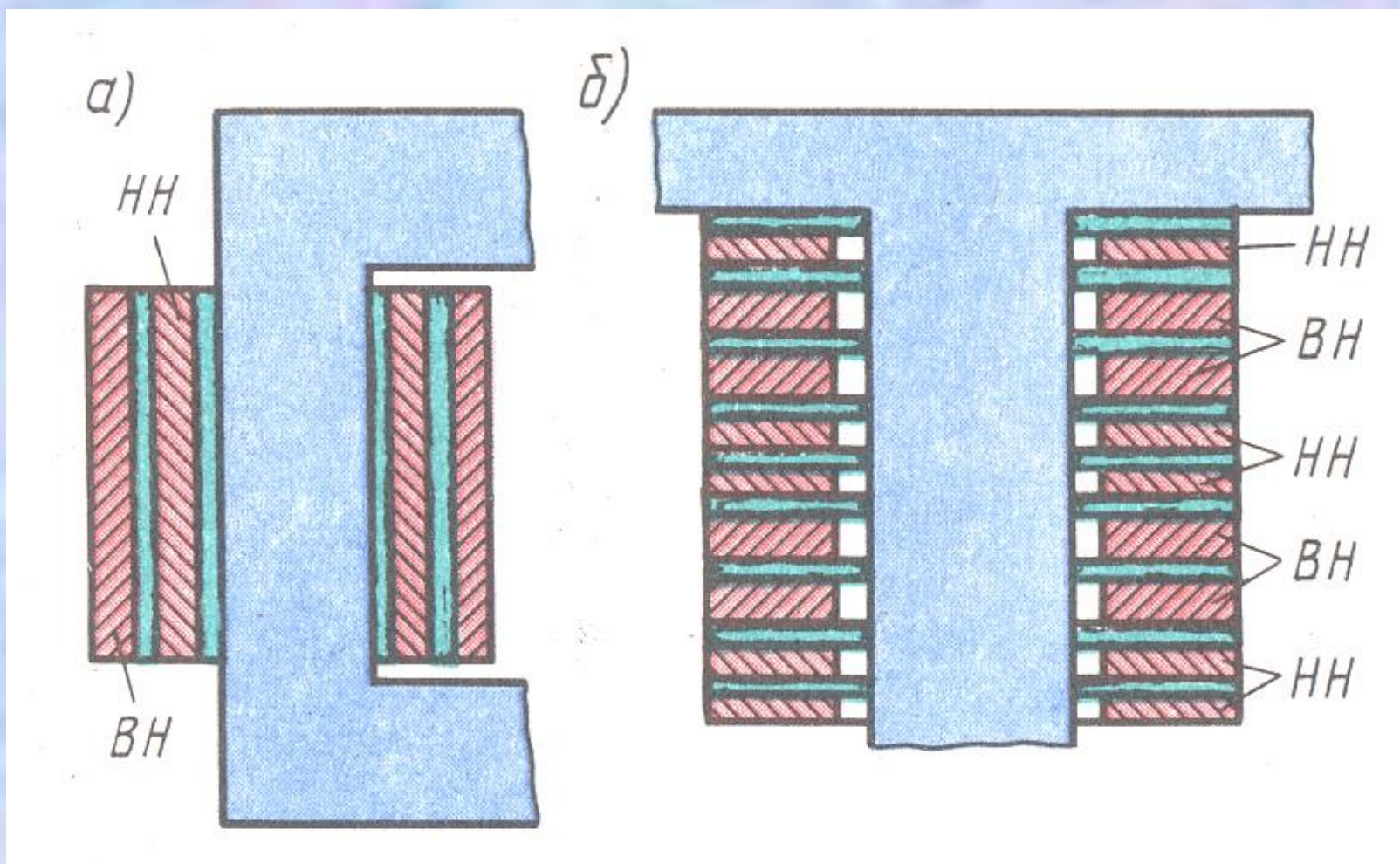
# СОЧЛЕНЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ И ЯРМ



а) прямые стыки

б) косые стыки

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

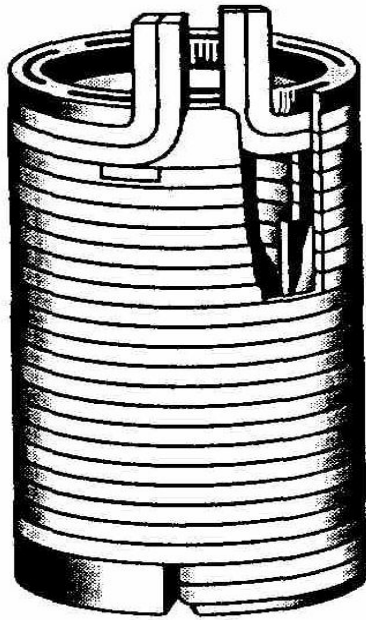


Расположение обмоток на стержне:

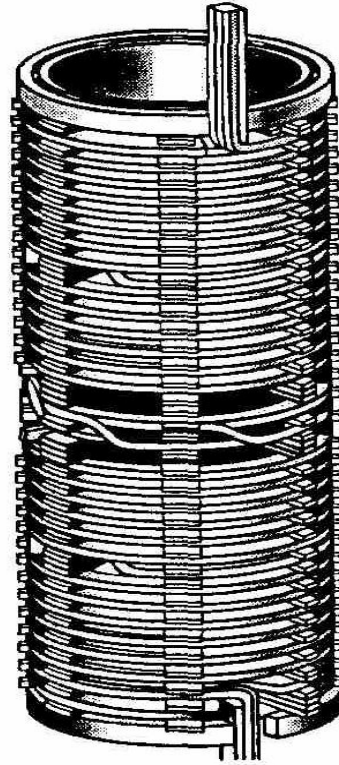
а) concentric

б) alternating

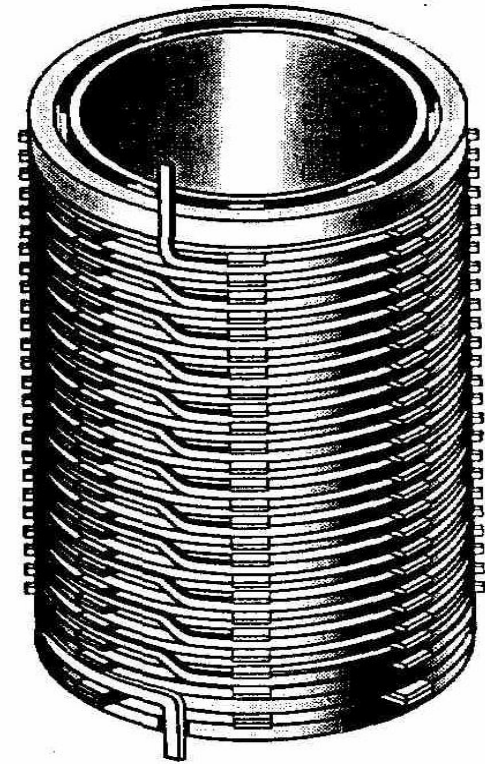
# КОНСТРУКЦИИ КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ ОБМОТОК



а



б

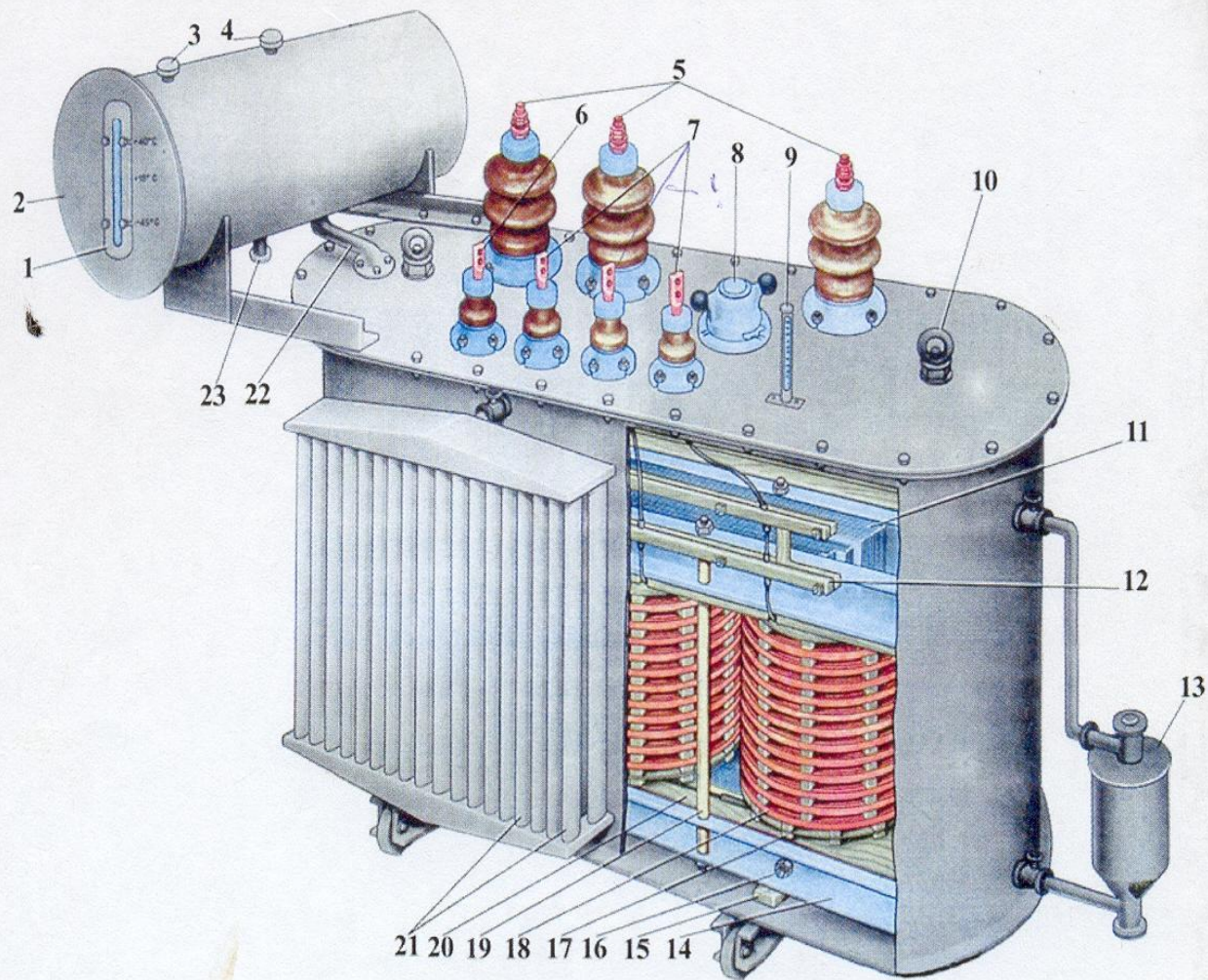


в

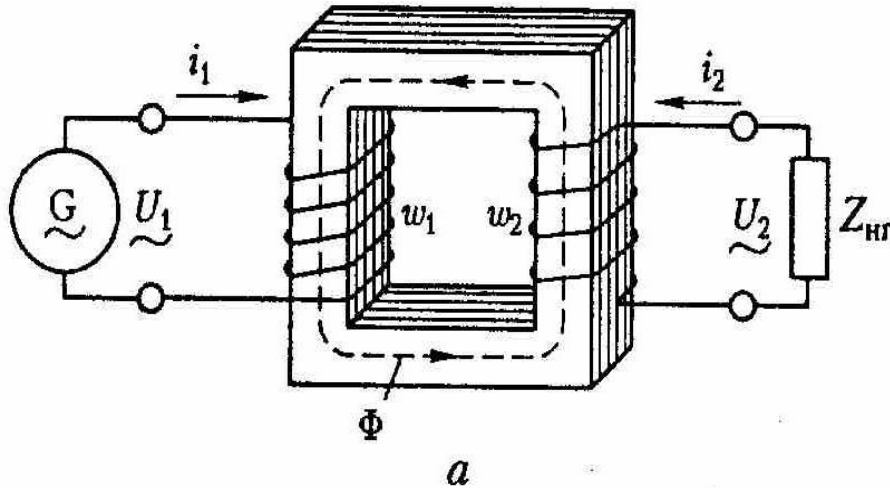
- а) цилиндрическая
- б) винтовая
- в) непрерывная

# УСТРОЙСТВО ТРАНСФОРМАТОРА С МАСЛЯНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

- 1 - маслоуказатель
- 2 - расширитель
- 3 - дыхательная пробка
- 4 - маслозаливная пробка
- 5 - вводы ВН
- 6 - нулевой ввод НН
- 7 - ввод НН
- 8 - переключатель ступеней регулирования напряжения
- 9 - ртутный термометр
- 10 - кольцо (рым) для подъема крышки
- 11 - магнитопровод
- 12 - буквые планки
- 13 - термосифонный фильтр
- 14 - ярмовая балка
- 15 - деревянная подкладка
- 16 - горизонтальная прессыющая шпилька
- 17 - ярмовая изоляция
- 18 - обмотка ВН
- 19 - вертикальная стяжная шпилька
- 20 - уравнивательная изоляция
- 21 - циркуляционная труба радиатора
- 22 - патрубок, соединяющий расширитель с баком
- 23 - грязеотстойник



# ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА



$$e_1 = -w_1(d\Phi/dt), (1)$$

$$e_2 = -w_2(d\Phi/dt), (2)$$

$$\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega t, (3)$$

$$e_1 = -\omega w_1 \Phi_{\max} \cos \omega t, (4)$$

$$\cos \omega t = -\sin(\omega t - \pi/2)$$

$$e_1 = \omega w_1 \Phi_{\max} \sin(\omega t - \pi/2), (5)$$

$$e_2 = \omega w_2 \Phi_{\max} \sin(\omega t - \pi/2), (6)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$E_{1\max} = \omega w_1 \Phi_{\max}, (7)$$

$$E_1 = E_{1\max} / \sqrt{2} = (2\pi / \sqrt{2}) w_1 f \Phi_{\max} = 4,44 w_1 f \Phi_{\max}, (8)$$

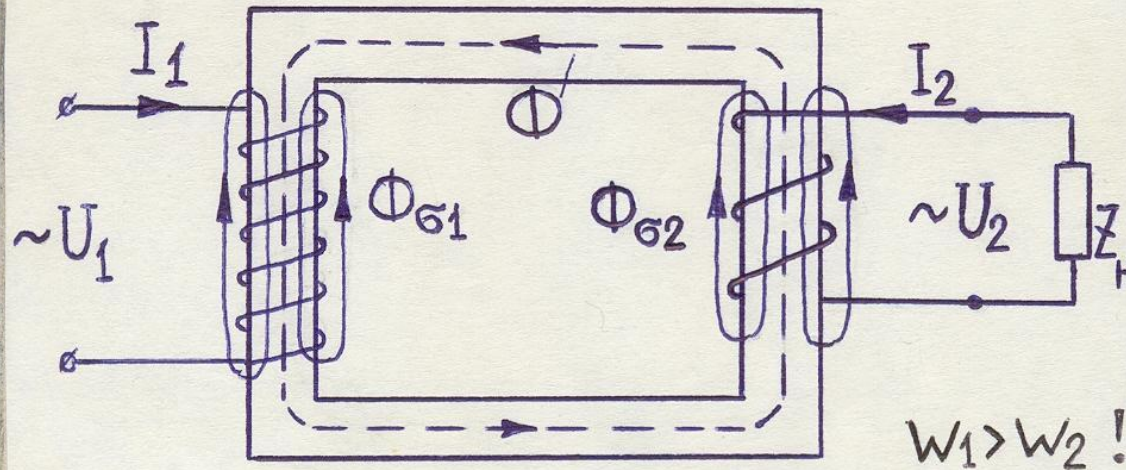
$$E_2 = 4,44 w_2 f \Phi_{\max}, (9)$$

# КОЭФФИЦИЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ

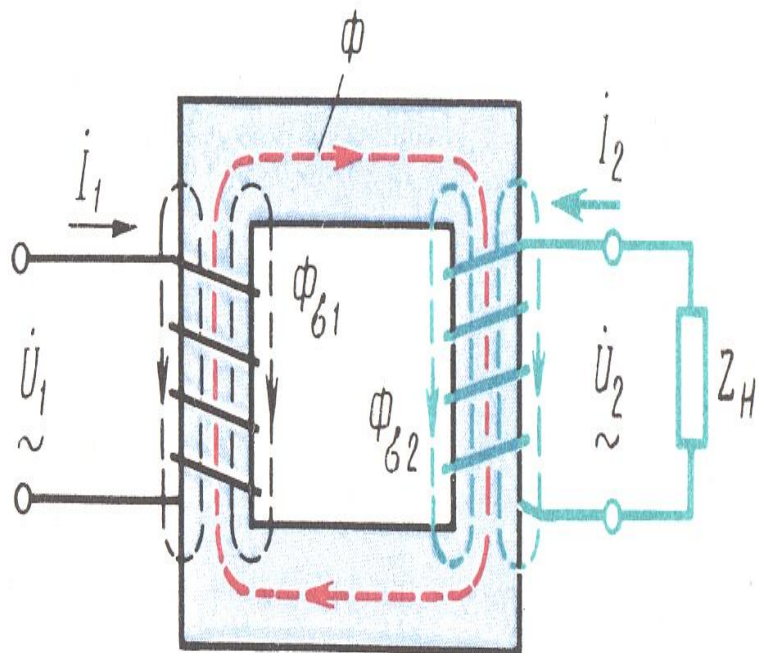
2.2

## КОЭФФИЦИЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_{1H}}{U_{2H}}$$



# УРАВНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА



$$E_{\sigma 1} = -jI_1 x_{\sigma 1}$$

$$E_{\sigma 2} = -jI_2 x_{\sigma 2}, (12)$$

$$U_1 = (-E_1) + jI_1 x_{\sigma 1} + I_1 r_1, (13)$$

$$U_1 = (-E_1), (14)$$

$$U_2 = E_2 - jI_2 x_{\sigma 2} - I_2 r_2 = I_2 Z_H, (15)$$



# УРАВНЕНИЯ МАГНИТОДВИЖУЩИХ СИЛ И ТОКОВ

$$\Phi_{\max} = \sqrt{2}I_0w_1 / R_m, (16)$$

$$\Phi_{\max} = (\sqrt{2} / R_m)(I_1w_1 + I_2w_2), (17)$$

$$E_1 = 4,44w_1f\Phi_{\max}, (8) \Rightarrow \Phi_{\max} = E_1 / (4,44fw_1), (18)$$

$$I_0w_1 = I_1w_1 + I_2w_2, (19)$$

$$I_0 = I_1 + I_2w_2 / w_1 = I_1 + I_2', (20)$$

$$I_1 = I_0 + (-I_2'), (21)$$

# 18 ПРИВЕДЕНИЕ ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА К ПЕРВИЧНОЙ

2-3

## СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

ТР-Р РЕАЛЬНЫЙ :  $k = W_1 / W_2$

ТР-Р ПРИВЕДЕННЫЙ :  $k = W_1 / W_2' = 1$

$$W_2' / W_2 = W_1 / W_2 = k$$

$$\dot{E}_2' = k \cdot \dot{E}_2 \quad ; \quad \dot{U}_2' = k \cdot \dot{U}_2$$

$$\dot{E}_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_2' \dot{I}_2' = k \cdot \dot{E}_2 \dot{I}_2'$$

$$\dot{I}_2' = \dot{I}_2 / k$$

# ПРИВЕДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКИ

2-4

$$I_2^2 \cdot r_2 = (I_2')^2 \cdot r_2' = (I_2/k)^2 \cdot r_2'$$

$$r_2' = r_2 \cdot k^2$$

$$I_2^2 \cdot X_{\sigma 2} = (I_2')^2 \cdot X_{\sigma 2}' = (I_2/k)^2 \cdot X_{\sigma 2}'$$

$$X_{\sigma 2}' = X_{\sigma 2} \cdot k^2$$

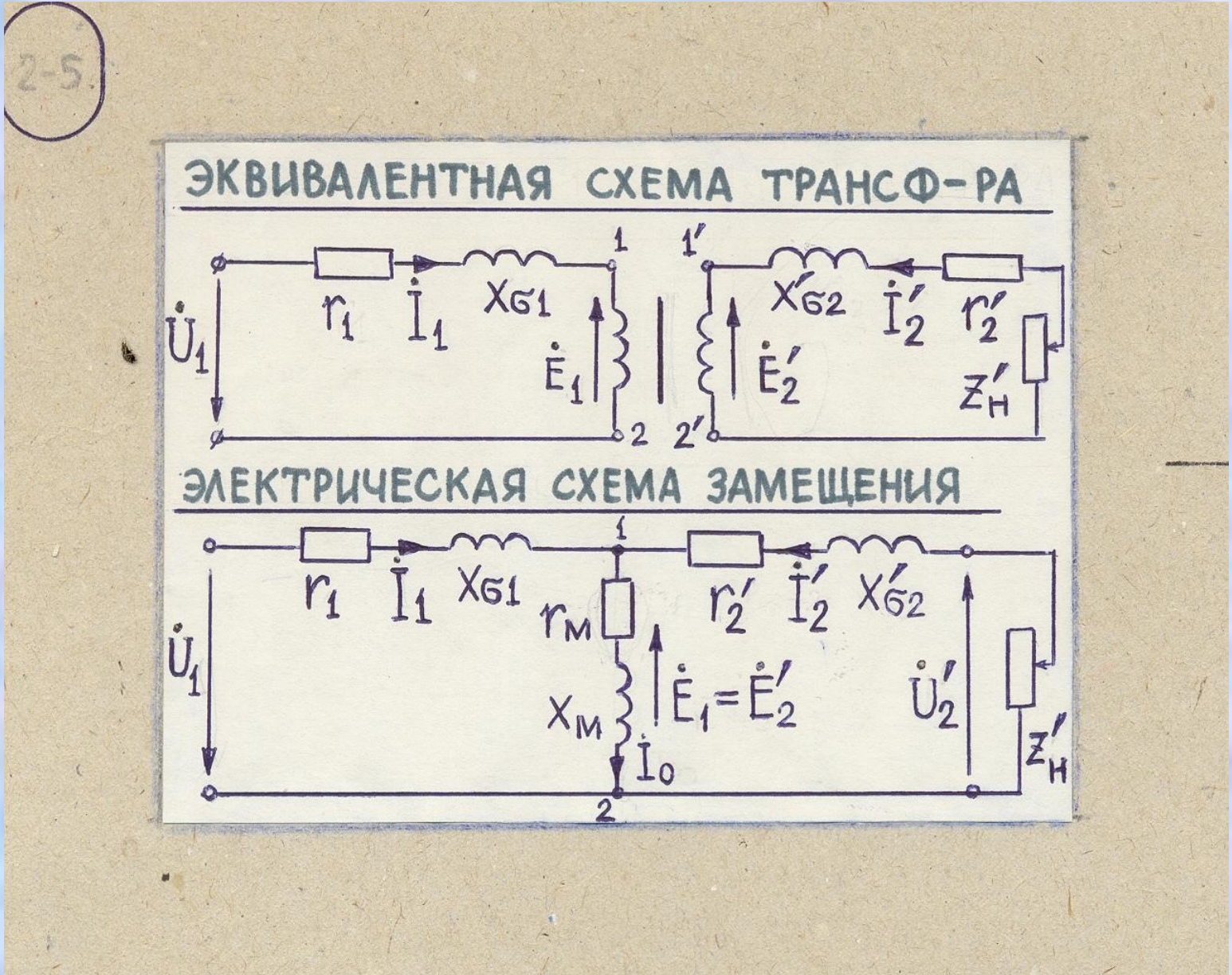
УРАВНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ  
ДЛЯ ПРИВЕДЕННОГО ТРАНСФОРМАТОРА

$$\dot{U}_1 = (-\dot{E}_1) + j \dot{I}_1 X_{\sigma 1} + \dot{I}_1 \cdot r_1$$

$$\dot{U}_2' = \dot{E}_2' - j \dot{I}_2' X_{\sigma 2}' - \dot{I}_2' \cdot r_2'$$

МОЩНО  
РЕАКТ

# 20 СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИВЕДЕННОГО ТРАНСФОРМАТОРА



2-6

ХОЛОСТОЙ ХОД ТРАНСФОРМАТОРА

$$Z_H = \infty, \quad I_2 = 0.$$

УРАВНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= (-\dot{E}_1) + j\dot{I}_0 \cdot X_{\sigma 1} + \dot{I}_0 \cdot r_1 \\ \dot{U}'_{20} &= \dot{E}'_2; \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_0 \end{aligned} \right\}$$

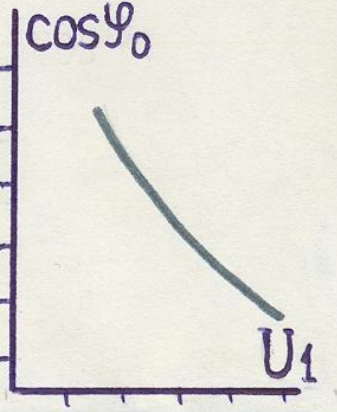
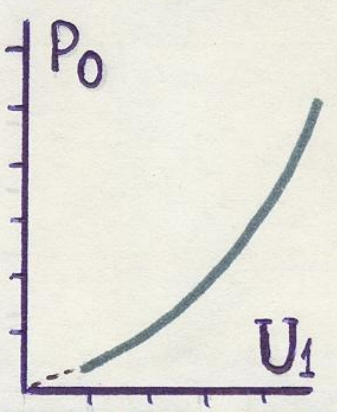
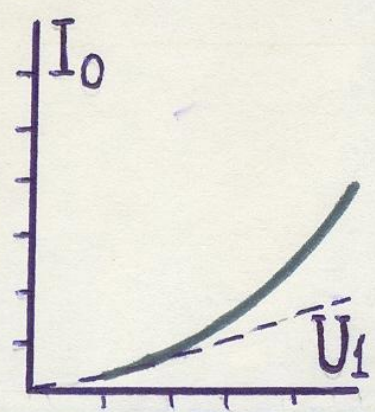
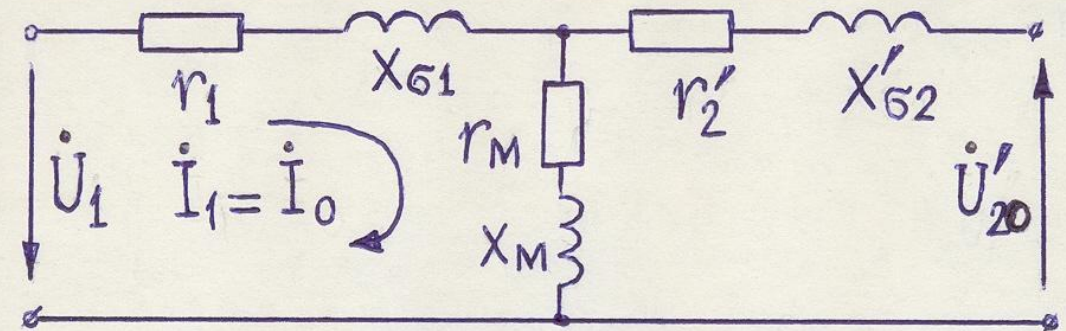
$$I_0 = (0,02 \div 0,10) I_{1H}$$

$$P_0 = P_M + P_{\text{эл}1} \approx P_M.$$

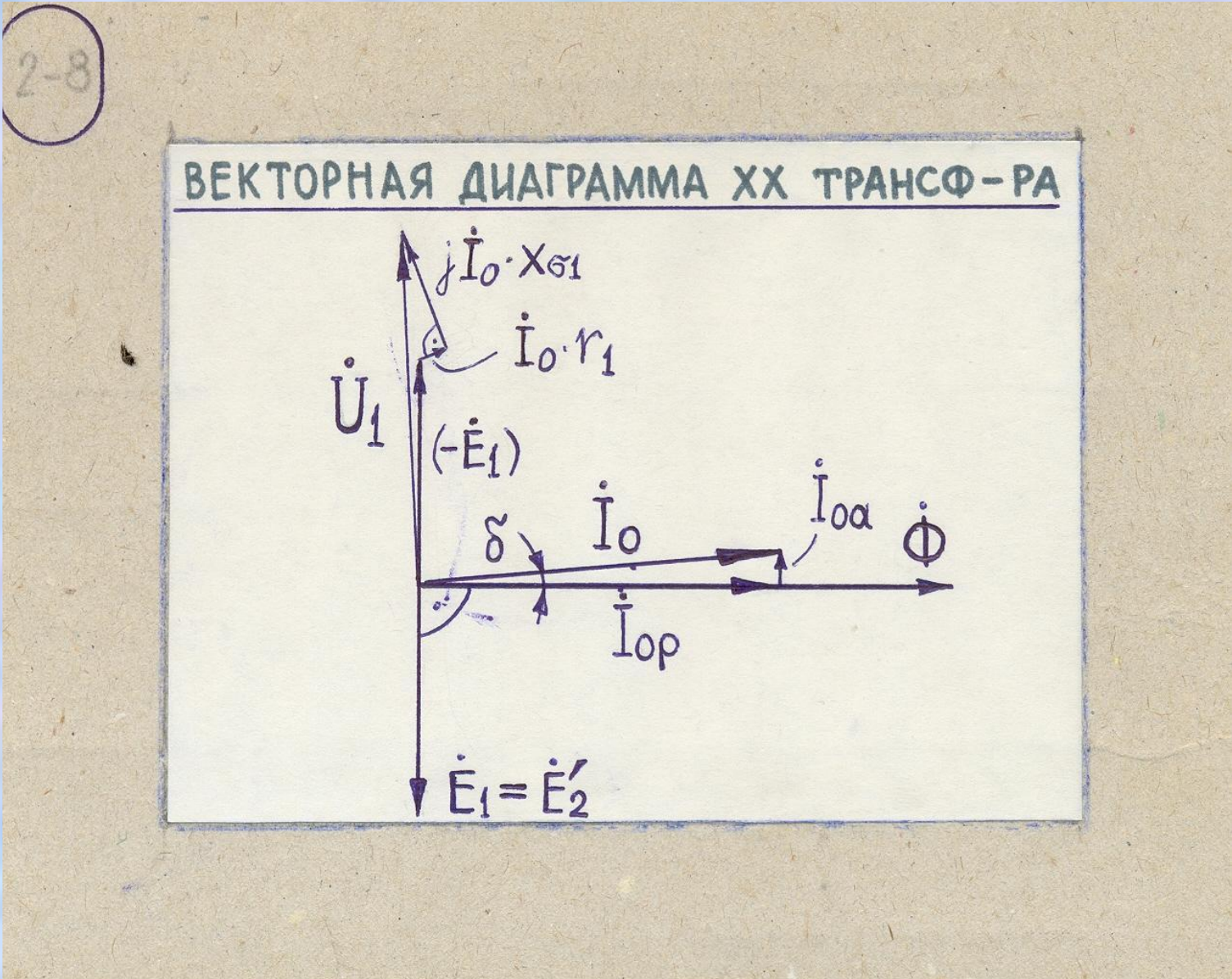
# СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА В РЕЖИМЕ ХХ

2-7

ЭЛ. СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ В РЕЖИМЕ ХХ



# ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА ТРАНСФОРМАТОРА



**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**