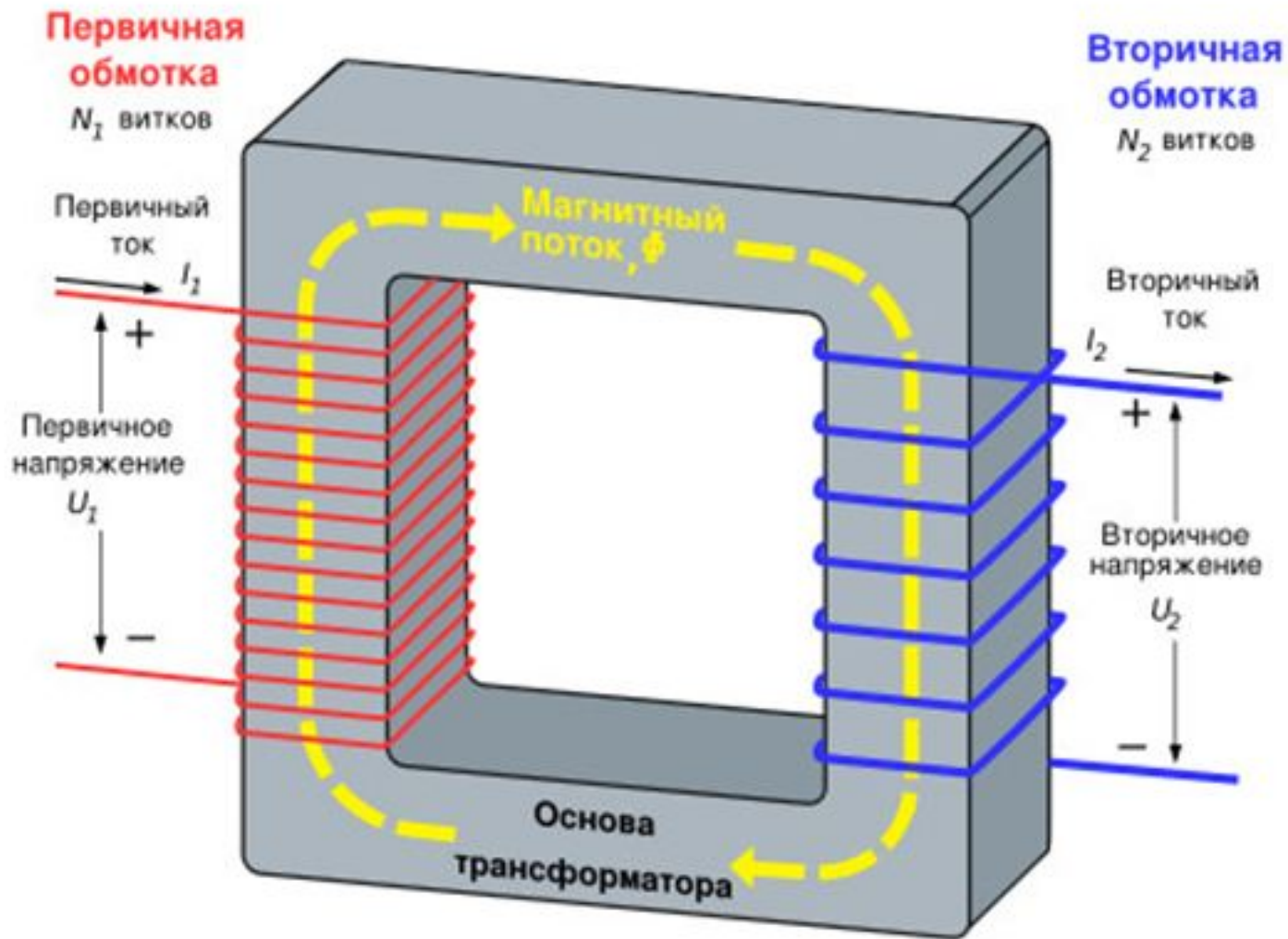


# **Трансформаторы. Принцип работы. Классификация. Основные уравнения.**

Лекция №17

- **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.

# Принцип действия тр-ра



- Действие трансформатора основано на явлении **электромагнитной индукции**. Подключаем первичную обмотку к источнику переменного тока в витках начинает протекать переменный ток  $i_1$ , который создает в магнитопроводе переменный магнитный поток  $\Phi$ . Замыкаясь в магнитопроводе, этот поток сцепляется с обеими обмотками (первичной и вторичной) и индуцирует в них ЭДС.

- В первичной обмотке ЭДС самоиндукции

$$e_1 = -w_1(d\Phi/dt), (1.1)$$

- Во вторичной обмотке ЭДС взаимной индукции

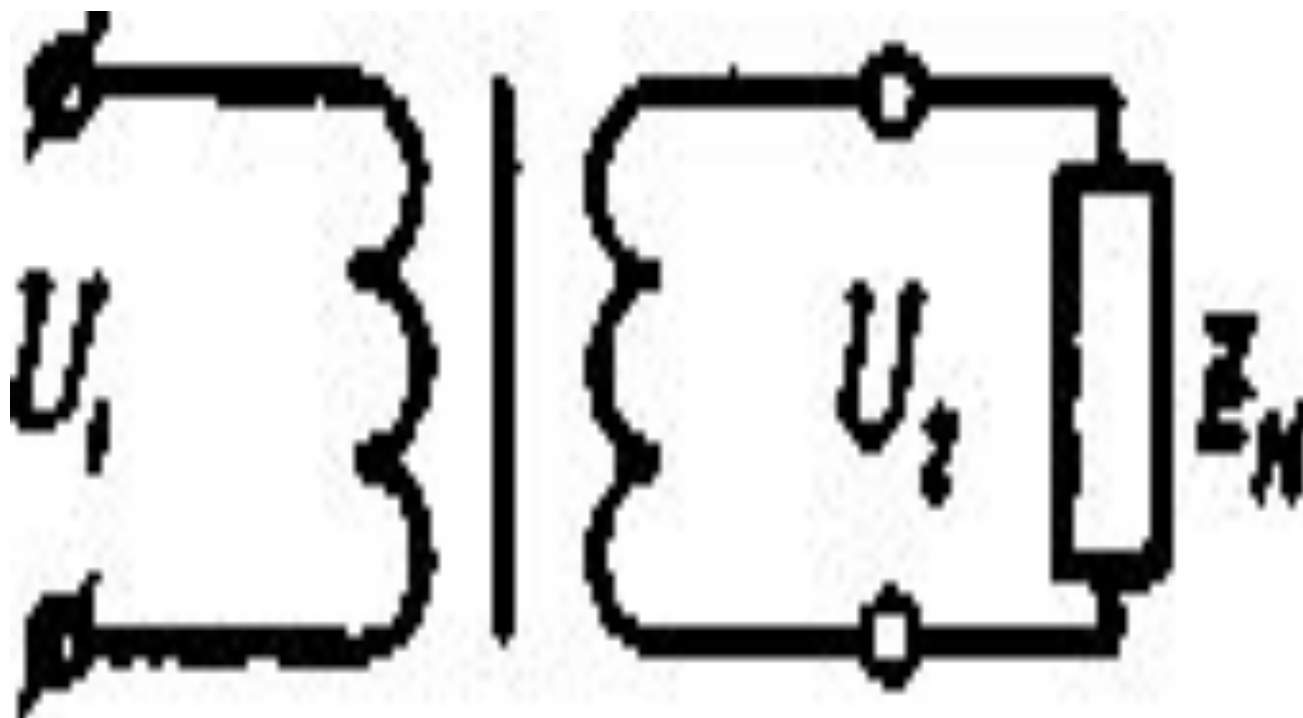
$$e_2 = -w_2(d\Phi/dt), (1.2)$$

- где  $w_1$  и  $w_2$  — число витков в первичной и вторичной обмотках трансформатора

- При подключении нагрузки  $Z_n$  к выводам вторичной обмотки под действием ЭДС  $e_2$ , по ней потечет ток  $i_2$ , а на выводах будет напряжение  $U_2$ .
- В **повышающих** трансформаторах  $U_2 > U_1$ , а в **понижающих**  $U_2 < U_1$ .

- Различают **обмотку высшего напряжения (ВН); обмотку низшего напряжения (НН).**

# Пример изображения на схеме однофазного трансформатора





# Свойство обратимости тр- ра

Один и тот же  
трансформатор можно  
использовать в  
качестве  
повышающего и  
понижающего

# Тр-р –аппарат переменного тока

- $d\Phi/dt=0$  при постоянном токе,  
поэтому ЭДС в обмотках  
наводится не будет

# Классификация тр-ов

## По назначению

- 1. силовые** - в системах передачи и распределения электроэнергии;
- 2. силовые специального назначения** — печные, сварочные т. п.;
- 3. измерительные** — для включения электрических измерительных приборов в сети высокого напряжения или сильного тока;
- 4. испытательные** — для получения высоких и сверхвысоких напряжений, необходимых при испытаниях
- 5. радио трансформаторы** — применяемые в устройствах радио- и проводной связи.
  - Кроме того, имеется еще ряд специализированных трансформаторов;

**По виду охлаждения**  
с воздушным (сухие трансформаторы)



# масляным (масляные трансформаторы) охлаждением



# Особенности конструкции МТ

- Активные части погружены в бак с маслом.
- До 20—30 кВ·А применяют баки с гладкими стенками. Выше мощность - стенки бака ребристые (для увеличения охлаждаемой поверхности )
- На баке есть расширитель – бачок, компенсирующий расширение масла при изменении температуры.
- Выхлопная труба для отвода газов (избегают взрыва бака).

# По числу трансформируемых фаз

- однофазные
- многофазные

# По форме магнитопровода

- стержневые,
- броневые,
- бронестержневые,
- тороидальные



# По числу обмоток

- двухобмоточные
- многообмоточные (одна первичная и две или более вторичных обмоток)

# По конструкции обмоток

- концентрические
- чередующиеся

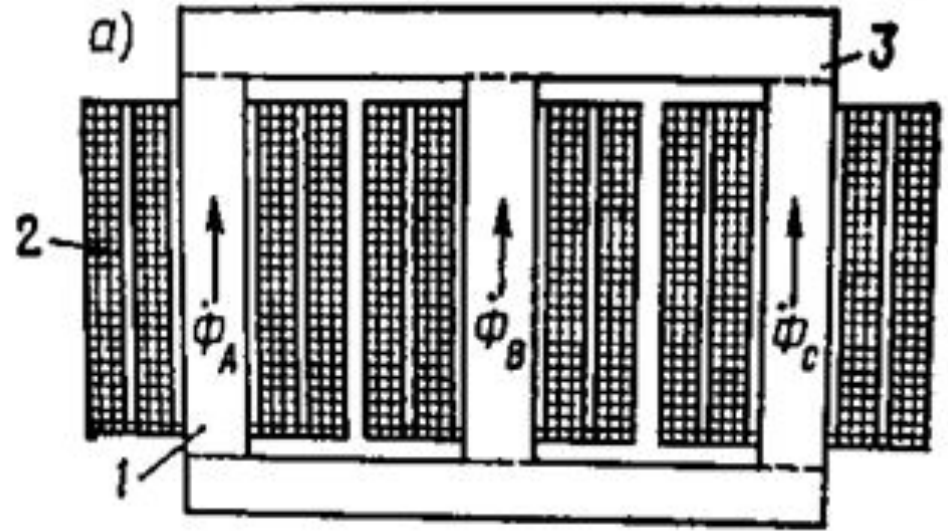
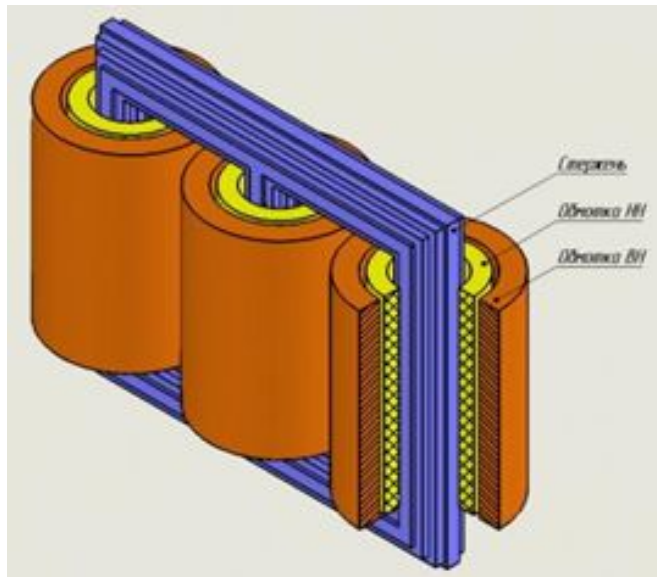
# Устройство трансформаторов

- Магнитопровод с обмотками составляют **активную часть** трансформатора. Остальные части – **неактивные** (вспомогательные)

# Магнитопровод

1. Проводит магнитный поток
  2. На нём размещаются обмотки
- Магнитопровод изготавливают из тонких листов электротехнической стали – **шихтованным** - для ослабления вихревых **ТОКОВ**

# Стержневые магнитопроводы



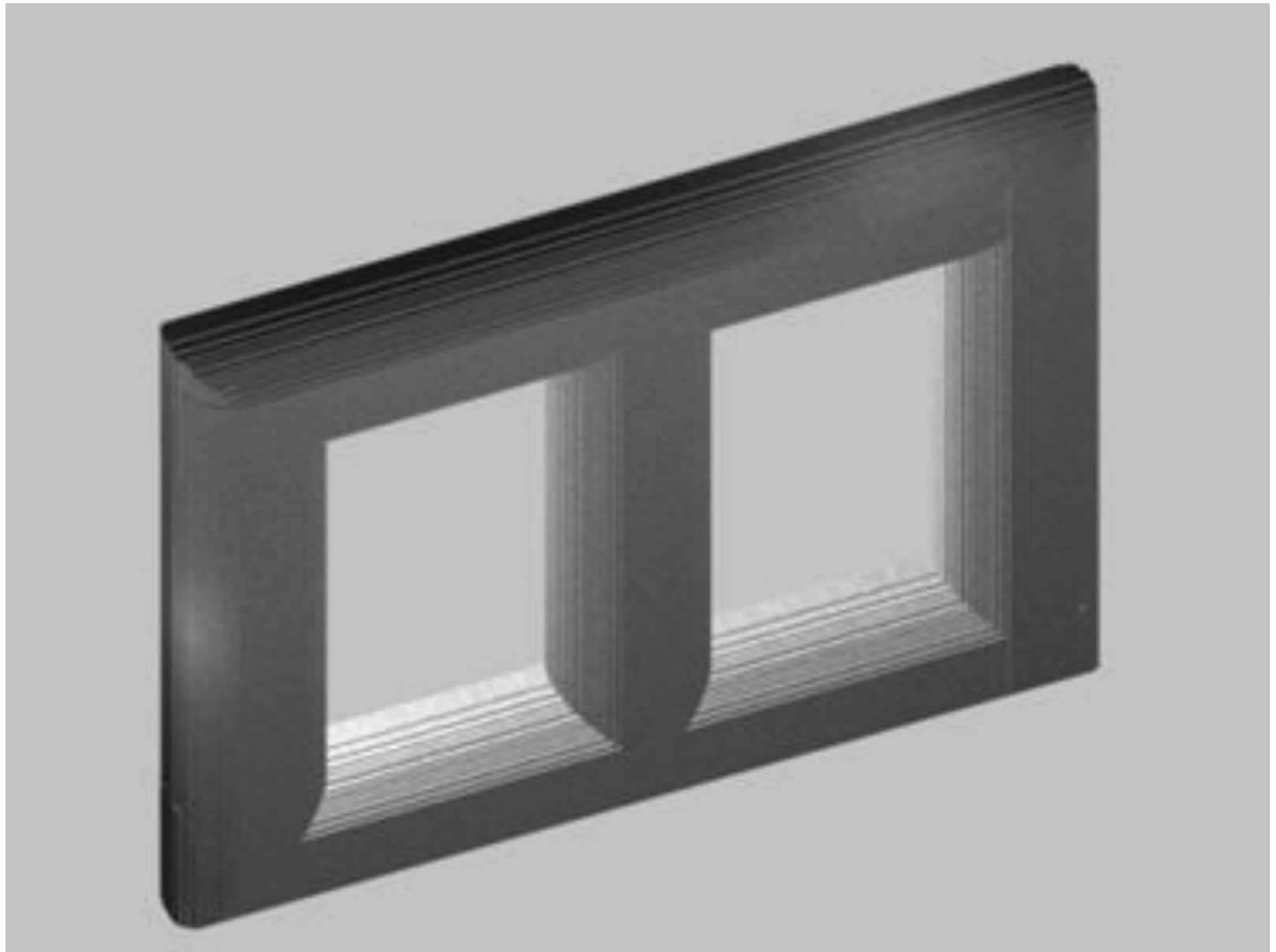
1-стержень

2-обмотка ВН и НН

3-ярмо

# Форма стержней

- $\Phi_a = \Phi_b = \Phi_c$
- Стержни имеют ступенчатое сечение, вписываемое в круг диаметром  $d$  для лучшего заполнения внутреннего диаметра обмотки.



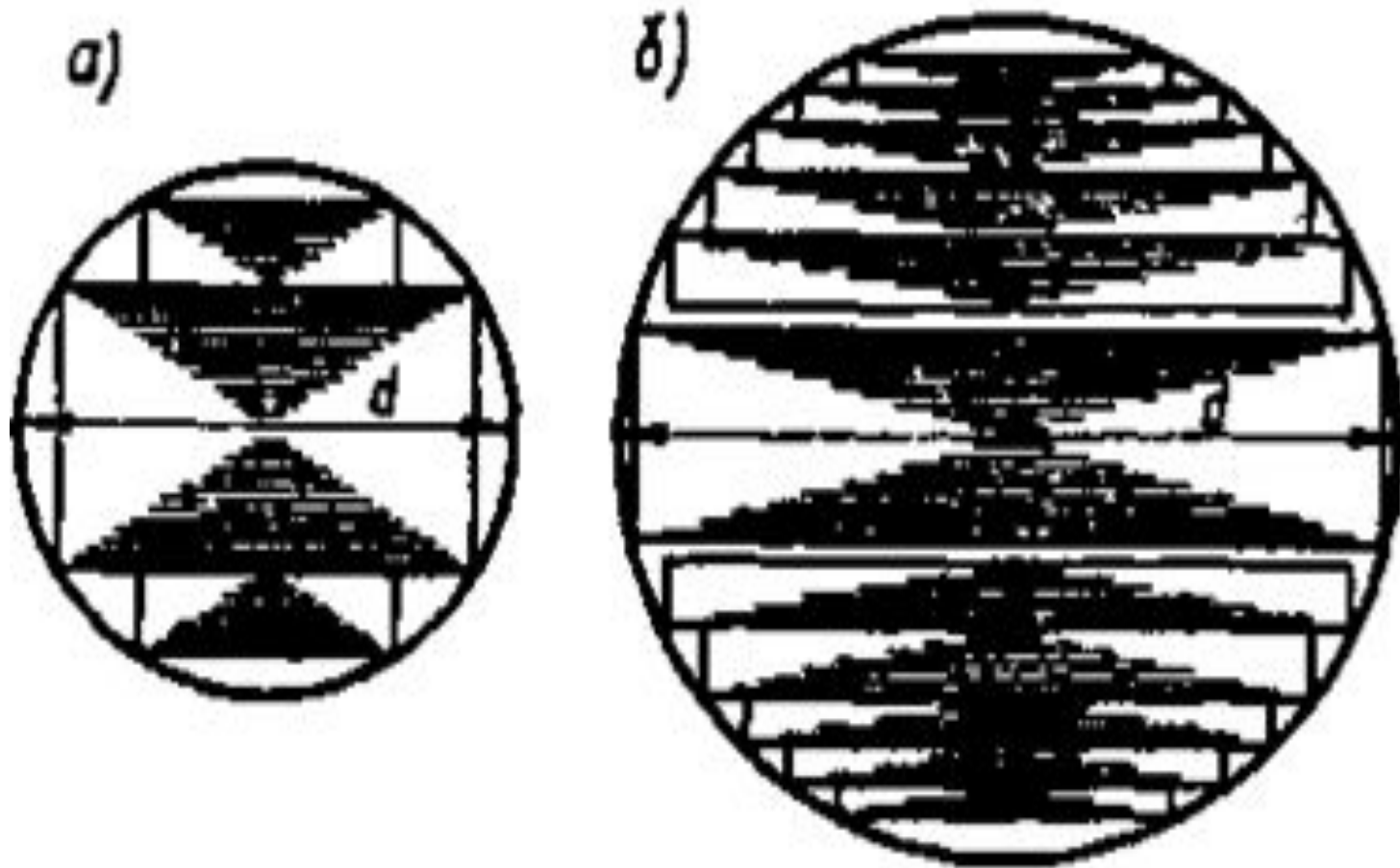


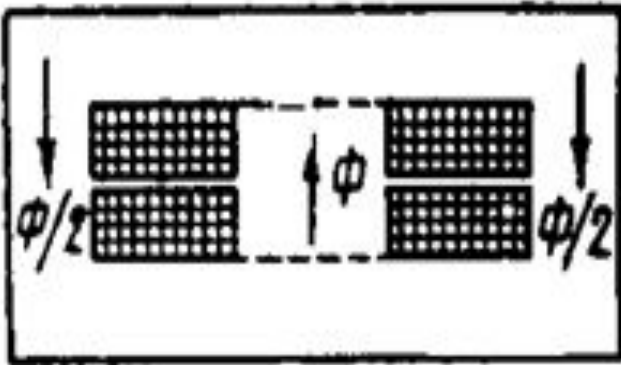
Рис. 1. Форма сечения стержней:  
а – трансформаторов малой и средней мощности;  
б – трансформаторов большой мощности



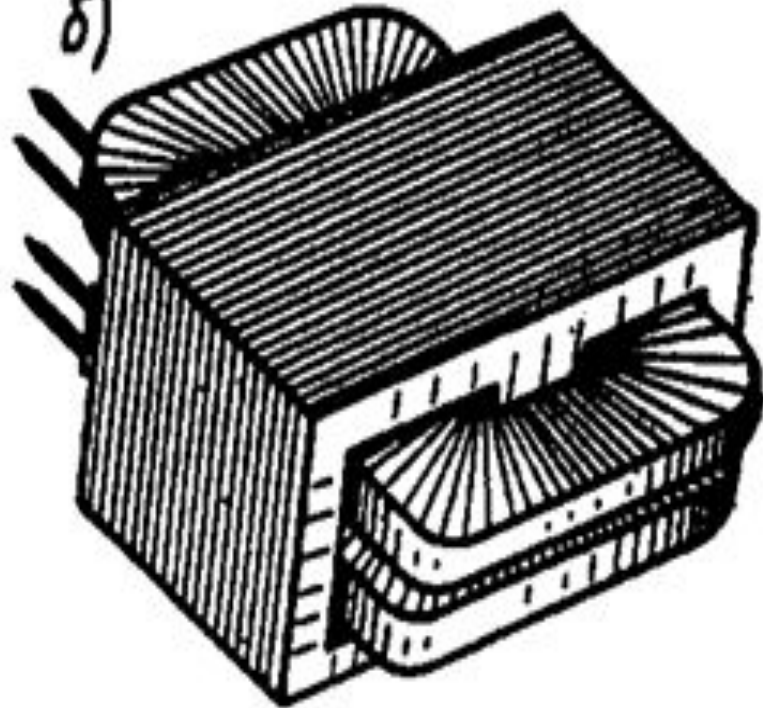
# Магнитопровод броневое типа

- В стержне магнитный поток в два раза больше, чем в ярме, поэтому ярма делают меньшего сечения.
- Однофазный трансформатор броневое типа

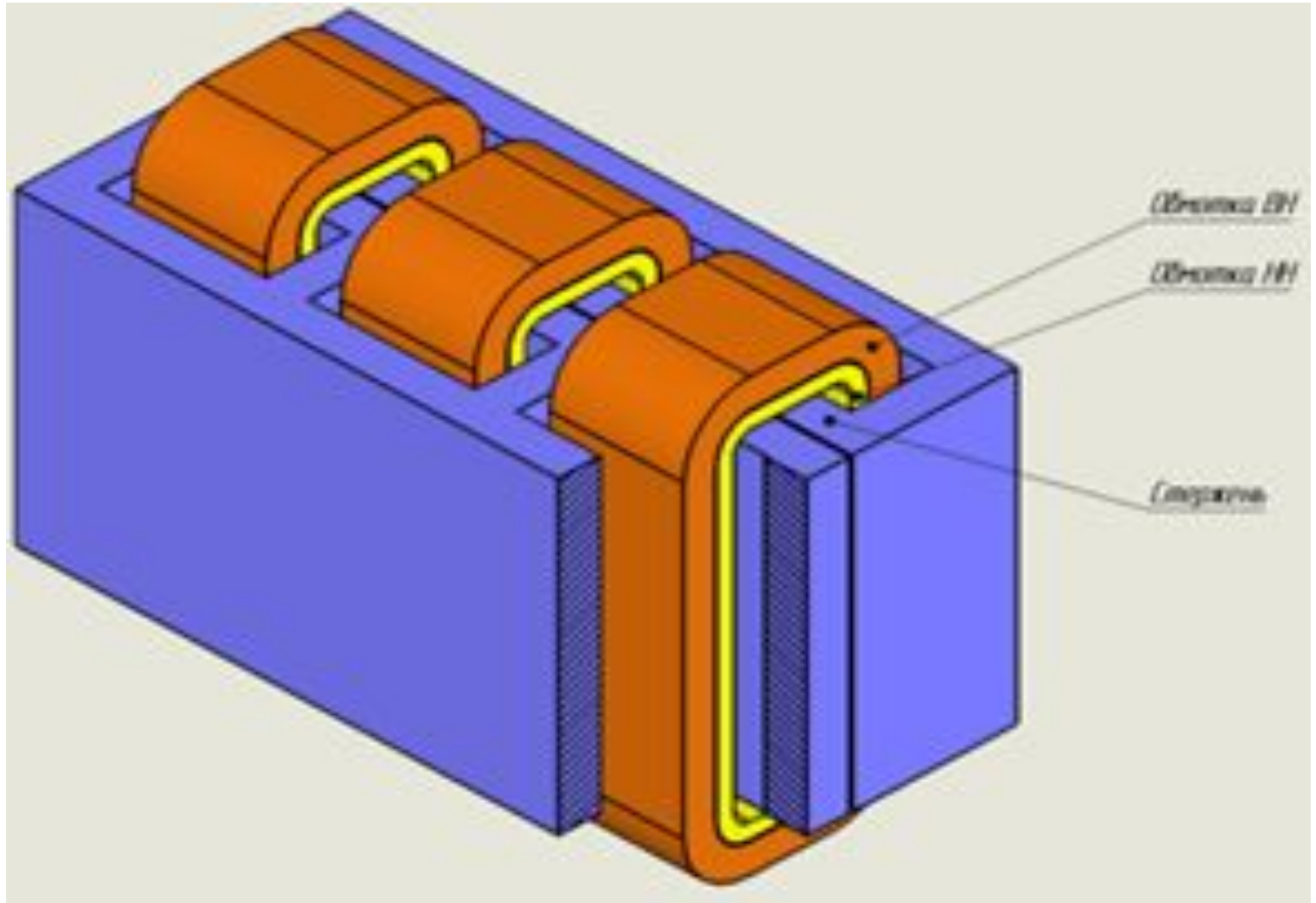
а)



б)



# Трехфазный броневой трансформатор



# Применение

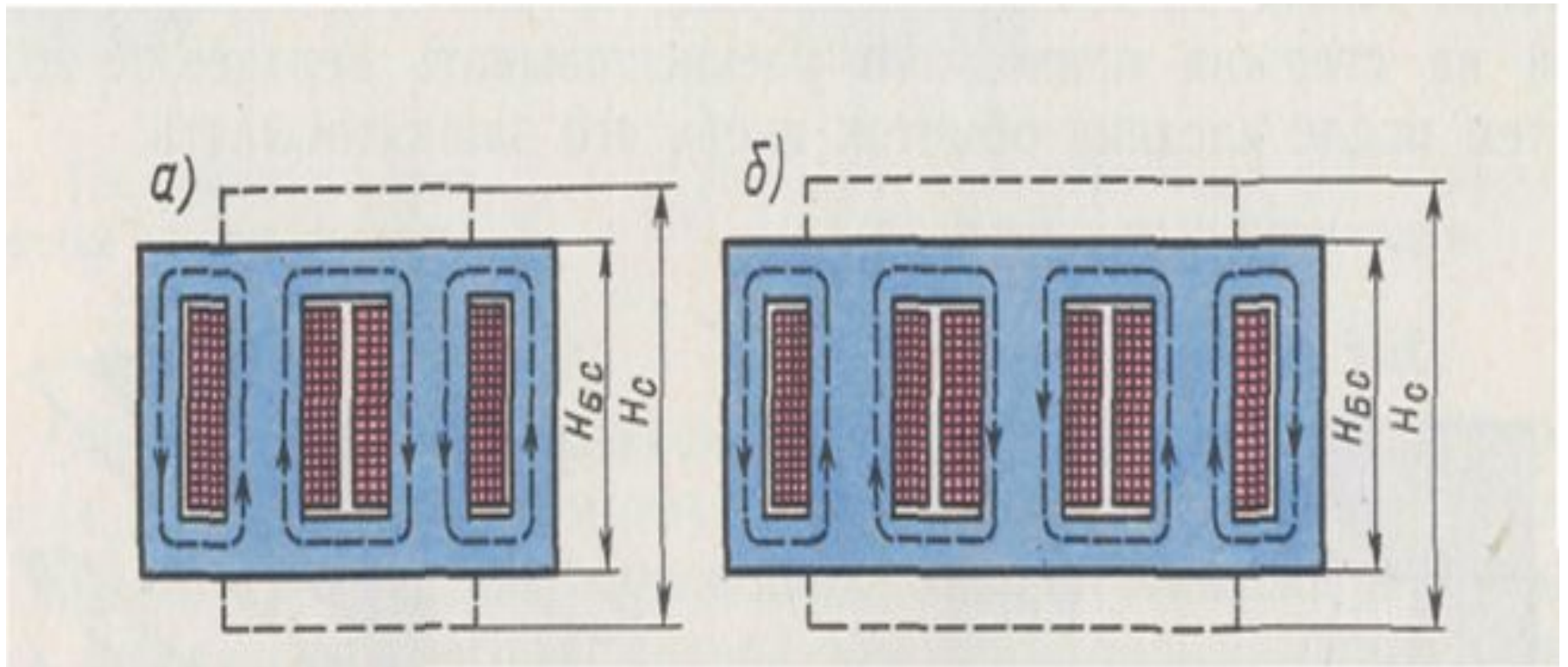
- Сложные в изготовлении, поэтому применяются в основном в трансформаторах малой мощности – радиотрансформаторах.

# Магнитопровод бронестержневого типа

- Исп-ся в тр-ах большой мощности
- + позволяет уменьшить высоту магнитопровода, а значит высоту тр-ра
- - повышенный расход стали

# Магнитопроводы бронестержневых трансформаторов:

а — однофазного;  
б — трехфазного



# По конструкции магнитопроводы бывают

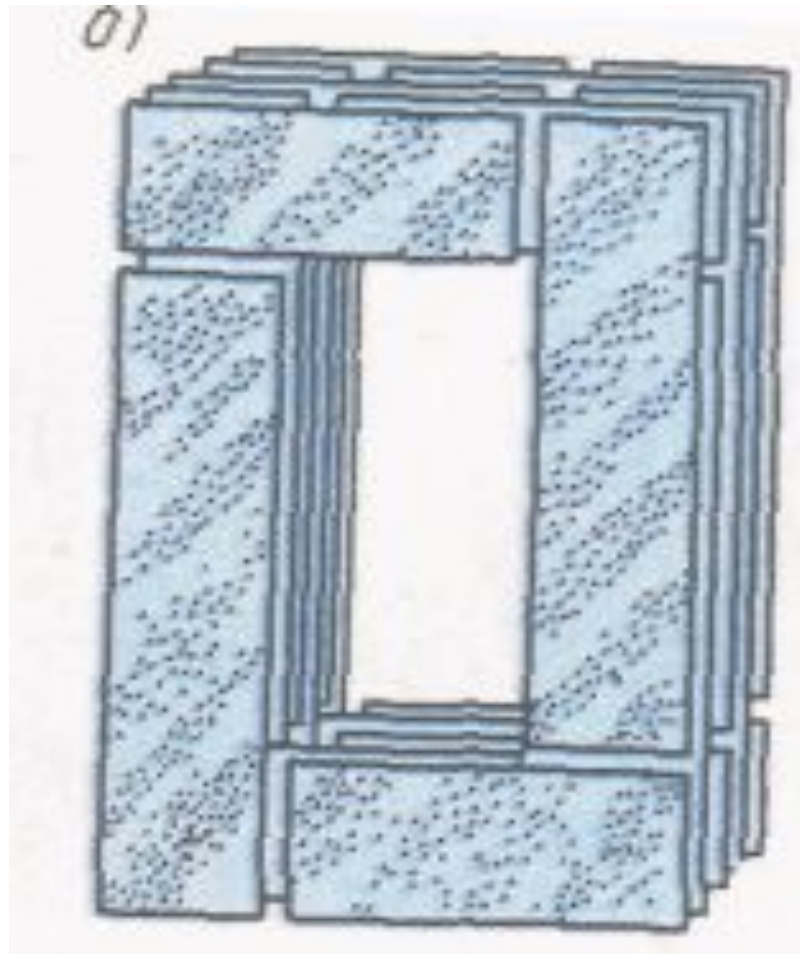
- **стыковой конструкции** стержни и ярма собирают отдельно, насаживают обмотки на стержни, а затем приставляют верхнее и нижнее ярма.
- **Достоинства**
  - легкость сборки
- **Недостатки**
  - громоздкие крепежные устройства

# СТЫКОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ



# Шихтованная конструкция.

- стержни и ярма собирают слоями в переплет



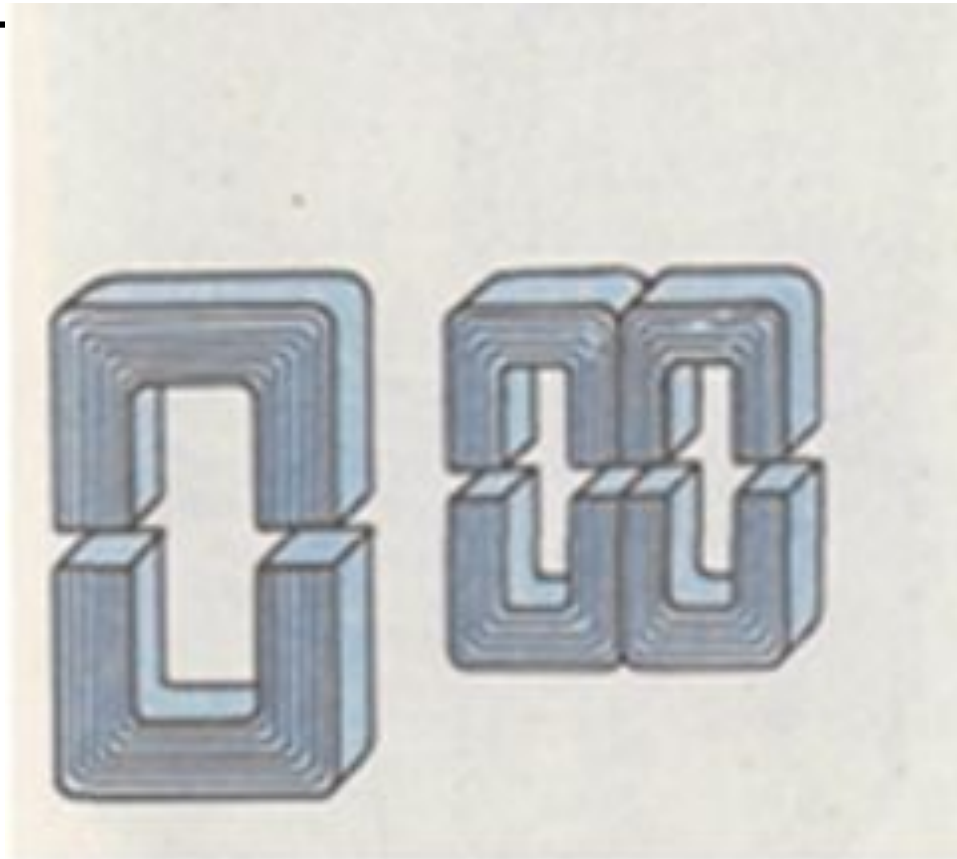


# Особенность

- При повороте листа на  $90^\circ$  увеличивается магнитного сопротивления т. е. рост магнитных потерь. (разное направление проката)
- Для ослабления применяют пластины (полосы) со скошенными краями.

# Ленточные магнитопроводы

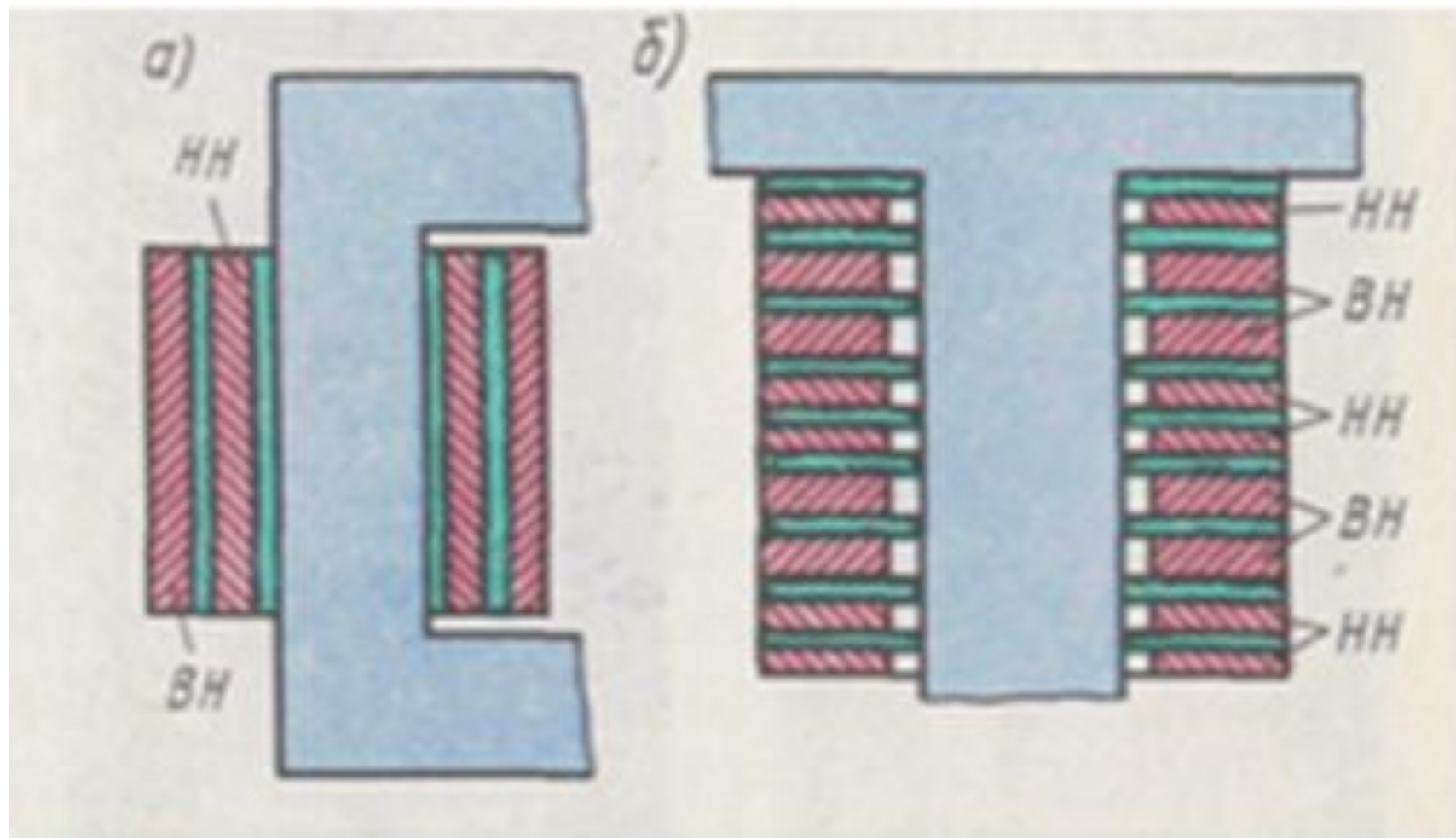
- Для малой мощности из стальной ленты. Разрезают, насаживают обмотки, затем скрег



# Обмотки

- Для средней и большой мощности из проводов прямоугольного сечения, изолированных х\б пряжей или кабельной бумагой.

По расположению на магнитопроводе  
бывают **концентрические** и **чередующиеся**.



- **Концентрические** обмотки размещают на одном стержне – ближе к магнитопроводу размещают обмотку НН, так как она требует меньшей изоляции от стержня. Дальше – высшего.
- **Чередующиеся** (дисковые) обмотки выполняют в виде отдельных секций (дисков). применяются реже, обычно в трансформаторах спец. назначения.

# Номинальные параметры трансформатора:

1. Номинальное первичное линейное напряжение  $U_{1ном}$
2. Номинальное вторичное линейное напряжение  $U_{2ном}$
3. Номинальные линейные токи во вторичной или первичной обмотках. ,  $I_{1ном}$   $I_{2ном}$
4. Номинальная полная мощность кВ·А (для однофазного трансформатора  $S_{ном} = U_{1ном} I_{1ном}$ , для трехфазного

$$S_{ном} = \sqrt{3} U_{1ном} I_{1ном}$$