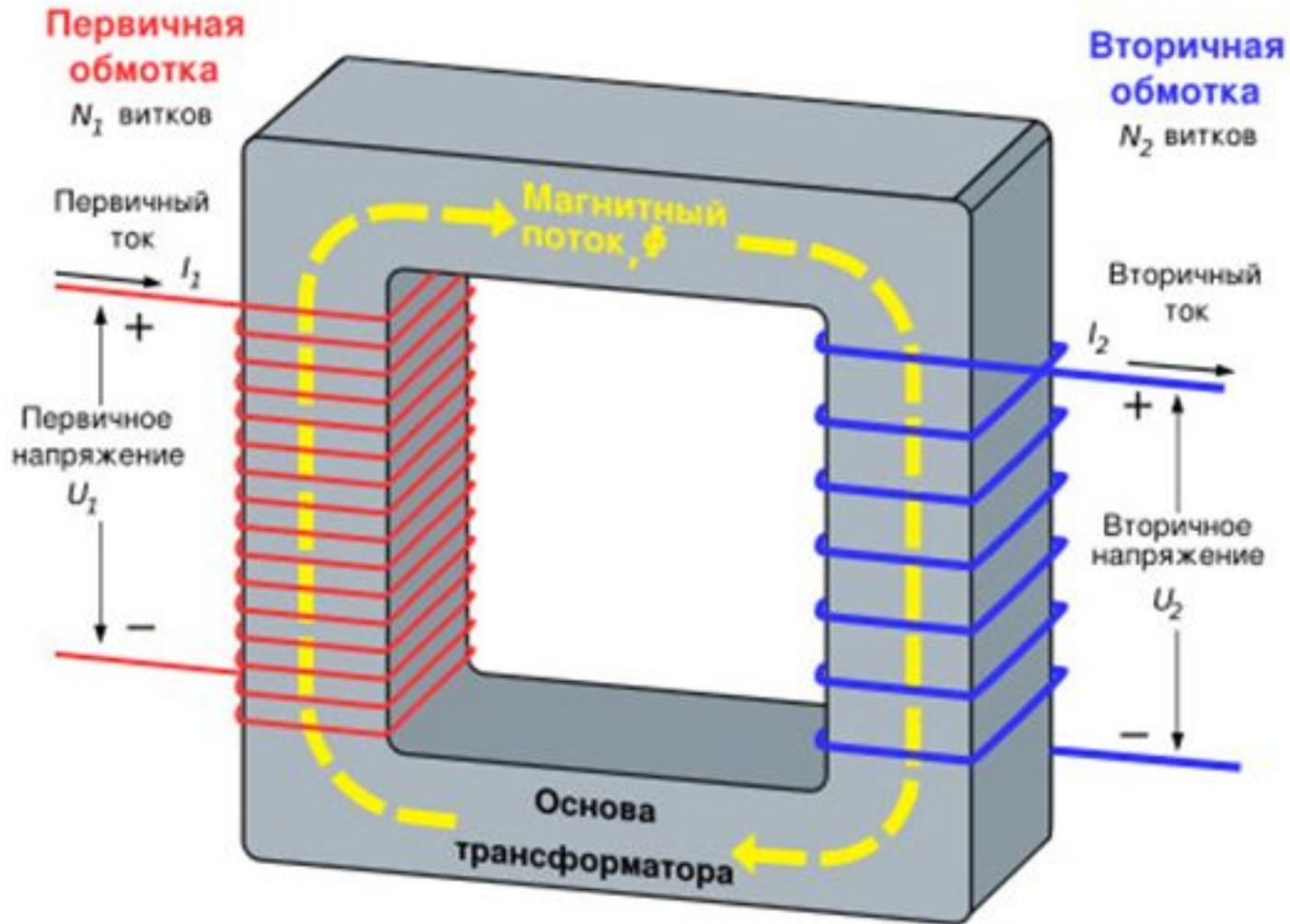


Трансформаторы. Принцип работы. Классификация. Основные уравнения.

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 Φ . 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

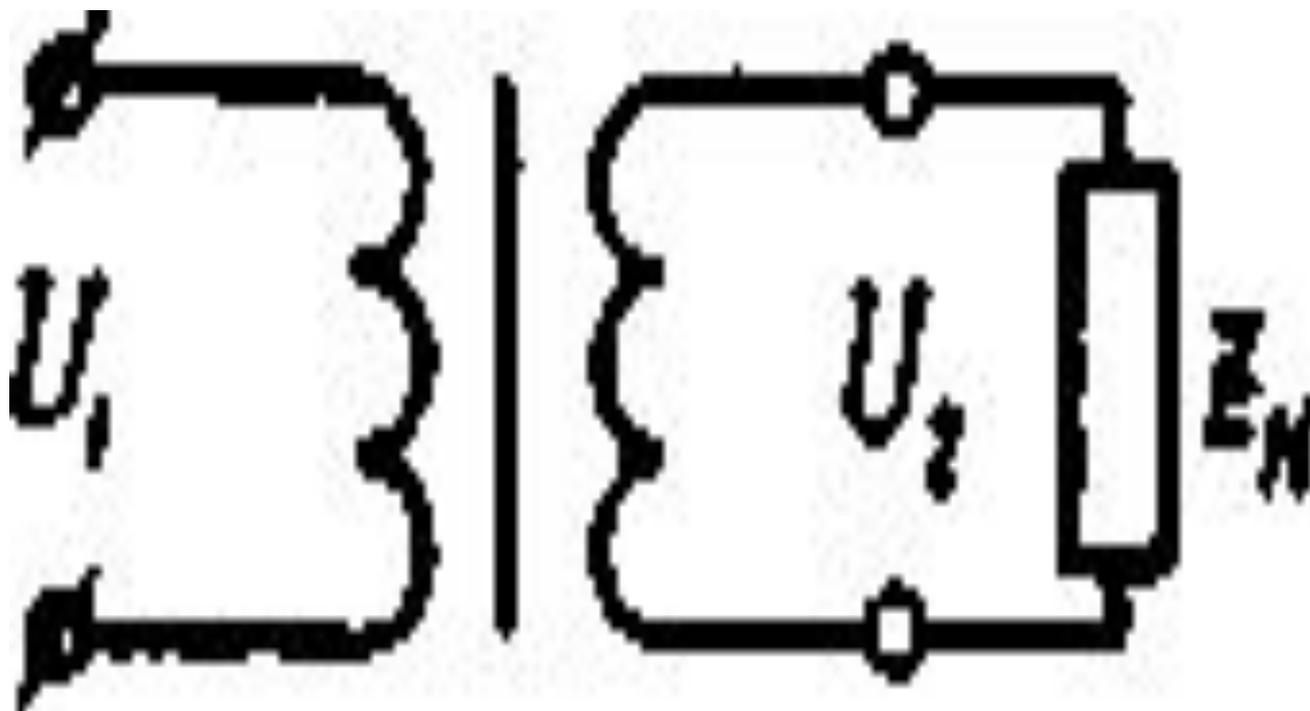
$$e_2 = -w_2(d\Phi/dt), (1.2)$$

- 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

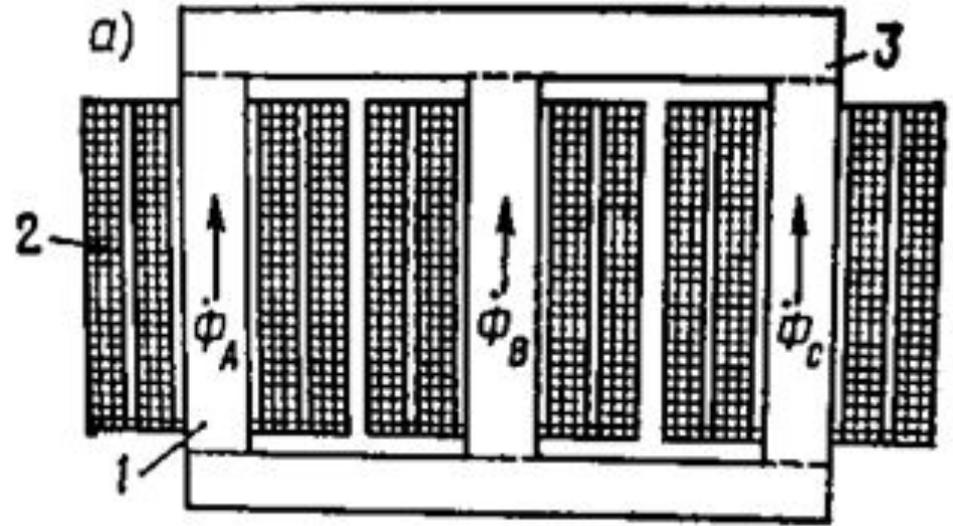
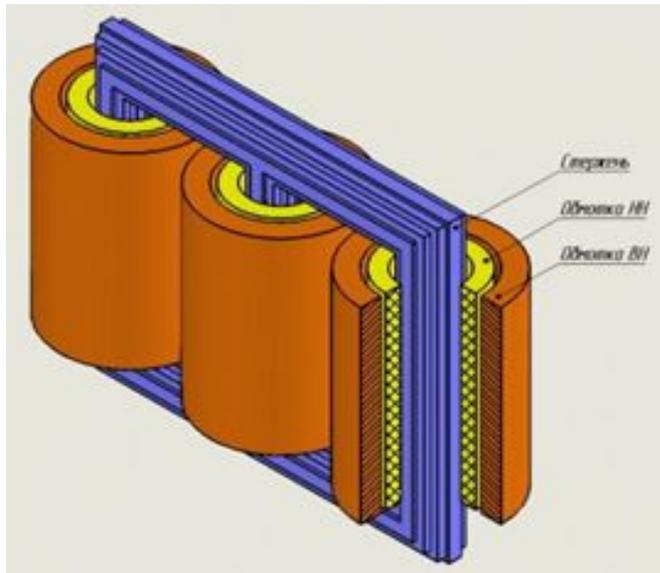
Устройство трансформаторов

- 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



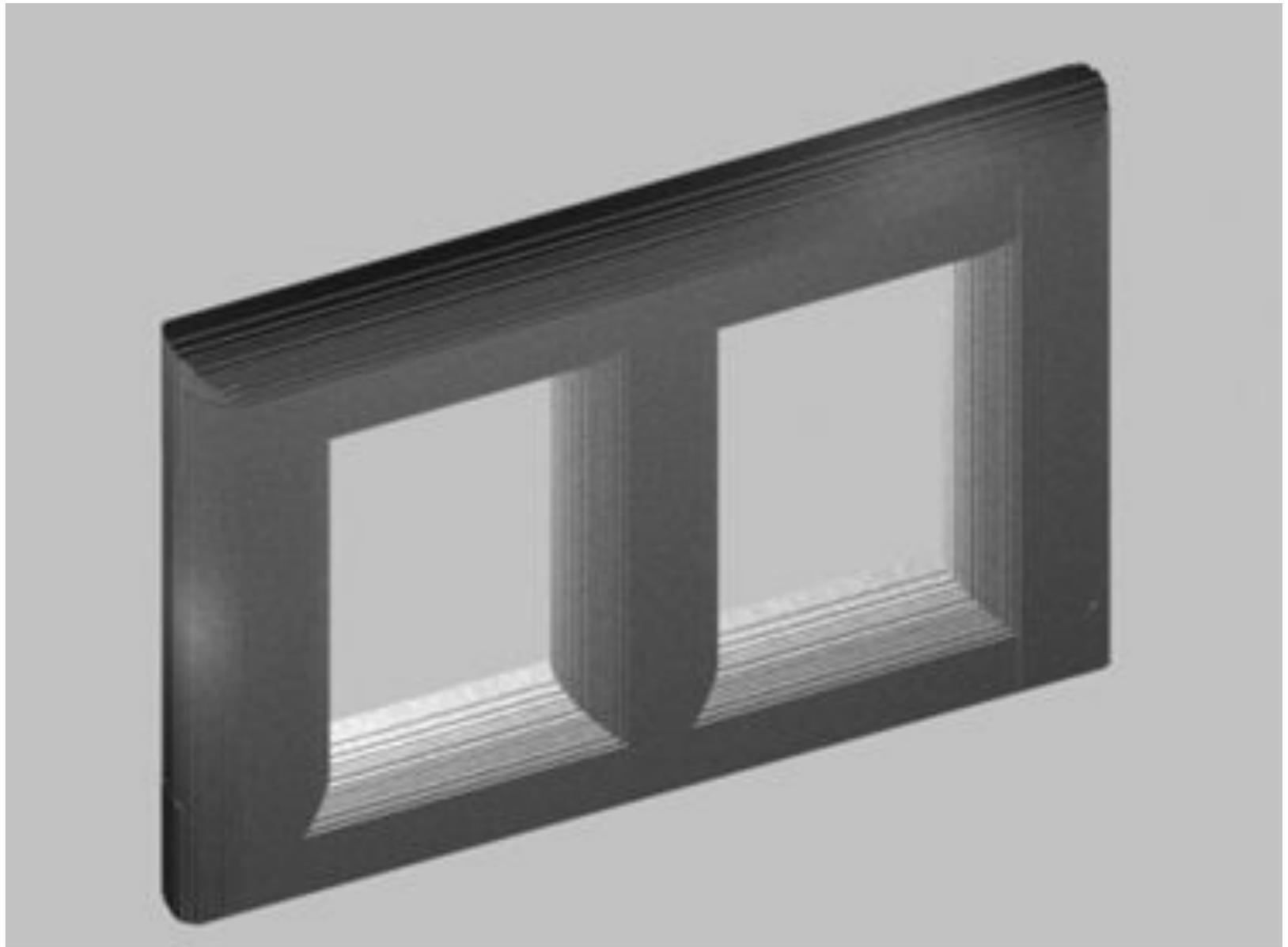
1-стержень

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.



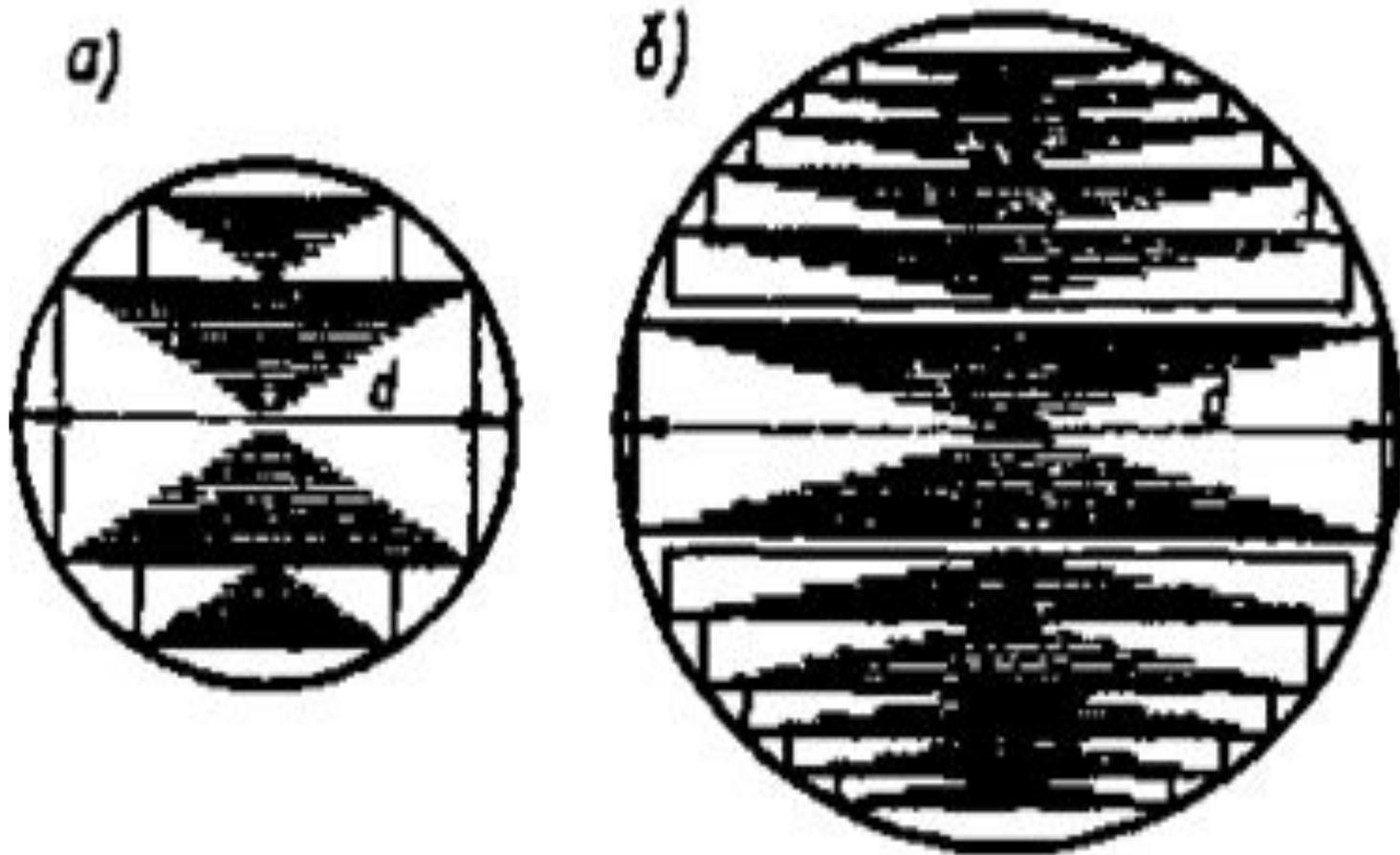
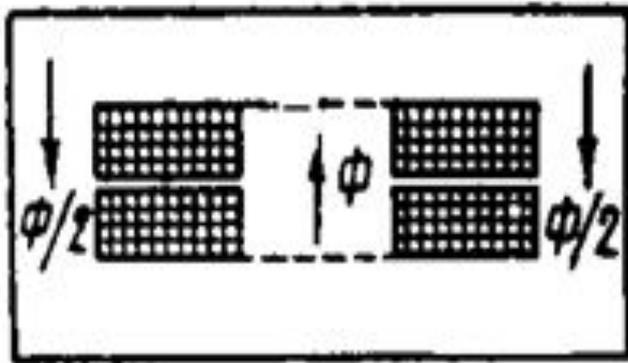


Рис. 1. Форма сечения стержней:
а – трансформаторов малой и средней мощности;
б – трансформаторов большой мощности

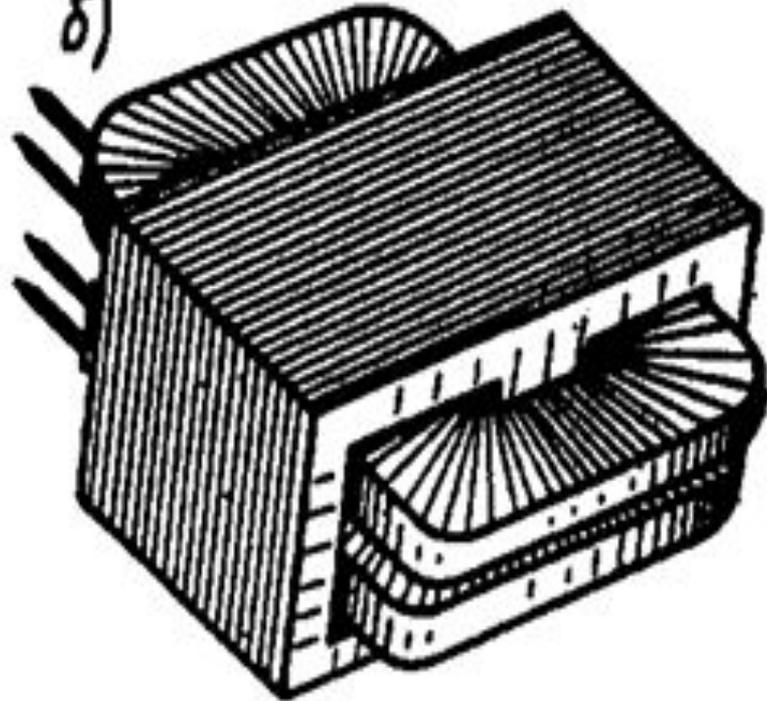
Магнитопровод броневое типа

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

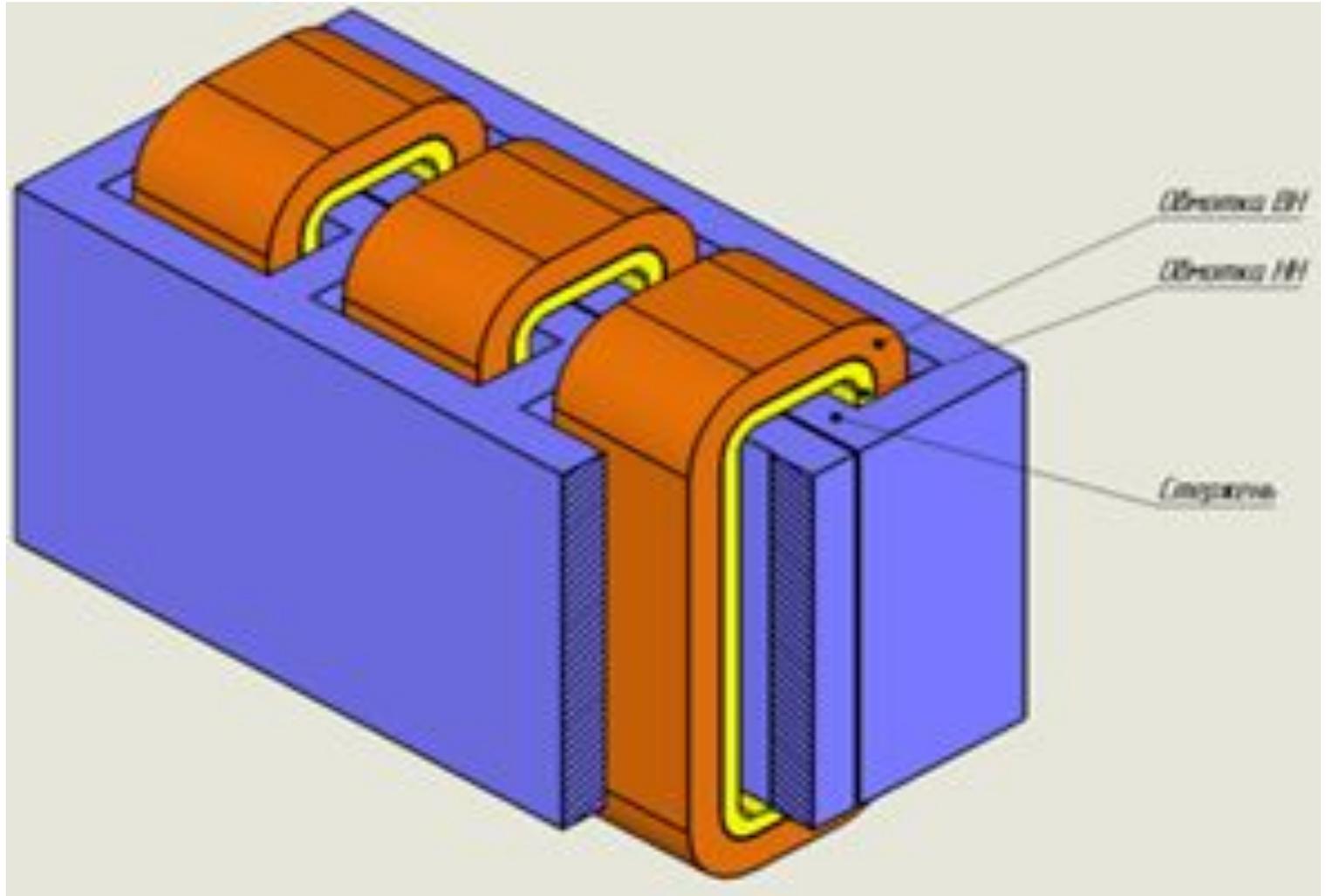
а)



б)



Трехфазный броневой трансформатор



Применение

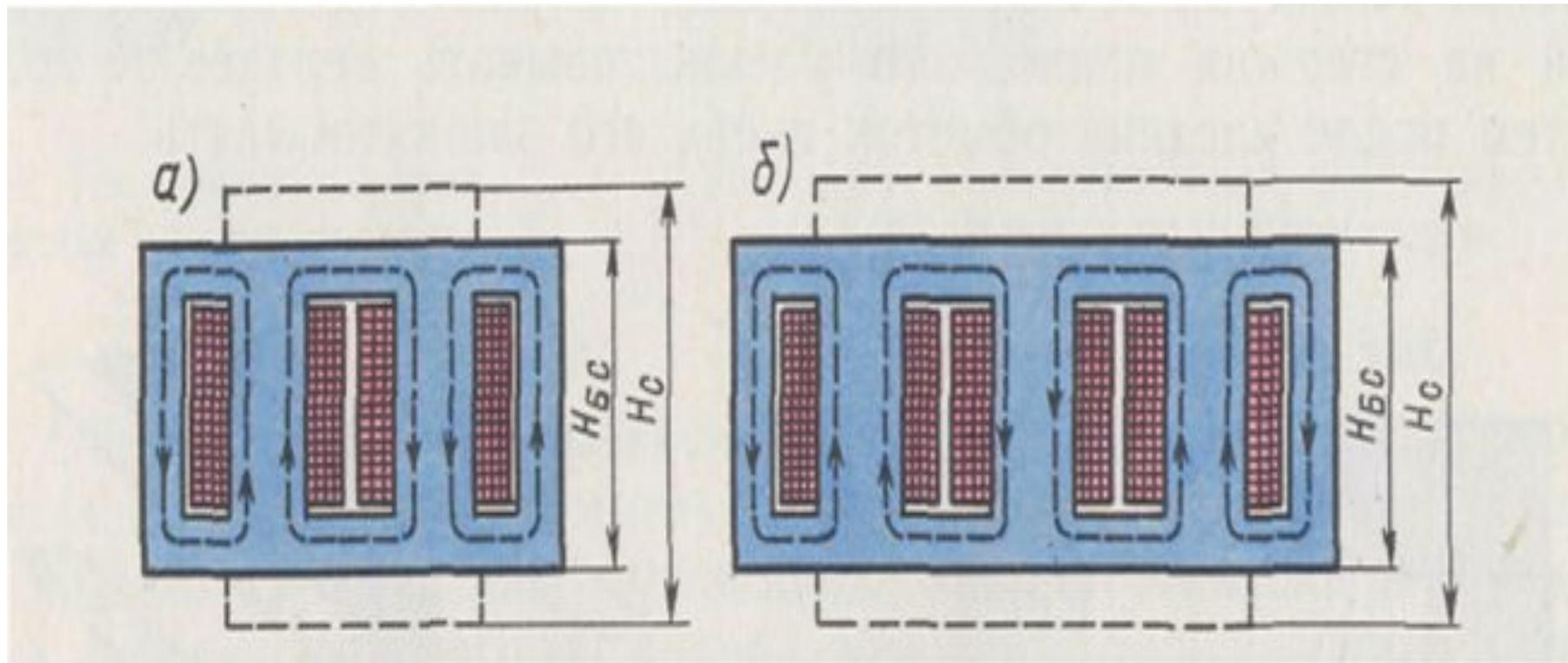
- Сложные в изготовлении, поэтому применяются в основном в трансформаторах малой мощности – радиотрансформаторах.

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:

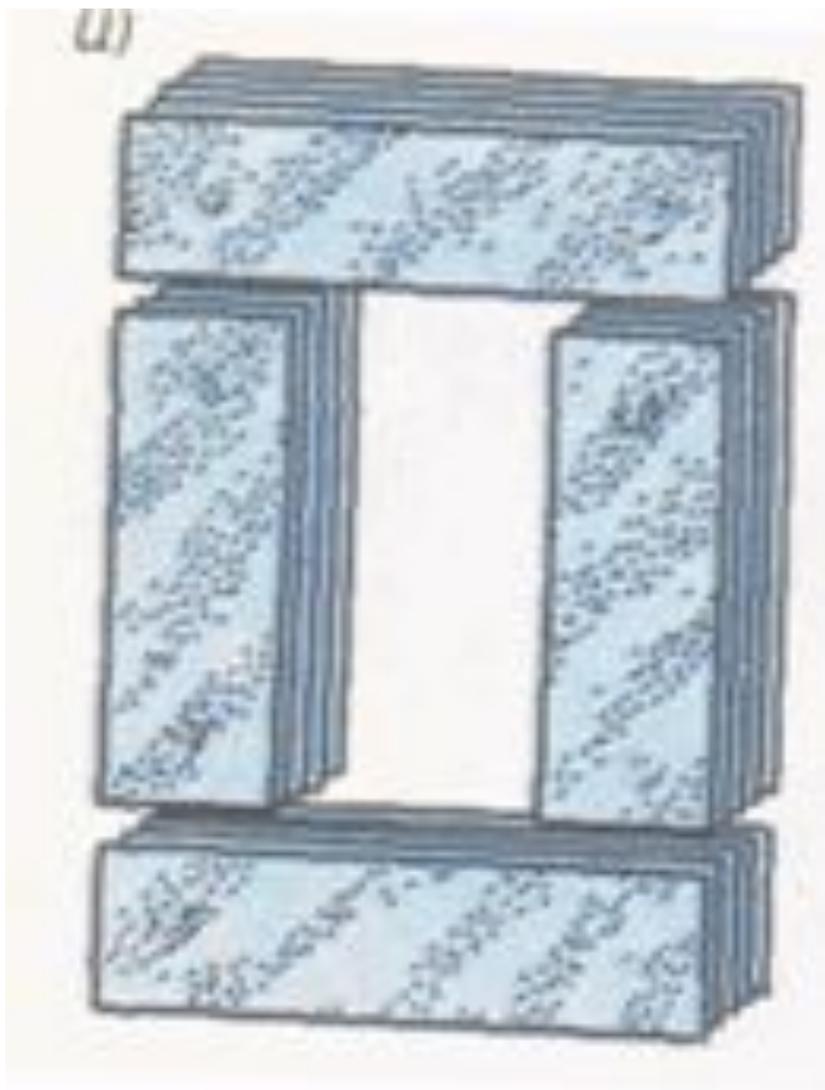
а — однофазного;
б — трехфазного



По конструкции магнитопроводы бывают

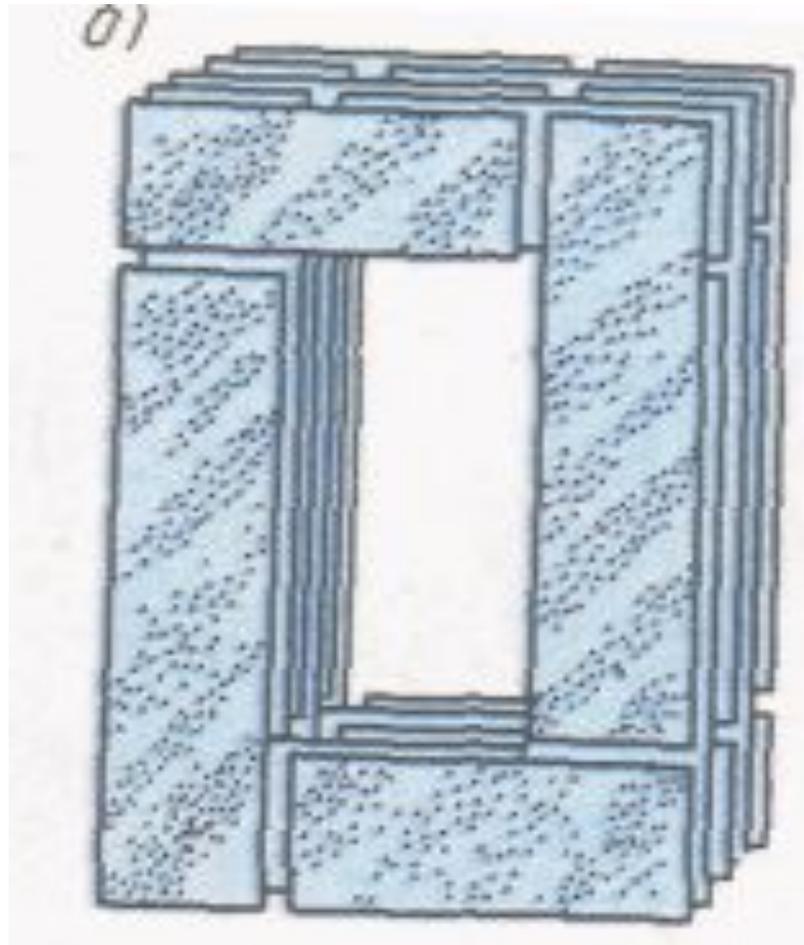
- **стыковой конструкции** стержни и ярма собирают отдельно, насаживают обмотки на стержни, а затем приставляют верхнее и нижнее ярма.
- Достоинства
 - легкость сборки
- Недостатки
 - громоздкие крепежные устройства

СТЫКОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ



Шихтованная конструкция.

- стержни и ярма собирают слоями в переплет

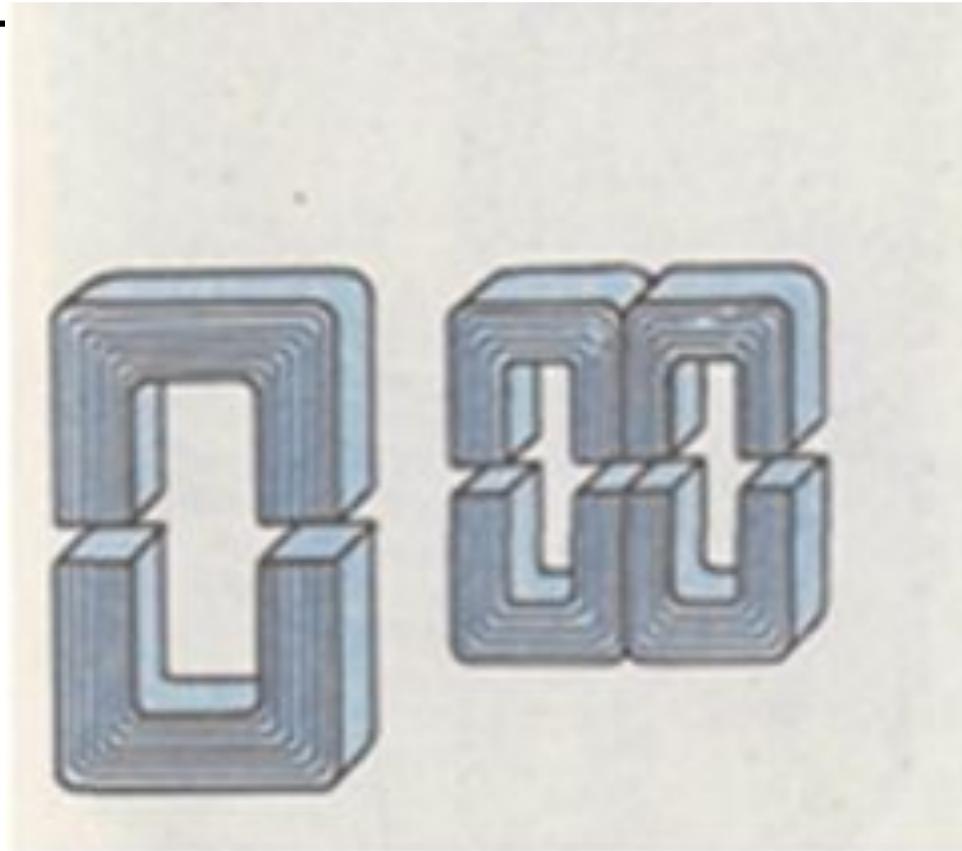


Особенность

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

Ленточные магнитопроводы

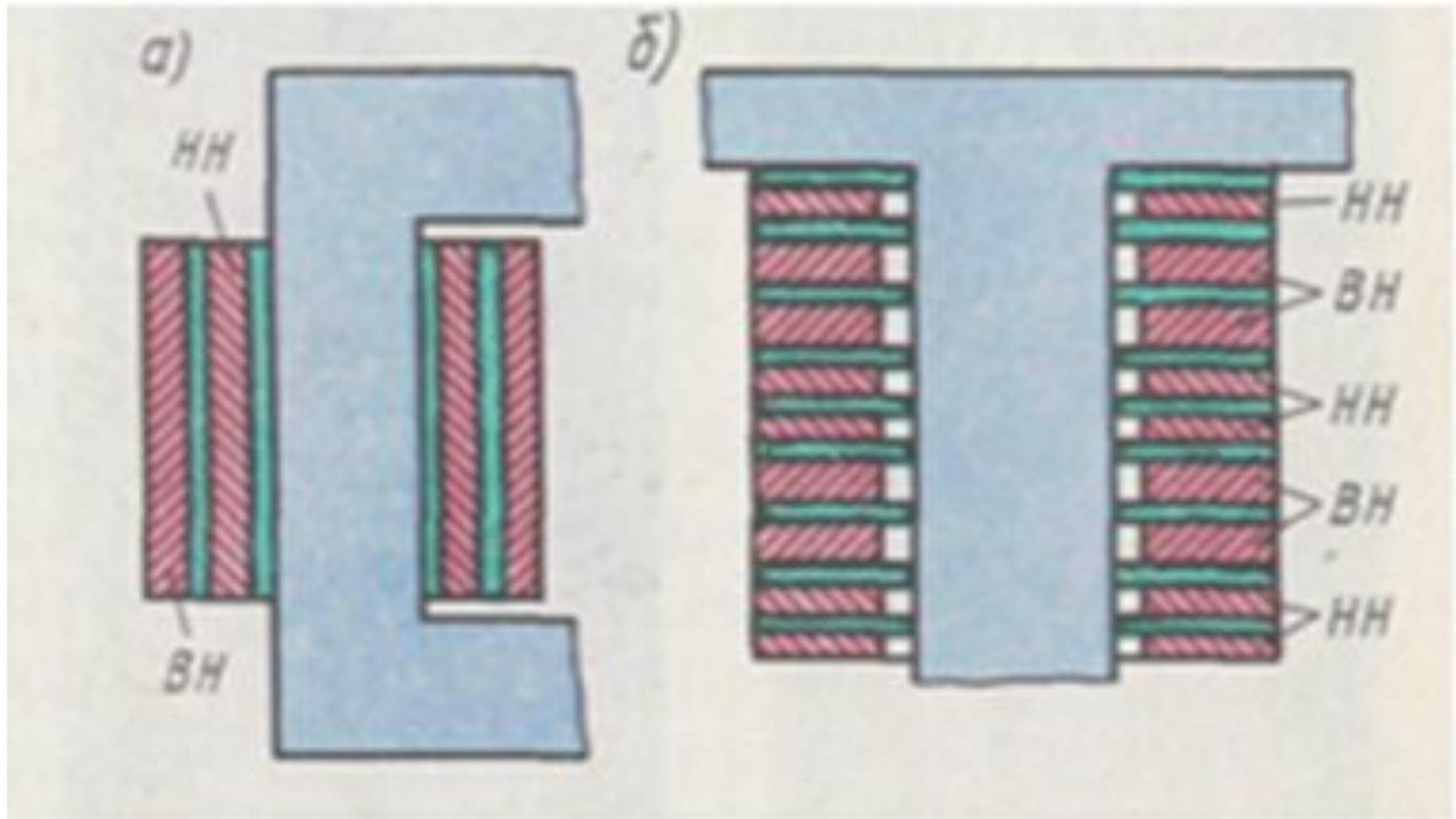
- Для малой мощности из стальной ленты. Разрезают, насаживают обмотки, затем скрег



Обмотки

- Для средней и большой мощности из проводов прямоугольного сечения, изолированных x/b 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

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