



ЧЕЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

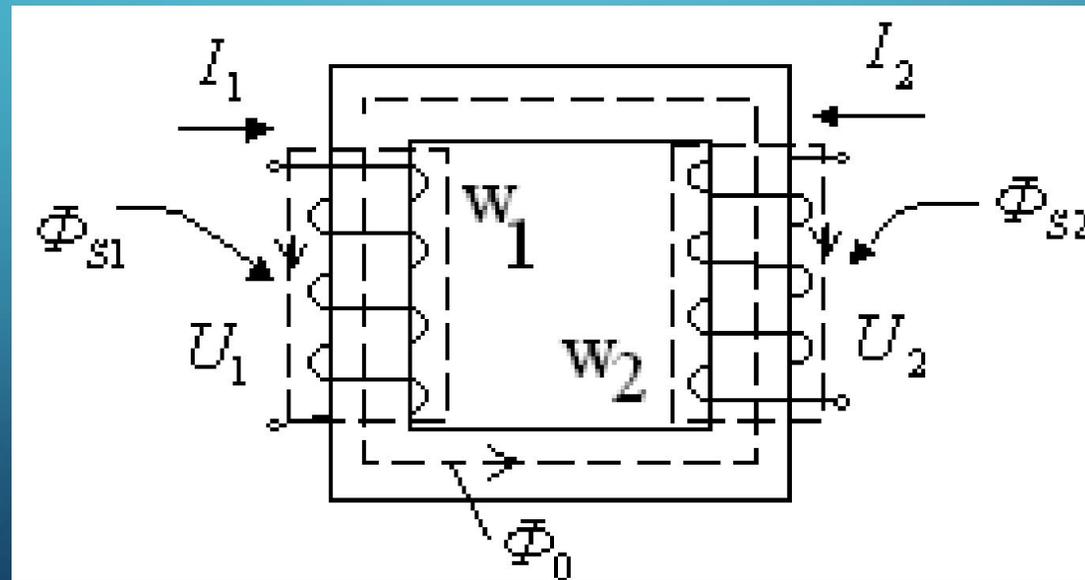
«ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ СУТ»

# ТРАНСФОРМАТОРЫ

Преподаватель: Матыгов М.М.  
Зав. кафедры: Дахкильгова К.Б.

# КОНСТРУКЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

- Трансформатор – это статический электромагнитный аппарат, преобразующий электрическую энергию напряжения переменного тока с одними параметрами в электрическую энергию с другими параметрами.

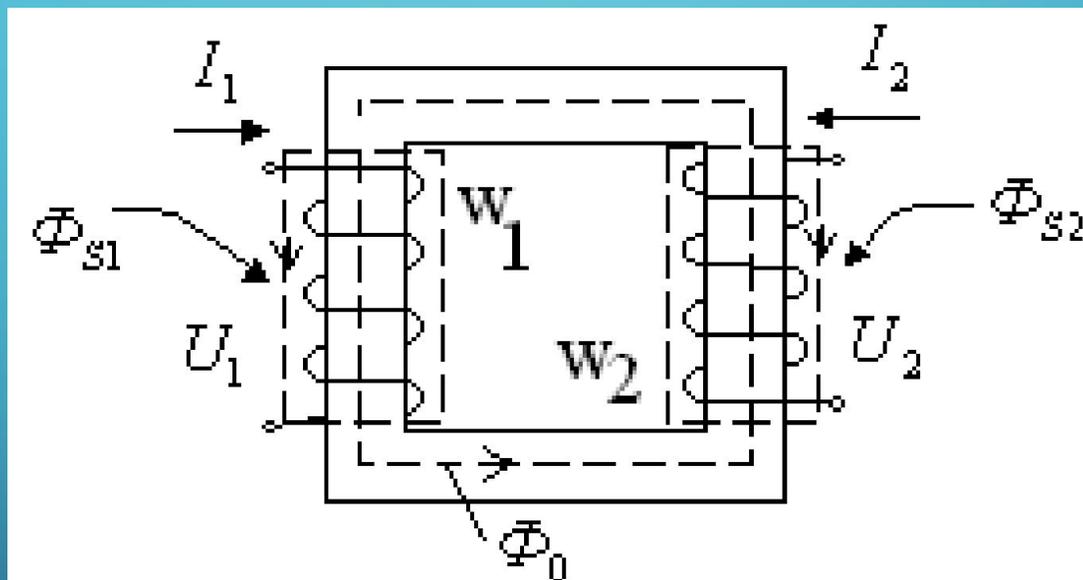


# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Принцип действия трансформатора основан на законе электромагнитной индукции:

$W_1$ ,  $W_2$  – первичная и вторичная обмотки

$\Phi_0$  - основной магнитный поток



$\Phi_{s1}$ ,  $\Phi_{s2}$  - потоки рассеяния основного магнитного потока в обмотках первичной и вторичной цепей  
 $Z_{вх}$  – входное сопротивление трансформатора

$$I_1 = \frac{U_1}{Z_{вх}}$$

# РАБОТА ТРАНСФОРМАТОРА

- ❖ Работа трансформатора на “холостом” ходу :
- ✓ При подключении трансформатора к сети переменного тока возникает ток, обратно пропорциональный входному сопротивлению трансформатора
- ✓ При протекании тока по обмотке трансформатора, намотанной на замкнутый магнитопровод, возникает напряженность магнитного поля
- ✓ Под действием напряженности магнитного поля в магнитопроводе трансформатора возникает основной магнитный поток, прямо пропорциональный индукции и сечению магнитопровода
- ✓ При прохождении основного магнитного потока по сердечнику в первичной цепи возникает ЭДС самоиндукции, а во вторичной цепи ЭДС - взаимной индукции, которые определяются по закону магнитодвижущих сил – закону Максвелла – Фарадея

# КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПОЛНЕНИЯ СЕРДЕЧНИКА

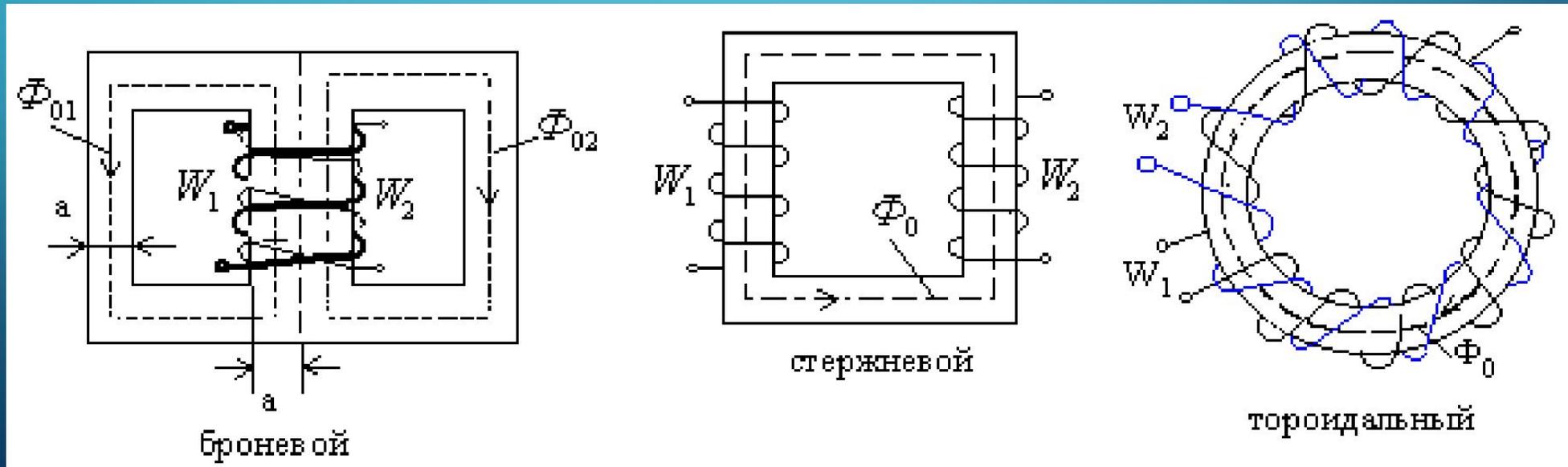
- Для учета конструктивных особенностей сердечника трансформатора введено понятие коэффициента заполнения сердечника ферромагнитным материалом  $K_{\text{маг}}$
- $K_{\text{маг}}$  - учитывает процентное содержание магнитного материала в сечении сердечника
- $S_{\text{маг.ак}}$  - активная площадь, чистая площадь сечения магнитного материала

$$S_{\text{маг.ак}} = S_{\text{маг.}} * K_{\text{маг}} .$$

Для борьбы с вихревыми токами сердечник изготавливается из пластин или лент с лаковым покрытием, поэтому коэффициент  $K_{\text{маг}} = 0,9 \dots 0,98$ .

# КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАТОРА

- ❖ Однофазные силовые трансформаторы классифицируются по типу магнитопровода. Они делятся на броневые, стержневые и тороидальные.



# КЛАССИФИКАЦИЯ

- ❑ Броневые сердечники используются:

- ❑ при мощности менее 150 [ВА]
- ❑ Частоте до 8 кГц,

- ❑ Стрежневые:

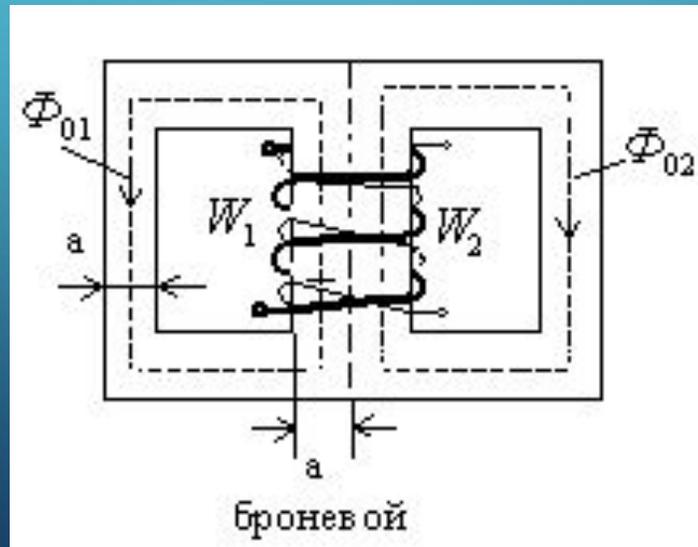
- ❑ при мощности от 150 до 800 [ВА]
- ❑ частоте до 8 кГц

- ❑ тороидальные:

- ❑ при мощности до 250 [ВА]
- ❑ частоте выше 8 кГц.

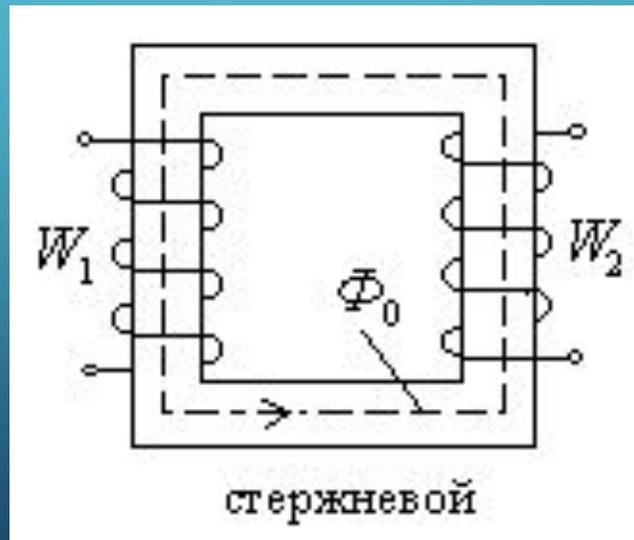
# БРОНЕВЫЕ

- ❖ В броневом сердечнике трансформатора основной магнитный поток раздваивается, что приводит к увеличению потока рассеяния. Расположение обмоток на одном (среднем) стержне трансформатора защищает обмотки от механических воздействий и электромагнитных помех. Такая конструкция обладает наибольшим рассеиванием основного потока, поэтому используется при малых мощностях.



# СТЕРЖНЕВЫЕ

- ❖ В стержневом сердечнике трансформатора для улучшения сцепления обмоток первичную и вторичную обмотки разводят по двум стержням и при намотке чередуют послойно. В такой конструкции поток рассеяния меньше, чем в броневом трансформаторе.



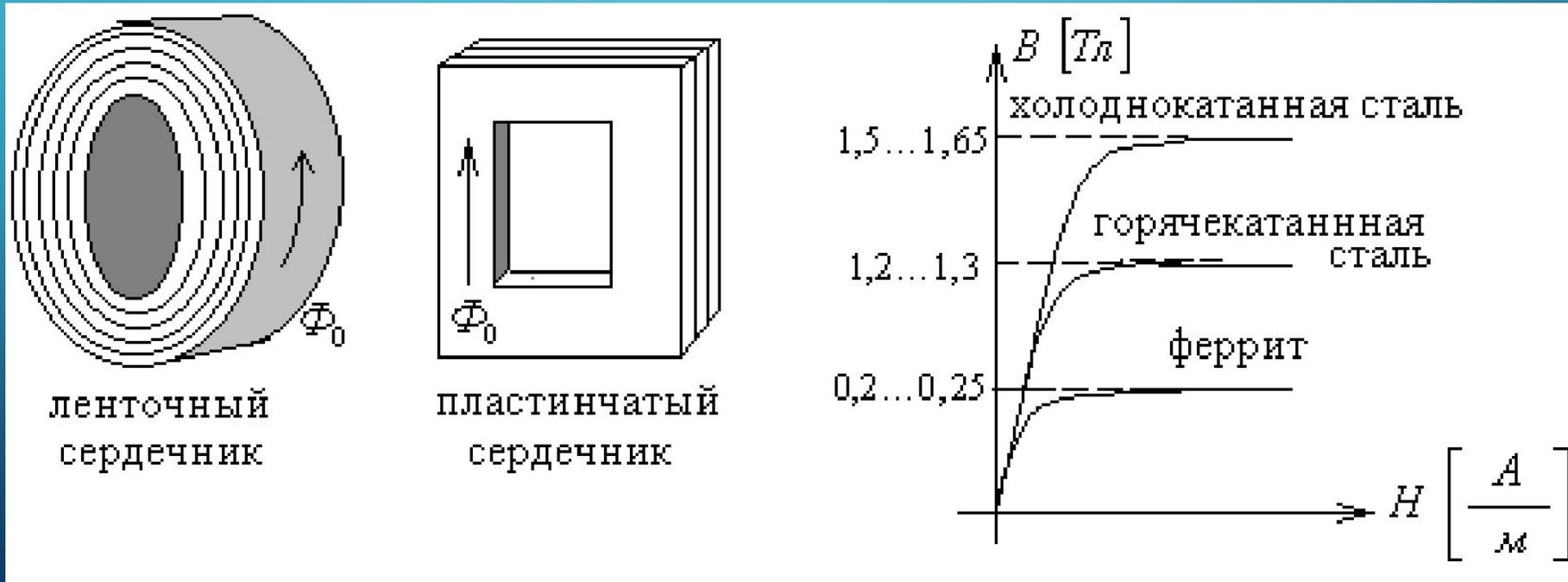
# ТОРОИДАЛЬНАЯ

- ❖ Торoidalная конструкция - обладает наименьшим потоком рассеяния, благодаря круговому движению силовой линии основного магнитного потока и хорошему сцеплению обмоток. Ограничение по мощности связано с плохим охлаждением сердечника и технологическими трудностями изготовления. Поперечное сечение тороида и стержней приближают к округлой форме, что позволяет экономить материал сердечника.



# МАГНИТОПРОВОД

- Сердечники магнитопроводов изготавливаются в виде лент, пластин или прессуют из ферромагнитного порошка с добавлением кремния. Низкочастотные трансформаторы выполняются из холоднокатанной (анизотропной или изотропной) стали, а также горячекатаной стали.



# МАТЕРИАЛЫ СЕРДЕЧНИКОВ

- ❖ В высокочастотных трансформаторах в качестве материала сердечников используют: феррит, пермаллой и альсифер.
  - Альсифер (магнитодиэлектрик) используется для дросселей сглаживающих фильтров, т.к. имеется запас по намагниченности
  - Пермаллой механически непрочен и дорог в изготовлении
  - Феррит обладает широким диапазоном рабочих частот, поэтому широко используется в импульсных трансформаторах

# ФЕРРИТЫ

- ❖ Ферриты – это поликристаллические многокомпонентные соединения, изготавливаемые по особой технологии, общая химическая формула которых  $MeFe_2O_3$  (где Me – какой-либо ферромагнетик, например, Mn, Zn, Ni).
- ❖ Ферриты обладают высокими значениями собственного омического сопротивления, превышающего сопротивление сталей в 50 и более раз. Именно это обстоятельство позволяет применять ферриты в индуктивных элементах, работающих на высоких частотах, без опасения, что могут повыситься потери на вихревые токи.

# ОБМОТКА ТРАНСФОРМАТОРА

- Обмотки трансформатора изолируются друг от друга.
- Обмотки размещаются на каркасе с использованием межвитковой и межсло
- Ойной изоляции (лак, волокно, х/б нитки и.т.д.).
- Тип изоляции зависит от рабочей температуры.
- Провода для обмоток имеют прямоугольное или круглое сечение. Прямоугольные провода используются для повышенных токов нагрузки.

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРАНСФОРМАТОРА

- ❖ К энергетическим показателям трансформатора относятся:
  - КПД
  - коэффициент мощности.
- ✓ КПД трансформатора – это отношение активной (полезной) мощности в нагрузке к потребляемой (активной) мощности трансформатора

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА

- ❖ При проектировании трансформатора необходимо добиваться равенства потерь в магнитопроводе потерям в обмотках для обеспечения эффективной работы трансформатора.
- ❖ При расчете трансформатора за критерии оптимизации выбираются:
  - КПД
  - габаритные размеры
  - стоимость
  - температурный режим работы трансформатора

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ МОЩНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА

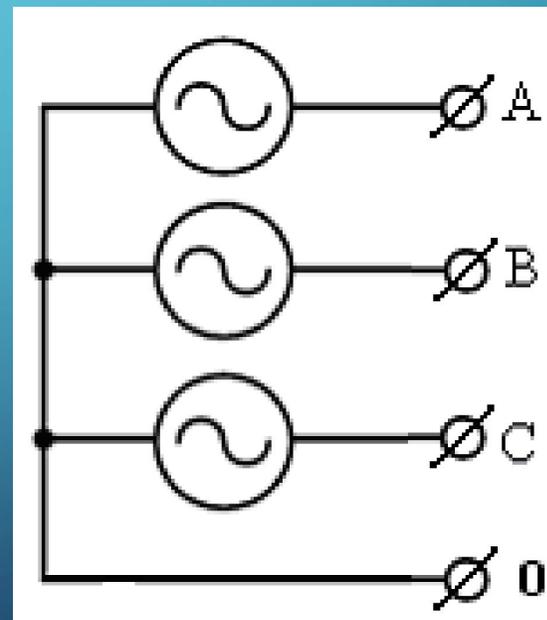
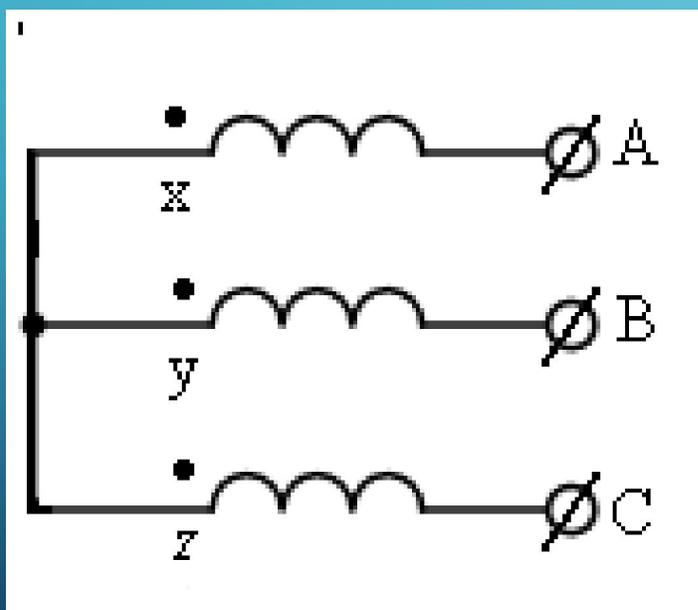
- Электромагнитная мощность – это полусумма электромагнитных мощностей всех обмоток трансформатора. Так как на первичную цепь приходится половина мощности, то при расчете электромагнитной мощности берут либо сумму мощностей всех вторичных цепей, либо мощность первичной цепи.

# ТРЕХФАЗНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

- Трехфазные сети широко распространены в энергетике и используются для производства и передачи электрической энергии.
- Трехфазные системы были разработаны русским электриком М.О. Доливо-Добровольским (1862 – 1919 гг.) и представляют собой систему из трёх источников переменного тока, ЭДС которых сдвинуты друг относительно друга на угол  $120^\circ$ .

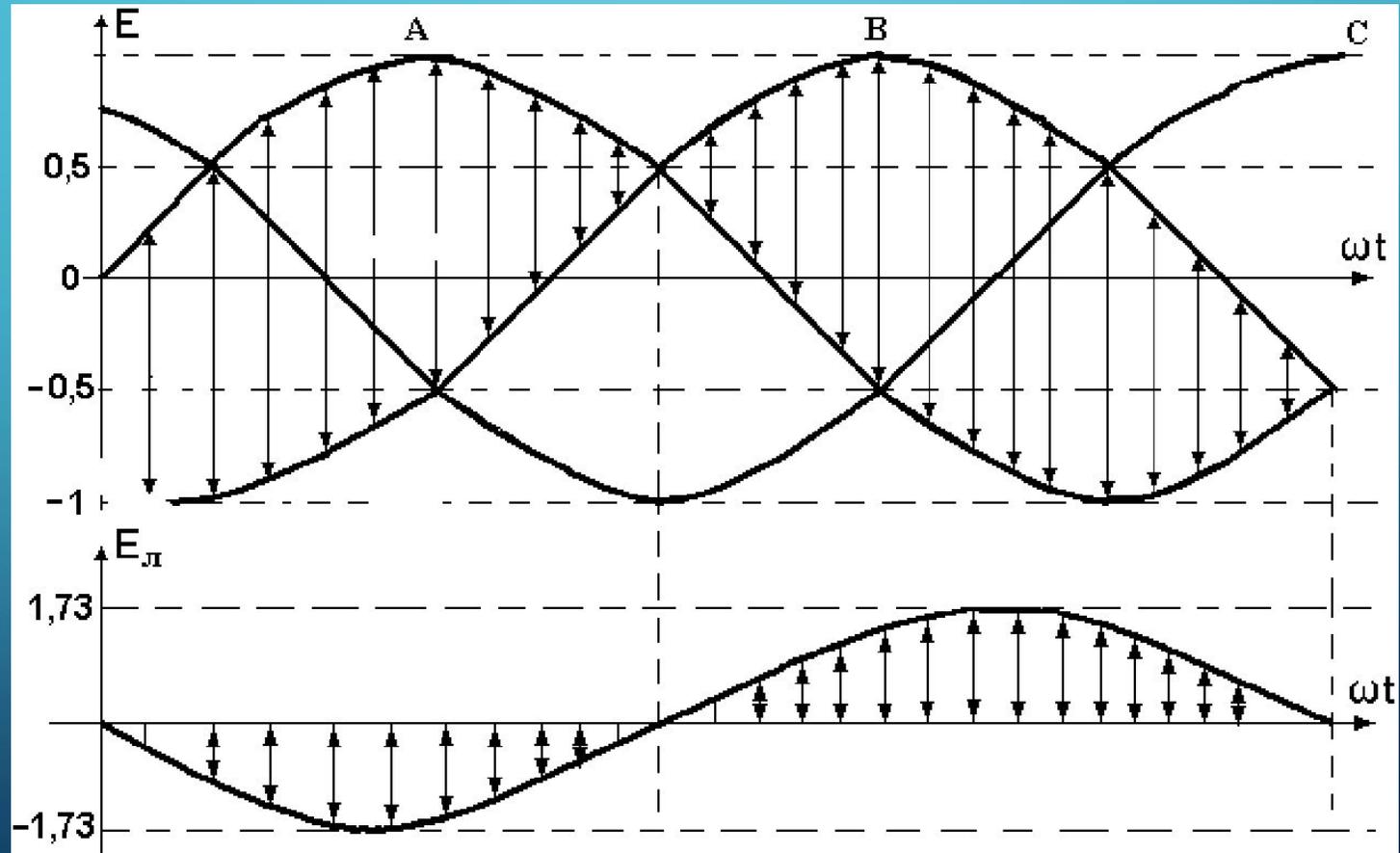
# ТРЕХФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ

Трёхпроводная и четырёхпроводная линии. Напряжение каждого генератора – фазное напряжение, а напряжение между фазами – линейное напряжение.



# ЭДС ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ НАПРЯЖЕНИЙ

Временные зависимости для фазных и линейных ЭДС трехфазной системы напряжений



# ГРУППОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР

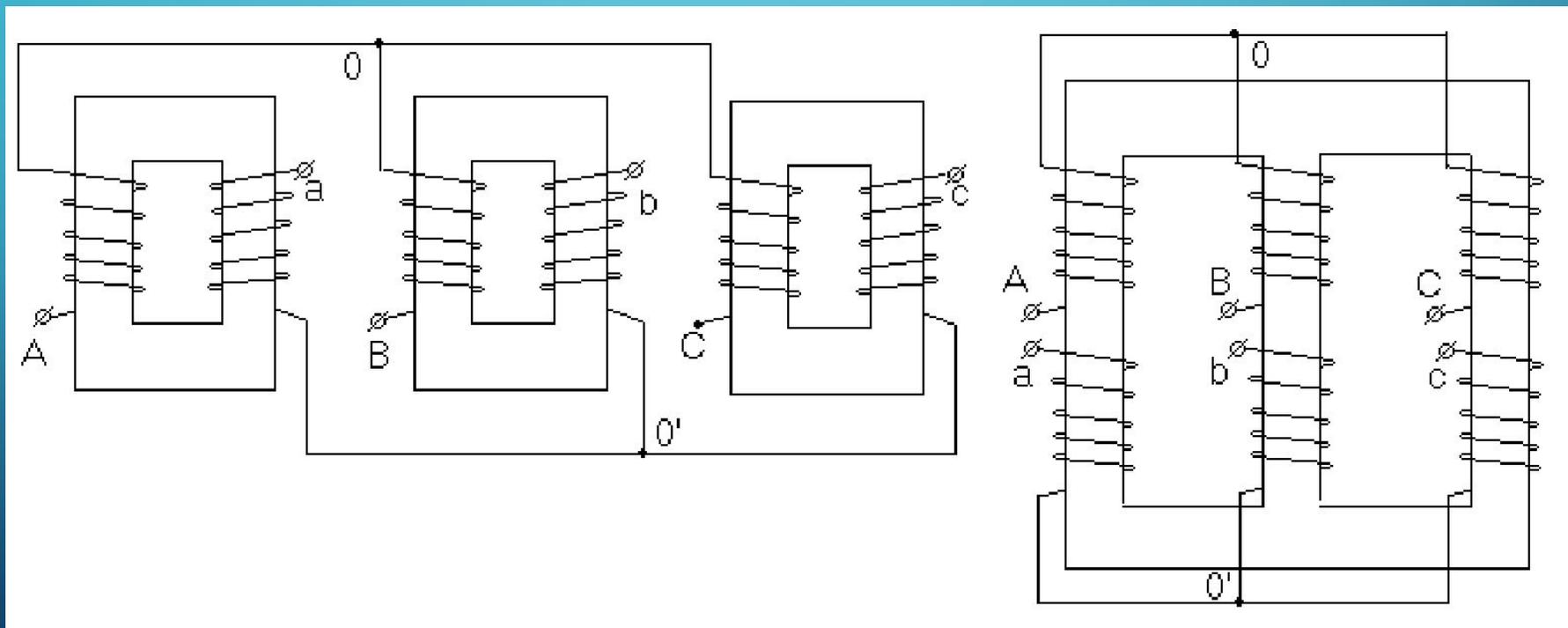
- Трансформирование трехфазного тока можно осуществить тремя однофазными трансформаторами, соединенными в трансформаторную группу - групповой трансформатор или трёхфазным трансформатором.
- Обмотки первичной и вторичной цепей соединяются одним из способов: "звезда" -  $Y$ , "треугольник" -  $\Delta$ , "зигзаг" -  $Z$ .

# СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК

- ❖ Обмотки трехфазных трансформаторов принято соединять по следующим схемам:
  - звезда
  - звезда с нулевым выводом
  - треугольник; зигзаг с нулевым выводом.
- Схемы соединения обмоток трансформатора обозначают дробью, в числителе которой указана схема соединения обмоток ВН (высшего напряжения), а в знаменателе — обмоток НН (низшего напряжения).
- ✓ Например,  $Y/\Delta$  означает, что обмотки ВН соединены в звезду, а обмотки НН — в треугольник.

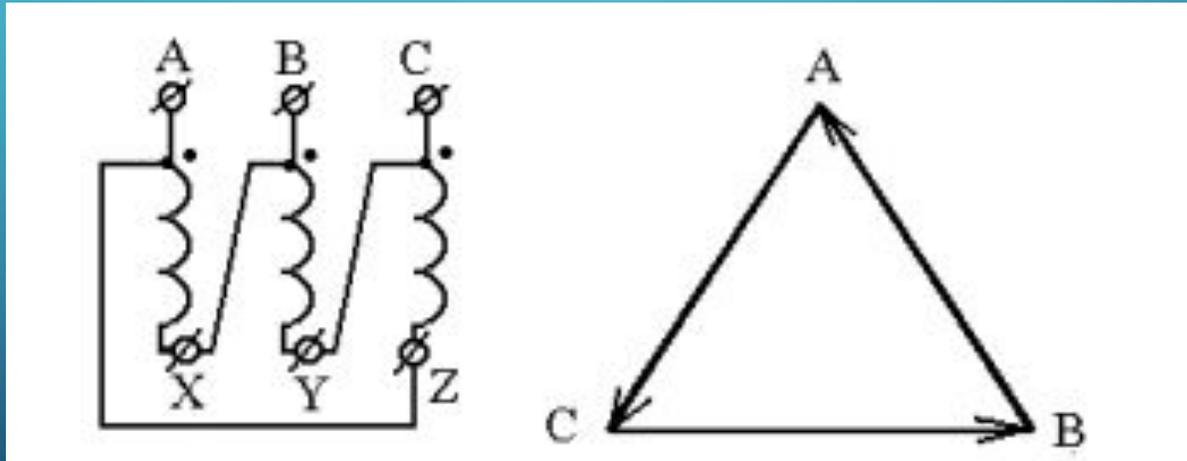
# КОНСТРУКЦИИ ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

- Трансформирование трехфазной системы напряжений можно осуществить тремя однофазными трансформаторами, соединенными в трансформаторную группу



# СОЕДИНЕНИЕ «ТРЕУГОЛТНИК»

- При соединении треугольником  $U_{л} = U_{ф}$ , потому что каждые два линейных провода присоединены к началу и концу одной из фазных обмоток, а все фазные обмотки одинаковы. Линейные токи  $I_{л} = \sqrt{3} I_{ф}$ .



$\varphi$  - угол сдвига фаз между напряжением и током.

# СОЕДИНЕНИЕ «ЗВЕЗДА»

При соединении звездой линейные ( $I_l$ ) и фазные токи ( $I_\phi$ ) одинаковы, потому что для тока, проходящего через фазную обмотку, нет иного пути, кроме линейного провода. Линейные напряжения ( $U_l$ ) больше фазных ( $U_\phi$ ) в  $\sqrt{3} = 1,73$  раза.

Соединение в звезду выполняется с нулевым выводом или без него, что является достоинством схемы соединения

