

# **4. ТРАНСФОРМАТОРЫ**

## 4.1 Общие сведения

- Электрический трансформатор – электромагнитное устройство, преобразующее напряжение и ток одного уровня в напряжение и ток другого уровня при неизменной частоте и малой потере мощности.
- Генераторы электрических станций вырабатывают электрическую энергию при напряжении 6, 10, 15 кВ, так как на более высокие напряжения конструировать электрогенераторы сложно в связи с трудностью обеспечения хорошей изоляции обмоток.
- В то же время в линиях электропередачи применяют напряжения до 110, 220, 400, 500 кВ и более, чтобы уменьшить силу тока в линии, а значит и сечение проводов, что позволяет резко снизить мощность потерь и стоимость линий электропередач.

- Таким образом, необходимы повышающие трансформаторы, увеличивающие напряжение генераторов электрических станций до напряжения линий электропередач.
- В местах потребления электрической энергии, на производстве, в быту и так далее, необходимы понижающие трансформаторы, чтобы иметь напряжения 380, 220, 127 В и менее.
- Электрические трансформаторы имеют высокий коэффициент полезного действия, достигающий до 99%, и высокую надежность, так как не содержат движущихся частей.
- Электрические трансформаторы – необходимые элементы и в устройствах малой мощности (радиоэлектронных устройствах, компьютерах других).

- Изобрел электрический трансформатор в 1876 году П.Н. Яблочков, который в своих работах по электрическому освещению встретился с необходимостью обеспечить автономную работу нескольких светильников разным напряжением от одного генератора.
- В 1891 году М.О. Доливо-Добровольским была разработана конструкция первого *трехфазного электрического трансформатора*, после чинго применение электротрансформаторов стало резко возрастать.
- Простейший однофазный электрический трансформатор (рис. 4.1) состоит из двух обмоток, размещенных на ферромагнитном магнитопроводе, который набран из изолированных друг от друга листов электротехнической стали толщиной 0,3...0,5 мм, с целью уменьшения потерь на вихревые токи (потерь в стали)  $P_c$ .

- Обмотка, подключаемая к источнику электрической энергии (генератору) или к линии электропередач (электрической сети), называется *первичной (входной)*. Обмотка, к которой подключается приемник электрической энергии, – *вторичной (выходной)*.

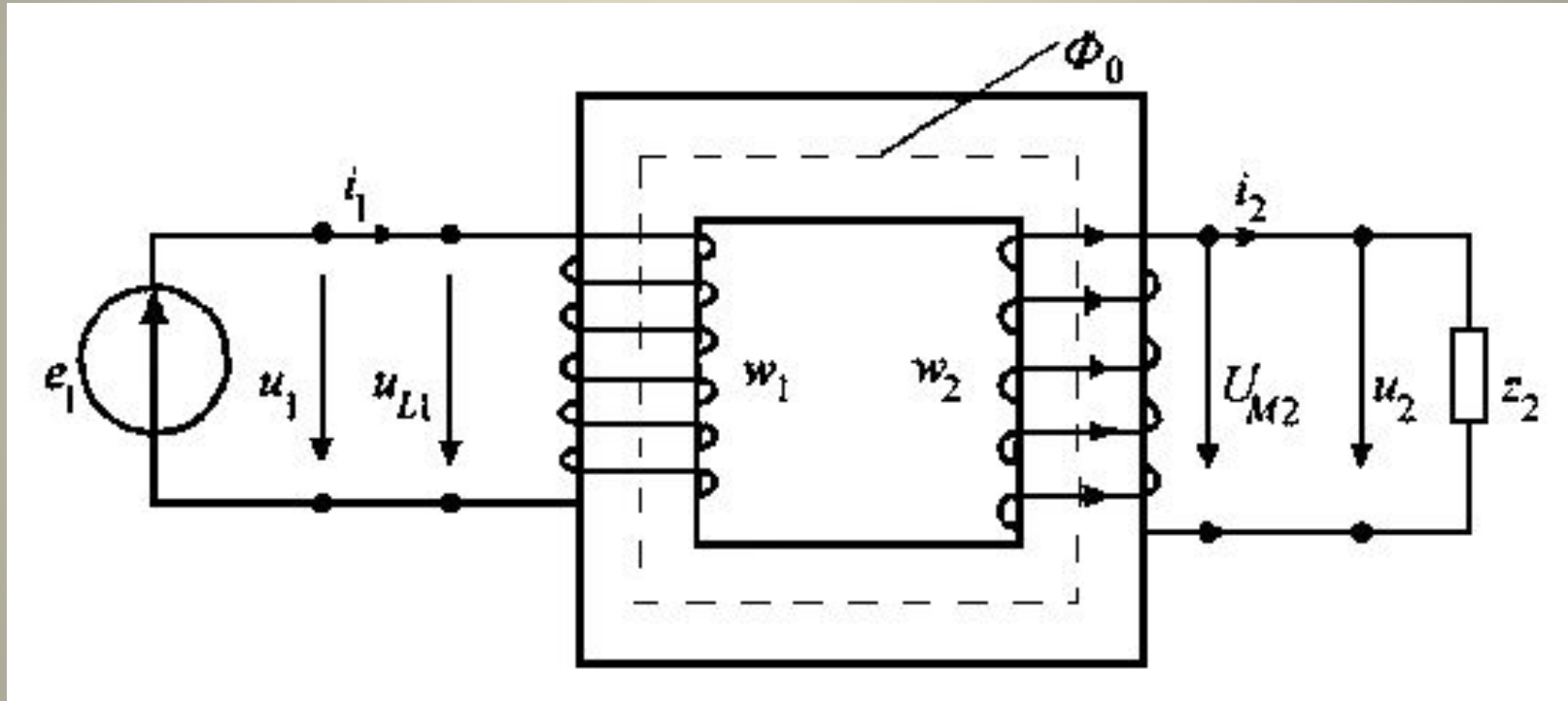


Рис. 4.1. Схема электрической цепи с трансформатором

- На щитке электрического трансформатора указываются:
- высшее и низшее номинальные напряжения;
- номинальная полная мощность , ВА или кВА;
- частота  $f$  (Гц);
- токи в первичной и вторичной ( ) обмотках при номинальной мощности;
- коэффициент трансформации  $K$ ;
- число фаз;
- схема соединений обмоток («звездой» или «треугольником») в случае трехфазного электрического трансформатора;
- режим работы (длительный или кратковременный);
- способ охлаждения (масляный, воздушный).

## 4.2 Принцип действия трансформатора

- Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции (рис. 4.1).
- При подаче от источника электрической энергии напряжения  $u_1$  на первичную обмотку электрического трансформатора в ней возникает ток  $i_1$ , возбуждающий в магнитопроводе переменный магнитный поток  $\Phi_1$ , который, пронизывая витки первичной обмотки, создает в ней напряжение  $w_1$  в результате явления самоиндукции.

## 4.3 Работа трансформатора в режиме холостого хода

- Режим холостого хода – такой режим работы электрического трансформатора, при котором его вторичная цепь разомкнута и ток в ней равен нулю ( $i_2 = 0$ ).
- Под действием приложенного напряжения  $u_1$  по первичной обмотке протекает ток  $i_1$ , возбуждающий в магнитопроводе магнитное поле  $\Phi_0$ .
- Большая часть магнитного потока замыкается в магнитопроводе. Однако небольшая часть этого потока замыкается вокруг витков только первичной обмотки, образуя поток рассеяния  $\Phi_s$ , и не индуцирует напряжение взаимной индукции  $u_{M2}$  во вторичной обмотке.



- Кроме того, первичная обмотка обладает резистивным сопротивлением  $r_1$ . На рисунке 4.2 представлена схема замещения электрического трансформатора с учетом резистивных сопротивлений  $r_1$  и  $r_2$  первичной и вторичной обмоток и их индуктивностей рассеяния  $L_{S1}$  и  $L_{S2}$ .

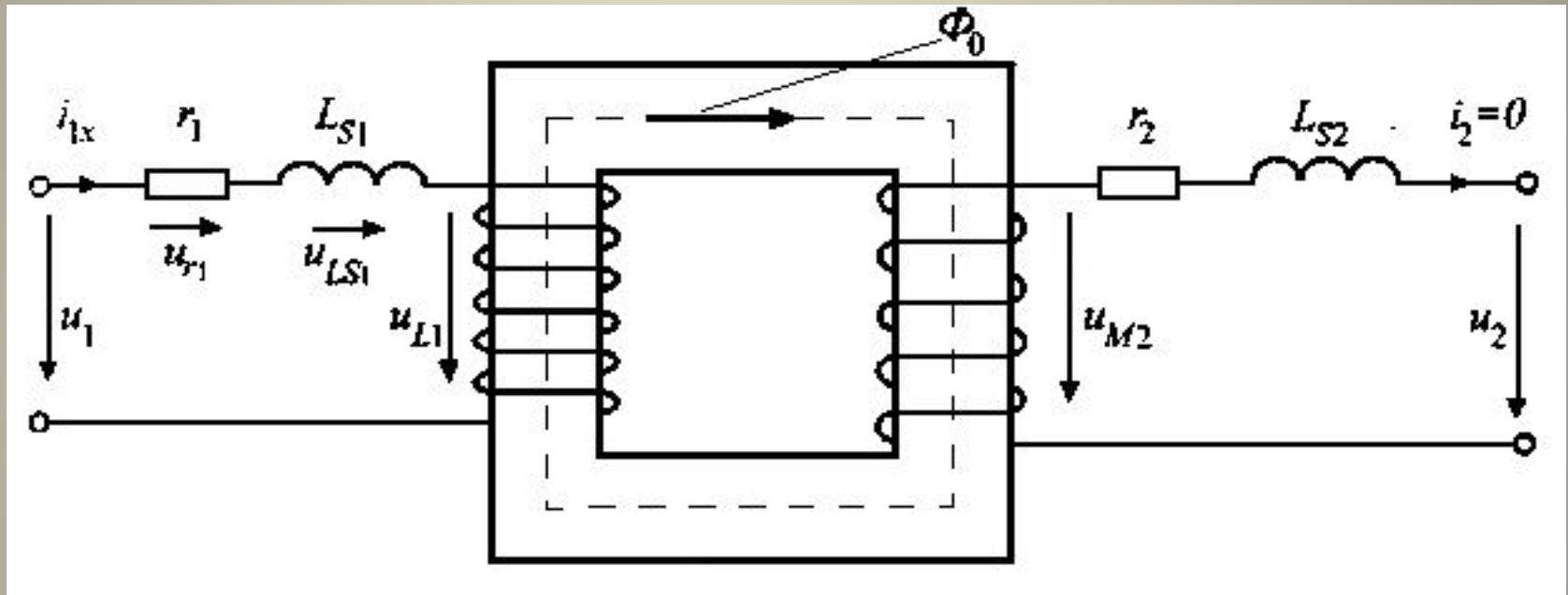


Рис.4.2. Схема замещения трансформатора в режиме холостого хода

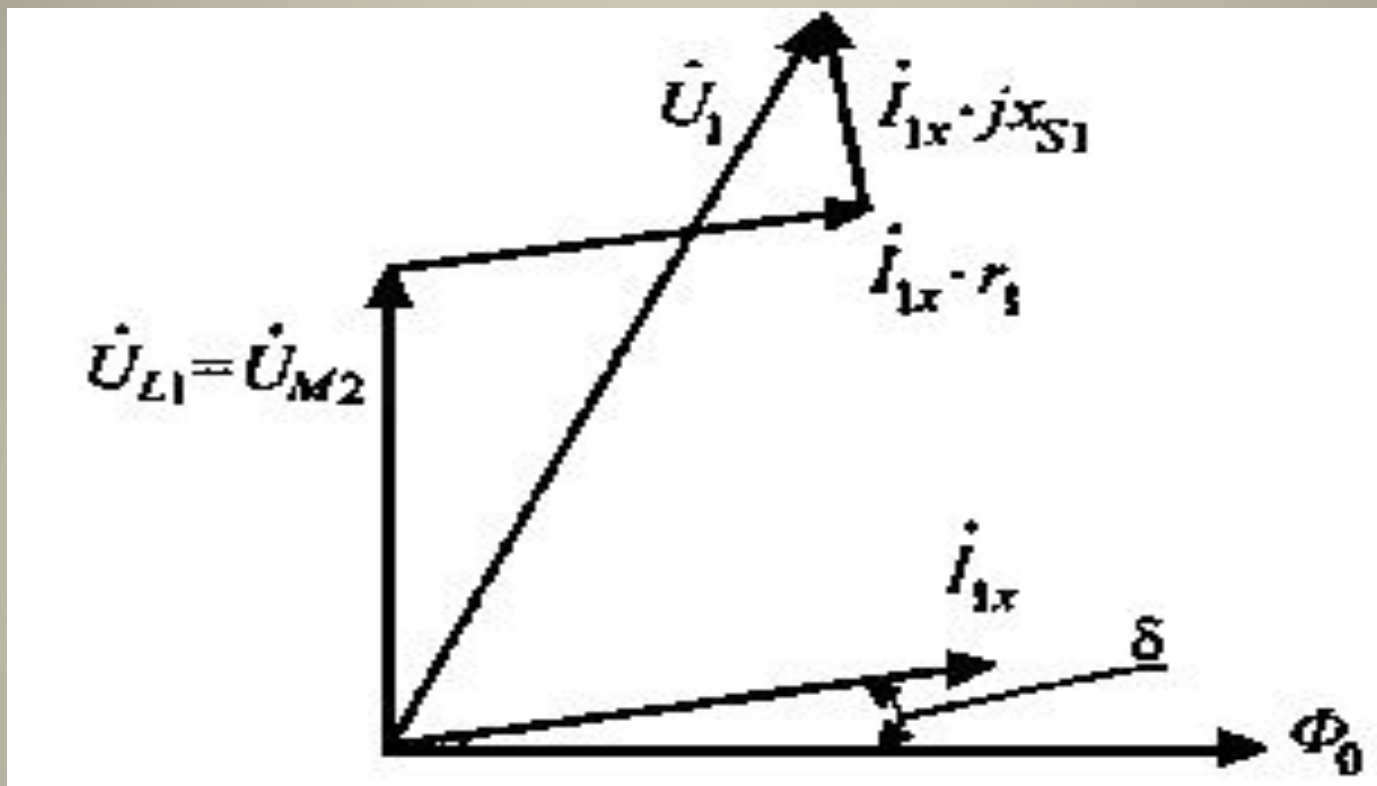


Рис. 4.3. Векторная диаграмма напряжений и тока трансформатора в режиме холостого хода

- *Опытом холостого хода* называется испытание электрического трансформатора при разомкнутой цепи вторичной обмотки и номинальном приложенном к первичной обмотке напряжении  $U_{1X} = U_{1H}$ . Для проведения опыта холостого хода собирается электрическая цепь согласно схеме

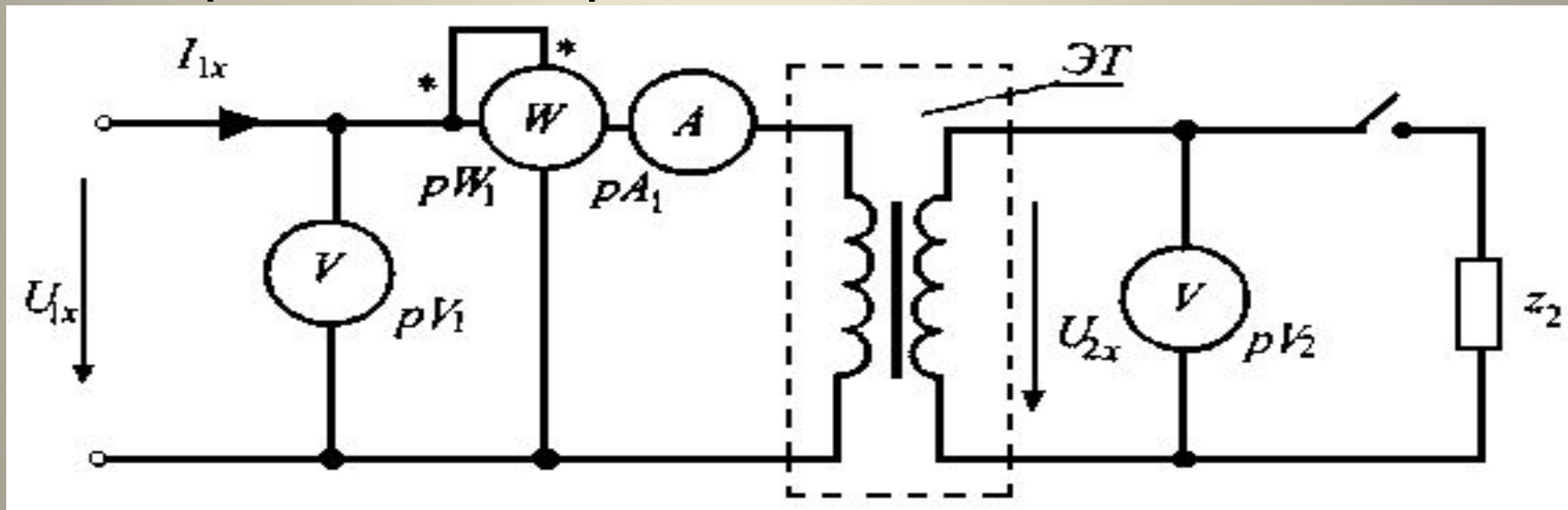


Рис. 4.4. Схема электрической цепи для проведения опыта холостого хода трансформатора

## 4.4 Опыт короткого замыкания

- Необходимо различать *опыт короткого замыкания* и *режим короткого замыкания*, так как в последнем случае имеет место аварийный режим электрического трансформатора, при котором последний сильно разогревается, из-за чего может произойти его сгорание.
- *Опыт короткого замыкания* – испытание электрического трансформатора при короткозамкнутой цепи вторичной обмотки и номинальном токе в первичной обмотке

- Этот опыт проводится при аттестации электрического трансформатора для определения важнейших параметров:
- мощности потерь в проводах обмоток (потери в меди) ;
- внутреннего падения напряжения;
- коэффициента трансформации и др.
- Опыт короткого замыкания (рис. 4.5), как и опыт холостого хода, осуществляется при свободных магнитных

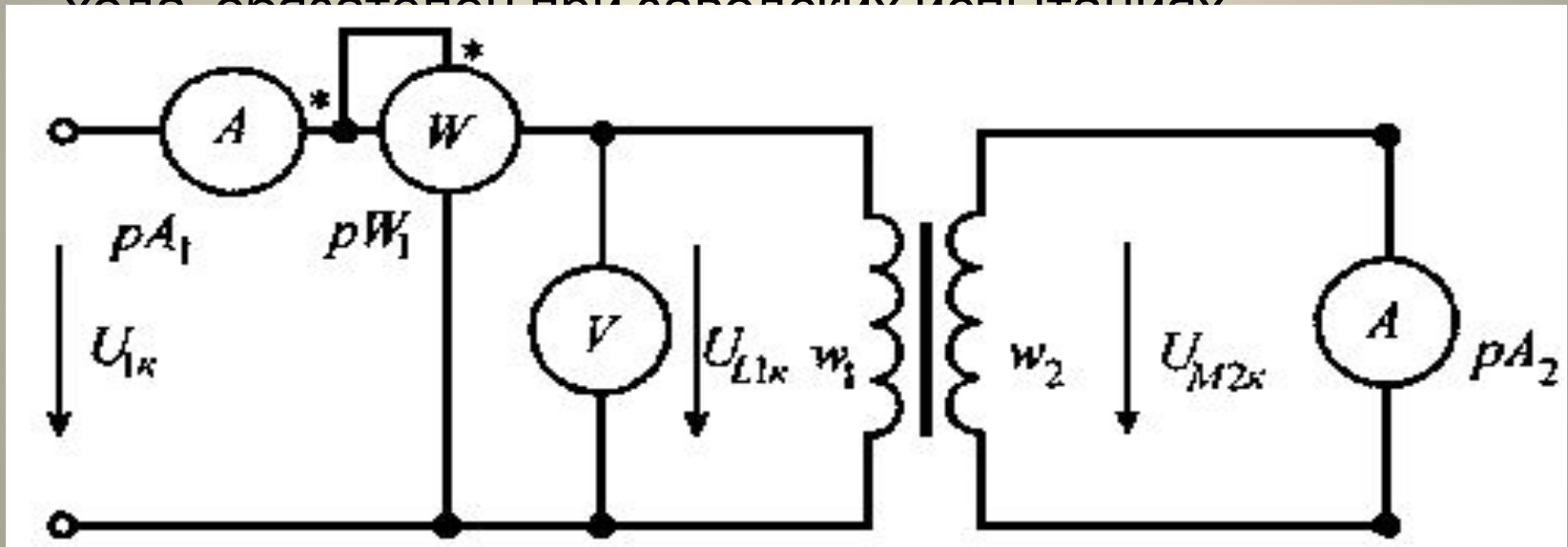


Рис. 4.5. Схема электрической цепи для проведения опыта короткого замыкания трансформатора

## 4.5 Мощность потерь в трансформаторе

- Отношение активной мощности  $P_2$  на выходе трансформатора к активной мощности  $P_1$  на входе называется *коэффициентом полезного действия* трансформатора. Коэффициент полезного действия трансформатора зависит от режима работы.
- Мощность потерь в электрических трансформаторах равна сумме мощностей потерь в магнитопроводе  $P_C$  (потери в стали) и в проводах обмоток  $P_M$  (потери в меди).

## 4.6 Автотрансформаторы

- В ряде случаев при передаче электроэнергии требуется соединить через трансформатор электрические цепи, отношение номинальных напряжений которых не превышает два, например цепи высокого напряжения ПО и 220 кВ.
- В подобных случаях экономически целесообразно вместо электротрансформатора применить автотрансформатор, так как его коэффициент полезного действия выше, а габариты меньше, чем у электротрансформатора той же номинальной мощности.
- Автотрансформатор отличается от электротрансформатора тем, что имеет лишь одну обмотку – обмотку высшего напряжения, а обмоткой низшего напряжения служит часть обмотки высшего напряжения (рис. 4.6).

- Обмотка высокого напряжения автотрансформатора может быть первичной (рис. 4.6,а) и вторичной (рис. 4.6,б).

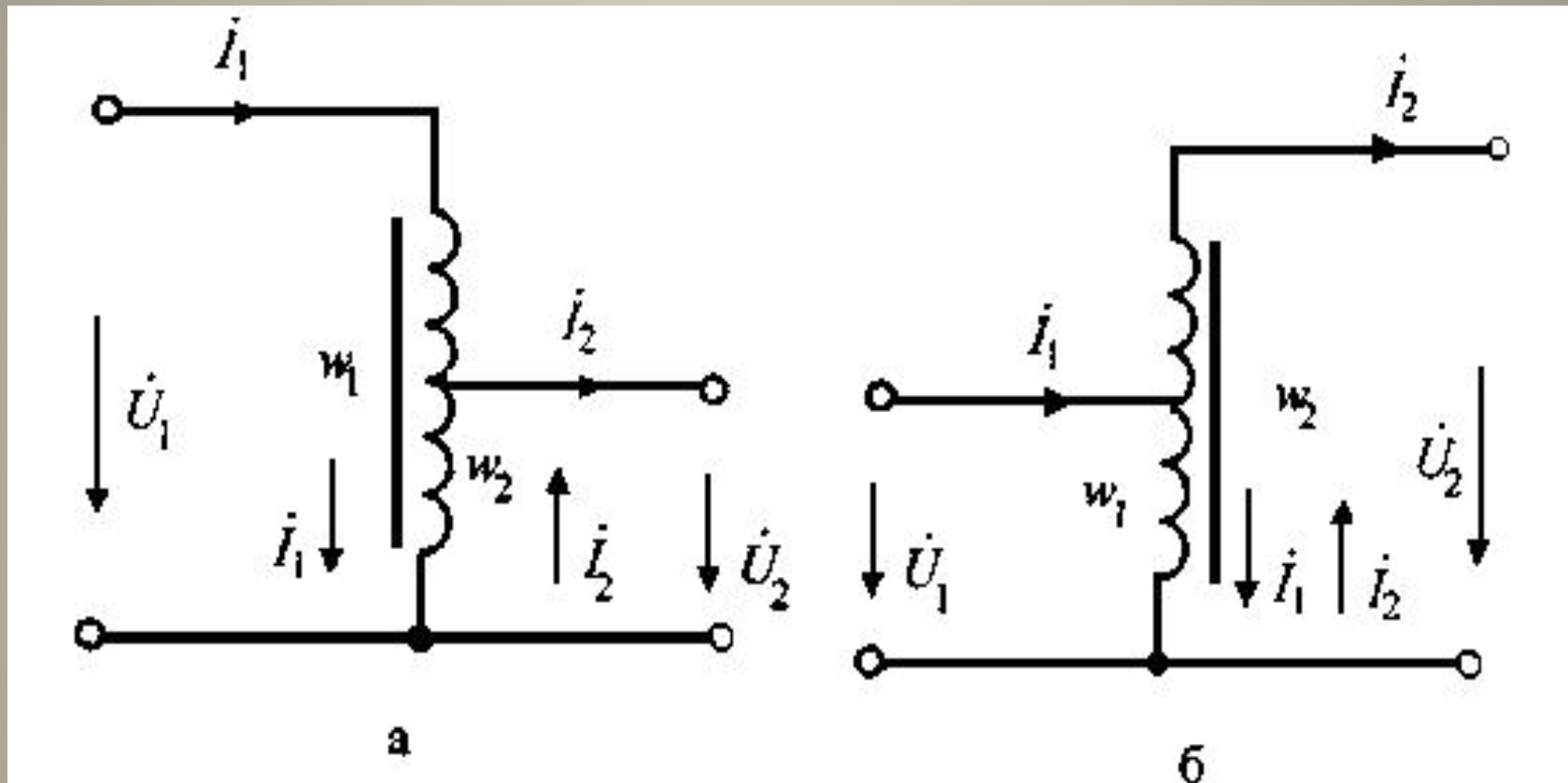


Рис. 4.6. – Схема автотрансформаторов с первичной обмоткой высшего напряжения (а) и первичной обмоткой низшего напряжения (б)



