



ТРАНСФОРМАТОРИ

1

- *Загальні відомості та призначення трансформатора.*

2

- *Будова і принцип дії трансформатора.*

3

- *Режими роботи трансформатора.*

4

- *Конструкція трансформатора.*

5

- *Автотрансформатори.*



1. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У світовій практиці для здешевлення вартості електричної енергії (1 кВт·год) її виробляють на потужних електростанціях, які будують в економічно і екологічно обґрунтованих місцевостях. При цьому виникає необхідність передачі виробленої електроенергії на значні відстані до найрізноманітніших споживачів.

При передачі необхідно, щоб втрати енергії були якнайменші, тому вироблену на електростанціях синхронними генераторами електроенергію перетворюють у більш зручний для передачі вигляд: напругу значно підвищують, а силу струму зменшують. У місцях споживання (на підприємствах, у сільському господарстві, в побуті) виконують зворотне перетворення електроенергії - напругу зменшують до зручної для споживачів, а силу струму збільшують. Зазначені перетворення електроенергії здійснюють за допомогою трансформаторів.

Генератори електричних станцій виробляють електричну енергію при напрузі 6, 10, 15 кВ, тому що на більш високі напруги конструювати електрогенератори складно у зв'язку із труднощами забезпечити гарну ізоляцію обмоток.

У той же час у лініях електропередач застосовують напруги до 110, 220, 400, 500 кВ і більше, щоб зменшити силу струму в лінії, а значить і перетин проводів, що дозволяє різко знизити потужність втрат і вартість ліній електропередач.

Таким чином, необхідні **підвищувальні трансформатори**, які підвищують напругу генераторів електричних станцій до напруги ліній електропередач.

У місцях споживання електричної енергії, на виробництві, у побуті й так далі необхідні понижувальні трансформатори, щоб мати напруги 380, 220, 127 В і менше.

Електричні трансформатори мають високий коефіцієнт корисної дії, що доходить до 99 % і високу надійність, тому що не містять частин, що рухаються.

Винайшов електричний трансформатор в 1876 році П.Н.Яблочков, який у своїх роботах з електричного освітлення зустрівся з необхідністю забезпечити автономну роботу декількох світильників з різною напругою від одного генератора.

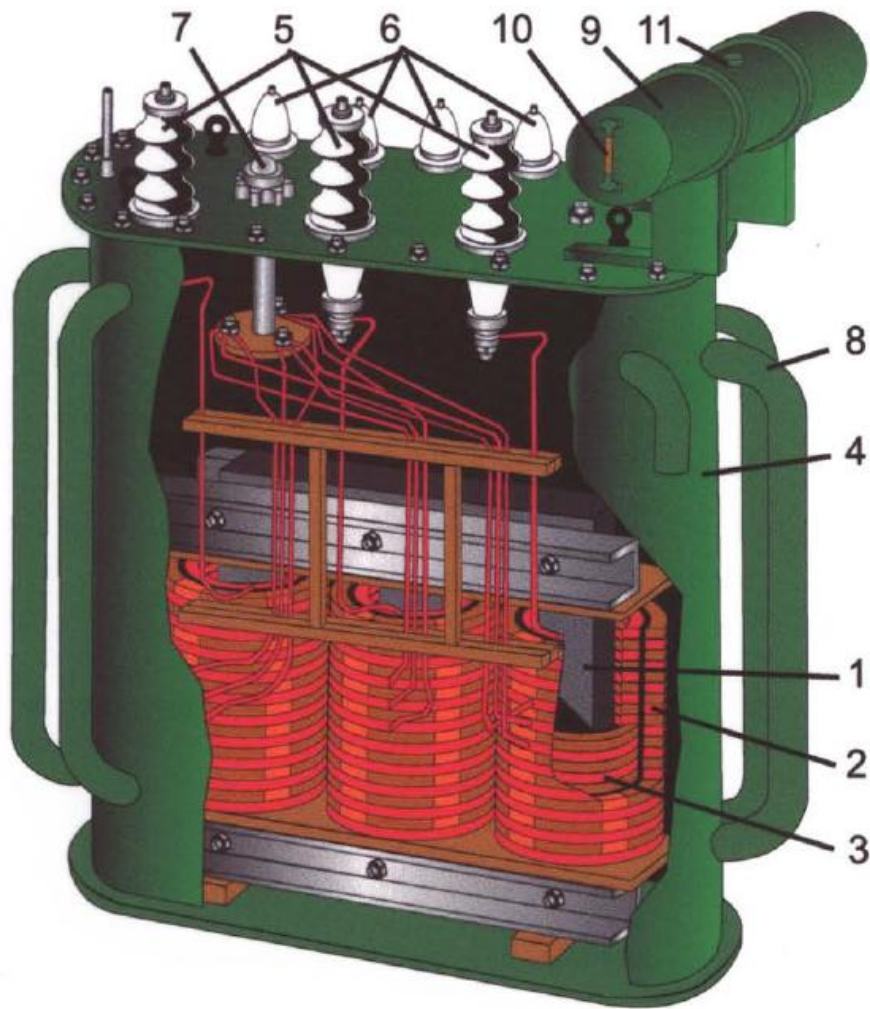
В 1891 році М.О. Доліво-Добровольским була розроблена конструкція першого трифазного електричного трансформатора, після чого застосування електротрансформатора стало різко зростати.

Електричний трансформатор - електромагнітний пристрій, який перетворює напругу й струм одного рівня в напругу й струм іншого рівня при незмінній частоті й малій втраті потужності.

Трансформатор - це статичний електромагнітний апарат, який призначений для перетворення електричної енергії змінного струму одних параметрів (напруги та струму) в електричну енергію іншої напруги і сили струму при незмінній частоті і потужності.



2. БУДОВА І ПРИНЦИП ДІ Ї ТРАНСФОРМАТОРА



- 1 – осердя
- 2 – первинна обмотка
- 3 – вторинна обмотка
- 4 – сталевий бак з трансформаторним маслом
- 5, 6 – ізолятори
- 7 – перемикач
- 8 – труби охолодження
- 9 – розширювальний бак
- 10 – щуп рівня масла
- 11 – заливний отвір

Найпростіший однофазний електричний трансформатор (рис.1) складається із двох обмоток, розміщених на феромагнітному **магнітопроводі** (осерді), що набраний з ізольованих один від одного листів електротехнічної сталі товщиною 0.3-0.5 мм, з метою зменшення втрат на вихрові струми (втрат у сталі).

Обмотка, що підключається до джерела електричної енергії (генератора) або до лінії електропередач (електричної мережі) називається **первинною (вхідною)**. Обмотка, до якої підключається приймач електричної енергії – **вторинною (вихідною)**.

На щитку електричного трансформатора вказуються:

вищі й нижче
номінальні напруги;

номінальна повна
потужність, ВА або
кВа;

частота (Гц);

струми в первинних
і вторинній
обмотках при
номінальній
потужності;

коефіцієнт
трансформації;

число фаз;

схема з'єднань
обмоток (зіркою або
трикутником) у
випадку трифазного
електричного
трансформатора;

режим роботи
(тривалий або
короткочасний);

спосіб охолодження
(масляний,
повітряний).

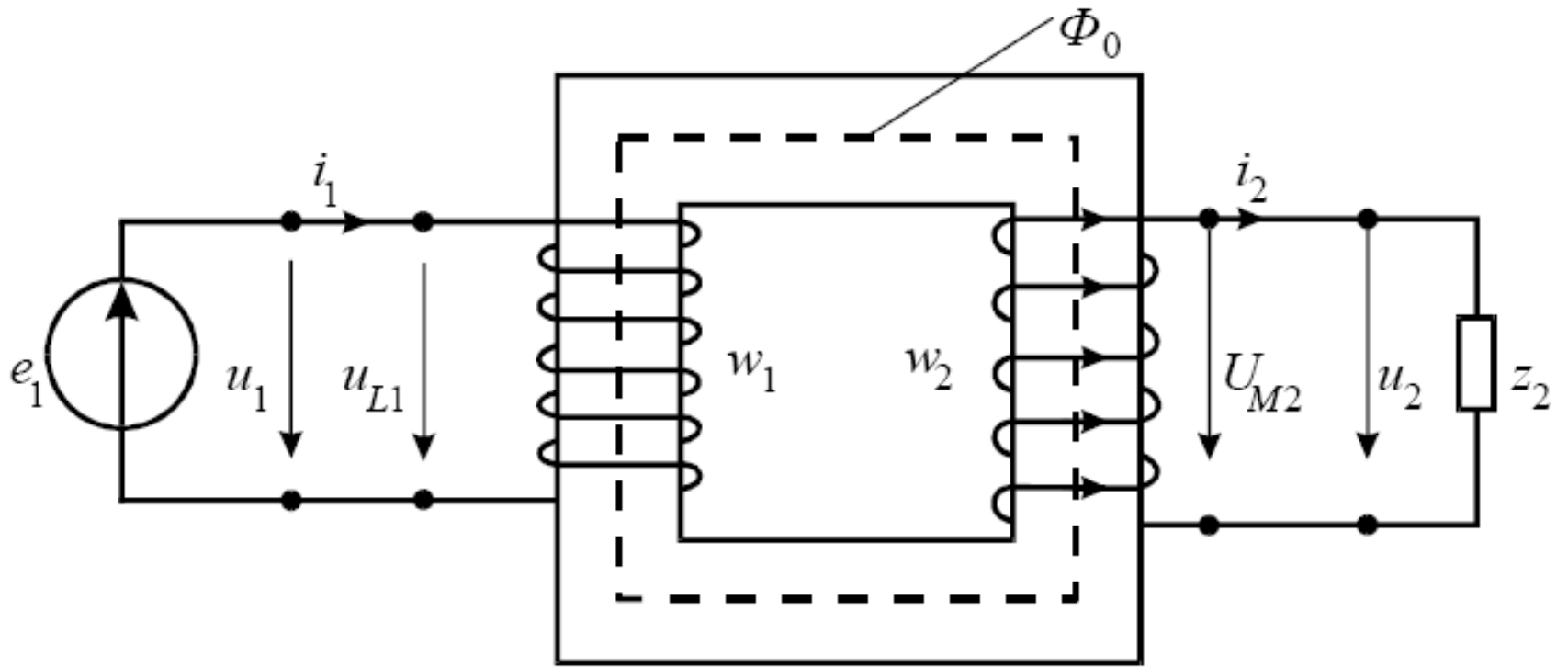


Рисунок 1 - Схема електричного кола із трансформатором.

Дія трансформатора заснована на явищі електромагнітної індукції.

При подачі від джерела електричної енергії напруги на первинну обмотку електричного трансформатора в ній виникає струм, що збуджує в магнітопроводі змінний магнітний потік, що пронизуючи витки первинної обмотки, створює в ній напругу в результаті явища самоіндукції.

У вторинній обмотці в результаті явища взаємної індукції магнітний потік Φ_1 створює напругу, діюче значення якої дорівнює u_{M2} .

Якщо до кінців вторинної обмотки приєднаний приймач електричної енергії z_2 (рисунок 1), то під дією напруги u_{M2} у вторинній обмотці потече струм i_2 , що в свою чергу збуджує магнітний потік Φ_2 , спрямований відповідно до закону Ленца протилежно магнітному потоку Φ_1 .

У підсумку результуючий магнітний потік в магнітопроводі зменшиться, що приведе до зменшення напруги .

$$\Phi_0 = \Phi_1 - \Phi_2$$

Таким чином, струм у первинній обмотці зростає до такого значення, при якому результуючий магнітний потік Φ_0 індукує необхідне значення напруги U_{L1} , що відповідає рівнянню:

$$U_1 = U_{L1} + U_{LS} + U_{R1}$$

і заданому навантаженню Z_2 .

Струм I_{1x} називають намагнічуючим, тому що він задає значення результуючого магнітного потоку Φ_0 .

У зв'язку із вищевикладеним, можна зробити висновок, що *результуючий (сумарний) магнітний потік у магнітопроводі електричного трансформатора в режимі навантаження дорівнює магнітному потоку первинної обмотки трансформатора в режимі холостого ходу.*

3. РЕЖИМИ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА

Режим холостого ходу - це такий режим роботи електричного трансформатора, при якому його вторинне коло розімкнуте, і струму у ньому дорівнює нулю ($I=0$).

Під дією прикладеної напруги по первинній обмотці протікає струм. Що збуджує в магнітопроводі магнітне поле Φ_0 .

Більша частина магнітного потоку замикається в магнітопроводі. Однак невелика частина цього потоку замикається навколо витків тільки первинної обмотки, створюючи потік розсіювання Φ_s , і не індуючи напруги взаємодукції U_{m2} у вторинній обмотці. Крім того, первинна обмотка володіє резистивним опором.

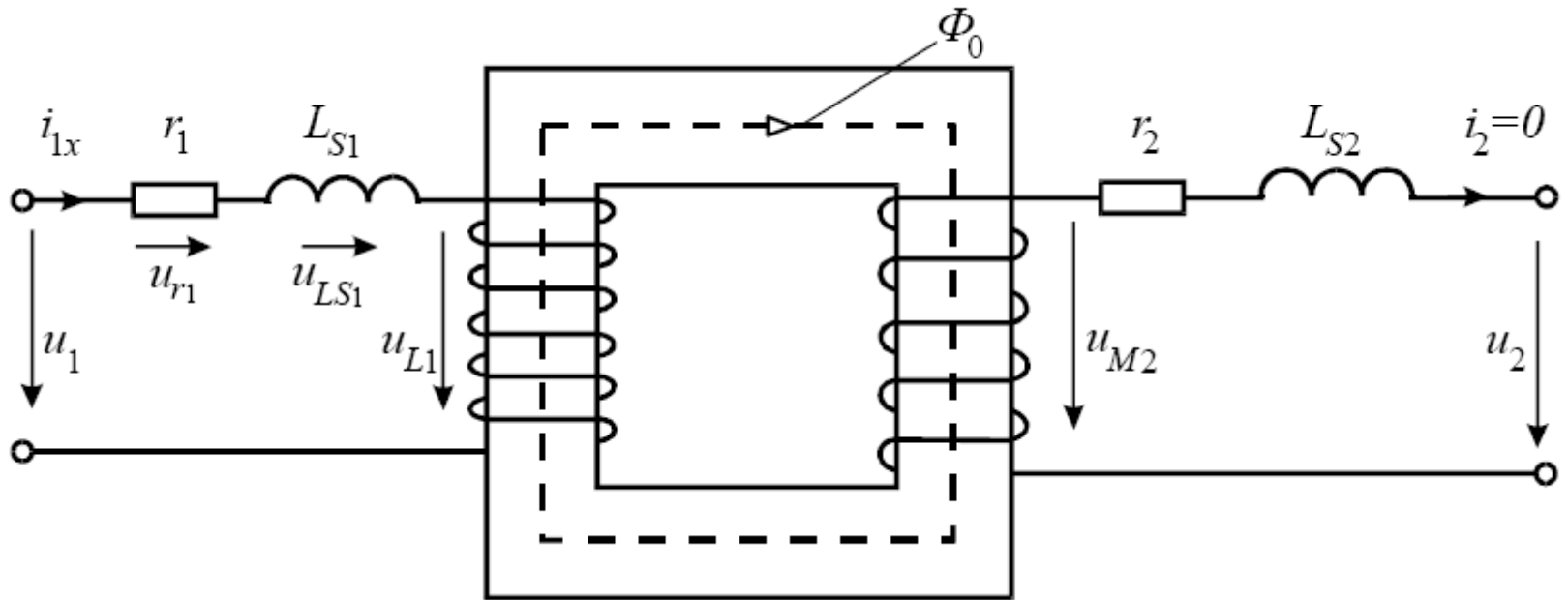


Рисунок 2 - схема заміщення електричного трансформатора з врахуванням резистивних опорів r_1 та r_2 первинної і вторинної обмоток та їхніх індуктивностей розсіювання L_{s1} і L_{s2} .

Дослідом холостого ходу називається випробування електричного трансформатора при розімкнутому колі вторинної обмотки і номінальній прикладеній до первинної обмотки напрузі:

$$U_{1x} = U_{1n}$$

При розімкнутому колі вторинної обмотки $U_{2x} = U_{m2}$, тому вимірявши вольтметром первинну і вторинну напруги, визначають *коефіцієнт трансформації*:

$$k = E_1 / E_2 = U_1 / U_2 = \omega_1 / \omega_2$$

Цей коефіцієнт вказується на щитках електричних трансформаторів, як відношення вищої напруги до нижчої (наприклад, $K=6000/230$).

При холостому ході $I_{1x} \ll I_{1H}$ потужність втрат у проводах первинної обмотки (втрати в міді) мала, в порівнянні із втратами на вихрові струми (втрати в сталі). Тому, **в досліді холостого ходу по показам ватметра визначають потужність втрат у магнітопроводі.**

Дослід короткого замикання

Необхідно розрізняти дослід короткого замикання й режим короткого замикання, тому що в останньому випадку має місце аварійний режим електричного трансформатора, при якому він сильно розігрівається і може згоріти.

Дослід короткого замикання – це випробування електричного трансформатора при короткозамкненому колі вторинної обмотки і номінальному струмі в первинній обмотці $I_{1К} = I_{1Н}$.

Дослід короткого замикання

Цей дослід проводиться при випробуванні електричного трансформатора для визначення найважливіших параметрів:

- *потужності втрат у проводах обмоток (втрати в міді);*
- *внутрішнього спаду напруги;*
- *коефіцієнта трансформації та ін.*

Дослід короткого замикання, як і дослід холостого ходу, обов'язковий при заводських випробуваннях.



Про що поговоримо далі?



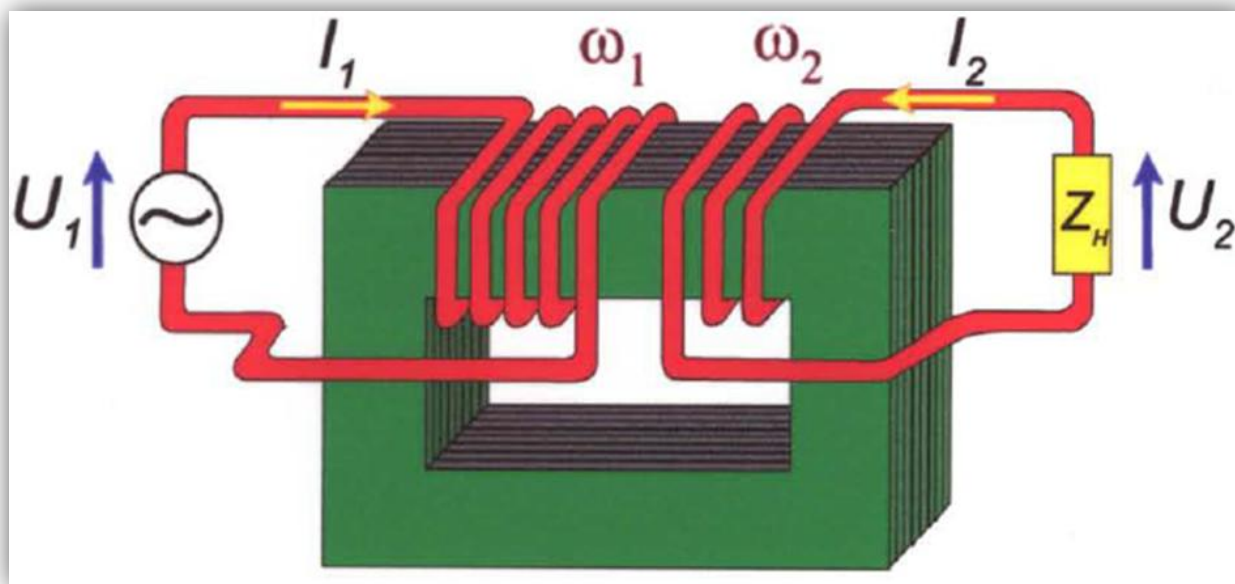
4. КОНСТРУКЦІЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Для зменшення втрат від вихрових струмів, осердя трансформатора набирається із листів електротехнічної сталі завтовшки 0,35...0,5 мм, тобто осердя трансформатора роблять шихтованим. Сталь у своєму складі має кремній, що підвищує електричний опір і не впливає на магнітний опір.

Магнітопровід (осердя) трансформатора (рис.3) буває трьох типів:

- стержньове,*
- броньове,*
- тороїдне.*

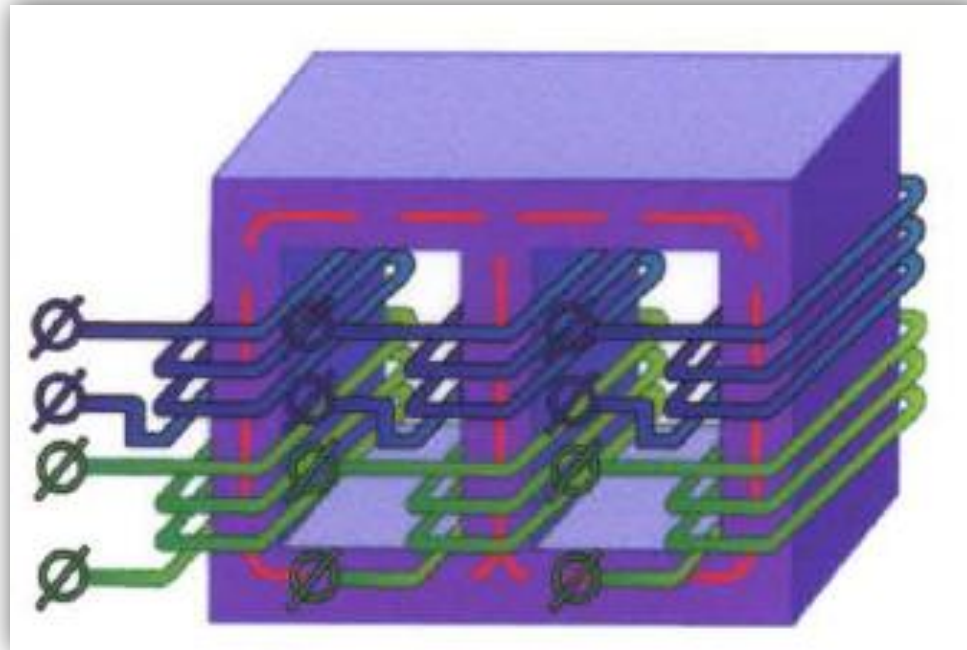
Стержньове осердя набирається з П-подібних ізолюваних пластин трансформаторної сталі.



Позначається стержньове осердя як **П 20Х45**,

де: П — тип осердя,
20 — ширина стержня, мм,
45 — товщина пакета, мм.

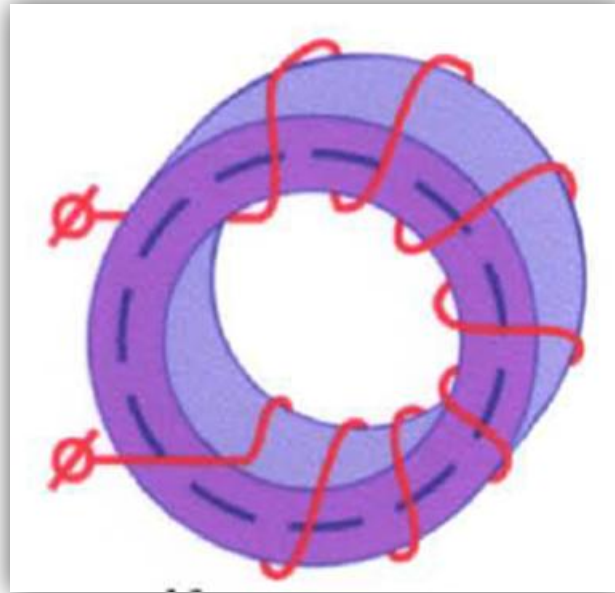
Броньове осердя набирається із Ш-подібних пластин. Обмотки розташовуються концентрично на центральному стержні.



У позначенні Ш 20Х45:

де: Ш — тип осердя (броньований),
20 — ширина центрального стержня, мм,
45 — товщина пакета, мм.

Тороїдне осердя менш технологічне. Звичайне тороїдне осердя виготовляється нешихтованим.



Позначається осердя цього типу таким чином:

O 60X40X10,

де: O — тип осердя (тороїдне),
60 — зовнішній діаметр тора, мм,
40 — внутрішній діаметр осердя, мм,
10 — висота тора, мм.



5. АВТОТРАНСФОРМАТОРИ

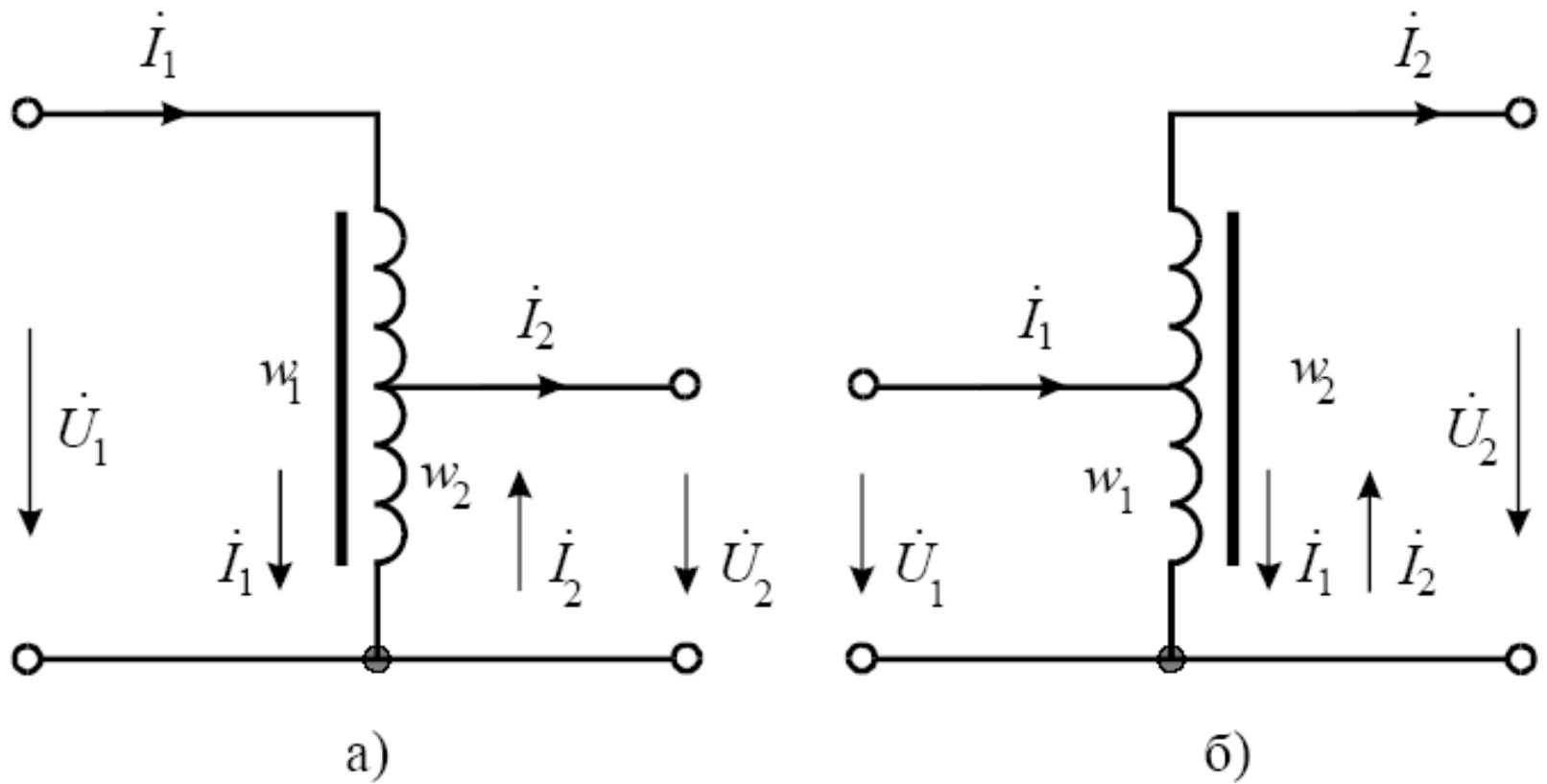


Рисунок 5 - Схема автотрансформаторів з первинною обмоткою вищої напруги (а) і первинною обмоткою нижчої напруги (б).

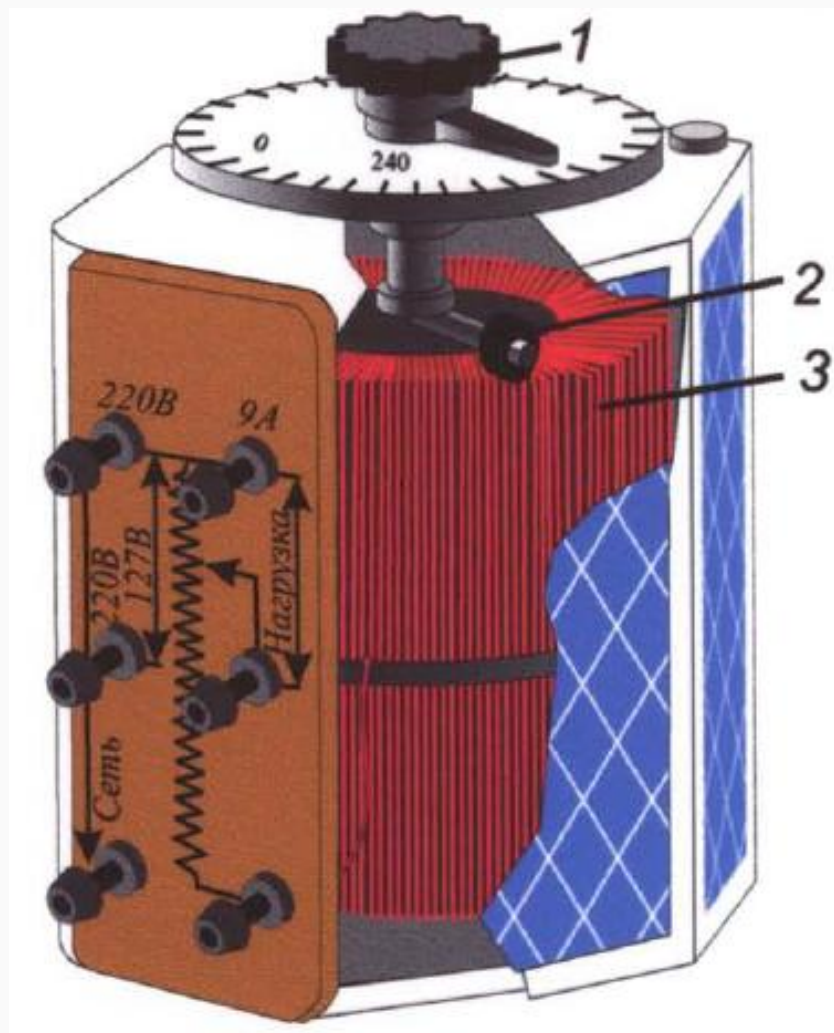


Рисунок 6 - Автотрансформатор, загальний вигляд.

У ряді випадків при передачі електроенергії потрібно з'єднати через трансформатор електричні кола, відношення номінальних напруг яких не перевищує два, наприклад кола високої напруги 110 і 220 кВ.

У подібних випадках економічно доцільно замість електротрансформатора застосувати автотрансформатор, тому що його коефіцієнт корисної дії вище, а габарити менше, ніж в електротрансформатора тієї ж номінальної потужності.

Автотрансформатор відрізняється від електротрансформатора тим, що має лише одну обмотку – обмотку вищої напруги, а обмоткою нижчої напруги служить частина обмотки вищої напруги (рис.5, 6).

Обмотка високої напруги автотрансформатора може бути первинною (рис.5, а) і вторинною (рис. 5, б).

Напруги й струми автотрансформатора зв'язані тими ж наближеними співвідношеннями, що й в електротрансформаторі, якщо не зважати на резистивні опори обмоток ($r_1=r_2=0$) й індуктивні опори потоків розсіювання ($X_{LS1}=X_{LS2}=0$).

Струм у загальній частині обмотки дорівнює різниці первинного й вторинного струмів.

Якщо коефіцієнт трансформації лише ненабагато відрізняється від одиниці, то діючі значення струмів I_2 і I_1 , і їх фази майже однакові, а їхня різниця $(I_2 - I_1)$ мала, в порівнянні з кожним з них.

Тому загальну частину первинної й вторинної обмоток можна зробити зі значно тоншого проводу, тобто вартість обмотки автотрансформатора дешевша, ніж обмоток електротрансформатора і для її розміщення потрібно менше місця.

При одній і тій же повній потужності в опорі навантаження виходить наступне співвідношення між розрахунковими повними потужностями автотрансформатора й електротрансформатора:

$$S_{AT}/S_{ET}=1-\omega_1/\omega_2$$

тобто, чим менше відрізняється кількість витків ω_2 і ω_1 (коефіцієнт трансформації K близький до одиниці), тим вигідніше застосовувати автотрансформатор.

Смачної
кави ☺

