

# Методична розробка для профтехучилища електротехнічного профілю: «Стенд для лабораторної роботи - дослідження трансформаторів»

Якщо в школі (професійному училищі) недостатньо обладнання для проведення лабораторних робіт, то можливо виготовити стенд для лабораторних робіт з колами змінного струму на факультативних заняттях, гуртках радіоконструкторів - з широко розповсюджених радіоелементів.

Для виготовлення блока живлення (БЖ) на 6 В використано силовий трансформатор від фільмоскопа, а замість нього можливо взяти любий понижувальний силовий трансформатор потужністю 20...30 Вт, що має вихідну напругу 6 В. Для захисту блока живлення при короткому замиканні вихідних клем в БЖ послідовно ввімкнена електролампа розжарення на 6 В потужністю 15 Вт; яка також взята з фільмоскопа. Таким чином БЖ безпечний для експлуатації: напруга 6 В безпечна, а у випадку неправильно зібраної схеми з закорочуванням (і таке трапляється) буде світити електролампа HL2. Світлодіод HL1- індикатор підключення БЖ до електромережі. Принципова електрична схема БЖ приведена на **рис. 1**. Силовий трансформатор захищено запобіжником FU1 на 0,5 А. Зовнішній вигляд БЖ показано на **фото 1**. Використовуючи БЖ на 6 В можливо провести лабораторно-практичні роботи з змінним струмом, частотою 50 Гц, а також провести дослідження трансформаторів

Трансформатор — статичний електромагнітний пристрій, що має дві або більше індуктивно зв'язані обмотки і призначений для перетворення за допомогою електромагнітної індукції напруги змінного струму. Трансформатори широко застосовуються в лініях електропередач, в розподільних та побутових пристроях. При високій напрузі й малій силі струму передача електроенергії відбувається з меншими втратами. Тому, зазвичай лінії електропередач є високовольтними. Водночас побутові й промислові машини вимагають великої сили струму й малої напруги, тому перед споживанням електроенергії перетворюється в низьковольтну. Трансформатори знайшли застосування також у різних випрямних, підсилювальних, сигналізаційних та інших пристроях. Коефіцієнт корисної дії сучасних трансформаторів, особливо підвищеної потужності, вельми високий і досягає значень 0,95...0,996.

Трансформатором називається прилад, який служить для перетворення величини змінної напруги та струму. Він складається із двох (або декількох) котушок ізольованого дроту, які з'єднуються на спільному замкнутому феромагнітному осердді. Щоб зменшити втрати енергії на нагрівання осердя вихровими струмами, його виготовляють з тонких пластин трансформаторної сталі, які ізолюються одна від одної спеціальним лаком. Котушка, до якої підводиться напруга змінного струму, називається первинною, а котушка трансформатора, до якої під'єднується споживач, - вторинною (вторинні). Коли до первинної котушки трансформатора прикласти змінну напругу, то по ній буде проходити змінний струм, який утворює змінний магнітний потік осердя. Трансформатори- прилад інверсної дії- якщо подати напругу на одну з вторинних обмоток, то на первинній обмотці виникне напруга, тобто первинна і вторинна обмотки міняються місцями.

Змінний магнітний потік осердя ( $\Phi$ ) збудить у витках первинної катушки Е.Р.С. самоіндукції ( $\epsilon_1$ ), яка за величиною буде дещо менша прикладеної напруги  $U_1$  на величину спаду напруги на обмотці

$\epsilon_1 \approx U_1$ , але  $\epsilon_1 = (\Delta\Phi/\Delta t)n_1$ , де  $n_1$  – число витків первинної катушки.

За законом електромагнітної індукції у вторинній обмотці трансформатора (з числом витків  $n_2$ ) збудиться Е.Р.С. індукції ( $\epsilon_2$ )

$$\epsilon_2 = (\Delta\Phi/\Delta t)n_2$$

В режимі холостого ходу трансформатора (вторинна обмотка розімкнута) величина Е.Р.С. індукції  $\epsilon_2$  дорівнює напрузі  $U_2$  на виході трансформатора, тобто

$$\epsilon_2 \approx U_2$$

Величина коефіцієнту трансформації визначається за формулою

$$K = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

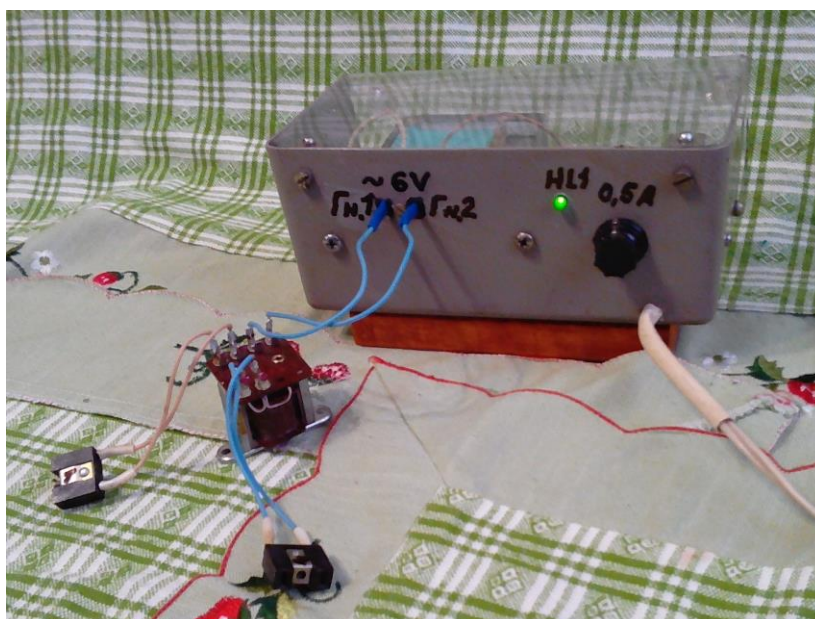
При  $K > 1$  – трансформатор понижувальний, а коли  $K < 1$  – підвищувальний.

В режимі робочого ходу – вторинна обмотка замикається на навантаження  $R$ , через неї потече струм  $I_2$ . Магнітне поле струму  $I_2$  буде зменшувати магнітний потік осердя, внаслідок чого  $\varepsilon_1$  стане меншою від  $U_1$ , що приведе до збільшення струму в первинній обмотці до величини  $I_1$ . Збільшення струму первинної обмотки спричинить зростання магнітного потоку осердя до попередньої величини і знову

$$\varepsilon_1 \approx U_1$$

- **Визначення коефіцієнта трансформації між різними обмотками трансформатора**

Перед підключенням трансформатора до ДЖ на 6 В необхідно перевірити омметром і визначити кінці всіх обмоток и записати дані вимірювань. Ймовірно, що обмотки з меншим опором мають меншу кількість витків і провід має більший діаметр. Якщо є дані про обмотки трансформатора, який підлягає дослідженню, то це корисна інформація і її можливо використати, а на практиці часто попадаються трансформатори без даних і визначення коефіцієнта трансформації між різними обмотками допоможе скласти уяву про даний трансформатор і виникне можливість використання його. Для випробовування невідомого трансформатора необхідно подати змінну напругу 6 В від БЖ на одну з низькоомних обмоток і заміряти наведені напруги на інших обмотках. Слід мати на увазі, що **наведена напруга може бути досить висока, тому цю операцію необхідно проводити обережно**- під'єднувати вольтметр до обмоток необхідно з знятою з трансформатора напругою, а вольтметр для початку встановити на показування найбільшої напруги, а потім (при необхідності) переходити на нижчі шкали. Припустимо, що на «вторинній» обмотці вольтметр показав напругу 40 В- тоді коефіцієнт трансформації між цими обмотками буде рівний 0,15 (6 В поділити на 40 В). На інших обмотках теж буде наводитись напруга і необхідно для них також визначити коефіцієнт трансформації. Блок живлення з підключеним трансформатором для випробовування показано на **фото 1**.



## Фото 1.

На практиці така методика дуже часто використовується радіоаматорами і радіотелемайстрами для визначення потрібних обмоток силових трансформаторів. Нижче приводиться приклад дослідження трансформаторів. Спочатку необхідно за допомогою омметра перевірити («продзвонити») наявність обмоток, умовно їх пронумерувати, і приступити до дослідження. При «продзвонке» необхідно по відношенню до одного з виводів трансформатора «продзвонити» всі останні і з'ясувати з якими виводами показує омметр. Бувають випадки, що з даного виводу немає «пари», тобто не прозвонюється з іншими- так це, як правило, екранна обмотка. Якщо на трансформаторі є заводська нумерація виводів обмоток, то вони можуть «видзвонюватися» не підряд, а в розсипну, наприклад: 4- 11- 13 - 15; 5- 7; 3 без пари (екран), і т. д.

Будемо вважати, що маємо справу з невідомим трансформатором – на ньому надпис 4.702. 081- це абсолютно нічого не підказує. Якщо б це був уніфікований трансформатор типу ТА, ТН, ТАН, ТП, то можливо знайти його дані в довідковій літературі, а в даному випадку це просто заводська нумерація. Заміри омметром показали, що трансформатор має п'ять обмоток, як це показано на **рис. 1**, причому перша обмотка має найбільший опір. Ймовірно, що перша обмотка і є первинною. Проведемо додаткові дослідження. Подаємо на одну з низькоомних обмоток напругу 6 В від блока живлення і проводимо заміри наведеної напруги на інших обмотках трансформатора. Дані замірів приведені на **рис. 2**. Цю «операцію» необхідно проводити обережно, так як наведена напруга може бути високою і небезпечною для життя людини. Як видно з досліду, на першій обмотці отримали 170 В, а на інших обмотках низька напруга. Очевидно, що перша обмотка і є первинна обмотка силового трансформатора. І останній етап- це випробовування трансформатора від змінної напруги електромережі 220 В. **Обов'язково підключати трансформатор через запобіжник на 0,5...1,0 А.** При підключенні трансформатора не повинно бути гудіння, а тим більше трансформатор не повинен грітися. Клеми первинної обмотки трансформатора необхідно заізолювати, так як напруга в електромережі небезпечна для людини. Результат замірів напруг без навантаження (холостий хід) приведено на **рис. 3**. Як видно за результатами замірів, це понижувальний трансформатор, з кількома градаціями вихідних напруг. Якщо виникне необхідність, то вторинні обмотки можливо включити послідовно (згідно) - при цьому напруга обмоток підсумовується. Для оцінки здатності навантаження кожної з обмоток необхідно підключити до обмоток навантажувальний реостат, і виставити такий опір, щоб напруга була менше напруги холостого ходу на 10 ... 15% і заміряти струм в навантаженні. Іноді силові трансформатори мають первинні обмотки, які складаються з двох обмоток, послідовно (згідно) включених по 110 В- це необхідно мати на увазі і перед підключенням до електромережі зробити згідне включення обмоток, що підтвердить випробування; при подачі низької напруги на низькоомную обмотку.

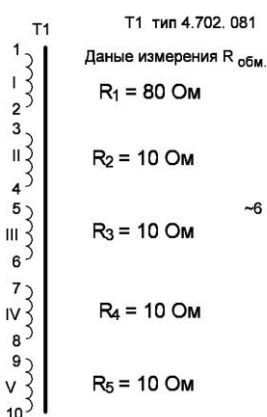


Рис. 1

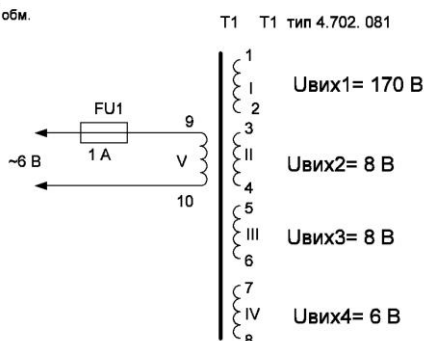


Рис. 2

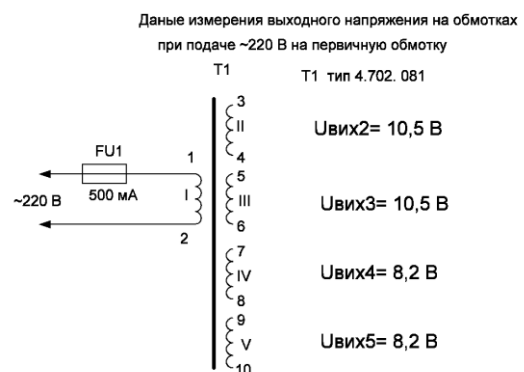


Рис. 3

. Аналогічно можливо випробувати любий силовий трансформатор.

**Автор: Бабин Дмитро Святославович**