

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

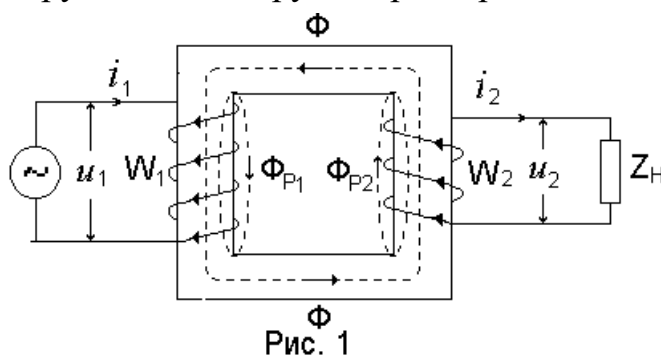
ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

МЕТА РОБОТИ: ознайомлення з будовою однофазного трансформатора та дослідження його шляхом проведення дослідів неробочого ходу та короткого замикання, ознайомлення зі способом безпосереднього навантаження і оцінка за дослідними даними властивостей трансформатора.

ОБЛАДНАННЯ: лабораторний стенд, цифровий мультиметр, реостат.

1. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Трансформатор – це статичний електромагнітний апарат, в якому змінний струм однієї напруги перетворюється на змінний струм іншої напруги.

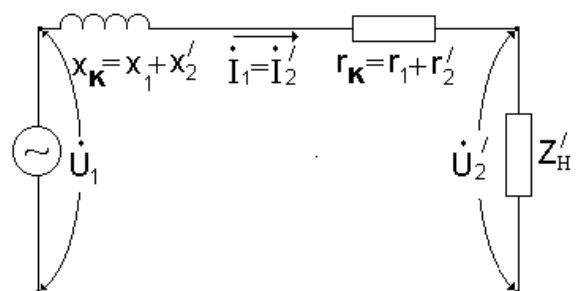
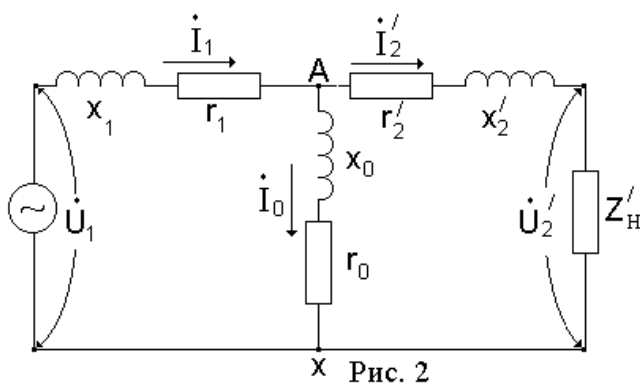


На рис. 1 зображена схема двобмоткового трансформатора. До первинної обмотки з кількістю витків W_1 електрична енергія підводиться, а з вторинної з кількістю витків W_2 знімається на споживач Z_H . Дія трансформатора базується на явищі електромагнітної індукції. При підключенні первинної

обмотки до джерела змінного струму у витках цієї обмотки проходить змінний струм, котрий створює у магнітопроводі змінний магнітний потік Φ . Замикаючись у магнітопроводі, цей потік пронизує обидві обмотки та індукуює в них ЕРС: $e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}$ та $e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt}$. Діючі значення цих ЕРС визначають

величину коефіцієнту трансформації: $k = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{W_1}{W_2}$. Якщо вторинна обмотка

трансформатора підключена до споживача, то в замкненому колі виникає струм i_2 , а на споживачі – напруга U_2 . Важливим показником трансформатора є активна потужність P_2 , що він віддає. Її споживачем є опір навантаження, а $P_H = P_2$. Величина активної потужності, яка споживається в навантаженні, дорівнює P_1 без урахування невеликих втрат у сталі ($P_{ст}$) та в його обмотках ($P_{мід}$).



При роботі трансформатора зі змінним навантаженням величина напруги U_2 може суттєво змінюватись. Величину цієї напруги та інші важливі характеристики трансформатора можна визначити, використовуючи його еквівалентну схему заміщення (рис. 2).

У багатьох практичних розрахунках, які не потребують великої точності, застосовують спрощену схему заміщення (рис. 3); якщо прийняти $I_0 = 0$. Опори r_1, r_2', x_1, x_2' тут заміняють сумарними опорами $r_k = r_1 + r_2', x_k = x_1 + x_2'$. Параметри r_2', x_2', Z_H', U_2' називаються приведеними параметрами вторинної обмотки.

Дійсні та приведені параметри вторинної обмотки трансформатора мають взаємний зв'язок: $r_2' = k^2 r_2; x_2' = k^2 x_2; Z_H' = k^2 Z_H; U_2' = k U_2$.

Розрізняють декілька режимів роботи трансформатора:

1. Номінальний – при номінальних значеннях напруги на первинній обмотці $U_1 = U_{H1}$ та струму $I_1 = I_{H1}$.

2. Неробочого ходу – при номінальному значенні напруги на первинній обмотці ($U_1 = U_{H1}$) та розімкненому колі вторинної обмотки ($I_2 = 0$);

За даними вимірювань струму I_{10} первинної обмотки, напруг на первинній U_{10} і вторинній обмотках U_{20} та активній потужності P_{10} можна визначити коефіцієнт трансформації: $k_U = \frac{U_{20}}{U_{10}}$;

- параметри опору:

$$\cos \varphi_K = \frac{P_K}{I_{1K} U_{1K}}; Z_0 = \frac{U_{10}}{I_{10}}; r_0 = \frac{P_0}{I_{10}^2}; X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2};$$

- втрати в сталі на перемагнічування (електричними втратами нехтуємо):

$$P_{CT} = P_{10}.$$

3. Короткого замикання – вторинна обмотка закорочена ($U_2 = 0$). Режим КЗ при номінальній напрузі U_1 є аварійним, адже вся потужність виділяється всередині трансформатора, що може призвести до його термічного руйнування. Якщо режим КЗ створити при зниженій напрузі на первинній обмотці (як правило, $U_{1K} = 2-8\% U_{1H}$) так, щоб струм первинної обмотки дорівнював номінальному $I_{1K} = I_{1H}$ із досліду можна визначити:

- повний опір втрат трансформатора:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{I_{10} U_{10}}; Z_K = \frac{U_{1K}}{I_{1K}}; R_K = \frac{P_K}{I_{1K}^2}; X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2};$$

- коефіцієнт трансформації: $k_I = \frac{I_{2K}}{I_{1K}}$;

- втрати в обмотках (в міді) пов'язуємо з електричними втратами: $P_M = P_{1K}$.

4. Робочий – при номінальному значенні напруги на первинній обмотці та значенні струму I_1 , що визначається фактичним навантаженням. При цьому:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{I_1 U_1}; \cos \varphi_2 = \frac{P_2}{I_2 U_2}.$$

Коефіцієнт корисної дії (ККД) трансформатора є відношенням активної потужності P_2 на його виході до активної потужності P_1 на вході:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\beta P_1}{\beta P_1 + P_{CT} + \beta^2 P_M} \cdot 100\%.$$

2. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Записати паспортні дані однофазного трансформатора. Зібрати схему для дослідження однофазного трансформатора згідно з рис. 2.1.

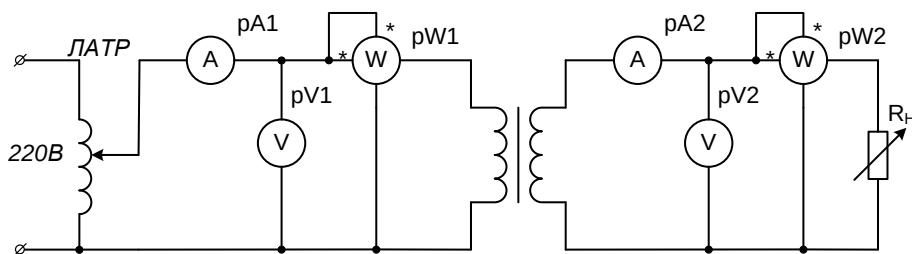


Рис. 2.1 – Схема для дослідження однофазного трансформатора

На схемі: ЛАТР – автотрансформатор з напругою, що регулюється; pV₁ – вольтметр з границями (0 – 300) В; pV₂ – вольтметр з границями (0 – 50) В; pA1 – амперметр з границями (0 – 1) А; pA2 – амперметр з границями (0 – 5) А; pW1, pW2 – ватметр з границями (0 – 300) Вт; Тр – трансформатор, що досліджується.

2. Після перевірки схеми викладачем провести дослід неробочого ходу (НХ) однофазного трансформатора, для чого плавно збільшуючи за допомогою ЛАТРу напругу первинної обмотки до номінальної напруги U_{1Н} однофазного трансформатора, записати показання приладів до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Дослід неробочого ходу

Результати вимірювань				Результати обчислень			
U ₁₀ , В	I ₁₀ , А	P ₀ , Вт	U ₂₀ , В	cos φ ₀	Z ₀ , Ом	r ₀ , Ом	X ₀ , Ом

3. Провести дослід КЗ однофазного трансформатора, для чого повністю вивести опір реостату R_н і плавно збільшуючи за допомогою ЛАТРу напругу первинної обмотки трансформатора до струму I_{н1}, записати покази приладів до табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Дослід КЗ

Результати вимірювань			Результати обчислень				
U _{1К} (В)	I _{1К} (А)	P _К (Вт)	Z _К (Ом)	r _К (Ом)	X _К (Ом)	cos φ _К	φ _К

4. Провести дослід безпосереднього навантаження, для чого встановивши напругу на первинній обмотці трансформатора 220 В, та змінюючи опір

навантаження і контролюючи коефіцієнт завантаження β ($\beta = I_2 / I_{н2}$) записати показання приладів до табл. 2.3 (6...7 значень).

Таблиця 2.3

Дослід безпосереднього навантаження

β	Результати вимірювань						Результати обчислень		
	U_1 , В	I_1 , А	P_1 , Вт	U_2 , В	I_2 , А	P_2 , Вт	η , %	$\cos \varphi_1$	$\cos \varphi_2$
0	220								
...									
1,5									

3. АНАЛІЗ І ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДУ

1. Використовуючи отримані дані розрахувати втрати потужності у сталі ($P_{ст}$) та у міді (P_M).

2. Побудувати характеристики залежності вихідної напруги, коефіцієнту корисної дії (ККД) та коефіцієнтів потужності від струму навантаження:

$$U_2 = f(I_2); \eta = f(I_2); \cos \varphi_1 = f(I_2); \cos \varphi_2 = f(I_2).$$

Приблизний вигляд залежностей наведений на рис. 2.2.

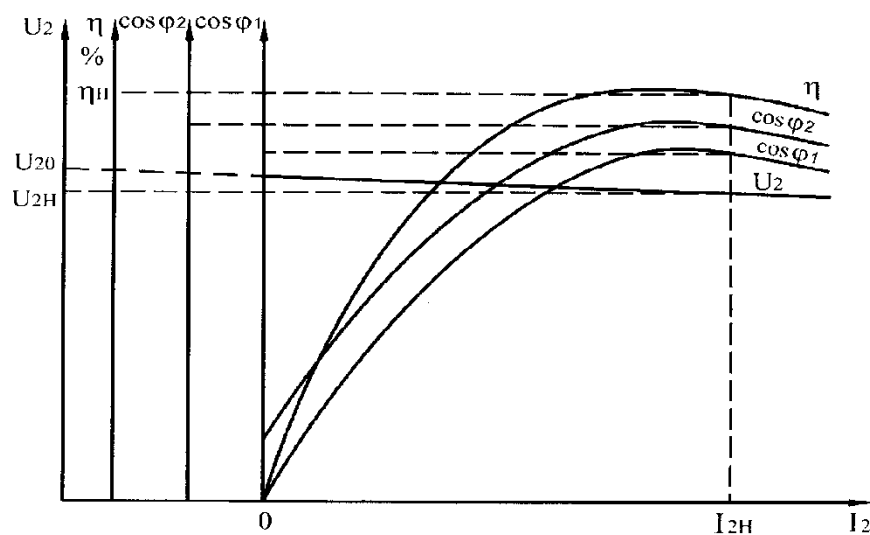


Рис. 2.2 – Графіки залежностей $U_2, \eta, \cos \varphi_1, \cos \varphi_2$ від I_2

4. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Будова і принцип дії однофазного трансформатора
2. Для чого застосовують у трансформаторах сталі сердечники? Чому їх не виконують суцільними?
3. Що називають коефіцієнтом трансформації трансформатора?
4. Які втрати потужності мають місце в трансформаторі? Як їх експериментально можна визначити?
5. Як здійснюється дослід неробочого ходу трансформатора?
6. Як здійснюється дослід короткого замикання трансформатора?
7. Чим відрізняється дослідний режим короткого замикання від аварійного?
8. За якою формулою визначається коефіцієнт корисної дії трансформатора?
9. Чому зі зміною струму у вторинній обмотці трансформатора змінюється струм у його первинній обмотці?
10. Чому зі зміною струму у вторинній обмотці трансформатора змінюється напруга вторинної обмотки?