

## Лабораторна робота № 6

### Загальні теоретичні відомості

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

При передачі необхідно якнайменше втратити енергії, 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 обернене перетворення електроенергії – напругу зменшують до зручної для споживачів, а силу струму збільшують. Перетворення електроенергії здійснюють трансформатори.

Трансформатором називають нерухомий електромагнітний апарат, призначений для перетворення електричної енергії змінного струму однієї напруги і сили струму в електричну енергію іншої напруги, і сили струму при незмінних частоті змінного струму і потужності.

Існуючі трансформатори мають різне призначення і будову. Їх розділяють:

- а) за кількістю фаз – однофазні і трифазні;
- б) за кількістю обмоток на фазу - двох обмоткові і трьох обмоткові;
- в) за типом осердя – стержньові (обмотка трансформатора охоплює стержень осердя) і броневі (стержень має складнішу форму і захищає обмотку з боків);
- г) за призначенням – силові (для перетворення електроенергії при передачі і споживанні); вимірювальні (для розширення меж вимірювання електричних величин і безпеки вимірювань), спеціальні (зварювальні, роздільні, автотрансформатори);
- д) за способом охолодження обмоток – з повітряним або масляним охолодженням.

Найпростіший однофазний трансформатор (рис. 6.1) складається із замкнутого осердя 1, набраного з окремих листів електротехнічної сталі товщиною 0,35 чи 0,55мм. Для зменшення втрат на вихрові струми при перемагнічуванні окремі листи осердя ізолюють один від іншого тонким папером, плівкою лаку чи плівкою окислу по поверхні. На бокових стержнях осердя розміщують дві електрично не зв'язані між собою обмотки з мідного чи алюмінієвого ізолюваного дроту. Обмотку 2, яку приєднують до джерела електричної енергії змінного струму, називають первинною, а обмотку 3, до якої приєднують споживача (чи декілька споживачів) електричної енергії, – вторинною.

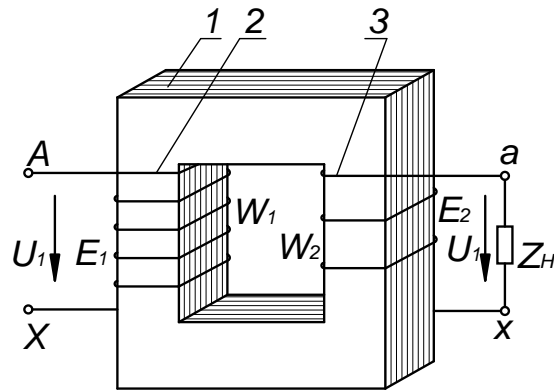


Рис. 6.1. Однофазний двох обмотковий трансформатор

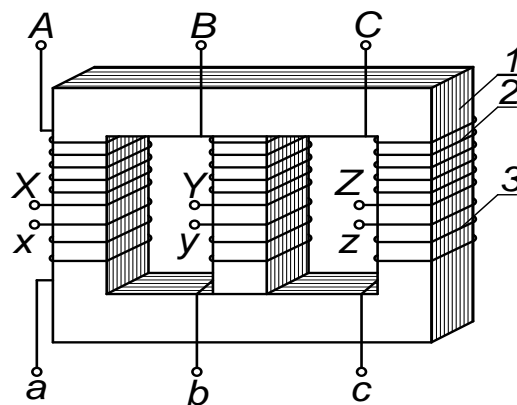


Рис. 6.2 трифазний двох обмотковий три стержневий силовий трансформатор

В основу принципу дії всіх трансформаторів покладено явище (і закони) електромагнітної індукції. Коли по первинній обмотці протікає змінний струм, в осерді виникає змінний магнітний потік, який перетинає витки первинної і вторинної обмоток й індукує в первинній обмотці ЕРС самоіндукції  $E_1$ , а у вторинній – ЕРС взаємоіндукції  $E_2$ . При змінному потоці  $\Phi$ , який періодично повторюється за величиною і часом, ЕРС у кожній обмотці залежить від числа витків. Чим більше число витків, тим вища ЕРС, тому що ЕРС одного витка однакова, тобто

$$E_1 = e \cdot W_1; \quad E_2 = e \cdot W_2 \quad (6.1)$$

де  $E_1, E_2$  – ЕРС відповідно первинної і вторинної обмоток;  
 $W_1, W_2$  – число витків відповідно первинної і вторинної обмоток;  
 $e$  – ЕРС одного витка.

Відношення ЕРС первинної обмотки  $E_1$  до ЕРС вторинної обмотки  $E_2$  називається коефіцієнтом трансформації  $k$  трансформатора

$$k = E_1 / E_2 \quad (6.2)$$

З урахуванням рівнянь (6.1) можна також записати

$$k = W_1 / W_2 \quad (6.3)$$

Числове значення коефіцієнта трансформації може бути визначене, як відношення числа витків первинної і вторинної обмоток.

У режимі роботи без навантаження, коли до вторинної обмотки споживачі не приєднані, а по первинній обмотці протікає дуже малий за значенням струм холостого ходу, можна вольтметром виміряти напруги  $U_1$  і  $U_2$ , причому  $U_1 \approx E_1$ ,  $U_2 \approx E_2$ .

Виходячи з цього, для коефіцієнта трансформації трансформатора можна записати:

$$k = E_1 / E_2 = W_1 / W_2 \approx U_1 / U_2 \quad (6.4)$$

Якщо первинна обмотка, трансформатора з числом витків  $W_1$  приєднується до джерела живлення з напругою  $U_1$ , а вторинна обмотка трансформатора має більшу кількість витків ( $W_2 > W_1$ ), то напруга  $U_2$  буде вища і трансформатор називають **підвищувальним**. Для такого трансформатора  $k < 1$ . Якщо навпаки –  $W_1 > W_2$ , трансформатор називають **понижувальним**, для нього  $k > 1$ .

З цього випливає, що однофазний двохоборотовий трансформатор має обмотку вищої напруги і обмотку нижчої напруги. Виводи обмотки вищої напруги позначають прописними (великими) буквами латинського алфавіту, наприклад: **A** - початок, **X** – кінець; виводи обмоток нижчої напруги позначають строчними (малими) буквами латинського алфавіту, наприклад: **a** - початок, **x** - кінець.

Перетворення енергії трифазного змінного струму здійснюють трифазні трансформатори, які дещо відрізняються будовою. Трифазні трансформатори мають три стержневий магнітопровід (рис. 6.2.), на кожному стержні розміщують дві обмотки – нижчої 2 і вищої 3 напруг, які належать одній фазі. Обмотка вищої напруги (ВН) має більшу кількість витків проводу відносно малого діаметра (перерізу). а обмотка нижчої напруги (НН) - невелику кількість витків проводу більшого діаметру (перерізу). Процеси, які відбуваються в кожній фазі трифазного трансформатора, не відрізняються від процесів, які відбуваються в однофазному трансформаторі.

Позначення початків і кінців обмоток або фаз трифазного трансформатора, згідно існуючого Державного стандарту, наведені в табл.6.1.

Таблиця 6.1

Позначення виводів обмоток трифазного трансформатора

Фаза	Обмотки			
	Вищої напруги		Нижчої напруги	
	початок	кінець	Початок	кінець
А	А	Х	А	х
В	В	У	В	у
С	С	Z	С	z

Залежно від напруги джерела живлення, робочої напруги однієї обмотки трансформатора і напруги, при якій бажано одержати перетворену електроенергію, при якій бажано одержати перетворену електроенергію, три обмотки ВН і три обмотки НН можна з'єднати в трифазну групу - зірку (Y) чи трикутник ( $\Delta$ ). Тому для двох обмоткового трифазного трансформатора вказується група з'єднань обмоток ВН у чисельнику, а група з'єднань обмоток НН - у знаменнику, наприклад, Y/Y,  $\Delta$ /Y.

Для з'єднання обмоток трифазного трансформатора зіркою кінці обмоток з'єднують у загальну точку, а до початків приєднують проводи трифазної лінії. Для з'єднання обмоток трикутником кінець першої фази з'єднують з початком другої, кінець другої - з початком третьої, а кінець третьої - з початком першої фази.

В усіх трифазних установках, включаючи трифазні трансформатори, можна вирізнити лінійні струм і напругу (позначимо  $I_L$ ,  $U_L$ ) і фазні струм і напругу (позначимо  $I_\phi$ ,  $U_\phi$ ). Якщо струм протікає по фазі генератора, трансформатора чи споживача, струм називають фазним. Якщо струм протікає по проводу лінії, що з'єднує джерело і трансформатор чи трансформатор і споживач, струм називають лінійним. Аналогічно для напруг: якщо напругу вимірюють на одній фазі генератора, трансформатора чи трифазного споживача, таку напругу називають фазною; якщо напругу вимірюють між проводами різних фаз трипроводної трифазної лінії, таку напругу називають лінійною. Зважаючи на схему з'єднань (рис. 6.3), можна дійти висновку, що для з'єднання зіркою

$$U_L = \sqrt{3} * U_\phi; \quad I_L = I_\phi, \quad (6.5)$$

а для з'єднання трикутником

$$U_L = U_\phi; \quad I_L = \sqrt{3} * I_\phi. \quad (6.6)$$

Для трифазного трансформатора існує поняття потужності. Якщо розглянути одну фазу, то добуток фазної напруги і фазного струму визначить повну потужність однієї фази. Для трифазного трансформатора повна потужність S, ВА.

$$S = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} = \sqrt{3} U_{\text{л}} \cdot I_{\text{л}} \quad (6.7)$$

Повну потужність можна визначити для обмоток ВН і НН. Зважаючи на те, що однофазні й трифазні трансформатори мають високий коефіцієнт корисної дії, повна потужність первинних обмоток приблизно дорівнює повній потужності вторинних обмоток.

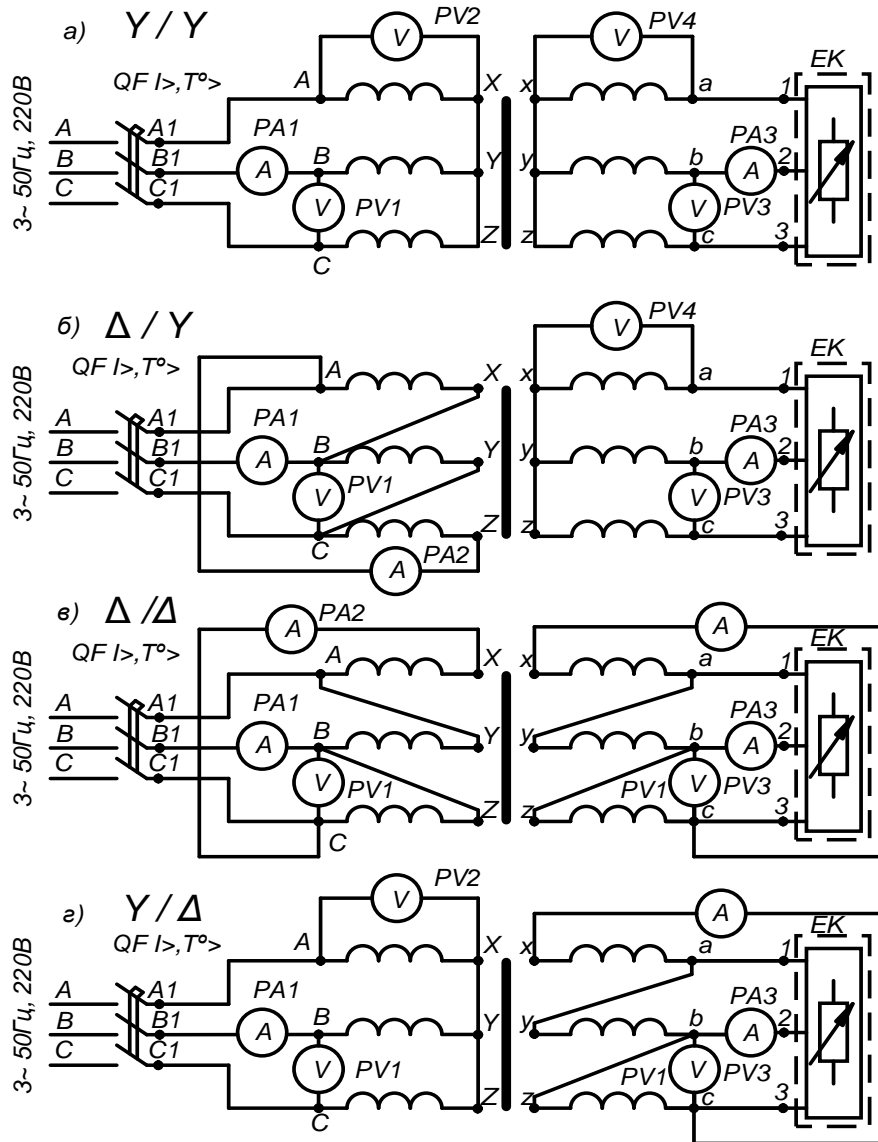


Рис. 6.3 Електричні схеми вимикання трифазного трансформатора (елементи схеми, обмежені пунктиром, з'єднані): а) „зірка-зірка”; б) „трикутник-зірка”; в) „трикутник-трикутник”; г) „зірка-трикутник”.