

Призначення, будова, робота і режими роботи однофазних трансформаторів

Загальна характеристика і галузі застосування трансформаторів

Трансформатором називається статичний (без рухомих частин) електромагнітний пристрій, призначений для перетворення електричної енергії однієї змінної напруги в електричну енергію іншої змінної напруги.

Трансформатори класифікуються за такими основними ознаками:

1. Залежно від мережі живлення: однофазні, багатofазні (у тому числі трифазні); імпульсні.
2. За співвідношенням напруг: підвищувальні, знижувальні.
3. За кількістю вторинних обмоток: однообмоткові і багатообмоткові.
4. За призначенням: силові, зварювальні, вимірювальні та інші.
5. За способом охолодження: повітряні (сухі) і масляні.

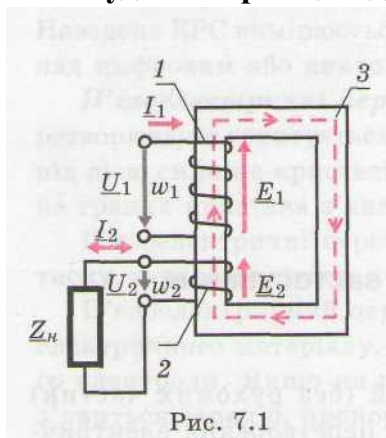
Основні галузі застосування трансформаторів:

1. Системи енергопостачання. У системах енергопостачання електрична енергія виробляється на великих електростанціях: атомних (АЕС), теплових (ТЕС), гідроелектростанціях (ГЕС). Вироблену електричну енергію необхідно передати на значну відстань і розподілити на великій території, яка в деяких випадках охоплює території декількох країн. Для зменшення втрат електричної енергії за допомогою силового підвищувального трансформатора напругу з виходу генератора підвищують, передають електричну енергію за допомогою ліній електропередач (ЛЕП) на значну відстань. Розподіляють електричну енергію на знижувальних трансформаторних підстанціях різних рівнів, каскадно знижуючи напруги, і підводять напругу за допомогою електричної мережі до кожного споживача.

2. Промислова та побутова електроніка, де трансформатори застосовуються у вторинних джерелах електроенергії, для гальванічного розділення електричних кіл, для узгодження опорів пристроїв, для передачі та перетворення імпульсів.

3. Вимірювання струмів і напруг у потужних енергосистемах за допомогою спеціальних вимірювальних трансформаторів.

Будова і принцип дії трансформаторів



Трансформатор складається з первинної 1 та вторинної 2 обмоток і магнітопроводу 3 (рис. 7.1).

Первинна обмотка — це обмотка, ввімкнена до джерела електричної енергії (здебільшого до електричної мережі).

До вторинної обмотки вмикають споживач електричної енергії. Магнітопровід призначений для магнітного зв'язку первинної та вторинної обмоток. Магнітопровід трансформатора виготовляють з тонких (0,35...0,5 мм) листів електротехнічної сталі для зменшення втрат, зумовлених вихровими струмами.

Магнітопроводи трансформаторів малої потужності, призначених для роботи в діапазоні високих частот, пресують із порошкових матеріалів (магнітодіелектриків та феритів).

Обмотки трансформаторів виготовляють у вигляді циліндричних котушок з мідних або алюмінієвих, ізольованих один від одного, проводів круглого або прямокутного перерізів. Первинну і вторинну обмотки розміщують на одному стержні.

Обмотки нижчої напруги (НН) розміщують ближче до магнітопроводу, а обмотки вищої напруги (ВВ) розміщують зверху. Між обмотками знаходиться ізоляційний циліндр.

Силові трансформатори мають, крім того, систему охолодження (рис. 7.2).

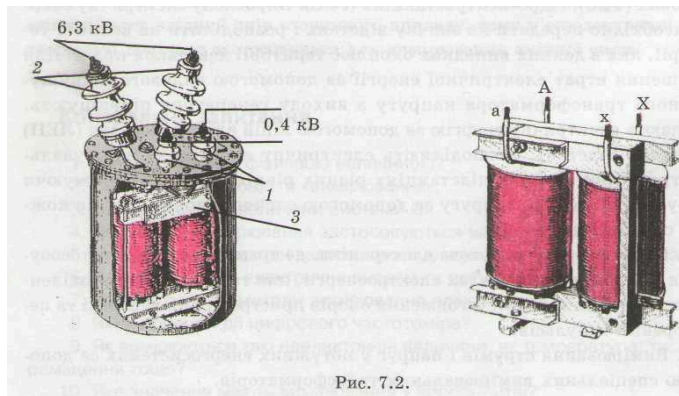


Рис. 7.2.

Робота трансформатора в режимі холостого ходу

Холостим ходом трансформатора називається такий режим роботи трансформатора, за якого до вторинної обмотки споживач не вмикається, коло вторинної обмотки розімкнене і тому струм у вторинній обмотці дорівнює нулю.

У режимі холостого ходу первинна обмотка трансформатора увімкнена до джерела електричної енергії (як правило, до електричної мережі промислової частоти), тому електричне коло первинної обмотки замкнене і витками обмотки проходить змінний струм холостого ходу.

Змінний струм у витках первинної обмотки створює магніторушійну силу, яка у свою чергу збуджує у магнітопроводі трансформатора змінний магнітний потік. Магнітний потік зв'язаний з магніторушійною силою обмотки законом Ома для магнітних кіл.

Змінний магнітний потік у магнітопроводі трансформатора зчеплений як з усіма витками первинної, так і з усіма витками вторинної обмотки і тому, згідно із законом електромагнітної індукції, наводить в обох обмотках змінні електрорушійні сили.

У первинній обмотці трансформатора напруга мережі, прикладена до обмотки, майже повністю компенсується наведеною магнітним полем електрорушійною силою. Таким чином, амплітуда сумарної електрорушійної сили, що діє у колі, становить кілька відсотків від прикладеної напруги.

Саме компенсацією прикладеної напруги пояснюється той факт, що трансформатор придатний для роботи тільки у колах змінного струму.

Трансформатор не можна вмикати під постійну напругу тому, що магнітне поле, створюване постійним струмом, не змінюється за часом і тому не наводить у первинній обмотці електрорушійної сили. У такому разі напруга мережі, не скомпенсована електрорушійною силою, прикладена до обмотки з малим опором, тому струм в обмотці в десятки і сотні разів перевищує номінальний струм. Внаслідок цього в обмотці виділяється

велика кількість теплоти. Температура обмотки протягом кількох секунд швидко підвищується і трансформатор виходить із ладу.

У вторинній обмотці, з витками якої зчеплений магнітний потік, наводиться електрорушійна сила, як і у первинній обмотці. Оскільки в режимі холостого ходу споживач до вторинної обмотки не приєднаний, то електричне коло обмотки залишається незамкненим і струм у вторинній обмотці дорівнює нулю.

Робота трансформатора в режимі навантаження

У режимі навантаження, на відміну від режиму холостого ходу, до вторинної обмотки трансформатора приєднується споживач електричної енергії. Таким чином, електричні кола первинної і вторинної обмоток виявляються замкненими і в обох обмотках проходять змінні струми. Змінні струми створюють магніторушійні сили первинної і вторинної обмоток трансформатора. Амплітуди магніторушійних сил первинної і вторинної обмоток майже однакові. Амплітуда магніторушійної сили первинної обмотки всього на кілька відсотків більша амплітуди магніторушійної сили вторинної обмотки.

Магніторушійна сила вторинної обмотки спрямована таким чином, що майже повністю компенсує магніторушійну силу первинної обмотки. Амплітуда сумарної магніторушійної сили, що діє у магнітопроводі, становить кілька відсотків від магніторушійної сили однієї з обмоток. Магнітний потік у магнітопроводі збуджується під дією сумарної магніторушійної сили, тому амплітуда магнітного потоку майже не залежить від струмів у первинній і вторинній обмотках і приблизно дорівнює амплітуді магнітного потоку в режимі холостого ходу.

Незалежність амплітуди магнітного потоку в магнітопроводі трансформатора від струму в навантаженні є важливою характеристикою трансформатора і пояснює багато особливостей його роботи.

Змінний магнітний потік у магнітопроводі трансформатора, як і в режимі холостого ходу, зчеплений з усіма витками первинної і вторинної обмоток, наводить у них електрорушійні сили.

Електрорушійна сила, наведена змінним магнітним потоком у первинній обмотці, майже повністю компенсує, як і в режимі холостого ходу, прикладену до обмотки напругу мережі. Тим самим досягається обмеження амплітуди струму первинної обмотки до значень, які не перевищують номінальних. Отже, первинна обмотка відносно електричної мережі виступає як споживач електричної енергії.

Змінний магнітний потік наводить також електрорушійну силу й у вторинній обмотці. Амплітуда наведеної електрорушійної сили прямо пропорційна кількості витків вторинної обмотки. Відношення амплітуди ЕРС первинної обмотки E_{1mv} до амплітуди ЕРС E_{2t} вторинної обмотки називається коефіцієнтом трансформації $k = E_{1t}/E_{2t}$. Коефіцієнт трансформації дорівнює відношенню кількості витків w_1 первинної обмотки до кількості витків w_2 вторинної обмотки:

$$k = w_1/w_2.$$

Добираючи необхідну кількість витків, можна за допомогою трансформатора живити споживачі з різною номінальною напругою.

У вторинній обмотці, замкненій на споживача електричної енергії, під дією електрорушійної сили проходить змінний струм, амплітуда якого визначається опором споживача, увімкненого до вторинної обмотки. Вторинна обмотка відносно споживача є генератором електричної енергії.

Отже, трансформатор передає енергію від мережі до споживача за допомогою магнітного поля.

