

## МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБМОТОК СИЛОВОГО МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

**Вступ.** Відомо, що до силових трансформаторів ставляться високі вимоги по надійності роботи. Це пов'язано з необхідністю забезпечення безперебійного електропостачання споживачів електричної енергії. Але якщо питанням діагностування силових трансформаторів в нормальному режимі роботи присвячено багато публікацій, то підходи до визначення ступеню спрацювання робочого ресурсу ізоляції обмоток силових масляних трансформаторів в режимі перевантаження розроблені недостатньо. Відомо, що ресурс ізоляції обмоток трансформатора витрачається нерівномірно в залежності від їх ступеню нагріву, що обумовлено різними режимами роботи трансформаторів. Очевидно, що в режимі перевантаження інтенсивність нагрівання обмоток набагато вища, ніж в нормальному режимі роботи і, звичайно, робочий ресурс спрацьовується швидше. Потрібно також взяти до уваги і те, що по завершенню режиму перевантаження температура обмоток трансформатора асимптотично наближається до нормальної робочої температури, що вносить додаткове витрачання робочого ресурсу ізоляції обмоток. Такий характер старіння ізоляції має місце і тоді, коли після появи режиму перевантаження трансформатор відключається від електричної мережі, а витрачання ресурсу ізоляції продовжується до повного охолодження трансформатора.

Тому метою роботи є розробка мікропроцесорного пристрою, який дозволяє здійснювати автоматичний контроль за тепловим старінням ізоляції та прогнозує момент вичерпання робочого ресурсу ізоляції обмоток в залежності від режиму роботи силового масляного трансформатора.

**Постановка завдань дослідження.** Виходячи з мети роботи, візьмемо до уваги графіки перевантажувальної здатності силових масляних трансформаторів [1], які представлені на рис. 1. Ці графіки відображають тривалість перевантаження обмоток силового масляного трансформатора в залежності від рівня перевантаження трансформатора, режиму завантаження трансформатора, що передував початку перевантаження, та температури навколишнього середовища. Вимірюючи зазначені параметри, можна визначити допустиму тривалість перевантаження обмоток трансформатора при певній комбінації вхідних впливів на нього.

Крім того, відомими є підходи до визначення теплового старіння ізоляції обмоток трансформатора, що працює в нормальному режимі роботи. Згідно таких підходів термін роботоздатності ізоляції зменшується вдвічі, якщо, наприклад, температура ізоляції підвищилась на  $8^{\circ}\text{C}$ , що визначається класом ізоляції обмоток. При цьому процес старіння контролюється шляхом вимірювання струму навантаження та найвищої температури ізоляції, яка визначається за температурою верхніх шарів трансформаторного масла.

**Матеріали дослідження.** Враховуючи викладене, доцільно побудувати пристрій, яким буде контролюватися процес теплового старіння обмоток трансформатора та прогнозуватися момент вичерпання робочого ресурсу. Оскільки термін перевантаження можна визначити лише за певної комбінації вхідних параметрів, то будемо здійснювати вимірювання температури навколишнього середовища, найвищої температури верхніх шарів трансформаторного масла, напругу та струм навантаження трансформатора, а також різницю фаз між ними. Очевидно, що в теперішній час коректним вважається реалізація пристроїв, що виконують збір даних та їх обробку, в мікропроцесорному виконанні.

Застосуємо для реалізації вказаного пристрою мікроконтролер фірми Atmel, наприклад AT90S8535 [2], що містить в своїй структурі комутатор сигналів, пристрій вибірки-зберігання та аналого-цифровий перетворювач.

Структурна схема пристрою зображена на рис. 2. На схемі: 1, 2 – сенсори струму та напруги трансформатора відповідно; 3, 4 – сенсори температури навколишнього середовища та температури верхніх шарів трансформаторного масла; 5 – перетворювач змінного струму в змінну напругу; 6 – перетворювач змінної напруги в змінну напругу; 7 – нормуючі перетворювачі; 8 – мікроконтролер; 9 – клавіатура; 10 – дисплей; 11 – блок узгодження сигналів з ПЕОМ.

Робота пристрою полягає в циклічному опитуванні стану сенсорів 1 – 4 та обчисленню спрацювання робочого ресурсу ізоляції силового трансформатора в залежності від того, в якому режимі він працює. Клавіатура 9 та дисплей 10, як допоміжні засоби, необхідні для коригування поточних параметрів діагностування трансформатора, а блок узгодження сигналів з ПЕОМ 11 передає дані з мікроконтролера 8 в систему комплексного діагностування електрообладнання, інформація про поточний стан якої виводиться оперативному персоналу.

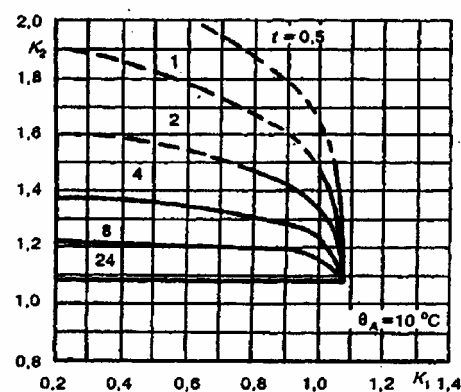


Рис. 1. Графіки перевантажувальної здатності силового масляного трансформатора

Укрупнений алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою для діагностування силового масляного трансформатора представлений на рис. 3. Згідно з наведеним алгоритмом в мікропроцесорний пристрій вводяться значення температури навколишнього середовища  $T_{\text{навк}}^{\circ}$ , температури верхніх шарів трансформаторного масла  $T_{\text{max}}^{\circ}$ , напруга  $U$  та струм  $I$  навантаження трансформатора і різниця фаз  $\phi$  між ними. Підкреслимо, що за трьома останніми вищезгаданими параметрами визначається активна потужність  $P$  навантаження. В залежності від того, який режим роботи трансформатора має місце в поточний момент, відповідним чином здійснюється обчислення допустимої тривалості роботи в такому режимі і залишковий робочий ресурс представляється у вигляді послідовності імпульсів певної частоти. По завершенню процедури розрахунку вміст ресурсного лічильника зменшується на одиницю, що свідчить про його витрачання в залежності від режиму роботи трансформатора. Кожен раз після зменшення вмісту ресурсного лічильника вводяться вхідні дані і здійснюється перевірка режиму роботи. Зазначимо, що параметри з індексом «-1» відповідають сигналам, що мали місце в попередньому циклі контролю за станом обмоток трансформатора.

Сигнали струму та напруги подаються в мікроконтролер з відповідних вимірювальних трансформаторів.

В якості сенсорів температури використані мікросхеми DS1820, які забезпечують зв'язок з мікроконтролером по 1-Wire протоколу.

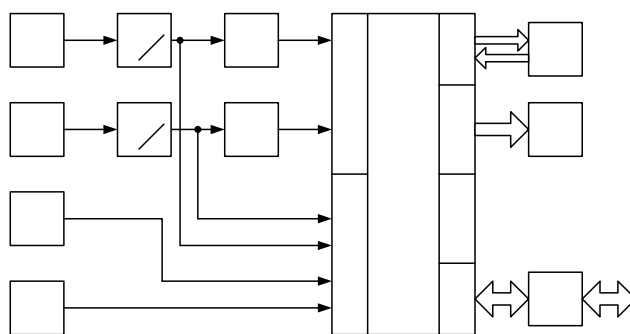


Рис. 2. Структура мікропроцесорного пристрою для діагностування силового масляного трансформатора

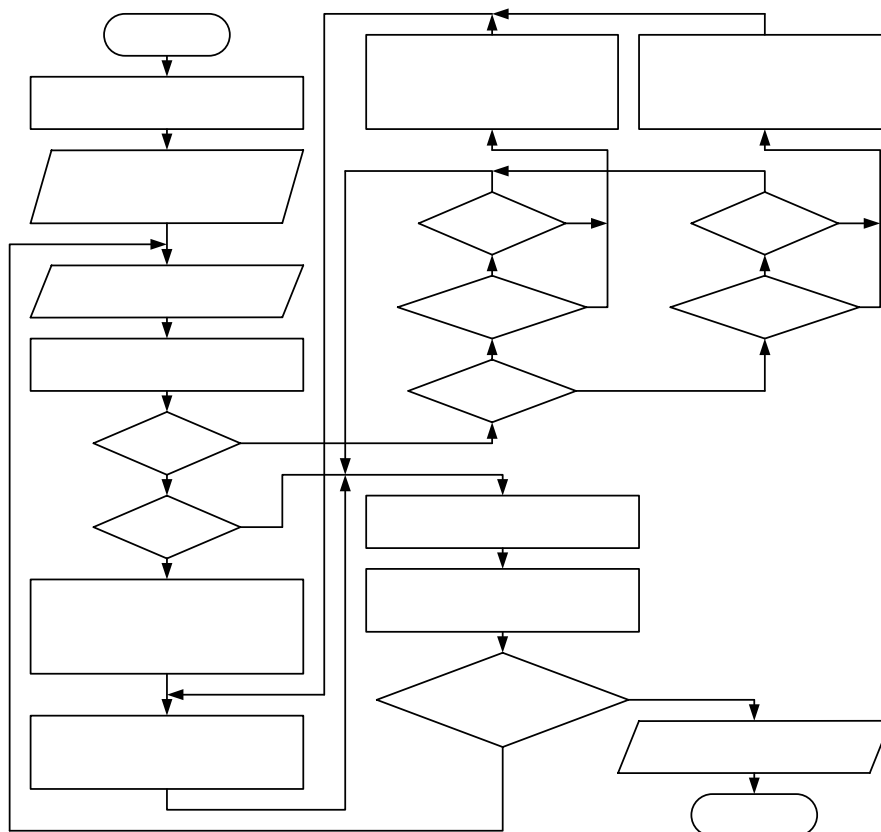


Рис. 3. Укрупнений алгоритм роботи мікропроцесорного пристрою для діагностування силового масляного трансформатора

**Висновки.** Запропонований підхід та мікропроцесорна реалізація пристрою для діагностування обмоток силового масляного трансформатора, характерними режимами експлуатації якого є робота в нормальному режимі, в режимі перевантаження або в нормальному режимі після завершення режиму перевантаження, коли температура ізоляції із-за інерційності процесів ще деякий час перевищує температуру нормального режиму експлуатації.

**Література.** 1. Технический каталог. Трансформаторы. Подстанции. Газорегуляторное оборудование. – ОАО «Укрэлектраапарат», 2007. – 156 с. 2. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы ATMEGA / А.В. Евстифеев – 3-е изд., стер. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 288 с.