

О.К. ДАНИЛЕЙКО, Г.В. КОЛОМІЦ, старші викладачі, Д.В. МРАЧКОВСЬКИЙ, студ.,
Ж.Г. РОЖНЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГРУП З'ЄДНАННЯ ОБМОТОК ТРИФАЗНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Більшість трансформаторів живить споживачів паралельними групами. Для включення на паралельну роботу трансформатори обов'язково повинні мати однакові групи з'єднання обмоток. Якщо групи з'єднання різні, між трансформаторами виникне зрівняльний струм, який може значно перевищувати номінальний. Таким чином, персонал електротехнічних лабораторій повинен при випробуваннях перевіряти групу з'єднань обмоток трансформатора. Існують декілька методів визначення групи з'єднань різної складності.

Перевірка групи з'єднань обмоток трансформатора входить до переліку обов'язкових контрольних випробувань на заводі-виробнику. При ремонті трансформаторів в електроремонтних цехах при невисокій кваліфікації персоналу можливі помилки в маркуванні обмоток. При тривалій експлуатації можлива втрата паспортного шильдику або спотворення інформації на ньому.

Враховуючи швидкий розвиток мікроелектронних пристроїв, на кафедрі електромеханіки Криворізького національного університету була поставлена задача створити пристрій для визначення групи з'єднання обмоток трансформатора не великої вартості на основі мікроконтролера. Зрозуміло, що найбільш простим методом для цього пристрою є прямий метод вимірювання кута зсуву фаз між відповідними фазами первинної та вторинної обмоток. Вимірювання здійснюється за допомогою таймера, який відраховує час між однаковими точками на періоді синусоїд напруги первинної та вторинної обмотки. Знаючи цей час та частоту мережі, знайти кут вже просто. За однакові точки синусоїд найкраще обрати моменти переходу напруги через нуль від від'ємного до позитивного стану. Але безпосередньо, вловити цей момент на синусоїді важко. Простіше замінити синусоїду прямокутними сигналами. Для перетворення синусоїдального сигналу у прямокутний можна використати стабілітрон включений за розробленою

Для перевірки працездатності схеми була розроблена математична модель схеми у програмному пакеті *NI Multisim*.

Для реалізації запропонованого пристрою використано так звану плату "Blue Pill". Така плата побудована на основі чіпа мікроконтролера (МК) *STM32F103C8T6*, який представляє собою 32 бітний процесор на базі ядра *Cortex - M3*.

Щоб спростити процедуру програмування мікроконтролера фірма *STMicroelectronics* розробила бібліотеки, які дозволяють значно спростити цей процес. Найбільш поширеною є бібліотека *HAL*. Для подальшого спрощення розробки проекту *STMicroelectronics* розробила безкоштовну програму конфігуратор *STM32CubeMX*, яка дозволяє конфігурувати усі елементи контролера.

Найбільш важливим у проекті є налаштування таймера. Використано режим «захоплення сигналу». У контролері кожен таймер має свій регістр. Після запису в регістр таймера нуля він запускається позитивним фронтом напруги первинної обмотки трансформатора. По позитивному фронту напруги вторинної обмотки, зчитується вміст таймера, по наступному імпульсу первинної обмотки вміст таймера обнуляється. Перед налаштуванням таймера слід налаштувати синхронізацію МК (*Clock Configuration*), так як робота таймера залежить від тактової частоти.

Оскільки таймер керується двома сигналами *Chanel1* та *Chanel2* налаштовані на прямий режим – *Input Capture direct mode*. Перед дільник налаштований на 71. Оскільки тактова частота 71 МГц, один «тік» таймера дорівнює 1 мкс. Параметр *Counter Period* – період автоматичного перезавантаження регістра таймера встановлено в 30 000, тобто період сигналу не може бути більше 30 мсек. (для 50 Гц – 20 мсек), що припустимо. Інші параметри залишені по замовченню.

Для виводу інформації може буде використаний *LCD* дисплей на чіпі *PCF 574T*. Для спрощення схеми підключення, використаний *I2C* модуль розширення виводів для підключення *LCD* дисплея.

Розроблена програма була перевірена на схемі з фазозсувним ланцюжком, а потім вже випробувана на реальних трифазних трансформаторах та показала її здатність до практичного використання. Розроблений пристрій використовується при виконанні лабораторних робіт студентами спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з дисциплін «Електричні машини» та «Мікропроцесорні системи обробки та відображення інформації».