

Г. Юрчик

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра електронних засобів  
інформаційно-комп'ютерних технологій

## МІКРОХВИЛЬОВІ ТЕХНОЛОГІЇ: ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР НА ВХОДІ – ВИХОДІ КАЛОРИМЕТРИЧНОГО НВЧ НАВАНТАЖЕННЯ

© Юрчик Г., 2009

Розглядається мікропроцесорний термоелектричний вимірювач різниці температур з функцією його періодичного автокалібрування безпосередньо в умовах експлуатації з вилученням складної та неефективної традиційної операції демонтажу первинного термоперетворювача з місця установки, який пропонується для застосування в системі автоматичного керування мікрохвильовим технологічним процесом обробки рідинних речовин (продуктів) в калориметричному НВЧ навантаженні.

The microprocessor thermo-electric measuring device of difference of temperatures is examined with the function of it periodic autocalibration directly in the conditions of exploitation with the exception of difficult and uneffective traditional operation of dismantling of primary thermo electrical meter from the place of setting, which is offered for application in the system of microwave technological process auto control of treatment of liquid matters (products) in calorimetry EHF loading.

### Вступ

Мікрохвильові технології (МХТ) обробки різних діелектричних речовин та матеріалів, зокрема і рідинних харчових продуктів, завдяки їх високій ефективності та продуктивності порівняно з традиційними багатовитратними і недосконалими технологіями обробки речовин та матеріалів останнім часом знаходить усе ширше застосування в багатьох галузях промисловості України. При мікрохвильовій обробці рідинних речовин їх пропускають через калориметричне НВЧ навантаження (рис. 1) – зону взаємодії їх з електромагнітним полем надвисокої частоти (ЕМП НВЧ), у результаті чого за рахунок інтенсивного поглинання речовиною НВЧ енергії вони швидко нагріваються. Як міру поглиненої рідиною НВЧ енергії приймають різницю абсолютних температур на вході і виході калориметричного НВЧ навантаження, від точності контролю якої залежать стабільність, відтворюваність технологічного процесу та якість готового продукту.

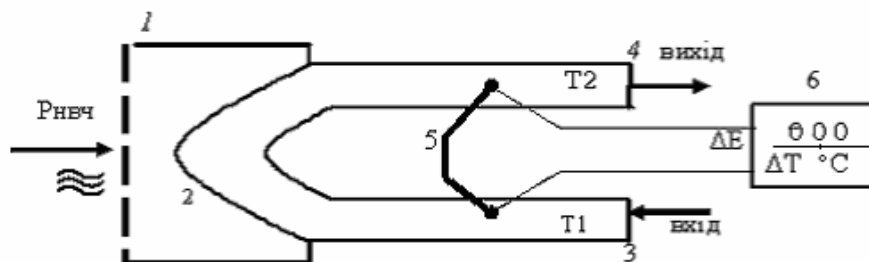


Рис. 1. Схема калориметричного НВЧ навантаження з термоелектричним первинним перетворювачем різниці температур: 1 – хвилевод НВЧ енергії; 2 – конусна діелектрична колба, через яку пропускають рідинну речовину; 3, 4 – гідралічний вхід і вихід калориметричного НВЧ навантаження; 5 – диференціальний термоелектричний перетворювач різниці температур ( $T_2 - T_1$ );  $\Delta E$  – термоелектрорушійна сила (ТЕРС) на виході диференціального термоперетворювача 5;  $P_{НВЧ}$  – НВЧ потужність на вході хвилевода 1; 6 – вимірювальний прилад

### Методичні засади і постановка завдання

При усталеному робочому режимі технологічного процесу різниця температур речовини на гідравлічних вході – виході калориметричного НВЧ навантаження залежно від технологічних вимог знаходиться в межах від 20°C до 80°C і для її контролю переважно на практиці застосовують термоелектричні вимірювачі з використанням первинних перетворювачів (ПП) із стандартними градувальними характеристиками (ГХ) [1]. Ці вимірювачі відрізняються високою надійністю та працездатністю в складних умовах експлуатації, але їм притаманна недостатня точність внаслідок присутності різних похибок, зумовлених дрейфом нуля, зміною коефіцієнтів перетворення окремих ланок вимірювача, наводками на лінію зв'язку, дією різних дестабілізуючих факторів тощо.

У статті розглянуто запропонований метод контролю термоелектричним вимірювачем різниці температур у заданому вузькому діапазоні, в якому завдяки вбудованим в його схему пристроям адитивного і мультиплікативного калібрування впливів на термоелектричний ПП безпосередньо в місці його установки на промисловому обладнанні можна періодично калібрувати (повіряти) з автокорекцією похибок вимірювача протягом тривалого часу експлуатації [2].

### Метод та алгоритм контролю різниці температур

На рис. 2 представлена структурна схема запропонованого термоелектричного вимірювача різниці температур на вході – виході калориметричного НВЧ навантаження.

Метод контролю різниці температур є таким.

Робочий кінець термоелектричного перетворювача 1 з температурою  $T_1$  розміщений на вході калориметричного НВЧ навантаження, а робочий кінець термоперетворювача 2 з температурою  $T_2$  – на виході НВЧ навантаження. Вільні кінці 1.1 і 1.3 зустрічно з'єднаних термоперетворювачів знаходяться в коробці 4 стабілізації їх температури  $T_0$ , або компенсації її зміни.

Згідно з принципом дії НВЧ навантаження, температура  $T_1$  завжди менша за температуру  $T_2$ , тобто  $T_2 > T_1$ . Максимальний діапазон контрольованої різниці температур:  $\Delta T = T_2 - T_1 = 100 - 20 = 80^\circ\text{C}$ .

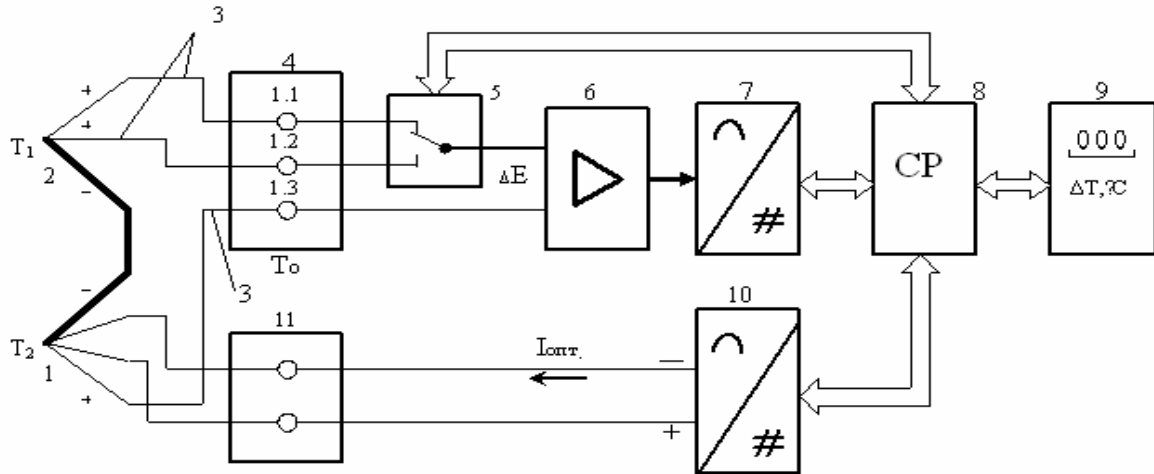


Рис. 2. Структурна схема термоелектричного вимірювача різниці температур на гідравлічних вході – виході калориметричного НВЧ навантаження:  $T_1$  і  $T_2$  – відповідно значення температур оброблюваної рідини на гідравлічних вході – виході калориметричного НВЧ навантаження; 1, 2 – відповідно трьохелектродний і подвійний термоелектричні перетворювачі одного типу з ідентичними ГХ, зустрічно з'єднаними між собою; 3 – з'єднувальні компенсаційні дроти; 4 – коробка стабілізації або компенсації температури  $T_0$  вільних кінців термоперетворювачів; 5 – керований перемикач вільних кінців 1.1 і 1.2 трьохелектродного перетворювача; 6 – підсилювач вихідного сигналу  $\Delta E$  диференційного термоелектричного перетворювача; 7 – аналого-цифровий перетворювач; 8 – мікро ЕОМ; 9 – цифровий індикатор контрольованої різниці температур; 10 – керований цифроаналоговий перетворювач; 11 – клемна колодка вільних кінців другої пари електродів термоперетворювача 1

За допомогою автоматичного перемикача 5 вимірювальний сигнал  $\Delta E$  на виході диференційного термоелектричного перетворювача, пропорційний усталеному значенню різниці температур  $\Delta T$ , подається на вхід підсилювача 6 і потім перетворюється АЦП 7 в цифровий код  $N_1$ . Враховуючи те, що ГХ термоперетворювачів лінійні й ідентичні у заданому вузькому діапазоні контрольованих абсолютних температур, цифровий код  $N_1$  визначається рівнянням [3]

$$N_1 = K_1 \cdot K_2 \cdot S \cdot (T_2 - T_1) = K_1 \cdot K_2 \cdot S \cdot \Delta T, \quad (1)$$

де  $K_1$  і  $K_2$  – відповідно коефіцієнт підсилення підсилювача 6 і коефіцієнт крутизни характеристики АЦП7;  $S = S_1 = S_2$  – коефіцієнт чутливості диференційного термоелектричного перетворювача різниці температур;  $S_1$  і  $S_2$  – чутливості термоперетворювачів 1 і 2.

Цифровий код  $N_1$  фіксується в пам'яті мікро ЕОМ 8, після чого за сигналом мікро ЕОМ 8, яка виконує функції обчислення і управління, за допомогою ЦАП 10 і другої пари електродів термоперетворювача 1 протягом заданого часу  $\Delta t$  через робочий кінець (спай) термоперетворювача пропускають постійний струм, амплітуди  $I_{opt}$ . у напрямку, при якому досягається термоелектричне охолодження робочого кінця за рахунок ефекту Пельтьє [4] і зниження його температури на величину  $\Delta t$ . При оптимальному струмі  $I_{opt}$ , значення якого визначається експериментально, досягається максимальне охолодження робочого кінця термоелектричного перетворювача 1 і залежно від його типу величина  $\Delta t$  має відповідне значення і знаходиться в межах від 5 до 10 °С.

Фіксують в пам'яті мікро ЕОМ 8 цифровий код  $N_2$ , що відповідає новому усталеному значенню різниці температур

$$N_2 = K_1 \cdot K_2 \cdot S [T_2 - (T_1 - \Delta t)], \quad (2)$$

де  $\Delta t = (\Delta E_2 - \Delta E_1) / S_1$  – калібрована величина зміни температури робочого кінця термоперетворювача 1;  $\Delta E_1$  і  $\Delta E_2$  – відповідно усталені значення ТЕРС на виході диференційного термоперетворювача, що реєструються вимірювальним приладом 9, до пропускання струму  $I_0$  через робочий спай термоперетворювача 1 і під час його пропускання;  $S_1 = S$  – коефіцієнт чутливості термоперетворювача 1 за його ГХ у заданому робочому діапазоні контрольованих температур.

В наступний момент часу, безпосередньо після фіксації коду  $N_2$ , за сигналом мікро ЕОМ 8 за допомогою перемикача 5, у вимірювальну схему замість термоелектрода 1.1 перетворювача 2 вмикають термоелектрод 1.2, виконаний з відповідного іншого матеріалу, змінюючи так чутливість його робочого кінця в  $q < 1$  разів і вимірюють миттєве значення ТЕРС на виході диференційного термоперетворювача, цифровий код якої дорівнюватиме:

$$N_3 = K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot S [T_2 - (T_1 - \Delta t)]. \quad (3)$$

За сигналом мікро ЕОМ 8 припиняють пропускати струм  $I_{opt}$ . через робочий кінець (спай) термоперетворювача 1, в результаті чого температура останнього набуде початкового значення  $T_1$ , а цифровий код вимірювального сигналу представиться виразом:

$$N_4 = K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot S (T_2 - T_1) = K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot S \cdot \Delta T. \quad (4)$$

За сигналом ЕОМ 8 контакт перемикача 5 повертають у початковий стан, вмикаючи при цьому у вимірювальну схему термоелектрод 1.1 перетворювача 2.

Рівняння (1)÷(4), що відповідають функції вимірювального перетворення запропонованого вимірювача різниці температур на вході і виході калориметричного НВЧ навантаження, дають змогу розглядати їх як систему рівнянь, розв'язання якої дає змогу одержати кінцевий результат контролю з підвищеною точністю за формулою:

$$\Delta T = \frac{(N_1 - N_4)}{(N_2 - N_1) - (N_3 - N_4)} \cdot \Delta t. \quad (5)$$

Отже, як видно з формули (5), результат контролю визначається лише цифровими кодами додатково отриманих вимірювальних сигналів та каліброваною величиною  $\Delta t$  і не залежить від прогресуючих похибок, зумовлених зміною коефіцієнтів перетворення вторинних вимірювальних ланок (підсилювач, АЦП), дрейфом їх нуля, а також дією на вимірювач різних дестабілізуючих факторів. Точність результату контролю різниці температур переважно визначається похибкою формування каліброваної величини  $\Delta t$  і оцінюється величиною  $\pm(0,5-1,0)\%$ .

Періодичну поправку на прогресуючу похибку результату контролю різниці температур, зумовлену вищезгаданими факторами, обчислюють за рівнянням:

$$\Delta i = \Delta T_i - \Delta T, \quad (6)$$

де  $\Delta T_i$  – поточний результат контролю різниці температур, одержаний за формулою (1) під час чергового калібрування вимірювача;

$\Delta T$  – результат контролю різниці температур, одержаний відповідно до виразу (5).

### Висновки

Запропоновано метод підвищення точності контролю різниці температур на гідравлічних вході – виході калориметричного НВЧ навантаження мікрохвильової технології обробки рідинних речовин за допомогою термоелектричного диференційного перетворювача, в якому завдяки використанню структурно-аналітичної надлишковості досягнуто можливості його періодичного автокалібрування (повірки) безпосередньо в умовах експлуатації з корекцією в реальному часі домінуючих прогресуючих похибок результату контролю.

Використання запропонованого вимірювача різниці температур дає змогу оптимізувати мікрохвильовий технологічний процес за критеріями енергозбереженості, продуктивності та якості готового продукту.

1. *Измерения в промышленности: Справочник Ч.2 / Под ред. П. Профоса и Д.И. Агейкина. – М.: Металлургия, 1990. – С.321 – 329.* 2. *Таланчук П.М., Скрипник Ю.О., Дубровний В.О. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних та керуючих системах. – К.: Райдуга, 1994. – С.495 – 539.* 3. *Линевег Ф. Измерение температур в технике: Справочник / Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1980. – С.62 – 65.* 4. *Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств. – М.: Высшая школа, 1990. – 423 с.*

УДК 621.314

**В. Самотий, А. Павельчак, У. Дзелендзяк**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра комп’ютеризованих систем автоматики

## ТИРИСТОРНЕ КЕРУВАННЯ МОТОРОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПОСЛІДОВНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

© Самотий В., Павельчак А., Дзелендзяк У., 2009

**Наведено математичну модель каскаду “керований однофазний мостовий випрямляч – мотор постійного струму з послідовним збудженням”, а також запропоновано методику аналізу перехідних і усталених режимів його роботи.**

**Mathematical model of “the guided monophasе bridge rectifier – is a motor of direct-current series-wound” and method for transient and steady-state analysis of it operational modes is suggested.**

### Вступ

Управління механічними процесами є дуже поширеною задачею в багатьох технічних системах. Залежно від специфіки завдання використовують ті чи інші виконавчі механізми. Це насамперед електричні мотори та електромагнетні реле. Електричні мотори умовно можна поділити на дві групи – змінного і постійного струму. В цій роботі ми розглянемо тиристорне керування мотором постійного струму з послідовним збудженням (МПСПЗ).