

УДК 621.791.3

*В.І. Завальський, студент гр. МТПм-19-1, к.т.н. Чуйко М.М.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ЗМОЧУВАННЯ ПРИПОЄМ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ПАЯННЯ

Анотація У даній роботі подано основні вимоги, які ставляться до припоїв для забезпечення міцного механічного з'єднання деталей та якісного електричного контакту в процесі паяння. Також розглянуто принцип роботи розробленого пристрою контролю змочування припоєм основного матеріалу паяння із застосуванням інфрачервоних перетворювачів, що дозволяє визначити величину крайового кута змочування припою на основі параметрів лежачої краплі. Здійснено аналіз факторів впливу на процес вимірювання та встановлено основні складові невизначеності, на базі яких розроблена схема нагромадження сумарної невизначеності пристрою. Здійснено розрахунок складових інструментальної та методичної невизначеностей, на основі яких визначено сумарну стандартну невизначеність розробленого пристрою. Наведено висновки щодо доцільності розробки пристрою та достовірності отриманих результатів контролю.

Ключові слова припій, змочування, крайовий кут змочування, пристрій, невизначеність.

ВСТУП

Для здійснення якісного процесу паяння окремих деталей та їх елементів для забезпечення електричного контакту і міцного механічного з'єднання, використовувані припої повинні якомога краще змочувати основний матеріал, розтікатися його поверхнею і проникати у щілини. Змочувальні властивості матеріалу, в основному, залежать від його фізико-хімічного складу, який і визначає характер взаємодії (змочування чи незмочування) з іншими речовинами. Кількісним параметром, що характеризує змочування є крайовий кут змочування θ (ККЗ), значення якого змінюється в межах від 0° до 180° , і чим менше значення ККЗ, тим кращими змочувальними властивостями характеризуються контактуючі фази [1]. Тому для забезпечення якісного з'єднання необхідно вибирати припої з оптимальними змочувальними властивостями відносно окремо взятого матеріалу деталі.

ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Для контролю змочування припоєм основного матеріалу паяння розроблено пристрій, в основу якого покладено метод визначення ККЗ на основі параметрів лежачої краплі (діаметру d_k та висоти h_k) згідно [2]:

$$\theta = 2 \arctg \frac{2h_k}{d_k}, \quad (1)$$

Вимірювання висоти краплі h_k здійснюємо за допомогою матриці інфрачервоних (ІЧ) перетворювачів, що розміщується горизонтально над дослідженою поверхнею із нанесеною краплею припою. Діаметр краплі d_k визначаємо за допомогою цифрового мікроскопа та еталонної шкали.

Принцип роботи пристрою заснований на вимірюванні інтервалу часу між моментом випромінювання зондуючого ІЧ моноімпульса (старт-імпульс) і моментом прийому випромінювання, відбитого від об'єкта (стоп-імпульс). Імпульс формується ІЧ перетворювачами, які розташовані на матричному модулі, який, в свою чергу, керується блоком управління матричним модулем. Відбите від об'єкта контролю випромінювання потрапляє в фототранзистор ІЧ перетворювача і підсилюється за допомогою підсилювача. Вимірювач часових інтервалів, що

зв'язаний із тактовим генератором, починає роботу в момент випромінювання ПЧ імпульсу діодом матриці і завершує її в момент прийому відбитого випромінювання приймальним фототранзистором, сигнал якого підсилюється, видаючи цифровий код отриманого результату. Блок синхронізації і управління здійснює інтерпретацію коду у висоту краплі припою, формує сигнал на індикаторі, а також приймає команди блоку управління. Нагрівання об'єкта контролю, а саме зразка основного матеріалу з певною дозованою масою припою здійснюється нагрівачем, роботою якого керуємо за допомогою блоку управління нагрівачем. Для забезпечення робочої температури матричного модуля у розробленому приладі передбачено охолоджувач на основі елементів Пельтьє, який, в свою чергу, керується блоком управління охолоджувачем. Живлення нагрівача та охолоджувача здійснюється від блоку живлення, а елементи вимірної схеми через низьковольтний стабілізатор напруги.

МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРИСТРОЮ

На основі аналізу впливу різноманітних факторів на процес вимірювання крайового кута змочування за параметрами лежачої краплі припою встановлено основні складові невизначеності, на базі яких розроблена схема нагромадження сумарної невизначеності пристрою, що подана на рисунку 2.

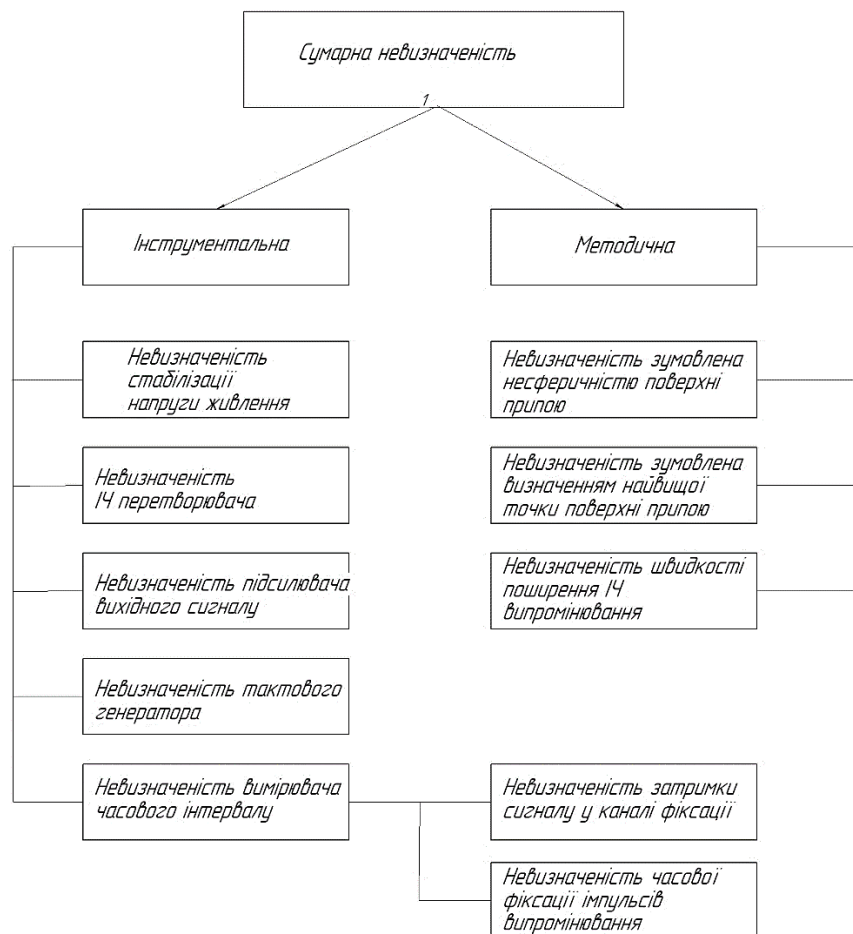


Рисунок 2. Схема нагромадження сумарної невизначеності пристрою для контролю змочування припоєм основного матеріалу

В загальному всі складові невизначеності в залежності від причини їх виникнення поділяються на інструментальні та методичні.

РОЗРАХУНОК ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИБОРУ

Складові сумарної невизначеності визначаємо за типом В на основі відомих експериментальних даних про відхилення вимірюваної величини, спричинене конкретною складовою невизначеності, які подані у [3]. Закон розподілу кожної із складових невизначеності вважатимемо рівномірним, оскільки з однаковою ймовірністю можливе попадання значення із інтервалу границями якого є визначені відхилення [3,4].

Невизначеність стабілізації напруги живлення u_c задається нестабільність вихідної напруги з абсолютною похибкою $\delta_c = 0,4\%$ і розраховується за формулою:

$$u_c = \frac{\delta_c}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3}} = 0,23\%. \quad (2)$$

Невизначеність ІЧ перетворювача $u_{ІЧП}$ зумовлена нелінійністю перетворення сигналу, а абсолютна похибка його відповідає $0,5\%$ та розраховується за формулою:

$$u_{ІЧП} = \frac{\delta_{ІЧП}}{\sqrt{3}} = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,28\%. \quad (3)$$

Невизначеність підсилювача u_n , що вноситься за рахунок температурної нестабільності і розкидом параметрів опорів підсилювача, розраховується (3.11) на основі абсолютного відхилення вимірювального сигналу, яке становить 1% і розраховується за формулою:

$$u_n = \frac{\delta_{сигн.}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,58\%. \quad (4)$$

Невизначеність тактового генератора u_2 зв'язана з нелінійністю та похибкою, яка обумовлена кінцевою дискретністю вимірювача часових інтервалів абсолютна похибка якого становить $\delta_T = 0,5\%$ та розраховується:

$$u_2 = \frac{\delta_2}{\sqrt{3}} = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,28\%. \quad (5)$$

Невизначеність вимірювача часового інтервалу $u_{ВЧІ}$ виникає при вимірі тимчасового інтервалу між моментами посилення і прийому випромінювання зондуючого імпульсу. Дана невизначеність зумовлена: систематичною похибкою, яка обумовлена різним часом затримки сигналу в каналах фіксації випромінюваного (старт) і прийнятого (стоп) імпульсів та похибкою тимчасової фіксації імпульсів випромінювання. Максимальна абсолютна похибка даного вимірювача становить $1,2\%$:

$$u_{ВЧІ} = \frac{\delta_{ВЧІ}}{\sqrt{3}} = \frac{1,2}{\sqrt{3}} = 0,69\%. \quad (6)$$

Сумарна інструментальна невизначеність розраховується за формулою [3]:

$$U_{інст} = \sqrt{\sum_i u_i^2} = \sqrt{u_c^2 + u_{ІЧП}^2 + u_n^2 + u_2^2 + u_{ВЧІ}^2} = \sqrt{1,02} = 1,01\%. \quad (7)$$

РОЗРАХУНОК МЕТОДИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИСТРОЮ

Несферичність поверхні припою вносить додаткову невизначеність u_{nn} у результат вимірювання за рахунок обмежених умов використання розрахункової формули ККЗ, що в абсолютних одиницях становить $\delta_{nn}=1,2\%$ і розраховується за формулою:

$$u_{nn} = \frac{\delta_{nn}}{\sqrt{3}} = \frac{1,2}{\sqrt{3}} = 0,69\%. \quad (8)$$

Невизначеність зумовлена неточністю визначення найвищої точки краплі припою (висоти краплі) $u_{ек}$ для якої максимальне значення абсолютної похибки становить $1,5\%$, розраховується за формулою:

$$u_{ек} = \frac{\delta_{ек}}{\sqrt{3}} = \frac{1,5}{\sqrt{3}} = 0,86\%. \quad (9)$$

Невизначеність швидкості поширення ІЧ випромінювання $u_{ш}$ від впливу температури нагрітого ОК зумовлена температурною залежністю довжини хвилі ІЧ випромінювання від температури та становить $\delta_{ш}=0,8\%$ в абсолютних одиницях, розраховується за формулою:

$$u_{ш} = \frac{\delta_{ш}}{\sqrt{3}} = \frac{0,8}{\sqrt{3}} = 0,46\%. \quad (10)$$

Сумарна методична невизначеність приладу:

$$U_{мет} = \sqrt{\sum_i u_i^2} = \sqrt{u_{nn}^2 + u_{ек}^2 + u_{ш}^2} = \sqrt{1,67} = 1,29\%. \quad (11)$$

Сумарна невизначеність розробленого пристрою становить:

$$U = U_{інст} + U_{мет} = 1,01 + 1,29 = 2,3\%.$$

ВИСНОВКИ

Проведено дослідження впливу різних факторів на процес контролю якості паяльних матеріалів, на основі якого розроблено схему нагромадження сумарної стандартної невизначеності, розраховано її значення, яке становить $2,3\%$, що дає підстави стверджувати про доцільність розробки пристрою та достовірність отриманих результатів контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М.: Химия. – 1974. – 416 с.
- [2] Кісіль І.С. Метрологія, точність і надійність засобів вимірювань. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / І.С. Кісіль. – Івано-Франківськ: Вид-во “Факел”. – 2002. – 400 с.
- [3] Захаров І.П. Теория неопределенности в измерениях. Учеб. пос. / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш. – Харьков, Консум. – 2002. – 256 с.
- [4] Новицький П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицький, И.А. Зограф. – Л.: Электроатомиздат. – 1991. – 302 с.