

## **ОПЕРАТИВНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНИХ ПРИБОРІВ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ**

### **Вступ**

Програмно-апаратні комплекси для дослідження технологій синтезу металокомпозиту [1] і наноструктурних композиційних матеріалів [2] в частині керування енерговиділенням електротермічних пристроїв відносяться до техніки керування і регулювання температури з використанням електричних засобів, зокрема до способів програмного керування температурою об'єкта по заданій програмі. Інтенсивності енерговиділення в таких програмно керуємих електротермічних пристроях, як нагрівачі підкладок для вакуумної конденсації матеріалів, вакуумні випарники матеріалів, анемометричні вимірювачі, нагрівачі транспортуючого газу і приповерхневих шарів металевої стрічки перед інжекцією в її поверхню мікрочастинок, тощо, є технологічними факторами, що визначають як саму можливість, так і продуктивність процесу синтезу композиційних матеріалів.

### **Аналіз публікацій**

Для керування виділенням теплової енергії електротермічними пристроями зі зворотнім зв'язком по температурі, що відслідковується, використовуються регулювання параметрів імпульсів силової напруги (амплітуда, тривалість, форма) і їхніх послідовностей (модуляція скважності), в колі змінного струму – регулювання кута вмикання напруги, в колі сталого струму – регулювання напруги [3]. В певній групі автоматичних регуляторів температури роль термочутливого елемента електротермічного пристрою виконує безпосередньо сам нагрівальний елемент, електричний опір якого вимірюють між циклами подачі на нього потужності [4]. До недоліків електронних регуляторів відносяться крім необхідності вимикання подачі потужності до нагрівального елемента на час виміру його електричного опору (для деяких) ще й низька гнучкість відносно оперативних формування змінного в часі

режиму керування і реєстрації звітної інформації, що відстежувала б енерговиділення.

Для відстежування енерговиділення доцільно визначення сукупності максимально швидко і порівняно просто вимірюваних з використанням сучасних периферійних комп'ютерних пристроїв параметрів, які б характеризували миттєвий стан пристрою, що діагностується. В основу розроблюваного напрямку програмного визначення стану електротермічних пристроїв програмно-апаратного комплексу в процесі їх функціонування укладений принцип сполучення у часі трьох операцій – керування нагріванням, визначення величин термозалежного опору нагрівача і розсіюваної ним теплової потужності.

### **Постановка задачі**

Необхідність забезпечення оперативності комп'ютерних діагностики стану і керування енерговиділенням електротермічних пристроїв розроблюваних програмно-апаратних дослідницьких комплексів для дослідження і порівняння продуктивностей синтезу металокомпозиту в різних енергетичних умовах приводить до постановки задачі про визначення сукупності параметрів, які б вичерпно характеризували миттєвий стан електротермічного пристрою в довільний момент часу, а також сукупності комфортно комп'ютерно вимірюваних інформативних факторів для плинного розрахунку на їх основі визначених параметрів.

### **Основна частина**

*Керування станом електротермічних пристроїв змінами електрорушійної сили джерела живлення*

Розроблювані програмно-апаратні комплекси [1,2] в частині керування енерговиділенням електротермічних пристроїв включають цифро-аналогові (ЦАП) і погоджувальні перетворювачі. Вимірювані електричні сигнали вводяться в комп'ютер через погоджувальні і аналого-цифрові (АЦП) перетворювачі і використовуються для оперативної комп'ютерної корекції енерговиділення згідно з запрограмованим термічним режимом, а також для фіксації залежностей від часу як цих величин, так і технологічних характеристик нагрівача, ними зумовлених.

Виходячи з відтворення в електричному ланцюзі електротермічного пристрою з високою точністю величини електрорушійної сили (ЕРС), яка встановлюється і регулюється сигналом сучасного ЦАП, що керується програмно через комп'ютер, використовуємо її як визначальну для всіх технологічних характеристик цього пристрою у вже сталих (урівноважених) його станах. Вважатимемо, що зміна величини ЕРС приводить після протікання перехідних процесів до нового рівноважного стану термічного пристрою з новим комплексом значень його характеристик, а також відтворенню цього комплексу характеристик при поверненнях до відповідного значення ЕРС. Припустимо також сталість електричного опору при змінах значень ЕРС тієї частини кола живлення електротермічного пристрою, що істотно не нагрівається.

У випадку забезпечення сталої ЕРС, що діє в замкненому колі послідовно з'єднаних  $R_T$  (електричний опір електротермічного пристрою) і  $r$  (внутрішній опір джерела живлення), повна виділювана на них потужність  $P$  (Рис. 1, лінія 2) обернено пропорційна сумі цих опорів, а коефіцієнт корисної дії  $\eta$  (ККД), що характеризує частку перетворення повної потужності  $P$  в теплову потужність  $P_T$ , виділювану на опорі  $R_T$  електротермічного пристрою, нелінійно (Рис. 1, лінія 1) залежить від відношення опорів  $R_T/r$ . Це приводить до формування максимуму (що відповідає умові  $R_T = r$ ) у залежності величини потужності  $P_T$  (Рис. 1, лінія 3) від відношення  $R_T/r$ .

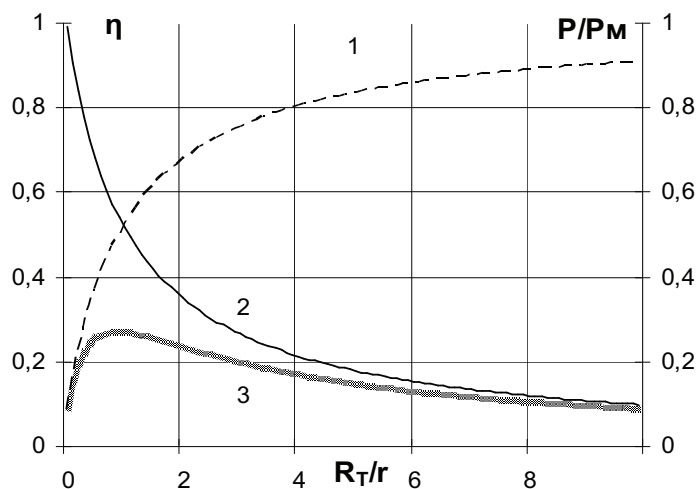


Рисунок 1 - Коефіцієнт корисної дії (1) і характер зміни повної (2) і корисної (3) потужностей (у відносних координатах, розраховані для

певних значень ЕРС і  $r$ ) в колі електронагрівача в залежності від параметру  $R_T/r$

На Рис. 2 наведені розрахункові залежності гріючих (лінії 7-15) і розсіюваних однаковими по формі стрічковими електронагрівачами різного електричного опору (лінії 1-6) потужностей  $P$  (нормованих на максимальну), від відношення  $\frac{R_T}{r}$ . Лінії 1-6 відповідають наступній добірці значень відношення  $\frac{R_0}{r}$ : 1 – 0,034, 2 – 0,075, 3 – 0,15, 4 – 0,3, 5 – 0,5, 6 – 0,75, де  $R_0$  – величина опору електронагрівника при початковій температурі (до першого вмикання струму). Цифрами 7-15 помічені залежності від відношення  $\frac{R_T}{r}$  величин гріючих потужностей  $P$  (нормованих на максимальну), що відповідають зменшенню електрорушійної сили  $E$  джерела живлення з кроком 1 В, починаючи з максимальної  $E = 11$  В (лінія 7). електронагрівник

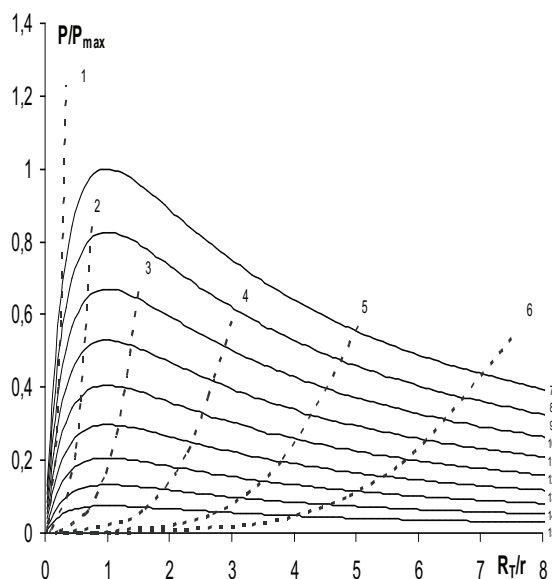


Рисунок 2 - Залежності гріючих (лінії 7-15) і розсіюваних однаковими по формі стрічковими електронагрівачами різного електричного опору (лінії 1-6) потужностей  $P$  (нормованих на максимальну), від відношення  $\frac{R_T}{r}$ ;

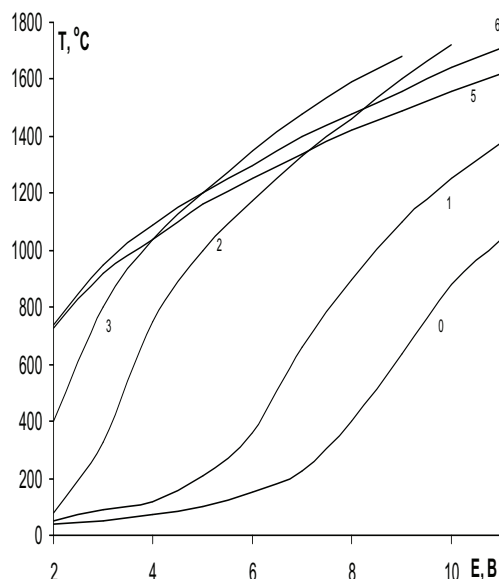


Рисунок 3 - Усталена температура електронагрівника в залежності від величини ЕРС для ряду значень параметру  $\frac{R_0}{r}$  (0 – 0,025, 1 – 0,034, 2 – 0,075, 3 – 0,15, 5 – 0,5, 6 – 0,75).

Графіки, наведені на Рис.2, ілюструють розрахункові залежності теплової потужності, що відводиться переважно випромінюванням в стабілізованих станах стрічковими електронагрівачами з одного матеріалу, які мають майже всі геометричні розміри однаковими і різняться тільки за товщинами. У зазначених умовах варіації товщин нагрівачів визначають варіації початкових (до початку нагрівання) величин їхніх опорів  $R_0$  і відповідних стартових величин параметра  $\frac{R_0}{r}$ .

Миттєвий стан електронагрівника в довільний момент часу вичерпно характеризується точкою на полі графіка Рис. 2 у координатах відносної теплової потужності і відношення його опору  $R_T$  до внутрішнього опору  $r$  джерела живлення.

З огляду на те, що у вакуумі тепла потужність розсіюється з електронагрівника переважно випромінюванням з поверхні (визначається законом Стефана-Больцмана з урахуванням селективності поглинальної здатності матеріалу) і тепловідводом через контакти (визначається законом теплопровідності Фур'є), залежність теплової потужності, що розсіюється тим самим нагрівачем у незмінному навколишньому оточенні в стабілізованих станах є однозначною функцією температури. Вид цієї функції в загальному випадку залежить як від конструктивних особливостей активного елемента електронагрівника (товщина, площа поверхні, форма) так і від його оточення в реакційній камері (наявність, конфігурація і теплофізичні властивості теплоізоляції, розташування, температури і конфігурації інших термічних елементів, тощо).

З наведених на Рис. 2 і Рис. 3 залежностей випливає, що саме відношення вихідної величини термозалежного опору електронагрівника до внутрішнього опору джерела живлення є ключовим параметром, який визначає (для кожної пари джерело струму – конструкція електротермічного пристрою) як діапазон можливих величин енерговиділення, так і, як наслідок, діапазон досяжних температур. Узгодженням величин початкового опору ( $R_0$ ) електронагрівника і внутрішнього опору ( $r$ ) джерела живлення можливе керування діапазоном енерговиділення і його оптимізація.

Практичне користування параметром  $\frac{R_T}{r}$  ускладнюється необхідністю визначення незалежними попередніми вимірами чисельних значень початкового опору електронагрівника і внутрішнього опору джерела живлення для розрахунку відношення  $\frac{R_0}{r}$ , а також відслідковування в процесі експлуатації електротермічного пристрою чисельних значень плинної температури електронагрівника, яка (з урахуванням температурної залежності опору матеріалу його активного елемента) необхідна для визначення відношення плинних значень опору електронагрівника до внутрішнього опору джерела живлення.

У зв'язку із вищенаведеним була поставлена задача спрощення визначення миттєвих значень відношення опору електронагрівника до внутрішнього опору джерела живлення через усунення необхідності використання в розрахунках результатів незалежних попередніх вимірів іншими приладами чисельних значень початкового опору  $R_0$  електронагрівника, внутрішнього опору  $r$  джерела живлення і плинних чисельних значень температури електронагрівника.

*Інформативні фактори для визначення стану електротермічного пристрою*

Розглянемо, які параметри електричного кола з електротермічним пристроєм доцільно і перспективно використовувати в якості первинних інформативних факторів для подальшого вимірювання, введення в комп'ютер через погоджувальні і аналого-цифрові перетворювачі, реєстрації і програмного визначення з них термічного стану цього пристрою.

Відомо [5], що метод регресійного аналізу може бути ефективно використаний для моделювання критеріальних характеристик будь-яких багатофакторних технічних систем, якщо зміна значень факторів, що визначають стан системи, відбувається одночасно. Вдається перспективним розповсюдження цього методу індивідуально на кожний з енерговиділяючих пристроїв програмно-апаратного комплексу.

Відповідно до методу регресійного аналізу стан технічної системи характеризується числовим значенням параметра оптимізації  $Y$ , що

залежить від факторів  $X_i$ ,  $i = 1, 2 \dots n$ , де  $n$  – номер фактора. Безліч можливих станів факторів і їхніх значень визначає безліч станів технічної системи [5].

У наближенні активного характеру електричного опору резистивного нагрівача енерговиділення в ньому визначається взаємозалежними миттєвими величинами струму і прикладені напруги. У зв'язку з цим інформативними факторами, що визначають інтенсивність енерговиділення в резистивному нагрівачеві, можуть бути обрані величини прикладеної до нього електричної напруги  $U_T$  а також електричної напруги  $U_n$  послідовного з'єднання термостабілізованого резистора і нагрівача, що вводяться в керуючий нагрівачем комп'ютер через погоджувальні і аналого-цифрові перетворювачі.

У розглянутому випадку параметр  $Y_T$  – шуканий критерій технологічної ефективності енерговиділення в резистивному нагрівачеві, обумовлений у межах області існування функції  $Y_T(U_T, U_n)$  співвідношенням:

$$Y_T(U_T, U_n) = b_0 + b_1 U_T + b_2 U_n + b_{12} U_T U_n. \quad (1)$$

Коефіцієнти регресії  $b_0, b_1, b_2$  і  $b_{12}$  можливо визначити із системи рівнянь, виходячи з критерію мінімізації суми квадратів різниць між експериментально встановленими значеннями параметра  $Y_T$  і модельним значенням  $Y_T \text{ mod}$  у всіх експериментальних точках  $j = 1, 2, 3 \dots N$ , де  $N$  – кількість дослідів [5].

Функція  $Y_T(t)$  може бути використана в якості сигналу зворотнього зв'язку для корекції в реальному масштабі часу комп'ютерного керування нагрівачем з метою забезпечення попередньо заданого змінного в часі режиму енерговиділення електротермічного пристрою. Підбором опорних температурних точок при проведенні експериментального градування критерію  $Y_T$  технологічної ефективності енерговиділення в резистивному нагрівачеві можливо і доцільно надати зміст термодинамічної температури [6]. В цьому випадку функція  $Y_T(t)$  наповниться змістом залежності миттєвої температури нагрівача електротермічного пристрою від часу і може бути використана в



якості сигналу зворотнього зв'язку для корекції в реальному масштабі часу керуючого комп'ютерного сигналу з метою забезпечення попередньо заданого змінного в часі теплового режиму нагрівача.

Стан електротермічного пристрою і його оперативне програмне визначення

Для оперативного визначення стану електротермічного пристрою, який може бути, як зазначено вище, вичерпно охарактеризований сукупністю відносної потужності і відношення опору електронагрівника до внутрішнього опору джерела живлення (Рис. 2), було розроблено спосіб його програмного визначення [7], який включає комп'ютерне керування електрорушійною силою джерела живлення і базується на одночасних вимірах напруг  $U_T$  на електронагрівникові і  $U_n$  на послідовному його з'єднанні з термостабілізованим електричним опором. Програмне визначення стану електронагрівника може бути здійснено згідно з розробленим способом у такій послідовності. Після вмикання джерела живлення і стабілізації температури електронагрівника в режимі з коефіцієнтом корисної дії, що не перевищує 0,5, перемиканням збільшують електрорушійну силу, реєструють вимірні значення  $U_{T_0}$  і  $U_{n_0}$  відразу після перемикання, вибирають значення  $U_{T_1}$  і  $U_{n_1}$  в режимі з коефіцієнтом корисної дії, що не нижче за 0,5, які задовольняють умові

$$\frac{U_{T_0} (U_{n_0} - U_{T_0})}{U_{T_1} (U_{n_1} - U_{T_1})} = 1 \quad (2)$$

розраховують параметр

$$\alpha = \sqrt{\frac{(U_{n_1} - U_{T_1}) \cdot (U_{n_0} - U_{T_0})}{U_{T_0} \cdot U_{T_1}}} \quad (3)$$

і визначають стан електронагрівника для будь якого  $i$ -го моменту часу сукупністю відносного опору  $\frac{R_i}{r}$  і відносної теплової потужності  $\frac{P_i}{P_{T_1}}$ , які програмно розраховуються по формулах



$$\frac{R_i}{r} = \frac{\alpha \cdot U_{T_i}}{U_{n_i} - U_{T_i}} \quad \text{і} \quad \frac{P_i}{P_{T_1}} = \frac{U_{T_i} (U_{n_i} - U_{T_i})}{U_{T_1} (U_{n_1} - U_{T_1})} \quad (4)$$

де  $R_i$  – невідомий опір електронагрівника, що відповідає миттєвим значенням вимірюваних напруг  $U_{T_i}$  і  $U_{n_i}$ , а  $r$  – невідомий внутрішній опір джерела живлення.

З використанням співвідношень (4) по точках стаціонарного теплорозсіяння з електронагрівника, зафіксованих при різних значеннях електрорушійної сили джерела живлення, встановлюється залежність розсіюваної досліджуваним нагрівачем теплової потужності від параметру  $\frac{R}{r}$  і формулюються висновки щодо можливості і шляхів її оптимізації.

*Трансформації діапазону опору електротермічного пристрою при багатократних використаннях і їх програмне визначення*

Але відсутність моніторингу впливу на властивості активного елемента електронагрівника зміни кількості матеріалу, що гріє, або зміни його теплофізичних характеристик в процесі експлуатації при багатократних використаннях може перешкоджати досягненню зазначеного вище результату. Такі зміни властивостей активного елемента електронагрівника в процесі експлуатації проявляються під впливом, наприклад, рекристалізації в результаті дії температури, і можуть мати наслідком значну похибку визначення температури на основі температурної залежності опору матеріалу активного елемента.

З метою розв’язання цієї проблеми було розроблено спосіб програмного контролю трансформації діапазону опору вакуумного випарника при багатократних використаннях [8], що також базується на комп’ютерному керуванні ЕРС джерела живлення із сталим внутрішнім опором і на реєстрації в послідовні моменти часу одночасно виміряних напруг  $U_T$  і  $U_n$ .

Пропонований спосіб програмного контролю трансформації діапазону опору вакуумного випарника при багатократних використаннях може бути здійснено у такій послідовності. При кожному використанні випарника з початковою температурою  $T_0$  його активного елемента вмикають джерело живлення і одночасно вимірюють напруги  $U_{T_0}$  і  $U_{n_0}$  в момент вмикання, а також напруги

$U_{Ti}$  і  $U_{ni}$  в наступні послідовні моменти часу, визначають плинні температури за формулою

$$T_i = T_0 \frac{U_{Ti} (U_{n_0} - U_{T_0})}{U_{T_0} (U_{ni} - U_{Ti})} \quad (5)$$

фіксують температуру переходу через максимум добутку  $U_{Ti} (U_{ni} - U_{Ti})$  і визначають відносну зміну опору активного елемента для кожної температури при послідовних його використаннях відношенням відповідних їм зафіксованих температур.

Відслідковування відносної зміни опору активного елемента електронагрівника при багатократних використаннях ґрунтується на порівнянні температур, виміряних в моменти збігу чисельних величин опору активного елемента електронагрівника із сталою величиною внутрішнього опору джерела живлення. При проявах суттєвої нелінійності в залежності опору активного елемента від температури з урахуванням цієї нелінійності аналогічно можуть бути визначені зміни при різних використаннях величини опору активного елемента для початкової температури, а через них встановлені трансформації кожної точки діапазону опору електронагрівника при багатократних використаннях.

Оперативне програмне визначення опору потужного електротермічного пристрою в умовах енергозбереження

Нарощування потужності електротермічного пристрою призводить до розвитку певних негативних тенденцій, які суттєво впливають на ефективність використання наведеного вище способу оперативного програмного визначення стану електротермічного пристрою. До них відноситься низька ефективність використання електричної енергії, зумовлена необхідністю постійного розподілу потужності в процесі вимірів між з'єднаними послідовно в електричному колі термостабілізованим резистором і активним елементом електронагрівника, що обмежує коефіцієнт корисної дії і призводить до необхідності використання для забезпечення вимірів щонайменше в два рази більш потужного джерела живлення ніж достатньо для розігріву усамітненого нагрівача до такого ж термічного стану.

Підвищення ефективності використання електричної енергії джерела живлення електронагрівника було досягнуто за рахунок розведення в часі знаходження в електричному колі усамітнених термостабілізованих резисторів і активного елементу нагрівача зі збереженням оперативності аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворювань величин сигналів, що характеризують стан електронагрівника, і їх використання для комп'ютерної корекції енерговиділення згідно з запрограмованим термічним режимом, а також для фіксації залежностей від часу як цих величин, так і технологічних характеристик нагрівача, ними зумовлених [9].

Величина опору  $R$  активного елементу електротермічного пристрою (або одного з еталонних термостабілізованих опорів) у довільний момент часу може бути вичерпно охарактеризована точкою на поверхні  $R = F(S_{\text{ЦАП}}, S_{\text{АЦП}})$ , приклад графіка якої (для одного з досліджених електротермічних пристроїв) у координатах  $S_{\text{АЦП}}$  і  $S_{\text{ЦАП}}$  величин сигналів аналого-цифрового і цифро-аналогового перетворювачів наведено на Рис. 4б.

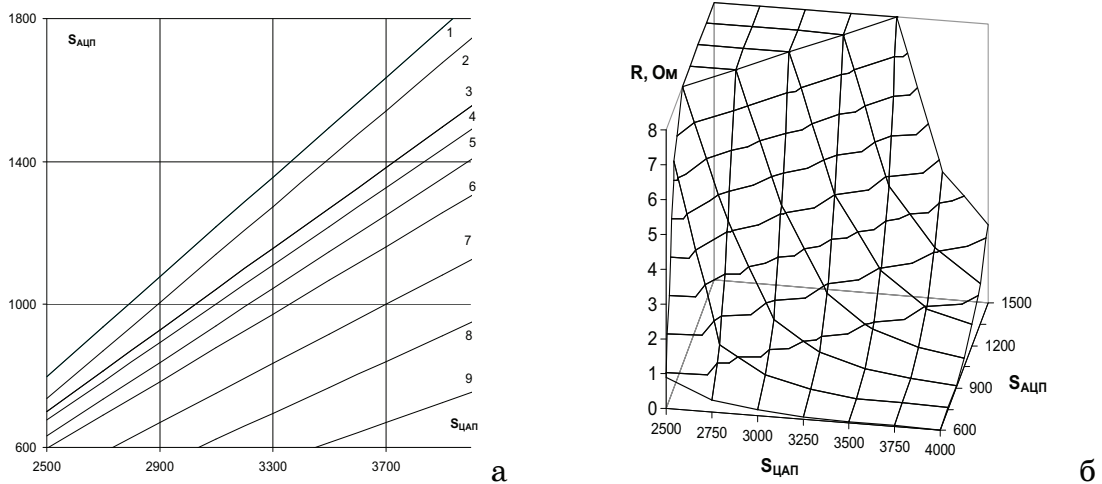


Рисунок 4 - Залежності  $S_{\text{АЦП}} = f(R, S_{\text{ЦАП}})$  для добірки значень калібруючих величин термостабілізованих опорів і побудована на їх основі функція  $R = F(S_{\text{ЦАП}}, S_{\text{АЦП}})$

По сукупності отриманих для еталонних термостабілізованих опорів залежностей  $S_{\text{АЦП}} = f(R, S_{\text{ЦАП}})$  функціональним перетворенням визначалася функція  $R = F(S_{\text{ЦАП}}, S_{\text{АЦП}})$ , яка

використовувалася для подальшого оперативного визначення поточної величини  $R(t)$  по відповідним реєструємим в моменти  $t$  чисельним значенням  $S_{ЦАП}(t)$  і  $S_{АЦП}(t)$ .

На Рис. 4а наведені залежності (лінії 1-9) сигналів  $S_{АЦП}$  з аналого-цифрового перетворювача електричної напруги на опорі для ряду величин термостабілізованих опорів, що покривають одновимірною сіткою діапазон термічної зміни опору електронагрівника, від сигналу  $S_{ЦАП}$  цифро-аналогового перетворювача, який формує (через погоджувальний перетворювач) електрорушійну силу джерела живлення. Лінії 1-9 на Рис. 4а відповідають добірці значень величин термостабілізованих опорів: 1 – 17 Ом, 2 – 4,25 Ом, 3 – 2,83 Ом, 4 – 2,125 Ом, 5 – 1,41 Ом, 6 – 0,9 Ом, 7 – 0,37 Ом, 8 – 0,1 Ом, 9 – 0,05 Ом.

Миттєвий стан опору електронагрівника або встановленого замість нього термостабілізованого опору в довільний момент часу вичерпно характеризується точкою на полі графіка Рис. 4б у координатах величин сигналів  $S_{АЦП}$  і  $S_{ЦАП}$ , а для усталеного стану – точкою, розташованою на поверхні  $R = F(S_{ЦАП}, S_{АЦП})$ , графічно зображеній на Рис. 4б.

### Висновки

Відношення величин термозалежного опору нагрівника електротермічного пристрою і внутрішнього опору джерела живлення визнано визначальним щодо формування діапазону досяжних величин енерговиділення і, як наслідок, діапазону досяжних температур. Запропоновано характеризувати стан електронагрівника сукупністю миттєвих значень цього відношення і відносної потужності енерговиділення.

Сукупність миттєвих значень двох параметрів – електричних напруг ( $U_T$  і  $U_n$ ) на термозалежному опорі електронагрівника і на послідовному його з'єднанні з термостабілізованим (еталонним) опором – виділена в якості комфортно комп'ютерно реєструємих інформативних факторів для плинного програмного визначення з них стану електротермічного пристрою.

Встановлено можливість і розроблено способи програмного визначення стану електронагрівника електротермічного пристрою і програмного контролю трансформації діапазону опору електронагрівника при багатократних використаннях виключно на основі комп’ютерного керування ЕРС джерела живлення і реєстрації в послідовні моменти часу одночасно виміряних напруг і .

Для забезпечення в умовах енергозбереження оперативності програмного визначення опору нагрівника потужного електротермічного пристрою на рівні швидкостей аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворювань запропоновано розведення в часі знаходження в електричному колі усамітнених термостабілізованих резисторів і потужного нагрівника.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Денисенко А.И., Калинушкин Е.П. Система автоматизации установки инжекционного формирования металлокомпозита // Матеріали XIV Міжнародної конференції з автоматичного управління (Автоматика-2007). – Ч.1., Севастополь, 2007, СНУЯЄтаП, – С.136-138.
2. Денисенко О.І., Денисенко С.О. Особливості і діагностичні критерії енерговиділення забезпечуючих пристроїв при синтезі наноструктур // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. - Кривий Ріг, Видавничий відділ НМетАУ, 2006, - Т.2, С.211-215.
3. Денисенко А.И., Денисенко С.А. К управлению греющей мощностью термических устройств для вакуумного синтеза наноструктур // Зб. праць II Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні наукові дослідження – ‘2006”.-Т. 16.-С. 8-12.
4. Ермачков В.В. Способ регулирования температуры электронагревательных приборов // Пат. РФ 2225993. - кл. G 05 D 23/24 (приоритет от 13.02.2002).
5. Яганов П.О., Шварц Ю.М. Регресійний аналіз для калібрування датчиків температури на основі р-п переходу // Доповіді X Міжнародної конференції з фізики і технології тонких плівок (МКФТТП-Х), 2005, Україна ([http://www.pu.if.ua/inst/phys\\_che/Start/conference/42.htm](http://www.pu.if.ua/inst/phys_che/Start/conference/42.htm)).
6. Яганов П.О., Шварц Ю.М. Градування сенсорів температури на основі р-п переходу // Доповіді X Міжнародної конференції з фізики і технології тонких плівок (МКФТТП-Х), 2005, Івано-Франківськ, Україна ([http://www.pu.if.ua/inst/phys\\_che/Start/conference/42.htm](http://www.pu.if.ua/inst/phys_che/Start/conference/42.htm)).
7. Денисенко О.І., Денисенко С.О., Калинушкин Е.П. Спосіб програмного визначення стану електронагрівача // Заявка на патент України № 200604660 (Приоритет від 15.05.2006).
8. Денисенко О.І., Денисенко С.О., Калинушкин Е.П. Спосіб програмного контролю трансформації діапазону опору вакуумного

випарника // Заявка на патент України № 200604659 (Приоритет від 15.05.2006).

9. Денисенко О.І. Спосіб програмного визначення стану електронагрівача // Заявка на корисну модель України № 200708443 (Приоритет від 23.07.2007).

Получено 21.12.2007 г.