

МЕТОДИ ТА ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

УДК. 537.226+ 539

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ МАГНІТООБРОБЛЕНИХ ВОДНО-ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

© Пістун Є.П., 2001

Національний університет "Львівська політехніка"

© Буняк О.А., 2001

Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя

Проводиться обґрунтування вибору методики дослідження діелектричної проникності водно-дисперсних систем оброблених електромагнітним полем. Встановлено, що одним із основних параметрів, по якому можна оцінювати взаємодію речовини з електромагнітним полем, є діелектрична проникність. Використовуючи узагальнену модель "чорної скриньки", побудований граф, що ілюструє процес впливу електромагнітного поля на водно-дисперсну систему. Встановлено, що діелектрична проникність для ємнісних комірок залежить від заряду, обумовленого властивостями дослідної рідини.

Вибір вимірних параметрів оброблених електромагнітним полем водно-дисперсних систем (в.д.с.) визначається на основі аналізу матеріальних рівнянь, що описують реакцію дослідного середовища цих систем на зовнішній вплив. Матеріальне рівняння можна представити в найбільш узагальненій формі як модель багатополюсної "чорної скриньки" з n -входами та m -виходами, що в матричному записі виглядатиме як [1]:

$x = x(t) \equiv \{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ – матриця-стовпчик $(n+1) \times 1$, є вектор станів в.д.с.;

$u = u(t) \equiv \{u_0, u_1, \dots, u_m\}$ – матриця-стовпчик $k \times 1$, є вектор впливу на в.д.с. (вектор збурення);

$\mu = \mu(t) \equiv \{\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_m\}$ – матриця-стовпчик $(m+1) \times 1$, є узагальнене сприйняття, що відповідає зміні фізичних властивостей в.д.с

Відповідно, в диференціальному вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= f(x, u) \equiv \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \mu} \\ \frac{d\mu}{dt} &= -q \cdot \frac{\partial f}{\partial x} \equiv \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial x} \\ \mathcal{H}(\mu, x, u) &\equiv \mu \cdot f \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де перше рівняння системи характеризує стан в.д.с.; друге – рівняння сприйняття в.д.с.; третє – гамільтоніан в.д.с.; t - незалежна змінна.

У наближеному варіанті, при малих збуреннях зі сторони електромагнітного поля, ця система рівнянь описується таким узагальненим гамільтоніаном [2]:

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_0 + \mathcal{U}, \quad (2)$$

де $\mathcal{U} = -\mathcal{E} \cdot F$ - оператор збурення; \mathcal{E} - оператор фізичної величини дослідного розчину; F – узагальнена сила, що вироблена вектором збурення на вході "чорної скриньки"; \mathcal{H}_0 – гамільтоніан незбуреної системи.

При наявності збурення відмінного від нуля середнє значення \mathcal{E} може бути представлене у вигляді:

$$\langle \mathcal{E} \rangle = \mu \cdot F, \quad (3)$$

де μ - узагальнене сприйняття.

З врахуванням значення \mathcal{U} , рівнянь (2) та (3), можна записати, що

$$\langle \mathcal{E} \rangle = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial F}, \quad \text{тоді} \quad \mu = -\frac{1}{F} \cdot \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial F}. \quad (4)$$

Це рівняння описує у загальному вигляді зміну фізичних властивостей в.д.с. через узагальнене

сприйняття μ , яке характеризується відношенням між зовнішнім впливом F і зміною його внутрішнього стану \mathcal{H} .

У зовнішньому електромагнітному полі на електричні заряди частинок речовини діють сили, які викликають їх зміщення від положення рівноваги, або деформацію. Діюче в речовині поле складається із зовнішнього поля та поля, що створене власними зарядами частинок в.д.с. При цьому енергія речовини, що описується її гамільтоніаном, є єдиним джерелом знання про властивості речовини. Формування знання про речовину в “енергетичному” представленні пов’язане з диференціюванням енергій, що може бути проілюстровано графом на рис. 1.

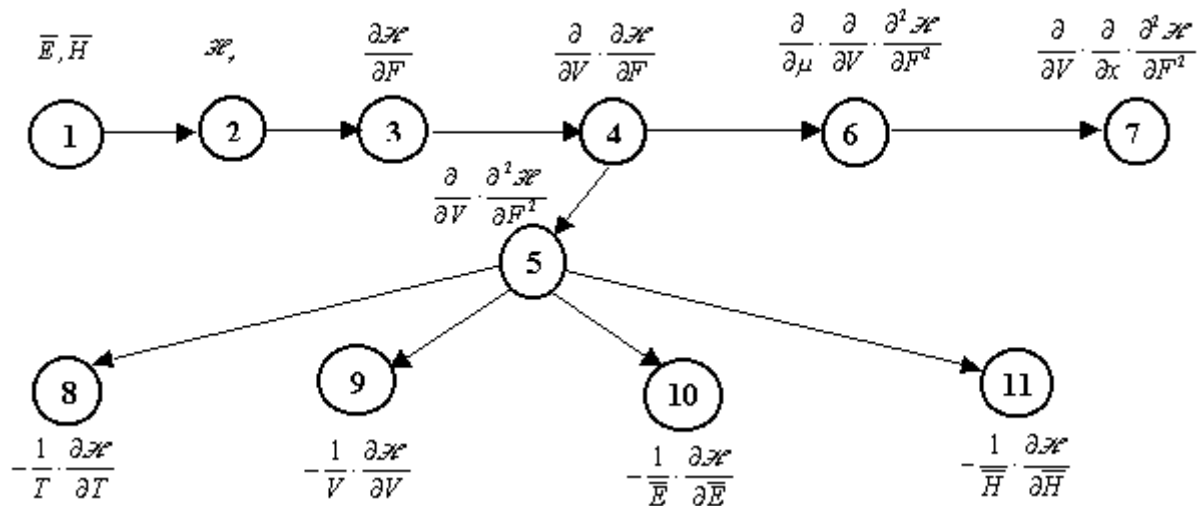
Ілюстрація процесу впливу електромагнітної енергії на в.д.с. (рис.1) показує, що узагальнене сприйняття є кількісною мірою взаємодії речовини з відповідним полем збурення. Це узгоджується з практичними дослідженнями мікроскопічних

властивостей в.д.с., з яких видно, що взаємодія речовини з електромагнітним полем має електромагнітну природу [3,4].

Виходячи із цього, можна стверджувати, що одним із основних параметрів кількісного вимірювання взаємодії речовини з електромагнітним полем є діелектричне сприйняття μ_e (діелектрична проникність ϵ), які описуються формулами [5]:

$$\mu_e = \frac{P}{\epsilon_0 \cdot E}, \quad \epsilon = \frac{D}{\epsilon_0 \cdot E}, \quad \mu_e = \epsilon - 1, \quad (5)$$

де ϵ_0 – діелектрична постійна; E – напруженість електричного поля; P – так звана поляризованість, або вектор поляризації – величина, що є сумарним електричним моментом речовини, поділений на його об’єм, тобто $P = M/V$.



1 – енергія електромагнітного поля; 2 – незбурений гамільтоніан; 3 – відгук на збурення; 4 – питомий відгук; 5 – властивості речовини; 6 – параметр молекулярної структури; 7 – склад в.д.с; 8 – теплоємність

$C = \frac{S}{T} = -\frac{1}{T} \cdot \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial T}$, де $S = -\frac{\partial \mathcal{H}}{\partial T}$ – ентропія; 9 – пружність речовини $\xi = -\frac{1}{V} \cdot \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial V}$, де V – об’єм речовини;

10 – діелектричне сприйняття $\mu_e = -\frac{1}{E} \cdot \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial E}$, де E – напруженість електричного поля; 11 – магнітне

сприйняття $\mu_m = -\frac{1}{H} \cdot \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial H}$, де H – напруженість магнітного поля

Рис.1. Граф, що ілюструє процес впливу електромагнітної хвилі на в.д.с.

Практичний розв’язок системи рівнянь (1) зводиться до подавання на вхід “чорної скриньки” (тобто речовини) “пробного” електричного поля E , а на виході одержують відгук речовини у вигляді

поляризації P , або у вигляді індукції D . Коефіцієнт пропорційності μ_e у матеріальному рівнянні (5) має суть функції електромагнітного відгуку і містить всю інформацію про електромагнітну структуру та

склад речовини.

Із багатьох методів, що використовуються для вимірювання діелектричної проникності, найбільш досконалий метод відносного виміру, в якому використовують таку залежність [6,7]:

$$\varepsilon = \left(\frac{k_x}{k_0}\right)^2 \cdot \left(\frac{\omega_0}{\omega_x}\right)^2, \quad (6)$$

де k_x та k_0 – хвильові числа, що відповідають поширенню хвилі в рідині та у вакуумі; ω_0 та ω_x – кутові частоти електромагнітного поля у вакуумі та в середовищі.

При рівності хвильових чисел вираз (6) приймає вигляд:

$$\varepsilon = \left(\frac{\omega_0}{\omega_x}\right)^2. \quad (7)$$

Для ємнісних комірок:

$$\varepsilon = C_x / C_0, \quad (8)$$

де C_0 і C_x – ємності заповненої дослідною рідиною та вакуумної комірки.

Дослідимо на коливному контурі (рис.2) як впливає величина ε дослідної в.д.с. на параметри контуру.

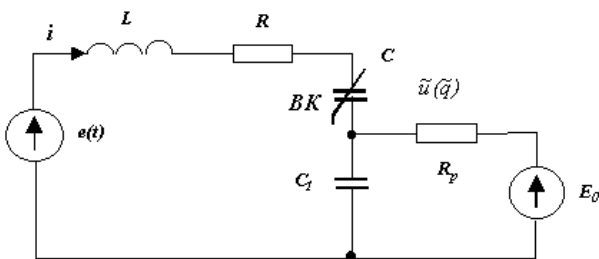


Рис.2. Принципова схема коливного контуру з вимірною коміркою та ланцюгом зміщення.

На рис. 2 R і L разом із вимірною коміркою (ВК) і ємністю C утворюють коливний контур, а E_0 , опір R_p і ємність C_1 – ланцюг зміщення.

Миттєве значення напруги в контурі можна

$$\ddot{q}_x + \tilde{q}_x = \frac{\Omega_0 \cdot \gamma_0}{\tau^2 \cdot Q_c} \cos \omega_0 t - \frac{\gamma_0}{\tau} \cdot \dot{q}_x + \left(1 + \frac{1}{\tau^2}\right) \cdot \tilde{q}_x + \frac{k \cdot Q_c}{\omega_0^2 \cdot L \cdot \tau^2} \cdot \tilde{q}_x^2 \quad (12)$$

де $\Omega_0 = E_m / \omega_0 \cdot R$; $\gamma_0 = R / \omega_0 \cdot L$ – коефіцієнт затухання; $\tau = \omega_x / \omega_0$; $\dot{q}_x = \frac{dq_x}{d(\omega_0 \cdot t)}$; $\tilde{q}_x = \frac{\tilde{q}}{Q_c}$; k – конструк-

записати у вигляді суми постійного зміщення E_0 , що визначає робочу точку, та змінної складової \tilde{u} , тобто $u = E_0 + \tilde{u}$; відповідно і заряд на ВК можна представити у вигляді $q = q_0 + \tilde{q}$, де q_0 – постійний заряд, що визначається положенням робочої точки; \tilde{q} – змінна складова.

При наявності дослідної рідини в комірці заряд на ВК стане рівним $q = q_0 + \tilde{q} + q_x$, де q_x – заряд обумовлений дослідною рідиною.

Врахувавши останні залежності, та те, що напруги для обох випадків однакові, значення ємностей запишуться так:

$$C_0 = \frac{d(q_0 + \tilde{q})}{d(E_0 + \tilde{u})}, \quad C_x = \frac{d(q_0 + \tilde{q} + q_x)}{d(E_0 + \tilde{u})}, \quad (9)$$

де C_0 , C_x – відповідно ємність ВК без і з наявністю дослідної рідини. Підставивши C_0 та C_x у формулу (8), остаточно одержимо, що

$$\varepsilon = 1 + \frac{d(q_x)}{d(q_0 + \tilde{q})}. \quad (10)$$

З формули (10) видно, що діелектрична проникність ε при постійних значеннях E_0 та \tilde{u} залежить тільки від заряду, обумовленого дослідною рідиною.

Основне диференціальне рівняння схеми (рис.2) запишеться у наступному вигляді:

$$L \frac{di}{dt} + R \cdot i + \tilde{u} = e(t), \quad (11)$$

де $e(t) = E_m \sin \omega_0 t$.

Якщо допустити, що заряд, обумовлений дослідною рідиною, рівний $q_x = \tilde{q}_x + q_{x_0}$, де \tilde{q}_x – змінна складова заряду $q_x = Q_{mx} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_x)$; Q_{mx} , та φ_x – амплітуда та фаза заряду; q_{x_0} – постійна складова заряду, то рівняння (11) відносно змінної складової заряду на ВК запишеться у вигляді [8]:

тивні дані ВК; Q_c – амплітуда заряду на ВК, яка одержується при зміщенні E_0 і амплітуді E_m .

Використавши метод Рунге-Кутта та

математичний пакет MathCad 2000 з'ясуємо, як впливає змінна складова заряду \tilde{q}_x (а це, в свою чергу, діелектрична проникність) на параметри коливного контуру. Прийняті вихідні дані для розв'язку рівняння (12) наступні: $E_m = 10\text{В}$, $R = 1.7\text{ Ом}$, $L = 0.0214 \cdot 10^{-6}\text{ Гн}$, $C = 20 \cdot 10^{-12}\text{ Ф}$, $K = 2.1$, $E_0 = 5\text{ В}$, $Q_c = 3 \cdot 10^{-10}\text{ К}$.

З графіка (рис.3) видно, що максимальне значення заряду \tilde{q}_x на вимірній комірниці, обумовленого дослідною рідиною, спостерігається на резонансній частоті контуру $f_0 = 2.433 \cdot 10^8\text{ Гц}$: \tilde{q}_x . Враховуючи це, можна стверджувати, що дослідна рідина на даній частоті вносить чисто активну складову коливному контуру ($\varphi_x = 0$). На частотах відмінних від резонансної цей заряд зменшується і рідина вносить в контур реактивну складову.

Подібні дослідження проводились автором роботи [9], де частоту, на якій діелектрична проникність досягає максимального значення, названо критичною, а діелектричну проникність –

високочастотною.

З електромагнітним обробленням в.д.с. заряд, обумовлений дослідною рідиною на вимірній комірниці, рівний:

$$q_{xz} = \tilde{q}_x + q_{x0} + q_{xe}, \quad (13)$$

де q_{xe} – заряд, що виникає на вимірній комірниці внаслідок впливу електромагнітного поля.

У роботі [10] показано, що його значення описується таким співвідношенням:

$$q_{xe} = \frac{12 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot E \cdot a^2}{Z_s}, \quad (14)$$

де $\varepsilon_0 = 8.856 \cdot 10^{-12}\text{ Ф/м}$ – діелектрична постійна; E – напруженість електромагнітного поля; a – радіус молекули дослідної рідини (приймаємо $a = 2\text{ мкм}$); Z_s – заряд насичення дослідної рідини (приймаємо $Z_s = \tilde{q}_x$).

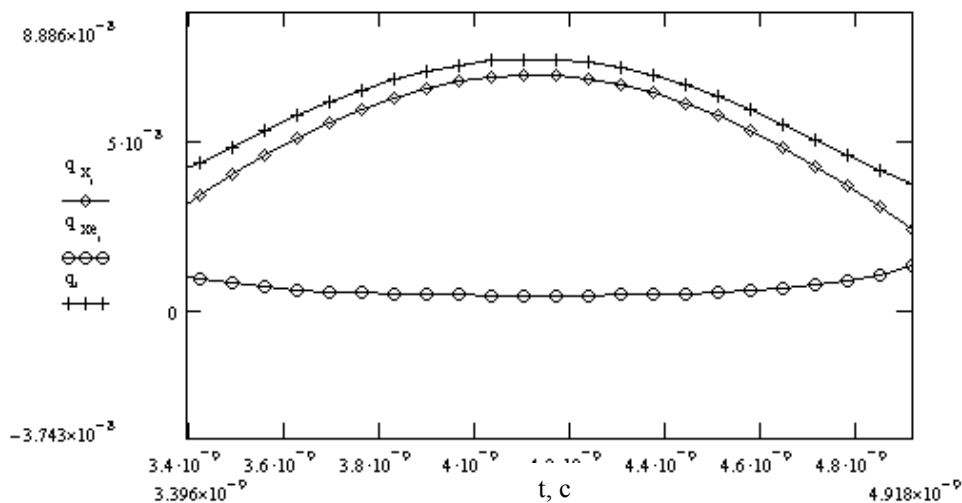


Рис.3. Графік зміни складових заряду на вимірній комірниці в залежності від часу.

З графіка рис.3, де показана змінна заряду на вимірній комірниці (на рисунку q_{xe}), видно, що внаслідок намагнічування дослідної рідини, величина заряду мало змінюється в області частот близьких до резонансної і знаходиться в прямій залежності від величини напруженості електромагнітного поля і насичення дослідної рідини.

Графік (рис.3), де показано результуюче

значення заряду (на рисунку q_i), свідчить, що його форма мало змінюється під впливом електромагнітного оброблення дослідної рідини.

Таким чином, на базі узагальненої моделі “чорної скриньки” складений граф, що ілюструє процес впливу електромагнітного поля на в.д.с. та встановлено, що одним із основних параметрів, по якому можна оцінювати взаємодію речовини з електромагнітним полем, є діелектрична

проникність. Проведені дослідження процесу впливу дослідної рідини на параметри коливного контуру показали, що діелектрична проникність для ємнісних комірок при постійних параметрах живлення залежить тільки від заряду, обумовленого дослідною рідиною.

1. Иванов В.Г., Лезгина М.Л. Детерминация научного поиска. – Л.: Наука, 1978. –205с. 2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, ч.1. – М.: Наука, 1976.-Сер. Теор. физика. –Т.5. –583с. 3. Надь Ш.Д. Диэлькометрия. –М.: Энергия, 1976. – 200с. 4. Най Дж. Физические свойства кристаллов.– М.: Мир, 1976. –385с. 5. Потапов А.А. Современные диэлектрические методы и аппаратура для

исследования макро- и микроскопических свойств веществ. – М.: 1980. –Вып. 3. –54с. 6. Никольский Н.Н. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Наука, 1973. –607с. 7. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. –Киев. Вища школа, 1976. – 432с. 8. Основы инженерной электрофизики, ч II Основы анализа и синтеза электронных цепей //Под.ред.П.А. Ионкина. – М.: Высшая школа, 1972. 9. Эме С. Диэлектрические измерения. М.: Химия, 1967. 10. Soo S.L., Dynamics of charged suspensions, International reviews in aerosol physics and chemistry, vol.2, Pergamon Press, Oxford – New York, 1971, 61-149.

УДК 621.391, 681.372

МЕТОДОЛОГІЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФОРМИ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

© Петришин Л.Б., 2001

Тернопільська академія народного господарства

Наведені результати по узагальненню теоретичних основ ідентифікації стану джерел повідомлень і перетворенню форми інформації в системах контролю якості та діагностики. Обґрунтована доцільність та відображені основні положення кодування повідомлень при переході до базису Галуа із рекурсивним впорядкуванням кодових елементів. Проаналізовано функціональні можливості, визначено ефективність та перспективи впровадження кодування Галуа.

Задача перетворення форми інформації в системах контролю якості та діагностики передбачає реалізацію системних функцій подання даних про стан різноманітних інформаційних джерел повідомлень в цифровій формі. Вона узагальнює в єдину процедуру перетворення фізичних, технологічних чи економічних характеристик процесу в електричний параметр із нормованим діапазоном зміни значень та наступним його аналого-цифровим перетворенням. Оскільки кожен із методів оцифрування сигналів має визначені техніко-економічні показники, то, в залежності від застосованого методу, процес перетворення форми інформації буде здійснюватись із відповідною ефективністю. З метою визначення меж найбільш ефективного застосування тих чи інших методів перетворення форми інформації в комплексі аналізу складових системних функцій постає актуальним завдання визначення типу системи кодування цифрових повідомлень.

Аналіз основних системних складових

процедури перетворення форми та вводу інформації дозволяє виділити наступні функціональні ступені.

На першому етапі перетворення інформації узагальнюються функції безпосереднього зчитування фізичної інформації про об'єкт, її перетворення в електричний сигнал та нормування його значення згідно інформаційної ознаки на фізичному рівні.

На другому етапі первинні перетворювачі класифікуються згідно характеру вихідного електричного сигналу на засоби із дискретним та аналоговим виходом. Дискретні перетворювачі підрозділяються на засоби із безпосередньо кодо-імпульсним виходом та засоби із безпосередньо кодовим зчитуванням. Сигнали із перетворювачів з дискретним виходом, за умови нормування сигналу на фізичному рівні, можуть бути введені в цифрову інфосистему безпосередньо або проміжним функціональним міжбазисним дискретним перетворенням.

Характер формування аналогових сигналів визначає необхідним додаткове підрозбиття функцій