

УДК 681.513.6

## РОЗПОДІЛ ЕМП ПОБЛИЗУ ГАЗОВОГО РОЗРЯДУ ІНДУКОВАНОГО КРАПЛЕЮ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ОЛІЇ

Лобода О.І., к.т.н.,

e-mail: [aleks\\_loboda@mail.ru](mailto:aleks_loboda@mail.ru)

Залеський А.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

**Постановка проблеми.** З метою пояснення видів трендів часових рядів параметрів ГРВ зображень, необхідно створення математичної моделі процесів ГРВ досліджуваного об'єкта.

**Основні матеріали дослідження.** При розгляданні розподілу ЕМП поблизу газового розряду індукованого краплею трансформаторного масла, застосуємо формалізм фізики фрактальних кластерів до газового розряду. В рамках даного формалізму газовий розряд має вигляд фрактального кластера – системи частинок, що мають фрактальні властивості [1...3]. Фрактальна властивість кластера полягає в тому, що даний об'єкт має властивість самоподібності. Вона формулюється наступним чином: якщо поблизу радіуса зайнятого кластером, виділити площу, відносно невеликого обсягу, то до неї потраплять ділянки кластера, що будуть подібними у фізичному розумінні цього слова.

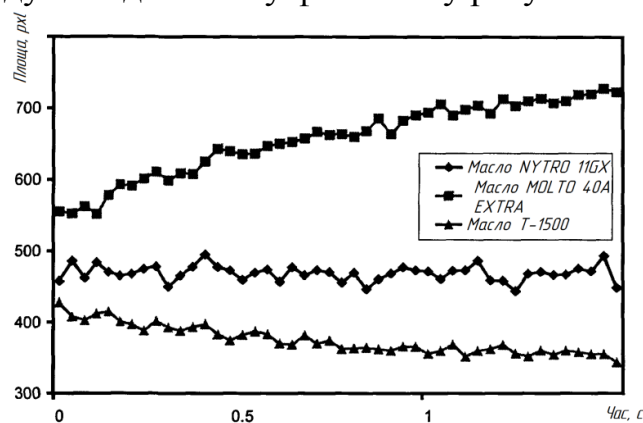


Рисунок 1. Основні види трендів часових рядів параметрів ГРВ рідиннофазних об'єктів на прикладі натуральних олій

Концентрація частинок  $n$  у фрактальному кластері оцінюється співвідношенням

$$n \Rightarrow z^{d\beta - p}, \quad (1)$$

де  $z$  – характерний розмір кластера,

$d\beta$  – фрактальна розмірність кластера і

$p$  – розмірність простору, в якому знаходиться кластер.

Нехай газовий розряд, індукований краплею рідини в ЕМП високої напруженості, має вигляд фрактального кластера. Електромагнітне поле поблизу кластера з внутрішніми координатами  $z$

$$E = E_0 \exp[iq(x-z) - i\omega t], \quad (2)$$

де  $E_0$  – амплітуда електромагнітної хвилі,  
 $q$  і  $\omega$  – її хвильове число і частота відповідно,  
 $x$  – координата простору,  
 $z$  – координата кластера,  
 $t$  – час.

Співвідношення для переміщення кластера за одиницю часу знаходимо у рівняннях, що описують процеси кінетики іонізації об'єкта. Рівняння кінетики іонізації визначається наступним чином [4]

$$\partial_t n_e = D' \Delta n_e + v_i n_e - v_a n_e, \quad (4)$$

де  $n_e$  – концентрація і число іонів у газі,  
 $D$  – коефіцієнт дифузії іонів,  
 $V_i$  – частота іонізації (визначається зовнішнім полем  $E_{\text{зовн}}$ );  
 $v_a$  – частота прилипання.

Електромагнітне поле випромінюючого кластера, таким чином, прийме вигляд

$$E(x,t) = E_0 \exp(iqx - i\omega t - Dq^2 t + \frac{v_i}{p - d_f} t). \quad (5)$$

Таким чином, показано, що ЕМП випромінюючого кластера є функцією від частот іонізації і дифузійних втрат, а також фрактальної розмірності кластера.

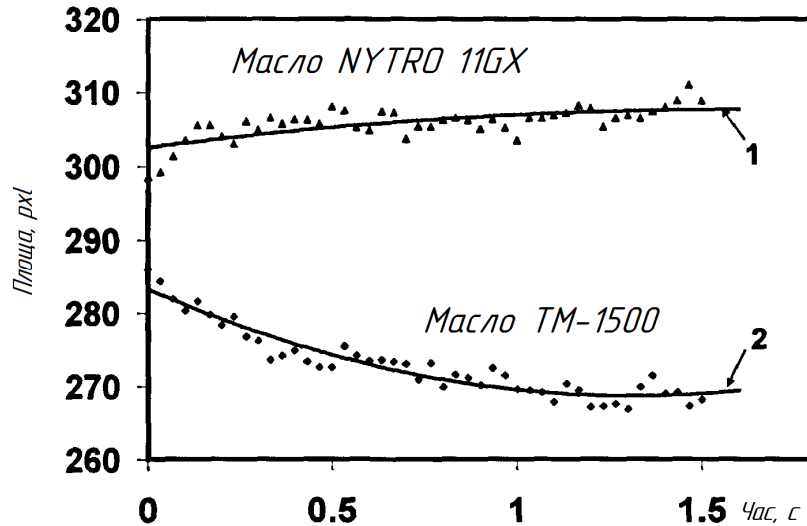
Впливає, що при  $v_i > (p - d_f)v_d$  тренди тимчасових рядів будуть зростаючими, при  $v_i < (p - d_f)v_d$  тренди будуть зменшувальними, а в разі  $v_i \approx (p - d_f)v_d$  – періодичний, квазістаційний вигляд.

Зміна фрактальної розмірності газорозрядного свічення може змінити напрям тренда.

Вираз для ЕМП поблизу краплі рідини показало високу достовірність при аналізі експериментальних даних у вигляді часових рядів параметрів ГРВ зображень з урахуванням відомих фізичних характеристик досліджуваних рідин.

Запропонована математична модель показала високу кореляцію з експериментальними даними. Покажемо це на прикладі описаних вище експериментальних даних по дослідженню трансформаторних масел різних марок (рис.1). Трансформаторне масло Т-1500 має більше значення частоти дифузійних втрат (за рахунок сильного випаровування визначається великим вмістом домішок), по відношенню до частоти іонізації при експериментальному значенні зовнішнього

ЕМП, (крива 2) і має монотонно регресивний вигляд, на яку наводить математична модель. В той же час, для зарубіжного трансформаторного масла NYTRO 11GX частота іонізації перевищує значення частоти дифузійних втрат і частоти прилипання, що проявляється на монотонно зростаючій вигляді кривої 1, та перебуває в повній відповідності з запропонованою моделлю.



1 - для масла NYTRO 11GX та 2 - для масла Т-1500.

Рисунок 2. Експериментальні та відповідні аналітичні криві

### Висновки

Розроблена фізико-математична модель електромагнітного поля поблизу газорозрядного свічення рідиннофазних об'єктів на базі уявлень фізики фрактальних кластерів. Отримана модель дає уявлення про поведінку детермінованих складових часових рядів параметрів ГРВ зображень рідиннофазних об'єктів і дозволяє описувати одержувані дані з допомогою нових параметрів, відповідних до подання різних видів досліджуваних систем, з урахуванням фрактальних властивостей, що лежать в основі процесу. Розвинена математична модель дозволяє інтерпретувати поведінку трендів параметрів ГРВ зображень трансформаторних масел з допомогою фізичних характеристик досліджуваних систем.

### Список використаних джерел

1. Смирнов Б.М. Физика фрактальных кластеров / Б.М. Смирнов - М.: Наука, 1991. – 135 с.
2. Лахно В.Д. Кластеры в физике, химии, биологии / В.Д. Лахно - Москва-Ижевск.: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001, 256с.
3. Пайтген Х.О. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем / Х.О. Пайтген, П.Х.Рихтер. – Москва.: Мир. 1993 - 176 с.
4. Райзер Ю.П. Основы современной физики газоразрядных процессов / Ю.П. Райзер. - М., Наука, 1980 – 416 с.