

### КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ АПАРАТУРИ ДЛЯ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

(Представлено д.т.н., проф. Манойловим В.П.)

У статті представлено обґрунтування критерію ефективності апаратури для газорозрядної візуалізації. Введений критерій дозволяє кількісно оцінити достовірність отриманих за допомогою методу ГРВ даних та може служити відправною точкою для вибору технічних характеристик майбутньої апаратури для ГРВ.

**Постановка проблеми.** При дослідженні різноманітних об'єктів методом газорозрядної візуалізації [1, 2] постає питання достовірності отриманих даних. Дійсно, на формування вихідного зображення впливають доволі багато факторів, які буває важко врахувати одночасно. Це – форма, частота і амплітуда імпульсів електричної напруги, на якій відбувається візуалізація; власна реакція досліджуваного об'єкта на електричне поле великої напруженості; тиск, температура, вологість, хімічний склад та рух газу, в середовищі якого відбувається дослідження; зовнішні електромагнітні поля; діелектричні властивості та прозорість ізолюючого покриття електрода, на якому формується зображення та матеріалу пробірки у випадку дослідження рідиннофазних об'єктів; нелінійні спотворення та чутливість оптичної системи приймача зображення. Всі перелічені фактори впливають на форму вихідного ГРВ-зображення, за яким в подальшому робиться висновок про стан об'єкта дослідження. Для врахування їх необхідно вводити деякий критерій, який буде показувати наскільки сильно отримане ГРВ-зображення відрізняється від того, яке може бути отримане за ідеальних умов. Саме цьому питанню і присвячена дана стаття.

**Викладення основної частини досліджень.** Загальноприйняті критерії ефективності електронної апаратури є нормованими, мають чіткі границі й представляються у вигляді [3]:

$$\Theta = \left( \prod_{i=1}^n \gamma_i \eta_i \right)^{1/n}, \quad (1)$$

де  $\eta_i$  – ККД апаратури за  $i$ -тим параметром,  $\gamma_i$  – коефіцієнт впливу,  $n$  – кількість враховуваних параметрів. Характерною особливістю даного критерію ефективності є те, що він дорівнює одиниці в ідеальному випадку, і чим ближче до одиниці реальне значення, тим ближчим до ідеального є оцінюваний пристрій.

В даній роботі не будуть розглядатися критерії обробки ГРВ-зображень, оскільки перед обробкою зображення вже є наявності й деталі, які реально не проявились, але які могли б проявитися у випадку застосування ідеальної апаратури за ідеальних умов, “витягнути” із зображення неможливо.

Першим параметром, на який слід звернути увагу, є співвідношення площі поверхні об'єкта дослідження, площі засвітлення та площі електрода, на якому формується зображення:

$$\eta_1 = \frac{S_n + S_c}{S_e}, \quad (2)$$

де  $S_n$  – площа поверхні об'єкта дослідження,  $S_c$  – площа світіння, та  $S_e$  – площа електрода, на якому формується зображення. Така форма виразу (2) обумовлена тим, що об'єкт дослідження взаємодіє з прикладеним електричним полем на всій площі своєї поверхні, і, крім того, на електроді-носієві зображення повинно повністю вміститись у власне ГРВ-зображення, яке формується за рахунок ковзаючого та/або лавинного розряду. Якщо  $S_e > S_n + S_c$ , то деяка частина електричного поля не бере участі у формуванні ГРВ-зображення, якщо навпаки – то ГРВ-зображення просто не може вміститися на електроді, тому ми отримуємо завідомо неповну картину. На практиці площа електрода робиться “з запасом”, тобто має місце перший випадок, тому коефіцієнт впливу доцільно прийняти таким, що чисельно дорівнює  $\eta_1$ :  $\gamma_1 = \eta_1$ .

Наступним параметром є співвідношення часу впливу електричного поля на піддослідний об'єкт та загального часу дослідження:

$$\eta_2 = \frac{T_{ЕМП} + T_d}{2T_d}, \quad (3)$$

де  $T_{ЕМП}$  – час впливу електромагнітного поля на об'єкт дослідження,  $T_d$  – час дослідження. Оскільки  $T_{ЕМП} \leq T_d$ , то  $\eta_2 \leq 1$ . Коефіцієнт впливу доцільно прийняти рівним  $\gamma_2 = 1$  у випадку небіологічного

об'єкта (оскільки йому час впливу електричного поля несуттєвий, тому можливий випадок  $T_{EMT} = T_d$ ) і  $\gamma_2 = 1/2$  у випадку біологічного об'єкта (оскільки для нього час впливу електричного поля критичний, ідеальний випадок – одиничний короткий імпульс, тобто  $T_{EMT} \ll T_d$ ).

Наступним є співвідношення енергій:

$$\eta_3 = \frac{E}{E_{ep}}, \quad (4)$$

де  $E$  – енергія, яка надходить від генератора для ГРВ до об'єкта дослідження,  $E_{ep}$  – гранична енергія, яка викликає власну реакцію об'єкта дослідження. На практиці потрібно суворо дотримуватись співвідношення  $E < E_{ep}$ , або  $\eta_3 < 1$ , бо інакше в об'єкті дослідження під впливом електричного поля великої напруженості відбуваються необоротні деструктивні процеси.

Окремо енергії з виразу (4) оцінюються таким чином:

$$\begin{aligned} E &= U \cdot I \cdot T_{EMT}, \\ E_{ep} &= \Delta t \cdot c \cdot m, \end{aligned} \quad (5)$$

де  $U$  – амплітуда прикладених до об'єкта дослідження імпульсів;  $I$  – максимальний струм через об'єкт дослідження,  $I \approx U/R_0$ , де  $R_0$  – електричний опір діелектрика, яким покритий електрод;  $\Delta t$  – допустима температура перегріву об'єкта дослідження, для біологічних об'єктів не перевищує 0,2 °С, для небіологічних обмежена тільки температурою запалення або плавлення об'єкта;  $c$  – питома теплоємність об'єкта дослідження, для біологічних об'єктів доцільно прийняти  $c = c(H_2O) = 4200 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$ ;  $m$  – маса піддослідного об'єкта.

Коефіцієнт впливу доцільно прийняти рівним  $\gamma_3 = \frac{S_n}{S_e}$ .

Далі доцільно врахувати прозорість діелектрика, яким вкрито електрод:

$$\eta_4 = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_B}, \quad (6)$$

де  $\Delta\lambda$  – діапазон довжин хвиль світла, які вільно проходять через діелектрик,  $\Delta\lambda_B$  – ширина всього видимого діапазону. Коефіцієнт впливу  $\gamma_4 = 1$ .

Останніми параметрами враховуються похибки оптичної системи [4]:

$$\eta_5 = \frac{\beta}{\beta_0}, \quad \eta_6 = \frac{d}{r}, \quad (7)$$

де  $\beta$  – лінійне збільшення ідеальної системи без дисторсії,  $\beta_0$  – реальне збільшення оптичної системи,  $d$  – роздільна здатність оптичної системи,  $r$  – характерний лінійний розмір кластера іонізованого повітря [5]. Коефіцієнти впливу  $\gamma_5 = \gamma_6 = 1$ , оскільки оптична система – остання ланка при формуванні зображення.

**Висновки.** Підставляючи отримані нормовані ККД з виразів (2–4), (6) та (7) в рівняння (1), отримуємо чисельне значення критерію ефективності конкретного генератора для газорозрядної візуалізації. Значення, близьке до одиниці свідчить про те, що за допомогою даного генератора отримане ГРВ-зображення несе інформацію саме про стан об'єкта дослідження, вплив зовнішніх факторів зведений до технічно можливого в даній реалізації мінімуму.

Цей же критерій ефективності, взятий у відсотках, може служити мірою точності відтворення (або подібності до реального) отриманого ГРВ-зображення.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Коротков К.Г. Основы ГРВ-биоэлектрографии. – С-Пб.: СПбГИТМО (ТУ), 2001. – 360 с.
2. Коломієць Р.О. Загальні принципи дослідження біологічних об'єктів за допомогою методу газорозрядної візуалізації // Вісник ЖДТУ. – 2005. – № 4. – С. 61–66.
3. Філінюк М.А., Ле Гуан Ту, Піддубний О.П. Критеріальна оцінка ефективності узагальнених перетворювачів іммітансу // Вісник ВПІ. – 1999. – № 1. – С. 85–90.
4. Коломієць Р.О., Манойлов В.П., Рудніцький В.А. Аналіз похибок оптичних систем та дискретизації зображення при реєстрації ГРВ-зображень сукупної польової структури

біологічних об'єктів в статті // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – № 3.

5. *Смирнов Б.М.* Физика фрактальных кластеров. – М.: Наука, 1991. – 136 с.

КОЛОМІЄЦЬ Роман Олександрович – старший викладач кафедри електронних апаратів Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– застосування газорозрядної візуалізації в медицині та інших галузях;

– фізика живого.

Подано 25.07.2008

**Коломієць Р.О.** Критерій ефективності апаратури для газорозрядної візуалізації  
**Коломиец Р.А.** Критерий эффективности аппаратуры для газоразрядной визуализации  
**Kolomiets R.A.** Criterion of efficiency of apparatus for gas-discharge visualization

УДК 004.932:615.844

**Критерий эффективности аппаратуры для газоразрядной визуализации / Р.А. Коломиец**

В статье представлено обоснование критерия эффективности аппаратуры для газоразрядной визуализации. Введенный критерий позволяет количественно оценить достоверность полученных с помощью метода ГРВ данных и может служить отправной точкой для выбора технических характеристик будущей аппаратуры для ГРВ.

УДК 004.932:615.844

**Criterion of efficiency of apparatus for gas-discharge visualization / R.A. Kolomiets**

In the article the ground of criterion of efficiency of apparatus is presented for gas-discharge visualization. Improved a criterion allows in number to estimate authenticity got by the method of GDV of information and can serve as a starting point for the choice of technical descriptions of future apparatus for GDV.