

АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ І ДІАГНОСТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ МЕТОДУ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Кухтин В. В., Петельський П. В., Чепурний Ю. В.

В останні два десятиліття розвивається метод діагностики стану технічних і біологічних об'єктів, заснований на візуалізації їх газового розряду в високочастотному електромагнітному полі (метод газорозрядної візуалізації (ГРВ), заснований на „ефекті Кірліан” [1]). При внесенні об'єкту у високочастотне ($f > 1$ кГц) електромагнітне поле з високою напруженістю (порядку 10...25 кВ/см) навколо об'єкту спостерігається характерне світіння, схоже на коронний розряд [1]. Колір цього світіння напряму пов'язаний з хімічним складом газу, в середовищі якого знаходиться об'єкт, а інші характеристики (насамперед це просторова форма світіння та розрядний струм) – від природи та стану самого об'єкту. Розряд відбувається у вузькому газовому проміжку між досліджуваним об'єктом та електродом. Сам об'єкт при цьому є частиною електричного ланцюга, через нього протікає струм (вкрай малий – щоб не викликати власної реакції об'єкту). Отримане зображення, або зображення сукупної польової структури (його також називають ГРВ-грамою), несе в собі узагальнену (інтегральну) інформацію про стан об'єкту в цілому, що може бути використане в технічній і біомедичній діагностиці.

Стосовно медичної практики можливо виділити наступні переваги застосування методу ГРВ [1]:

- можливість скріннінгу і моніторингу ентропійно-енергетичного гомеостазису всього організму та його окремих систем;
- об'єктивність інформації: незалежність від бажання і досвіду конкретного користувача;
- неінвазивність, безпечність і повна стерильність, зняття інформації тільки з кінцівок пацієнта;
- можливість слідкування за розвитком процесів у часі, співставлення структурних, функціональних та часових процесів в організмі;
- методична простота і зручність: відсутність якихось особливих вимог до приміщення, умов оточуючого середовища;
- використання сучасних методів нелінійної математики для обробки фрактальних зображень і вибору інформації про стан пацієнта;
- наглядність та інтерпретованість отриманих результатів, зручність їх зберігання та обробки.

Але, незважаючи на досить довгу історію розвитку цього методу, на сьогодні відсутні серійні зразки апаратури для його реалізації; в літературі також мало уваги приділено опису конкретних схемотехнічних апаратних

реалізацій подібної апаратури та відповідного програмного забезпечення для аналізу і інтерпретації отриманих ГРВ-зображень. Переважна більшість публікацій, присвячених дослідженням різних біологічних та небіологічних об'єктів методом ГРВ, акцентуються винятково на інтерпретації результатів, отриманих за допомогою різних модифікацій приладів „ГРВ-камера” та „Корона-ТВ”, що випускаються в Росії [1]. Публікацій, присвячених власне схемотехніці приладів, практично немає.

Мета статті

Метою є опис варіанта апаратурної реалізації та експериментального дослідження розробленого нами пристрою газоразрядної візуалізації.

Особливості апаратурної реалізації ГРВ

Ці особливості обумовлені фізикою процесу візуалізації. Сутністю методу ГРВ-графії є вивчення характеристик газового розряду, індукованого електронно-оптичною емісією об'єкту, що знаходиться в електромагнітному полі (ЕМП) високої напруженості. При цьому характеристики газового розряду відбивають як внутрішні властивості самих досліджуваних об'єктів, так і властивості зовнішнього середовища та ЕМП.

Аналіз процесів розвитку лавинного газового розряду в плоскопаралельному газовому проміжку показує, що електронна лавина виникає в той момент, коли рівень зовнішньої напруги $U(t)$, прикладеної до цього проміжку, стає рівним потенціалу запалювання розряду U_3 . Цей рівень на залежить від параметра Pd , де P – тиск газу, а d – міжелектродний зазор.

Електронна лавина, яка виникає в якійсь точці простору, поширюється по прямій лінії до аноду; її поява супроводжується імпульсом струму у розрядному ланцюгу і світінням газу. В міру того, як напруга $U(t)$ стає вищою, ніж U_3 , збільшується амплітуда імпульсу струму і пропорційно їй – інтенсивність світіння, а також кількість розрядних актів (лавин), що приходяться на одиницю площі поверхні електроду. Параметри світіння лавини залежать від хімічного складу газового середовища, який визначає спектральний склад та інтенсивність цього світіння [1]

$$J \sim v_e \sim e^{\alpha d} \cdot F(\alpha, \gamma, d, E)$$

де J – амплітуда імпульсу струму; α, γ - коефіцієнти іонізації та поляризації відповідно; F – функція, що залежить від виду газу; v_e – швидкість електрону, d – ширина газового проміжку, E – напруженість електричного поля [2].

Конкретні характеристики розрядних гілок, їх кількість, тривалість, ступінь розгалуження, яскравість світіння і т. ін. залежать від зовнішніх параметрів, таких як параметри електродів (відстань між електродами, товщина діелектрика, конфігурація електродів, наявність мікронерівностей, пилю, вологи), властивості газу (тиск, домішки) та напруги (амплітуда, частота та форма імпульсу).

Ці дані дозволяють зробити висновки, що при сталих параметрах пристрою візуалізації вид ГРВ-грами визначається характером розподілу електричного поля над поверхнею досліджуваного об'єкту. У випадку ізотропного об'єкту постійної товщини електричне поле буде однорідним по всій товщині зазору, що призведе до рівномірного засвічення носія зображення. Наявність на поверхні або (для непровідних об'єктів) в об'ємі неоднорідності-дефекту веде до спотворення електричного поля в зазорі поблизу поверхні об'єкту, що істотно впливає на вид зображення.

У випадку поверхневого розряду картина дещо ускладнюється. На діелектричній поверхні ізолюваного електроду накопичується заряд, який взаємодіє з електронною лавиною [1, 2]. Але в обох випадках електронна лавина починає розвиватись з точки, провідність якої порівняно з сусідніми є найбільшою. Суперпозиція багатьох електронних лавин від поверхні досліджуваного об'єкту і утворює ГРВ-зображення.

Виходячи із існуючого досвіду застосування методики ГРВ для дослідження різноманітних об'єктів, зокрема біологічних [1], особливості схемотехнічної реалізації системи ГРВ полягають у наступному.

Генераторна частина має формувати пачки біполярних імпульсів з амплітудою від 3 до 20-25 кВ, тривалістю порядку 10 мкс, і частотою імпульсів у пачці не менше 1 кГц. При цьому необхідно мати можливість формувати пачки імпульсів різної тривалості, змінювати частоту заповнення імпульсного пакету і амплітуду імпульсів, контролю змін цих параметрів. При використанні біполярних імпульсів напруги газовий розряд являє собою нелінійну суперпозицію одиничних картин імпульсних розрядів з урахуванням процесів зарядки поверхні діелектрика. Тому зображення так критично залежить від діапазону частот і витримок. Генератор повинен видавати високу напругу і водночас бути безпечним для оточуючих.

Блок візуалізації має забезпечувати можливість отримання зображення газового розряду і реєстрації його за допомогою фотоапарату або камери, а останні бути сумісними з комп'ютером для подальшого аналізу зображень.

Узагальнена структурна схема пристрою ГРВ наведена на рис. 1.

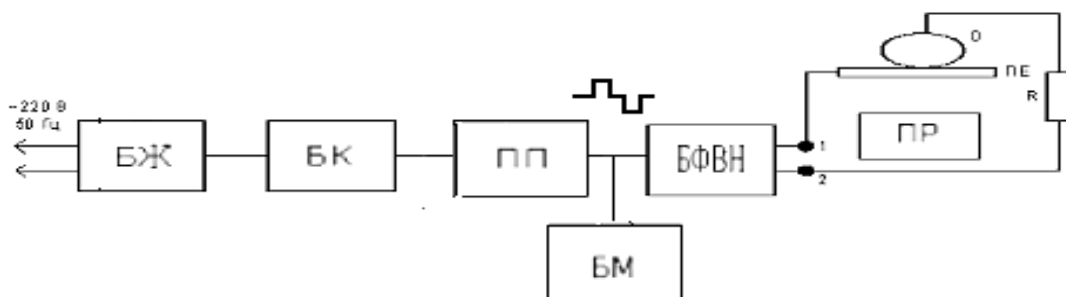


Рис.1. Структурна схема пристрою ГРВ з об'єктом дослідження

На схемі: БЖ – блок живлення; БК – блок керування; ПП – підсилювач потужності; БМ – блок моніторингу; БФВН – блок формування високовольтної напруги; ПЕ – прозорий електрод; О – об'єкт дослідження; ПР – пристрій реєстрації; R– обмежувач струму.

На відміну від існуючих засобів ГРВ, в яких вивід 2 високовольтного блоку, що не з'єднаний з прозорим електродом, є заземленим, а ланцюг замикається шляхом ємнісного зв'язку об'єкту з землею, в нашому випадку цей електрод є добре ізольованим, він не заземляється, а прикладається безпосередньо до об'єкта. Як показали випробовування, це дає можливість створити переносний прилад, який не вимагає спеціального заземлення, а ланцюг замикається шляхом ємнісного зв'язку з другим, ізольованим, електродом. Прозорий електрод ПЕ також ізольований; опір ізоляції дуже великий, оскільки ізолятором слугує скло.

Прилад живиться з мережі змінного струму 220 В 50 Гц. Як блок живлення вибрано модель MeanWell PS-45-24. Ця модель може підключатися до мереж 110 В або 220 В, має малий струм втрат ($< 0,5$ мА), захист від короткого замикання, перевантаження, перенапруги. Працює на фіксованій частоті 65 кГц, має пасивну систему охолодження і забезпечує вихідну потужність до 45 Вт. Рівень вихідної напруги (24 В) може регулюватися в діапазоні $-5\% \dots +10\%$.

Блок керування БК, виконаний на основі мікросхеми TL494, генерує прямокутні біполярні імпульси імпульсів напругою 48 В. Частота імпульсів регулюється в межах 1...200 кГц, а скважність – в межах 5% ... 95%. Для контролю цих параметрів введений блок моніторингу БМ.

Високовольтний блок БФВН являє собою підвищуючий трансформатор, вихідна напруга якого становить приблизно 15 кВ. До виходів ТВР підключаються електроди. Пристроєм реєстрації зображення служить цифровий фотоапарат чи відеокамера.

Одним із основних завдань розробки було створення максимально функціонального і водночас простого у користуванні та за внутрішньою будовою пристрою для газорозрядної візуалізації. Було встановлено, що частота імпульсів високої напруги суттєвого значення не має; газорозрядна візуалізація може відбуватися як у постійному полі, так і в змінному полі з частотою до сотень кГц. Але більш бажаною є висока частота, оскільки в цьому випадку струм протікає по поверхні об'єкту, не проникаючи вглиб. При дослідженні біологічних об'єктів для зменшення впливу сильного електричного поля на об'єкт тривалість імпульсів повинна бути значно меншою, ніж тривалість пауз між сусідніми імпульсами.

Прозорий електрод можливо виготовити двома шляхами: або між двома скельцями розмістити прозорий розчин електроліту, або на скло нанести тоненьку прозору плівку провідного матеріалу. У першому випадку потрібно забезпечити герметичність і особливу чистоту розчину. Другий шлях

вимагає застосування особливої технології. У нашому випадку було вибрано перший шлях у зв'язку з можливістю виготовлення електрода на основі більш простої технології і з використанням відносно дешевих матеріалів.

Результати і висновки

В результаті аналізу вихідних параметрів для ГРВ-діагностики нами було розроблено і створено пристрій для отримання ГРВ-зображень. Генераторний блок системи має розміри (238 x 234 x 101 мм) і масу 1.5 кг. На його лицьовій панелі розміщені органи керування для регулювання частоти і скважності імпульсної послідовності та дисплейну панель візуалізації цих параметрів. Блок візуалізації (блок електродів) білого кольору має фторопластовий роз'ємний корпус з розміщеними в ньому скляними пластинами, між якими розміщений прозорий електроліт.

Дослідження роботи пристрою було проведено з використанням різноманітних об'єктів: технічних (металеві вироби), природничих (вода, рідини), біологічних (листок дерева, палець людини). Окремі приклади ГРВ зображень наведені на фотографіях, рис. 2-5.

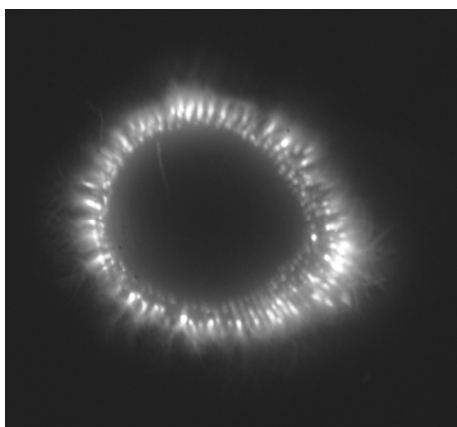


Рис. 2. ГРВ вказівного пальця



Рис. 3. ГРВ монети

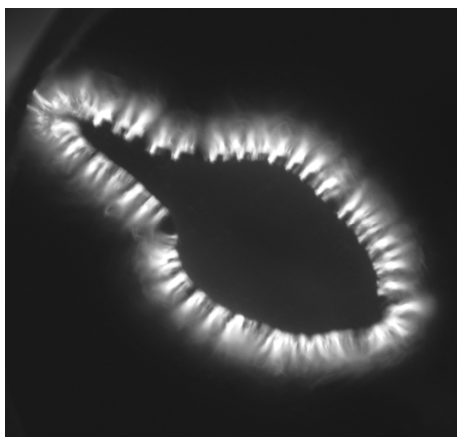


Рис. 4. ГРВ каплі води

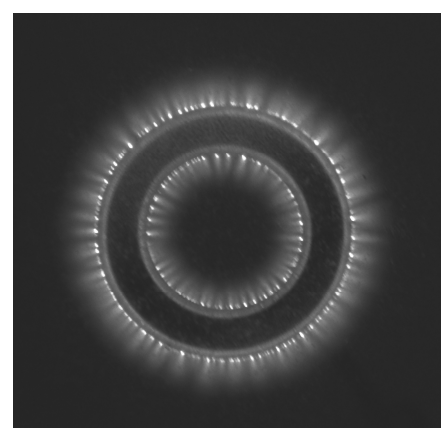


Рис. 5. ГРВ феритового кільця

Дослідження показали, що за формою ГРВ зображень можна досліджу-

вати відмінності структури однойменних технічних об'єктів, чистоту обробки їх поверхонь, структуру і властивості біологічних рідин, функціональний стан людей.

Перспективи подальших досліджень полягають у створенні програмного забезпечення для можливості кількісної оцінки параметрів ГРВ-грам, напрацювання баз даних ГРВ-грам різноманітних об'єктів і їх станів.

Література

1. Коротков К.Г. От эффекта Кирлиан к биоэлектрографии . М.: Ольга, 1998. - 344с.
2. Грановский В.Л. Электрический ток в газах – М.: Наука, 1971. – 560с.
3. Райзер Ю. П. Физика газового розряда – М.: Наука, 1992. – 536с.
4. Сливков И. Н. Электроизоляция и розряд в вакууме. М.: Атомиздат, 1972.– 304с.

Кухтин В. В., Петельський П. В., Чепурний Ю. В. Апаратна реалізація і діагностичні можливості методу газорозрядної візуалізації. Розглянуто варіант апаратної реалізації пристрою газорозрядної візуалізації об'єктів та приведені Кірліан-зображення, отримані за допомогою розробленого пристрою.

Ключові слова: біоелектрографія, ефект Кірліан, біомедична діагностика, ГРВ-зображення, газорозрядна візуалізація, ГРВ-графія, ГРВ-грамма

Кухтин В. В., Петельський П. В., Чепурный Ю. В. Аппаратная реализация и диагностические возможности метода газорозрядной визуализации. Был рассмотрен вариант аппаратной реализации устройства газорозрядной визуализации объектов и приведены Кирлиан-изображения, полученные при помощи разработанного прибора

Ключевые слова: биоэлектрография, эффект Кирлиан, биомедицинская диагностика, ГРВ-изображение, газорозрядная визуализация, ГРВ-грамма

Kuhtin V. V., Petelskyi P. V., Chepurnyi Ju. V. Hardware implementation and diagnostic features of gas discharge visualization method. Hardware implementation variant of GDV-device was considered and Kirlian-images, taken by the instrumentality of developed device, were shown

Key words: bioelectrography, Kirlian photography, biomedical diagnostics, GDV-image, gas-discharge visualization , GDV-graphy, GDV-gramm

УДК 621.372.542: 615.849.19

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ НЕИНВАЗИВНОГО АНАЛИЗА МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В КРОВИ МЕТОДОМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЭКГ

Яковенко И.А., Клочко Т.Р., Пелых А. Н., Леус Е.А.

В условиях острого дисбаланса макроэлементов в организме необходимо мониторировать содержание этих элементов. В клинической практике оно анализируется с помощью биохимического анализа крови, что, в свою очередь, является травматической манипуляцией. Особенно в педиатрической практике такой метод приводит к дополнительной физической и моральной нагрузки пациента.