

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій
Кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і
технологій

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)

Магістр
(освітній ступінь)

на тему «Модернізація методу електропунктури з використанням газового
розряду на змінному струмі»

ХАІ.502.564м.22О.163.1705007 ПЗ

Виконав: здобувач (ка) 2 курсу групи № 564м
Галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія»
(код та найменування)

Спеціальність 163 «Біомедична інженерія»
(код та найменування)

Освітня програма Біомедична інформатика та
радіоелектроніка
(найменування)

Морозов С. С.
(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Олійник В. П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Лисиченко М. Л.
(прізвище та ініціали)

Харків – 2022

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій
(повне найменування)
 Кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій
(повне найменування)
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія»
(код та найменування)
 Спеціальність 163 «Біомедична інженерія»
(код та найменування)
 Освітня програма Біомедична інформатика та радіоелектроніка
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Олена ВИСОЦЬКА

(підпис) (ініціали та прізвище)
 « » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Морзов Сергій Сергійович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Модернізація методу електропунктури з використанням газового розряду на змінному струмі

керівник кваліфікаційної роботи Олійник Володимир Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 1496-уч від «27» жовтня 2022 року.

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи 12 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: Біофізичні властивості біологічно-активних точок шкірного покриву людини. Метод електропунктури на змінному струмі. Використання газового розряду для пошуку і стимуляції біологічно-активних точок.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати):

4.1 Аналітичний огляд методів та засобів рефлексотерапії.

4.2 Газорозрядна ідентифікація розташування біологічно активних точок.

4.3 Аналіз фізичних факторів впливу в режимі стимуляції біологічно активних точок.

4.4 Апаратні складові для модернізації методу електропунктури з використанням газового розряду на змінному струмі.

5. Перелік графічного матеріалу:

5.1 Анатомічне розташування біологічно-активних точок (плакат, арк. А4).

5.2 Структура методів рефлексотерапії (плакат, арк. А4).

5.3 Еквівалентна схема розрядного ланцюга на змінному струмі (плакат, арк. А4).

5.4 Структурна схема пристрою газорозрядної індикації біологічно-активних точок (креслення, арк. А4).

5.5 Функціональна схема генератора змінного струму для пошуку і стимуляції біологічно-активних точок (креслення, арк. А4).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		авдання вида	завдання прийняв
сі розділи	Олійник В. П., проф. каф. 502	31.10.22	

Нормоконтроль _____ В. М. Олійник «12» грудня 2022 р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання «31» жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	тримання завдання.	31.10.2022	
2	аналітичний огляд методів та засобів рефлексотерапії.	31.10.2022 – 08.11.2022	
3	газорозрядна ідентифікація розташування біологічно активних точок.	09.11.2022 – 15.11.2022	
4	аналіз фізичних факторів впливу в режимі стимуляції біологічно активних точок.	16.11.2022 – 22.11.2022	
5	паратні складові для модернізації методу електропунктури з використанням газового розряду на змінному струмі.	23.11.2021 – 30.11.2022	
6	формлення матеріалів роботи.	01.12.2022 - 10.12.2022	
7	опередній захист роботи та усунення зауважень.	11.12.2022 – 13.12.2022	
8	захист кваліфікаційної роботи.	14.12.2022	

Здобувач

_____ (підпис)

С. С. Морозов

(ініціали та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

В. П. Олійник

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 69 с., 25 рис., 2 табл., 6 додатків, 33 джерел.

ЕЛЕКТРОПУНКТУРА, РЕФЛЕКСОТЕРАПІЯ, ГАЗОВИЙ РОЗРЯД, БІОЛОГІЧНО АКТИВНА ТОЧКА, СПЕКТР, МОДУЛЯЦІЯ.

Об'єкт дослідження – процеси лікувального впливу на біологічні активні точки шкірного покриву людини фізичними факторами.

Мета роботи – модернізація методу електропунктурної терапії шляхом використання властивостей газового розряду на змінному струмі для спрощення пошуку біологічно активних точок з одночасним терапевтичним впливом.

Методи дослідження – аналітичний аналіз, математичне моделювання

У роботі проведено аналіз існуючих методів та засобів терапії, що використовують вплив фізичними факторами на біологічно активні точки шкірного покриву людини для досягнення лікувального ефекту. Запропоновано використання властивостей газового розряду на змінному струмі для одночасної індикації розташування і стимуляції біологічно активних точок. Розглянуті апаратні рішення для практичної реалізації газорозрядної електропунктури. Розроблені структурні схеми пристрою, генератора змінного струму, контактного маніпулятора. Представлено ескіз конструкції маніпулятора.

Проведено розрахункове оцінювання інтенсивності випромінювання плазми газового розряду в інтервалі біологічно значимих частот мікрохвильового діапазону. Також розглянуті механізми впливу змінними струмами з амплітудною модуляцією прямокутним сигналом низької частоти.

Запропоноване технічне рішення дозволяє побудувати пристрій одночасно пошуку і терапевтичного впливу на біологічно активні точки.

ABSTRACT

Explanatory note to the Master's thesis: 69 pages, 25 figures, 2 table, 6 appendices, 33 sources.

ELECTROPUNCTURE, REFLEXOTHERAPY, GAS DISCHARGE, BIOLOGICALLY ACTIVE POINT, SPECTRUM, MODULATION.

The object of the study is the process of therapeutic influence on the biologically active points of the human skin by physical factors.

The purpose of the work is to modernize the method of electropuncture therapy by using the properties of a gas discharge on an alternating current to facilitate the search for biologically active points with a simultaneous therapeutic effect.

Research methods – analytical analysis, mathematical modeling

The work analyzes existing methods and means of therapy that use the influence of physical factors on biologically active points of the human skin to achieve a therapeutic effect. It is proposed to use the properties of gas discharge on alternating current for simultaneous indication of localization and stimulation of biologically active points. Considered hardware solutions for the practical implementation of gas discharge electropuncture. The structural diagrams of the device, alternating current generator, and contact manipulator have been developed. A sketch of the design of the manipulator is presented.

A calculated evaluation of the radiation intensity of the gas discharge plasma in the interval of biologically significant frequencies of the microwave component was carried out. Mechanisms of influence by alternating currents with amplitude modulation by a low-frequency rectangular signal are also important.

Proposing a technical solution makes it possible to build a means of simultaneous search and therapeutic effect on biologically active points.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕФЛЕКСОТЕРАПІЇ	10
1.1 Біофізичні властивості БАТ	10
1.2 Поширені методи пошуку та ідентифікації локалізації біологічно активних точок (БАТ).....	11
1.3 Поширені методи лікувального впливу на БАТ	14
2 ГАЗОРОЗРЯДНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ БАТ	20
2.1 Кількісні характеристики ідентифікації БАТ на змінному струмі	20
2.2 Побудова моделі електричного ланцюга газорозрядних струмів в області пошуку БАТ	21
2.3 Структура пристрою газорозрядної індикації БАТ	24
3 АНАЛІЗ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ В РЕЖИМІ СТИМУЛЯЦІЇ БАТ	27
3.1 Характеристики струмових факторів впливу.....	36
3.2 Спектральні характеристики випромінювання плазми газового розряду	27
4 АПАРАТНІ СКЛАДОВІ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОПУНКТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗОВОГО РОЗРЯДУ НА ЗМІННОМУ СТРУМІ.....	49
4.1 Функціональна схема генератора змінного струму.....	49
4.2 Схема принципова електрична генератора змінного струму	50
4.3 Конструкція газорозрядного маніпулятора.....	52
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	57
Додаток А Анатомічне розташування біологічно-активних точок	62
Додаток Б Структура методів рефлексотерапії.....	63

Додаток В Еквівалентна схема розрядного ланцюга на змінному струмі	64
Додаток Г Структурна схема пристрою газорозрядної індикації біологічно-активних точок	65
Додаток Д Функціональна схема генератора змінного струму для пошуку і стимуляції біологічно-активних точок	65
Додаток Е Схема електрична принципова амплітудного модулятора, генератору змінного струму	69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АЧТ – абсолютно чорне тіло

БАТ – біологічно активна точка

ВАХ – вольтамперна характеристика

ВВЧ – вкрай висока частота

ВЧ – висока частота

ДЖ – джерело живлення

ЕМП – електромагнітне поле

ЗГ – задаючий генератор

ІТ – імпульсний трансформатор

КХЧ – короткохвильова частота

М – модулятор

МВ – мультивібратор

НВЧ – над високі частоти

ОВ – одновібратор

ПП – підсилювач потужності

ППМ – підсилювач потужності мультивібратора

РТ – рефлексотерапія

УВЧ – ультра високі частоти

ЦНС – центральна нервова система

ВСТУП

Акупунктура – лікувальний метод, що полягає у подразненні периферичних нервових розгалужень у певних точках тіла [1]. Ці точки знаходяться на поверхні шкірного покриву людини. Вони отримали назву біологічно активних точок (БАТ) (всього таких точок налічується понад 800). Фізичні властивості БАТ пов'язують зі станом та наявністю патологій відповідних внутрішніх органів та систем. Акупунктура належить до безмедикаментозних методів китайської народної медицини. У сучасній медицині, окрім голкотерапії, знайшли визнання інші різновиди акупунктури: електропунктура, лазерна та світлова пунктура, магнітопунктура, термопунктура, КВЧ-пунктура [2,4]. Результати лікування цими методами суттєво залежать від точності визначення знаходження БАТ та обрання фактору впливу. Узагальнене розташування БАТ наводиться у багатьох посібниках і атласах по акупунктурі [2,3], (рис. 1.1). Однак кожній людині притаманні індивідуальні особливості, які впливають на розташування, форму та розміри цих точок [4]. Саме тому ще більшу вагу має обрання фізичного чинника дії на БАТ, який викликає найбільший лікувальний ефект. І це призводить до того, що процес оволодіння лікарями різновидами методів акупунктури потребує тривалого практичного досвіду і використання різних за принципом дії технічних засобів.

Візуалізація та вплив амплітудно модульованими струмами подібно методу амплітудно терпії та електромагнітним випромінюванням плазми газового розряду.(подібно методу інформаційно-хвильової терапії) з одночасною візуалізацією локалізації БАТ

Стимуляція в діапазоні низьких біологічно значемих частот 1 –150 Гц відбувається шляхом амплітудної модуляції високочастотного змінного струму (1 – 10 КГц)

Випромінювання газорозрядної плазми забезпечує стимуляцію в діапазоні КВЧ (край високих частот) 60–70 ГГц з наднизькоенергетичним впливом (10^{-19} Вт*см²).

Об'єкт дослідження – процеси лікувального впливу на біологічні активні точки шкірного покриву людини фізичними факторами.

Предмет дослідження – метод електропунктури з використанням газового розряду на змінному струмі.

Мета роботи – модернізація методу електропунктурної терапії шляхом використання властивостей газового розряду на змінному струмі для спрощення пошуку біологічно активних точок з одночасним терапевтичним впливом.

Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналітичний огляд методів та засобів рефлексотерапії;
- розглянути газорозрядну ідентифікацію розташування біологічно активних точок;
- провести аналіз фізичних факторів впливу в режимі стимуляції біологічно активних точок;
- запропонувати необхідні апаратні складові для модернізації методу електропунктури з використанням газового розряду на змінному струмі

Наукова новизна дослідження полягає у використанні для відомого методу електропунктури комбінованого впливу амплітудномодульованими струмами і електромагнітним випромінюванням плазми газового розряду з одночасною візуалізацією локалізації біологічно активної точки.

Практична цінність дослідження полягає у створенні додаткових фізичних факторів впливу для лікувальних методів електропунктури.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕФЛЕКСОТЕРАПІЇ

1.1 Біофізичні властивості БАТ

Біологічно активна точка (БАТ), або життєва точка – це невелика ділянка шкіри й підшкірної основи, у якій є комплекс взаємозалежних мікроструктур (судини, нерви, клітини сполучної тканини), завдяки чому створюється біологічно активна зона, що чинить вплив на нервові терміналі й утворення зв'язків між ділянкою шкіри й внутрішнім органом. У цій точці відбувається посилене поглинання кисню, підвищується температура, знижується електричний опір шкіри, відзначається болючість при пальпації. Відповідно до сучасних уявлень, вплив на активні точки активізує глибоко закладні сенсорні шляхи. Кількість і просторову густину БАТ характеризує зображення приведені на рис. 1.1.

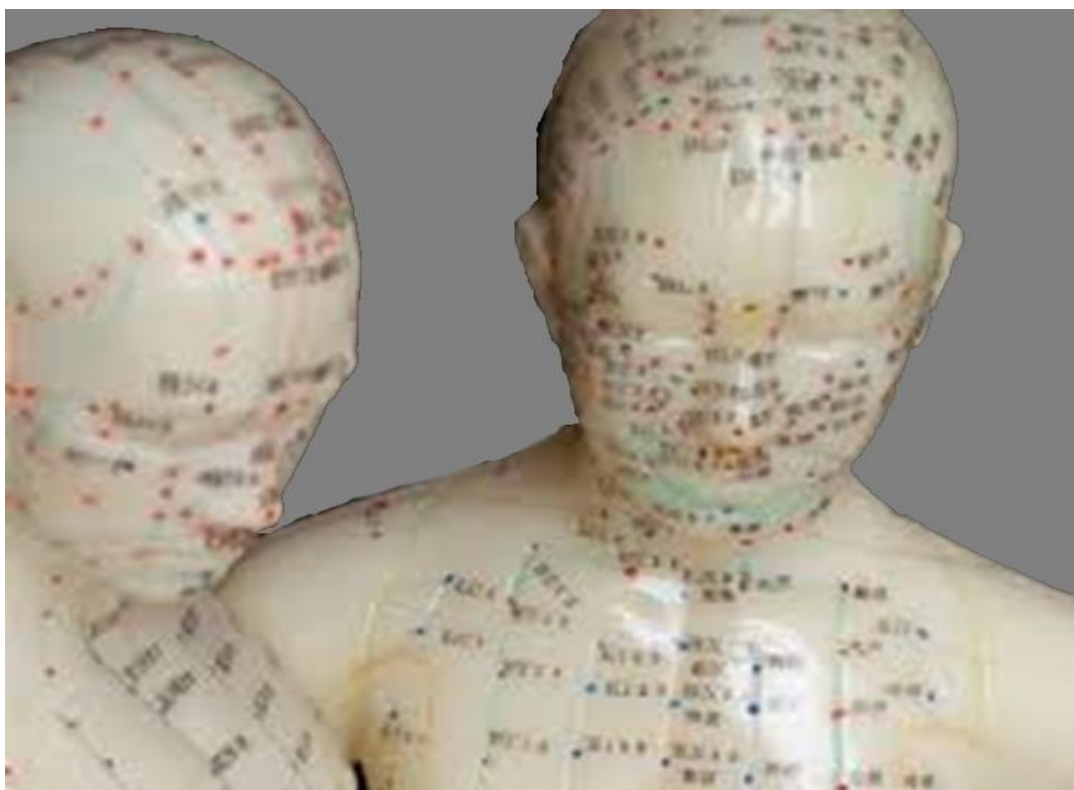


Рисунок 1.1 – Анатомічне розташування біологічно-активних точок (БАТ)

Розрізняють п'ять типів активних точок у залежності від їх анатомічного розташування й типу рецепторів:

- 1) точки в ділянці м'язів (рецептори – м'язові клітини);
- 2) точки в ділянці переходу м'яза в сухожилля (рецептори – нервові утворення сухожиль);
- 3) точки біля сухожилля (рецептори – пластинчаті тіла);
- 4) точки біля суглобної сумки (тип рецепторів не виявлений);
- 5) точки в ділянці волосистої частини голови та інших місцях (рецептор – вільні нервові закінчення).

Діаметр активних точок змінюється залежно від стану людини.

З урахування локалізації, спрямованості дії та іннерваційних зв'язків точки підрозділяються на наступні групи:

- 1) точки загальної дії, які впливають на функціональний стан ЦНС;
- 2) сегментарні точки, розташовані в ділянці шкірних метамерів, що відповідають зоні іннервації певних сегментів спинного мозку;
- 3) спільні точки, розташовані по вертебральній і паравертебральній лініях відповідно до місця виходу нервових корінців і вегетативних волокон, що іннервують певні органи і системи;
- 4) регіональні точки, розташовані в зоні проєкції на шкіру певних внутрішніх органів;
- 5) локальні, або місцеві, точки що переважно впливають на підлеглі тканини (м'язи, судини, зв'язки, суглоби)[5].

1.2 Поширені методи пошуку та ідентифікації локалізації біологічно активних точок (БАТ)

Найпоширенішим методом пошуку є звичайна пальпація за координатами зі спеціалізованого атласу БАТ людини. Досвідчені фахівці без особливих зусиль вміють локалізувати ці точки, але це стосується лише спеціалістів у своїй справі. Залежно від індивідуальної будови і особливостей організму,

точки можуть зміщуватися на 1-1,5 см від місця, вказаного в атласі. Визначити точне положення просто: при натисканні відчувається слабка хворобливість в цій області.

В атласах при описі місця знаходження БАТ використовують термін цунь, що позначає відстань між 2 і 3 міжфаланговою складкою на середньому пальці правої руки для жінок, і лівої - для чоловіків. Можна визначити цунь і по поперечному розміру нігтьової фаланги великого пальця. Аналогічна область 2 і 3 пальців дорівнює 1,5 цуням, а чотирьох разом - 3 цуням (рис. 1.2). Сучасний спосіб визначення відстаней заснований на пропорційному відрізку. Обчислюють його за допомогою поділу вертикального розміру даної області тіла на стандартне число ділення, визначеного для цієї зони [8].

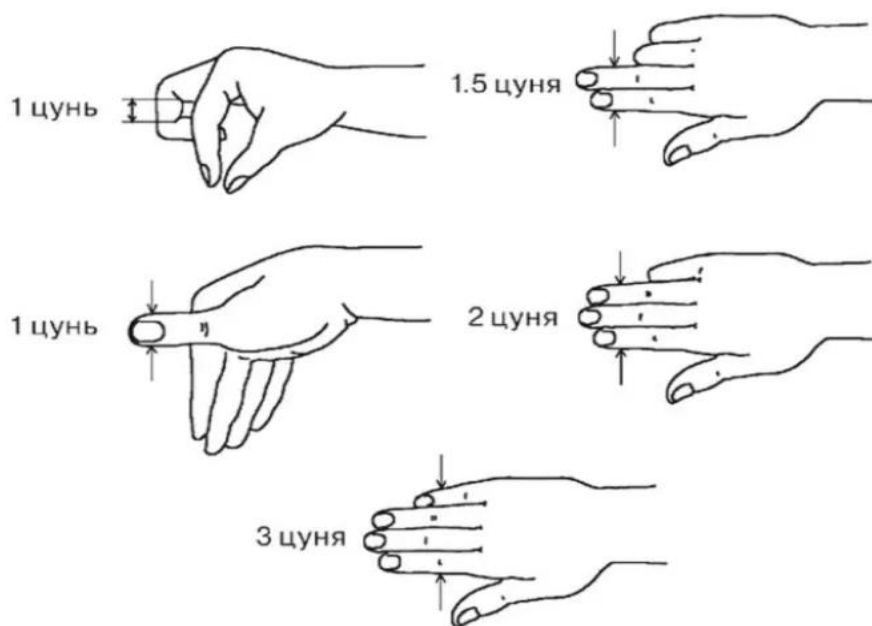


Рисунок 1.2 – Як визначати відстань в цунях

Також пошук і вимір характеристик БАТ можна проводити з урахуванням їх відмінної від інших шкірних ділянок електропровідності, наприклад, за допомогою багатофункціонального апарату «Паркес-Д» (Свідоцтво про Державну реєстрацію № 9387/2010 від 24.03.2010 року), що зображено на рис. 1.3. Він призначений для визначення функціонального стану органів і систем організму шляхом виміру електропровідності біологічно активних точок

та оцінки її зміни при включенні певних мікрорезонансних контурів (маркерів). Принцип дії приладу оснований на явищі біологічного резонансу – визначення електропровідності точок при внесенні в електромагнітний простір організму мікрорезонансних контурів.

Резонанс характеризується, як сильне зростання амплітуди електромагнітних коливань під впливом зовнішніх дій, коли частота власних коливань об'єкту співпадає з частотою коливань зовнішньої дії. Величина біорезонансу є показником функціонального стану органів і систем організму. Режим пошуку проводився технічно за повною аналогією з офіційно прийнятою методикою. Діагностичний комплекс має два електроди: активний (робочий) і пасивний. Робочий електрод розташовували на місця знаходження біологічно активної точки. Пасивний електрод фіксували на шкірі тварини в паховій області. Для пошуку біологічно-активної точки зону її розташування змочували водою, як і зону кріплення пасивного електроду, що підвищувало електропровідність [6].

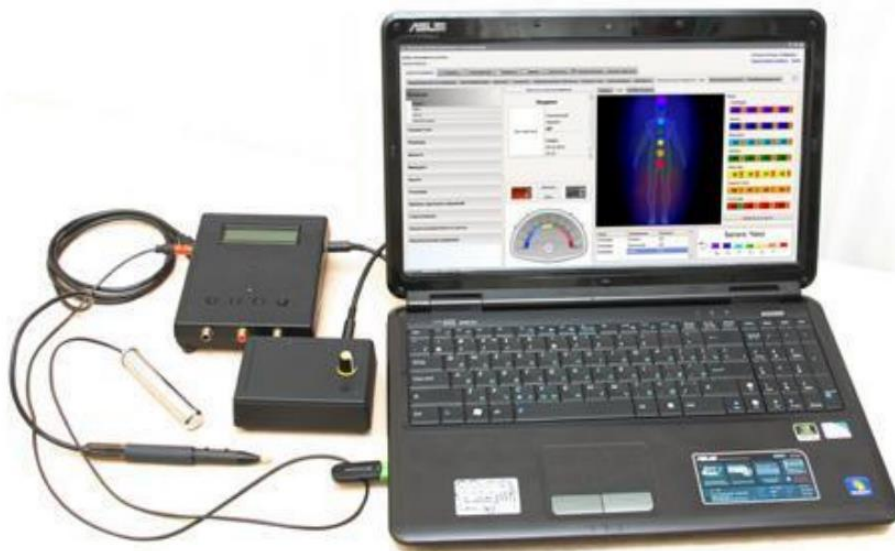


Рисунок 1.3 – Діагностичний комплекс «Паркес-Д»

Пристрій Ryodoraku під назвою «Нейрометр» використовує постійну напругу 12 В (іноді 21 В буде використовуватися під час акупунктури вух) і змінний струм (цей струм встановлено на 200 мкА для лікування). Щоб

забезпечити послідовність і уникнути артефактів через сухість/вологість шкіри, використовується вологий електрод для визначення точок зі зниженим електричним опором, наприклад ріодотен або електропроникні точки (рис. 1.4)



Рисунок 1.4 – Вигляд пристрою Ryodoraku «Нейрометр»

Вологий електрод складається з маленької чашки, яка містить ватний тампон, змочений фізіологічним розчином (іноді використовується спирт). Нею злегка проведіть по шкірі, доки на лічильнику не буде видно високий показник, тобто ця зона з низьким опором і високою провідністю дозволяє протікати струму. Очікується підвищення на 20-50 мкА. Як і в інших формах електроакупунктури, для досягнення стійких результатів потрібна практика. Занадто сильний тиск або повторна перевірка точки може змінити електричні властивості шкіри в цій області та призвести до помилки. Комп'ютеризовані вимірювальні одиниці Ryodoraku доступні в Японії. Вони забезпечують постійний тиск електроду на шкіру 3g. Це дає змогу точно визначити локалізацію БАТ за допомогою тонкого зонда в дво- або тристоронньому точковому локаторі на пристрої Ryodoraku

У 1951 році доктор Йошіо Накатані представив свої дослідження та теорію акупунктури Ryodoraku. Доктор Накатані виявив, що існує серія точок із низьким електричним опором (або високою електропровідністю), що проходять поздовжньо вгору та вниз по тілу. При з'єднанні ці точки тісно збігаються з акупунктурними меридіанами. Доктор Накатані назвав

ці лінії (або меридіани) «Ріодораку» (ріо = добре, «до» (електро) проводить, «раку = лінія). Точки уздовж Ріодораку він назвав Ріодотен.

Накатані не використовував ані китайську назву, ані більш загальноприйняту міжнародну нумерацію точок акупунктури. [Він пронумерував точки Ріодо, починаючи з кінця кожної кінцівки]. Акупунктура використовує концепції потоку енергії Ін-Ян для нумерації акупунктурних точок. Таким чином, енергія тече назовні до кінця кінцівки вздовж одного меридіана і назад до тулуба вздовж іншого меридіана, тобто меридіани роз'єднані в пари. У парних меридіанах легенів і товстого кишечника енергія починається на стовбурі в меридіані легень, тому L1 (перша акупунктурна точка меридіана легенів) знаходиться на передній частині грудної клітки. Перша точка меридіана товстого кишечника (LI. 1) знаходиться на вказівному пальці. в Накатані [7].

Метод Фолля – метод впроваджений з 1953 р. (Р. Фолль, 1974, 1981). Визначається "потенціал реакції відповіді" кожної міри точки протягом дії електричним струмом силою 1,5-12 мкА і напругою 1,5-3 В. Діагноз заснований на показаннях приладу – швидкості й часів відхилень індикатора ("феномен падіння стрілки" і конкретні показання шкали приладу в умовних одиницях). Дослідження показників проводиться за 12 основними класичними і 8 новими меридіанами Фолля.

Спочатку дослідження проводяться у контрольних вимірювальних пунктах ліворуч і праворуч, на ногах і руках, а в разі виявлення патологічних відхилень в конкретному пункті додатково досліджують 2-3 мірні пункти цього меридіана. Метод Фолля завдяки його неінвазивності, безболісності, абсолютній нешкідливості і високій інформативності дедалі частіше використовується в лікарській практиці.

Більш детально методики акупунктурної діагностики на-водяться у відповідних підручниках. Метод Фолля дає змогу визначити не тільки уражений орган, а й характер процесу (запальний, дегенеративний), а також в яких тканинах переважає процес (сполучна, жирова, нервова, судинна та ін.). В останні роки метод Фолля використовується для проведення медикаментозного

тестування (підбір ліків), виявлення алергенів і нозологічної (етіологічної) діагностики.

1.3 Поширені методи лікувального впливу на БАТ.

Рефлексотерапія (РТ) – це лікувально-профілактична система, що базується на оцінці параметрів периферійних рефлексогенних зон (точок акупунктури) та впливу на них з метою регуляції функціональних систем. Саме поняття «рефлекс», який означає відповідь організму на подразник, і є термінологічною основою поняття «рефлексотерапія» [8].

Усі методи можна поділити на інвазивні – ті що порушують цілісність шкірного покриву (рис. 1.5), та неінвазивні. До інвазивних належать наступні методи:

- акупунктура(мей-хуа-чжень) – голковколювання в біологічно активні точки; лікування голками довжиною від 1 см і більше, діаметром від 0.15 мм і більше; постановка голок в точки відбувається за правилами древньосхідної медицини, істотне значення має глибина введення голок, їх напрямок, час знаходження голок, методи постановки і виймання голок, є кілька технік мінімально больового введення голок; курс лікування: від 3 до 12-15 сеансів, на 15-60 хвилин; акупунктура ефективна при багатьох станах організму; багатогольчата акупунктура (мей хуа чжень) – Метод поверхневого подразнення точок акупунктури за допомогою багатогольчатого молоточка, інакше називається поверхнева багатогольчата стимуляція, поверхнева голкотерапія, масаж пучком голок, молоточковий масаж, мей хуа ажень; цей стародавній східний метод «мей хуа чжень» в перекладі з китайської «розкрита квітка сливи», тому що при впливі молоточком або багатогольчатим валиком енергетичний потенціал людини розкривається точно бутон квітки, Це досить добре для покращення кровообігу, особливо голови, шиї, грудей; відповідно, часто застосовується при остеохондрозах шийного та грудного рівня,

вегетосудинній дистонії, мігрені, неврозах, вялих парезах, а також больових корінцевих синдромах, які часто повторюються;

- фармакопунктура – введення лікувального розчину в місця локалізації БАТ; ще фармакопунктура називається пролотерапія або американська акупунктура, при фармакопунктурі часто вводяться знеболювальні, вітаміни, біостимулятори; гомеосініатрія відповідно – це введення гомеопатичних препаратів в точки; це ефективні методи лікування, , що має подвійний вплив, тому що йде дія препарату через біологічно активну точку;

- електроакупунктура – голковколювання та глибока стимуляція електричними імпульсами БАТ. а при електроакупунктурній анальгезії параметри струму слід постійно змінювати від 0 до 500 мкА, частота імпульсів від 1 до 150 Гц і більше, тривалість 0,5-2,0 мс;



Рисунок 1.5 – Інвазивні методи рефлексотерапії

Неінвазивні методи рефлексотерапії можуть бути контактними, безконтактними і змішаного типу (рис. 1.5, 1.6). До них належать:

- вакуум-терапія – це лікування за допомогою постановки банок та банкового масажу за рахунок власних ресурсів організму; проводиться за допомогою вдосконаленої вакуумної банки з магнітною наконечниками і дозованим ступенем натискання – відбувається вплив на кровообіг взагалі, на підвищення тонуусу організму, на зменшення підшкірно-жирової клітковини, на

покращення роботи внутрішніх органів, досить ефективно чергувати баночний масаж з багатогольчатою акупунктурою при лікуванні остеохондрозу та бронхо-легеневих захворюваннях;

- масаж (акупресура, гуа ша, шіацу, цубо) – пальпаторна стимуляція, розтирання з та без лікувальних препаратів; проводиться невеликими магнітними або металевими шариками, насінням рослин, зернами, зрізами (часнику, імбиру і т.д.), які фіксуються за допомогою пластиру на точках; досить часто вони прикріплюються від 1 до 5 днів на вухо, як на дуже активний орган – відбувається м'який, але тривалий знеболювальний, заспокійливий або загальностимулюючий вплив через точки акупунктури на організм або певний орган; точковий масаж – це натискання пальцями рук на акупунктурні точки, у світі найбільш поширені дві техніки точкового масажу: «акупунктура» (китайська техніка), шіацу (японська техніка);

- електропунктура – неінвазивна стимуляція БАТ електричними імпульсами; використовуються дозовані низькочастотні прямокутні імпульси з частотою від 0,5 до 10 Гц, які досить подібні з імпульсами нервової системи, відомо, що людина сама генерує мікроструми малих напруг; суть електропунктури – відбувається вплив імпульсів (мікрострумів), які аналогічні імпульсам нашого організму, і в результаті відбувається складний рефлекторний механізм, в якому беруть участь нервова і судинна системи, а також хімічні та гормональні речовини; відповідно відбувається більш ефективний вплив на точки акупунктури – виходить максимально швидкий ефект, що зокрема і потрібно при больових синдромах.

- термо-РТ – вплив на організм теплом та/або холодом; проводиться спеціальними сигарами з трав або моксами безпосередньо на точку акупунктури, найчастіше використовуються сигари і мокси (конуси) з сухого полину – це сприяє сильному місцевому притоку крові, в додаток стимулюються захисні сили організму, а ефірні речовини викликають покращення обміну речовин і заспокоюють вегетативну нервову систему; у стародавніх медичних трактатах вказувалося, що прогрівання дієве навіть тоді,

коли безсилі голковколуювання і ліки («якщо слабшає пульс, то вилікувати людину можна тільки за допомогою цзю-терапії»); велике поширення метод мокса-терапії отримав в Японії, особливо прогрівання вздовж хребта; ефективно прогрівання точок у ослаблених людей, при хронічних хворобах, у часто хворіючих дітей, головним чином цзю-терапія використовується для нормалізації або стимуляції імунітету;

- фітотерапія (траволікування) – метод лікування та профілактики захворювань людини та тварин, заснований на використанні лікарських рослин; виготовлені з лікарських рослин фітопрепарати мають свої характерні особливості: поступовий, повільний розвиток терапевтичного ефекту, м'яка, помірна дія, як правило, тільки пероральне введення або зовнішнє застосування;

- ароматерапія – мистецтво використання ефірних олій, фітонцидів рослин та інших ароматних речовин для укріплення фізичного та психічного здоров'я та для косметичного догляду за тілом; ароматерапевти застосовують ефірні олії, їх розчини в рослинних оліях (жирах), гідрозолі, ефірні олії додають у воду для ванн, використовують в аромалампах і в композиціях для масажу; кожен із таких методів дозволяє корисним речовинам проникати в організм через органи дихання або шкіру, при прийманні ароматичної ванни, отримується подвійний ефект: і вдихання, і проникнення через шкіру; головні напрямки ароматерапії, врегулювати фізичний і психологічний стан людини у повсякденному житті;

- кольоротерапія – це цілеспрямований вплив кольором на самопочуття, фізіологію людини (метод психологічного лікування), активізація кольором діяльності органів і систем; метод психологічного лікування з метою розслаблення, зняття стресів, підняття настрою та тону за допомогою кольорів;

- звукотерапія – використання частотного коливання різних звуків, що резонують з окремими органами чи організмом людини в цілому; цей метод ґрунтується на принципі резонансу – кожен орган, кожна кістка і тканину

нашого тіла має природну, «здорової» частотою вібрації, коли ж в організмі поселяється недуга, ця частота змінюється, створивши тон частота якого збігається з початковою частотою враженого органу, можна впливати на змінену частоту і повернути орган до свого попереднього стану; Ряд дослідників, в тому числі доктор Пітер Гай Меннерс, застосовують даний метод лікування, за допомогою електронних приладів створюючи потрібні частоти і направляючи їх на охоплені хворобою ділянки;

- лазеропунктура – вплив на БАТ низькоенергетичним лазерним випромінюванням; в даний час у фізіотерапії застосовують випромінювання лазерів у червоній і інфрачервоній частині спектра з довжиною хвилі від 620 до 1300 нм, при таких довжинах хвиль діапазон терапевтичної дії найбільш широкий, а глибина проникнення випромінювання в тканинах – максимальна; у дії лазерного променя має значення теплова енергія, тиск світла, вплив електромагнітного поля, фотохімічний, фотоелектричний ефекти та ін.; Лазерні промені мають протизапальну, знеболюючу і десенсибілізуючу дію, стимулюють фагоцитарну активність лейкоцитів, сприятливо впливають на клітинний і гуморальний імунітет, покращують мікроциркуляцію і реологічні властивості крові, стимулюють репаративні процеси, гальмують процеси перекисного окислювання ліпідів і здатні чинити інгібуєчий вплив на ряд бактеріальних збудників.

У свідомості лікарів різних спеціальностей та пацієнтів рефлексотерапія традиційно асоціюється винятково зі східною медициною, а саме — з акупунктурою (голковколлюванням) та, можливо, з деякими апаратними методами (електро-, лазеропунктура). Проте такі способи впливу на точки та рефлексогенні зони, що є неінвазивними, тобто не порушують шкірний покрив, як точковий та вакуумний масажі, вакуумпунктура, натискування на точки (шіатсу), прогрівання полинними сигарами та моксами (цзю-терапія), поверхнева голкоаплікація багатоголчастими різнометалевими та полімерними аплікаторами, мей-хуа-чжень (подразнення шкіри багатоголчастими валіками та молоточками), також належать до методів рефлексотерапії.



Рисунок 1.5 – Неінвазивні контактні методи рефлексотерапії



Рисунок 1.6 – Неінвазивні безконтактні методи рефлексотерапії

Якщо інвазивні методи (акупунктура), при яких, окрім специфічної техніки виконання, зазвичай застосовуються більш складні рецепти поєднання точок в одному сеансі, що в кожному конкретному випадку підбираються

індивідуально, має виконувати винятково лікар зі спеціальною освітою, то прості симптоматичні рецепти точкового масажу, прогрівання точок (наприклад, при головному болю тієї чи іншої локалізації, запамороченнях, болю в суглобах, перевтомі, нежиті тощо), а також поверхневі голкоаплікації, окрім лікаря, може виконувати як медичний працівник середньої ланки, так і безпосередньо сам хворий за умови отримання певного інструктажу або навчання спеціалістом, який сам володіє оздоровчими неінвазивними методами РТ.

Метод рефлекторного лікування впливом постійного струму низької напруги на зовнішні і внутрішні рецепторні зони (акупунктури) організму, а також введенням в їх область лікарських речовин шляхом мікроелектрофорезу називається електронно-іонна рефлексотерапія..

За способом впливу розрізняють:

1) електропунктури - вплив на зони струмом без порушення шкірного покриву;

2) електроакупунктура - вплив через попередньо введену в точку голку для акупунктури.

Спрямований потік заряджених частинок утворює електричний струм.

Наявність електричного заряду у часток припускає строго певні закони силових взаємодій між ними, допускають точне математичне формулювання і визначають рух самих частинок. Не слід думати, що явище електричного струму вичерпується простим механічним рухом заряджених частинок. По-перше, електричні й магнітні поля, пов'язані з рухомими зарядженими частинками, мають особливу, немеханічного, природою. По-друге, сам рух елементарних частинок підпорядковується іншими законами, ніж механічний рух макроскопічних тіл. І хоча в ряді питань таке твердження вірне, в інших воно виявляється непридатним, і явища доводиться аналізувати на основі більш складних квантово-механічних уявлень. Пояснення міграції (переміщення) енергії вздовж молекул живого тіла дає електронна теорія напівпровідників, розроблена у фізиці твердого тіла. Макромолекула живого організму багато в

чому схожа з молекулою напівпровідника, хоча процеси відбуваються в ній набагато складніше. Носії зарядів, взагалі кажучи, можуть бути різними. В одних випадках це заряджені атоми або молекули (іони), наприклад при електролітичній провідності або в позитивних променях, що виникають в розріджених газах, в інших - струм обумовлений рухом електронів (у металах і катодних променях). Однак у всіх випадках наявність струму супроводжується деякими загальними явищами: тепловими, хімічними, магнітними.

Висновки за розділом

Рефлексотерапія має багато різновидів, серед яких набули поширення методи впливу на біологічно активні точки шкірного покриву організму людини.

Електропунктура використовує подразнення БАТ електричними струмами, електромагнітними полями, електромагнітним випромінюванням широкого спектру частот і низьких інтенсивностей.

Локалізація зосереджень БАТ проводиться медичними фахівцями з тривалим практичним досвідом, або окремими технічними засобами електропунктурної діагностики.

Відсутні технічні засоби, які б одночасно виявляли локалізацію БАТ і створювали лікувальний подразнюючий вплив.

2 ГАЗОРОЗРЯДНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ БАТ.

В якості необхідного порогового елемента пропонується використати властивості виникнення газового розряду в герметичній скляній колбі, яка заповнена інертним газом при низькому тиску.

2.1 Кількісні характеристики ідентифікації БАТ на змінному струмі

Неприємні відчуття від дії електричного струму людина відчуває при його силі 0,6-1,5 мА змінного струму. Напругу організм людини відчуває з 24-42 Вольт змінного струму. На практиці як діагностична ознака частіше використовується величина електроопору біотканин, ніж провідність. Отже нехай $R_{\text{шк}}$ – активний опір шкіри, $R_{\text{вт}}$, $C_{\text{вт}}$ – активна і ємнісна складові опору внутрішніх тканин, побудуємо спрощену еквівалентну схему комплексного електричного опору $Z_{\text{БАТ}}$ зображену на рис. 2.1.

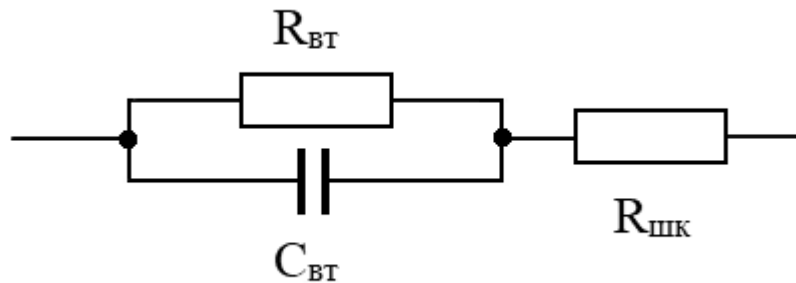


Рисунок 2.1 – Еквівалентна схема комплексного опору в БАТ

Беручи до уваги, що при вимірюванні імпедансу на частотах до 1 МГц індуктивні властивості біотканин не проявляються, можна використовувати цей діапазон для пошуку біологічно активних точок. З імпедансометричних досліджень відомо, що $R_{\text{шк}} \gg R_{\text{вт}}$, а модуль ємнісного опору залежить від частоти електричного струму. Також особливістю БАТ є зменшення значення $R_{\text{шк}}$ майже в два рази порівняно з сусідніми ділянками шкіри. У таблиці 1.1 представлені порівняльні виміри опору БАТ досліджень різних авторів за роком публікації:

Таблиця 1.1 – Опір на і поза БАТ

Автор дослідження (рік)	Опір на БАТ, кОм	Опір поза БАТ, кОм
А.К. Подшебякин (1960)	400 – 500	1000 – 2000
S. Krippner (1973)	100 – 200	Більше 1000
N. Wulfson (1976)	200 – 700	1500 – 2000
Ф.Г. Портнов (1980)	600 – 1000	Більше 1000

Для ідентифікації біологічного стану біоструктури, у тому числі на основі біопроби, вимірюють питомий опір (ρ) тканин. Значення питомого опору, виміряні постійному струмі деяких видів біотканей, наведені у табл. 1 [11].

Таблиця 1.2 – Питомий опір біотканин

Біотканина	ρ , Ом·м
Спинно-мозкова рідина	0,55
Кров	1,66
М'язова тканина	2,0
Нервова тканина	14,3
Жирові тканини	33,3
Суша шкіра	10^5
Кістка без надкістниці	10^7

2.2 Побудова моделі електричного ланцюга газорозрядних струмів в області пошуку БАТ

Характер елементарних процесів, що протікають в розрядному газовому проміжку, знаходить своє відображення у вольт-амперній характеристиці розряду, яка представляє собою графічне зображення залежності сили струму від напруги на електродах. Ця залежність для розряду в газі більш складна, ніж

для твердих або рідких провідників, для яких в переважній частині випадків значення сили струму пропорційно прикладеній різниці потенціалів.

При проходженні струму через гази електропровідність останніх залежить від багатьох причин, і в першу чергу, від сили струму. Тому пропорційність між напругою та силою струму в розрядному проміжку відсутня. На рис. 2.2 схематично зображена вольт-амперна характеристика газового розряду. Ділянка АВ відповідає самостійному темному розряду та переходу його до тліючого розряду, горизонтальна ділянка ВС відповідає нормальному тліючому розряду. При подальшому збільшенні струму виникає аномальний тліючий розряд (ділянка CD). При струмі від одиниць до сотень і тисяч амперів розряд переходить у дуговий (ділянка EF) [12].

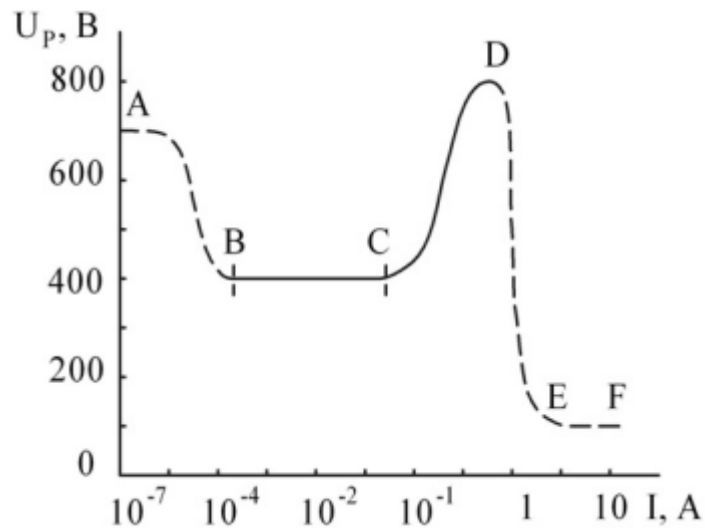


Рисунок 2.2 – Вольт-амперна характеристика електричних розрядів у газах

Розряд відбувається в скляній колбі між двома металевими електродами на які подається напруга U . При підвищенні напруги до рівня U_n відбувається лавинний пробій в міжелектродному просторі. На електродах напруга знижується до рівня стану горіння U_r , виникає тліючий розряд в інтервалі розрядних струмів $I_{\text{мін}} \dots I_{\text{макс}}$. Розряд супроводжується електромагнітним випромінюванням в широкій смузі частот включно з видимим спектром (світіння). Виникнення світіння можна використати для ідентифікації розташування БАТ на поверхні шкіри. Аналогічні фізичні процеси іонізації газу

при пониженому тиску відбуваються на змінному високочастотному струмі до десятків мегагерц. Еквівалентна схема розрядного ланцюга для пошуку БАТ показана на рис. 2.3.

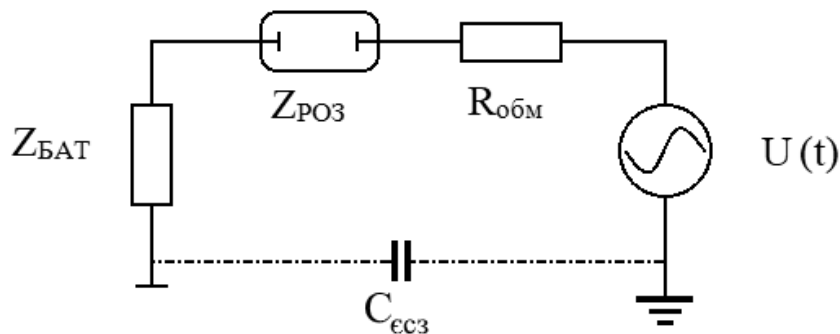


Рисунок 2.3 – Схема розрядного ланцюга на змінному струмі

Амплітуда напруги $U(t)$ повинна бути недостатня для виникнення розряду при знаходженні контакту поза зоною БАТ. А в разі потрапляння контакту маніпулятора в зону БАТ відбуватися перерозподіл падіння напруг на ділянці: $Z_{\text{БАТ}} - Z_{\text{РОЗ}}$ (газорозрядний індикатор) – $R_{\text{обм}}$. За оптимального налаштування пристрою, падіння напруги на індикаторі є достатнім для виникнення розряду, що супроводжується випромінюванням у видимому діапазоні. Весь організм людини пропускатиме через себе ємнісні струми зміщення пропорційно просторовій ємності $C_{\text{есз}}$. Таким чином відбувається індикація розташування БАТ.

Треба зауважити, що при використанні частот від одиниць кілогерців в колбі розрядника може бути один електрод з'єднаний з джерелом високочастотної напруги $U(t)$. За наявності достатніх струмів зміщення (ємнісних струмів) точка БАТ і весь організм людини будуть виконувати функцію другого електрода, який знаходиться ззовні скляної колби. Таким чином пошуковий маніпулятор можна виконати у формі циліндричної скляної колби з конічним або циліндричним пошуковим закінченням, яка має всередині один металічний електрод і заповнена інертним газом.

2.3 Структура пристрою газорозрядної індикації БАТ

Основу пристроїв відображення інформації складають індикаторні пристрої або елементи індикації, які призначені для перетворення електричних сигналів у видиму форму. Індикаторні прилади прийнято класифікувати за фізичними явищами, на яких засновано їх принцип дії. У газорозрядних індикаторах використовують свічення, що супроводжується самостійним електричним розрядом в газі. Всі вони належать до іонних пристроїв тліючого розряду і виконуються з холодним катодом.

Найпростіші прилади даного типу – сигнальні індикатори (неонові лампи). Вони мають два металічні електроди, виконані у вигляді дисків, стержнів і т.д. розміщених в скляний балон, зазвичай заповнений неоном. Напруга виникнення розряду в проміжку анод-катод для різних типів ламп коливається в межах від 60 до 235 В, робочий струм – від 0,15 до 30 мА.

В якості необхідного порогового елемента пропонується використати властивості виникнення газового розряду в герметичній скляній колбі, яка заповнена інертним газом при низькому тиску. Типова вольт-амперна характеристика тліючого розряду представлена на рис. 2.4.

Якщо брати поперечний радіус пошукового маніпулятора $\sim 1 \dots 3$ мм, то з такою ж точністю визначаються контури біологічно активної зони. Для існуючих газорозрядних індикаторів ефективний струм горіння не перевищує $100 \dots 400$ мкА [5]. Конструкція індикатора-випромінювача складається з невеликої скляної капсули, що містить суміш неону і інших газів за низького тиску ($1 \dots 20$ мм рт. ст.) та електрода. В зоні БАТ повинен з'явитися тліючий розряд помаранчево-червоного кольору.

Приймаючи до уваги, що пошуковий контакт маніпулятора потрапляє на БАТ, а через ланцюг протікає змінний струм, то використавши амплітуду модуляцію частотами низькочастотного діапазону біостимуляції $1 \dots 150$ Гц, ми одночасно з розрядом отримуємо фактор лікувального впливу. Додатково,

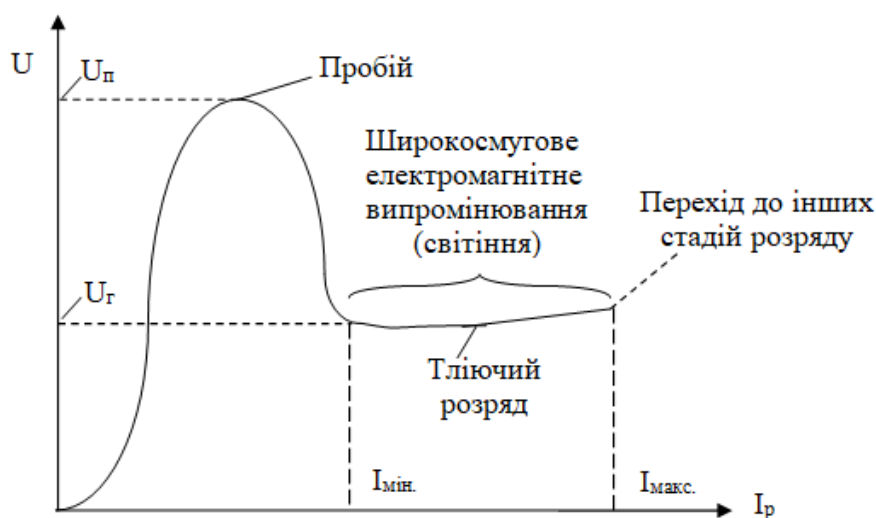


Рисунок 2.4 – Вольт-амперна характеристика тліючого розряду на постійному струмі

газорозрядна плазма є джерелом низькоінтенсивного випромінювання міліметрового діапазону надвисоких частот (НВЧ) з спектральною складовою в інтервалі край високих частот 56...76 ГГц. Цей діапазон є біологічно значимим за рахунок електромагнітного випромінювання, яке ефективно використовується для приладів інформаційно-хвильової терапії.

Доцільно буде використати генератор синусоїдальних коливань з амплітудною модуляцією як джерело змінної напруги. Структурна схема апаратної реалізації приведена на рис. 2.5.

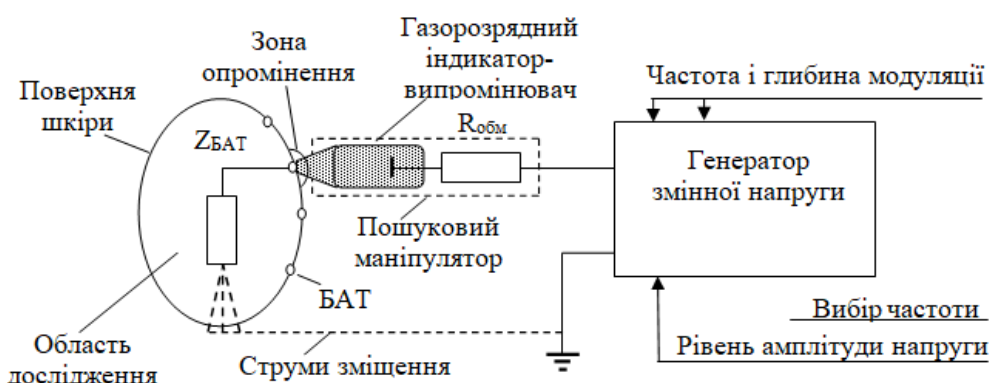


Рисунок 2.5 – Структурна схема пристрою для пошуку та терапевтичного впливу на БАТ

Джерелом змінної напруги є генератор синусоїдальних коливань з амплітудною модуляцією. Частоти на яких проводиться пошук БАТ терапевтичний вплив можна обирати в інтервалі 0,01...10 МГц. Конкретне значення частоти залежить від умов вимірювання (області пошуку БАТ) і забезпечення необхідного рівня струмів зміщення.

Висновки за розділом

Використання газорозрядного елемента в ланцюзі пошуку локалізації БАТ дозволяє використати явище світіння після електричного пробою для візуалізації розташування БАТ.

Електричний пробій спричиняється зменшенням опору в локалізації БАТ і збільшенням напруги на газорозрядному елементі.

Використання змінної напруги з частотами в інтервалі 1...500 кГц дає можливість принципово замкнути електричний ланцюг через розподілені струми зміщення (ємнісні струми) без гальванічного контакту з БАТ.

Безпосередньо, одночасно з локалізацією БАТ, відбувається перехід в режим електростимуляції.

При використанні амплітудної модуляції змінного струму низькочастотним сигналом зі смугою частот 1 – 150 Гц фактор впливу аналогічний до методу ампліпульстерапії.

Додатковим фактором впливу в зоні БАТ є широкосмугове електромагнітне випромінювання плазми газового розряду, подібне за характеристиками що використовується в технологіях інформаційно-хвильової терапії

3 АНАЛІЗ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ В РЕЖИМІ СТИМУЛЯЦІЇ БАТ

3.1 Характеристики струмових факторів впливу

Серед методів і засобів електролікування використовують вплив модульованим синусоїдальним струмом – ампліпульстерапія [16]. В якості несучого коливання використовують частоти 1...10 кГц. Для стимуляції внутрішніх тканин застосовують амплітудну модуляцію несучого коливання низькочастотним синусоїдальним подразнюючим сигналом 1...150 Гц. Глибина модуляції регулюється дискретно, в межах 0 - 100%.

В деяких варіантах електропунктурної стимуляції БАТ використовують прямокутні або пилкоподібні імпульси подразнення з тією ж частотою повторення 1...150 Гц.

Пропонується, як напрям модернізації методу електропунктури, використати амплітудну модуляцію синусоїдального струму газового розряду прямокутними імпульсами. Частота імпульсів модуляції і їх тривалість повинні формувати низькочастотний спектр струмів стимуляції. Глибина модуляції повинна забезпечувати виникнення газового розряду подібно до імпульсних. Форма напруги для формування розрядного струму показана на рис. 3.1.

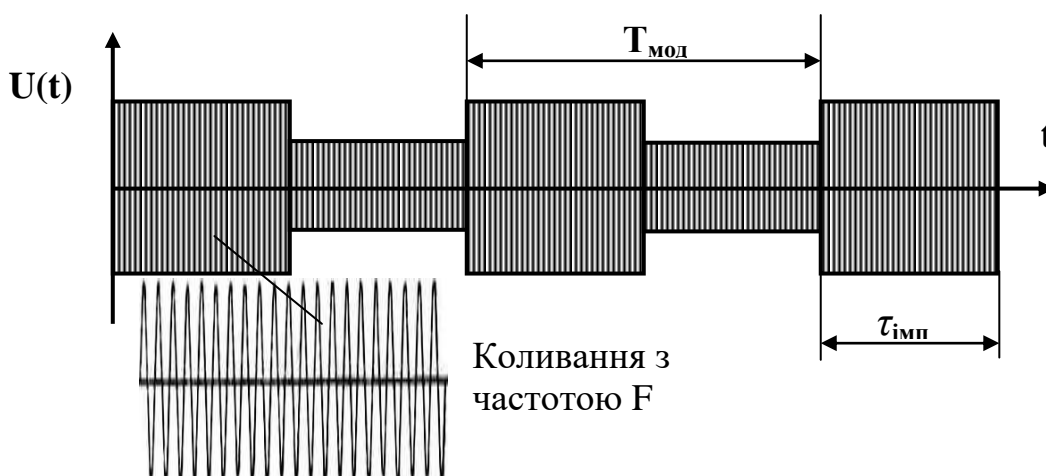


Рисунок 3.1 – Амплітудна модуляція розрядного струму

Прийmemo як спрощену модель розряду на змінному струмі з амплітудною імпульсною модуляцією – імпульсний газовий розряд. Також, розглянемо імпульсний газовий розряд як первинний процес збудження широкосмугових електромагнітних коливань.

Умови виникнення розряду:

- електроди, розділені розрядним проміжком;
- міжелектродний газонаповнювач – суміш інертних газів (тиск, хімічний склад, вологість)
- область розряду герметизована порожнина (захищена від попадання пилу та вологи);
- потужність фонового іонізуючого випромінювання відповідає нормі (10 - 20 мкР / год).

Допустимо, що динаміка імпульсного тліючого розряду в реальному електричному ланцюзі може бути описана статичною вольтамперною характеристикою (ВАХ) газового розряду, що відповідає часу дії імпульсної напруги (рис. 2.4). Причому напруга тліючого пробою $U_{\text{П}}$ (запалювання розряду) вища за напругу горіння $U_{\text{Г}}$.

При імпульсному розряді виникнення стадій тліючого розряду й, тим паче, дугового, залежить від тривалості імпульсу й енергій джерела електричної енергії.

У залежності від резистивно-індуктивно-ємнісних властивостей розрядного ланцюга при подачі прямокутних імпульсів напруги величиною U_a може виникати однократний чи багатократний цикл пробоїв розрядного проміжку. Можлива еквівалентна модель розрядного ланцюга показана на рис. 3.2, де R , L , C – розподілені значення опору, індуктивності та ємності, а R_B – опір витоку, C_E – ємність електродів розрядника.

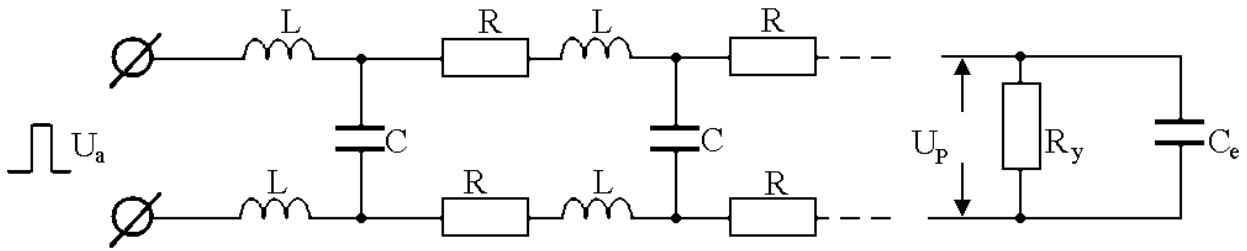


Рисунок 3.2 – Еквівалентна модель розрядного ланцюга

При відсутності пробую напруга на розряднику $U_p(t)$ буде мати форму, зображену на рис. 3.3.

Тривалість часу фронтів $\tau_{фн}$ – нарощення й $\tau_{фс}$ – спаду буде залежати від конкретних значень R, L, C, C_E, R_B .

Якщо $U_p \geq U_{п}$, де $U_{п}$ – напруга пробую, то відбуватиметься однократний чи багатократний пробій, як зображено на рис. 3.3 і 3.4 відповідно.

Окрім енергії підведеного імпульсу напругою U_a , на вірогідність виникнення однократного чи багатократного пробую впливає активний опір плазмового проміжку в між електродному просторі на момент пробую.

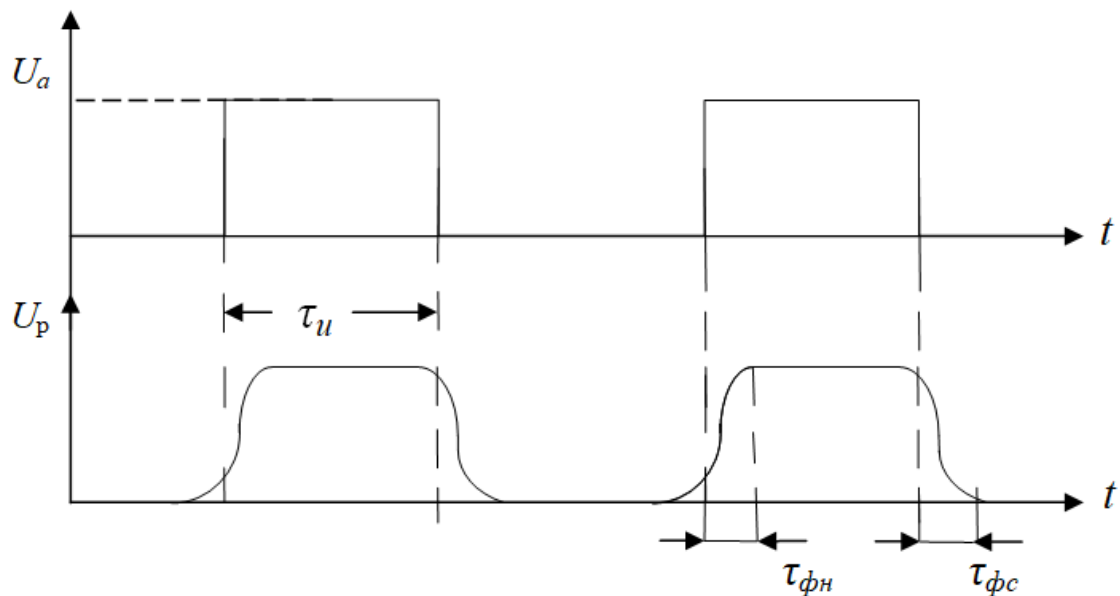


Рисунок 3.3 – Форма напруги на розряднику за відсутності пробую

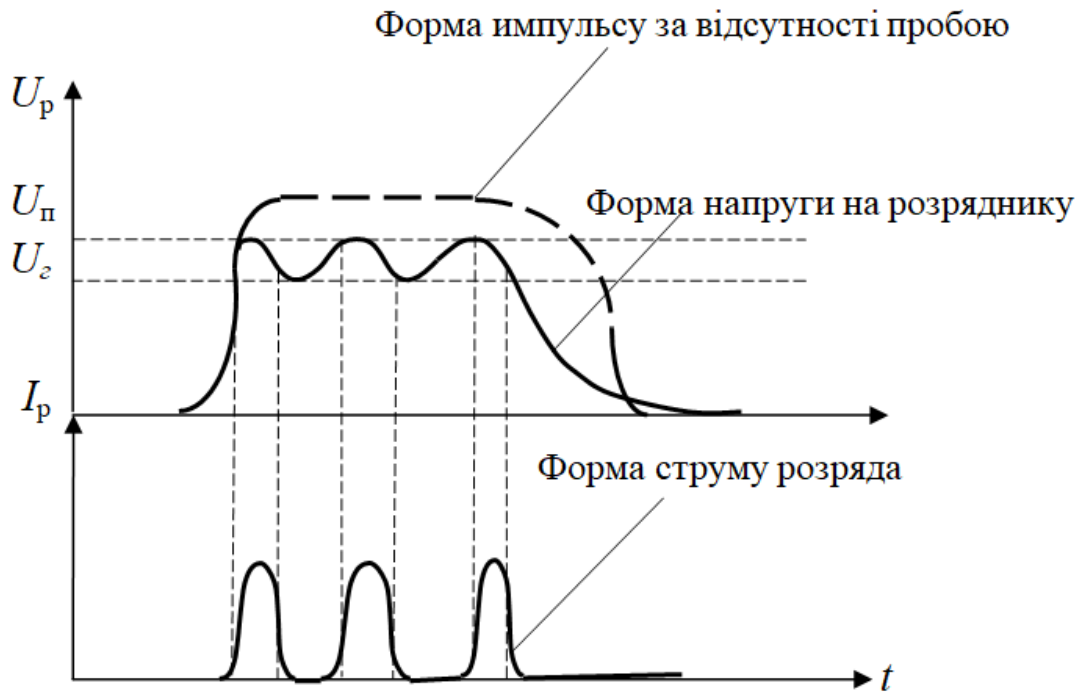


Рисунок 3.4 – Модель варіанту багатократного пробую

Враховуючи, що в розрядному ланцюзі після завершення пробую залишається накопичена енергія ($U_p(t) < U_2, U_{II}; U_a(t) \neq 0$) в реактивних L, C компонентах, то ймовірне виникнення затухаючих коливань змінного струму. Якісний вигляд цього процесу зображено на рис. 3.6, де I_p – струм розряду.

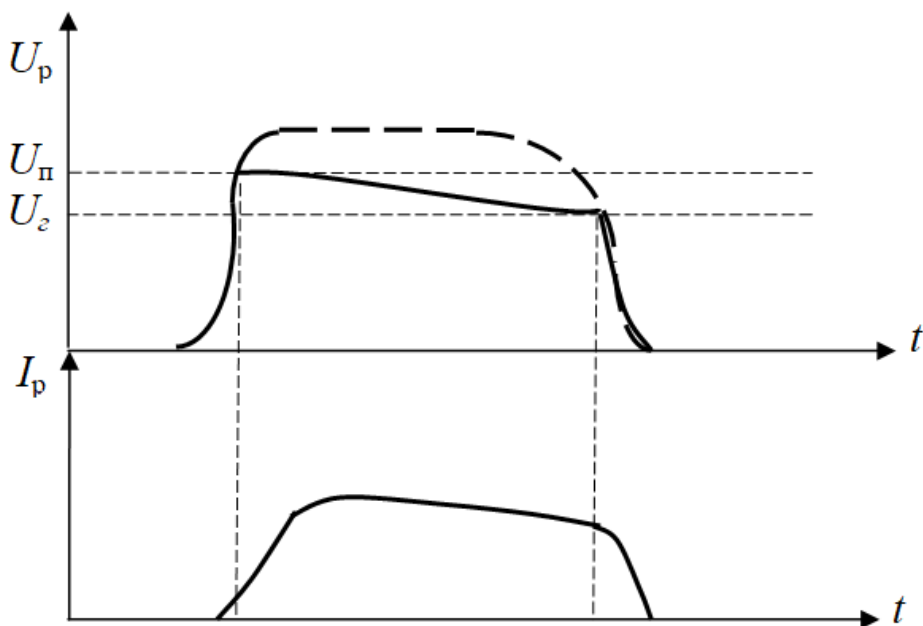


Рисунок 3.5 – Модель варіанту однократного пробую

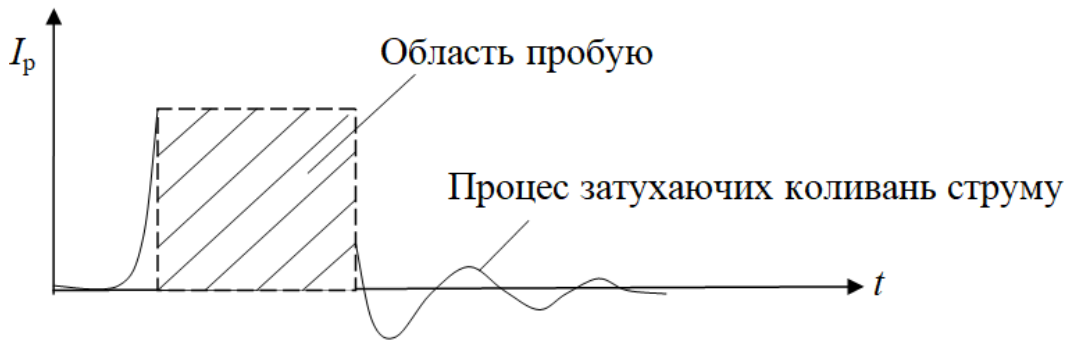


Рис. 3.6 – Модель розрядного струму

Класифікуючи форму протікаючого струму його можна віднести до імпульсного, а ділянку пробую спрощено подати у вигляді прямокутного імпульсу

Прийmemo як спрощену модель розрядного струму протікаючого в системі електродів послідовність прямокутних імпульсів тривалістю τ й періодом проходження T . Такий процес мусить забезпечити послідовність напруги живлення $U_a(t)$. Зробимо припущення, що періодичний процес симетричний відносно початку відліку (рис. 3.7).

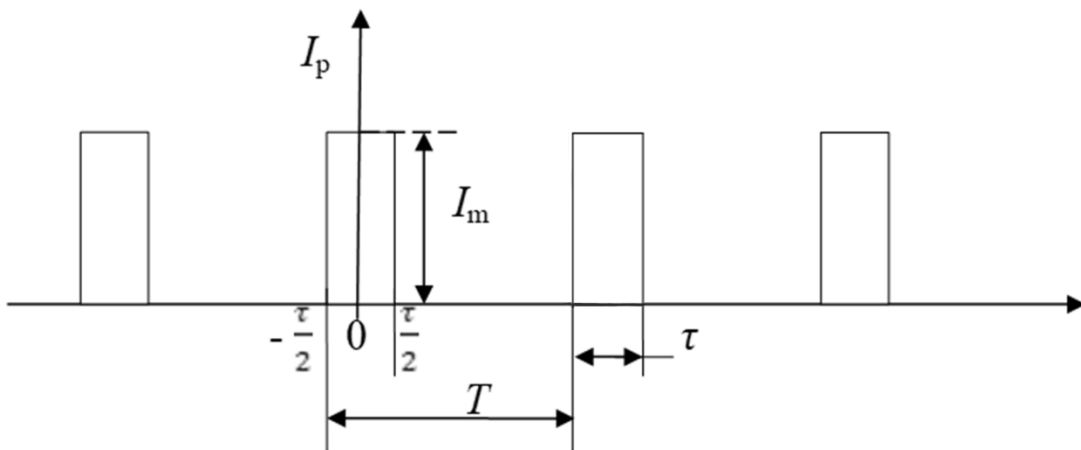


Рисунок 3.7 – Модель послідовності імпульсів розрядного струму

Проведемо аналіз спектра даної періодичної функції за допомогою ряду Фурьє.

За обраним початком відліку $I_p(t)$ є парною функцією. Її спектр містить лише постійні й косинусоїдальні складові:

$$I_0 = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{\tau}{2}} I_M dt = 2 \frac{\tau}{T} I_M = 2p I_M; \quad (1.1)$$

$$I_k = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{\tau}{2}} I_M \cos(k\omega_1 t) dt = 2p I_M \frac{\sin(k\pi p)}{k\pi p}; \quad (1.2)$$

де, $p = \tau/T$ – коефіцієнт заповнення імпульсу,
 $\omega_1 = 2\pi/T$ – частота першої гармоніки періодичного процесу,
 $k = 1, 2, 3, \dots$ – номери гармонік.

Ряд Фуріє функції розрядного струму має вид:

$$I_p(t) = I_M \left[p + 2p \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(k\pi p)}{k\pi p} \cos(k\omega_1 t) \right]; \quad (1.3)$$

Амплітуди гармонійних складових визначаються виразом:

$$I_k = 2p I_M \frac{\sin(k\pi p)}{k\pi p} = \frac{2I_M}{k\pi} \sin(k\pi p) \quad (1.4)$$

При значеннях $k\pi p = (k\omega_1 \tau)/2 = m\pi$, ($m = 1, 2, 3, \dots$) амплітуди відповідних гармонік дорівнюють нулю, тобто в спектрі послідовності ідеальних прямокутних імпульсів коливання з частотами $k\omega_1 = 2m\pi/\tau$ відсутні. Ця умова дійсна для циклічної частоти ($\omega_1 = 2\pi f_1$) приймає вид $kf_1 = m/\tau$, ($m = 1, 2, 3, \dots$).

Таким чином спектр періодичної послідовності імпульсів розрядного струму є дискретним. Окремі складові амплітудного спектру струму мають вигляд вертикальних відрізків (в точках $f_k = kf_1$), довжина яких пропорційна амплітуді відповідній гармоніці. Сусідні складові спектру відрізняються за частотою на величину f_1 (тобто частоту слідування імпульсів). На рис. 3.8 зображена якісна модель залежності $I_p(f)$.

Чим менше значення p , тим сильніше розтягується $I_p(f)$ вздовж вісі частот. Отже для отримання максимально широкого спектру частот необхідно виконати умову $p \ll 1$.

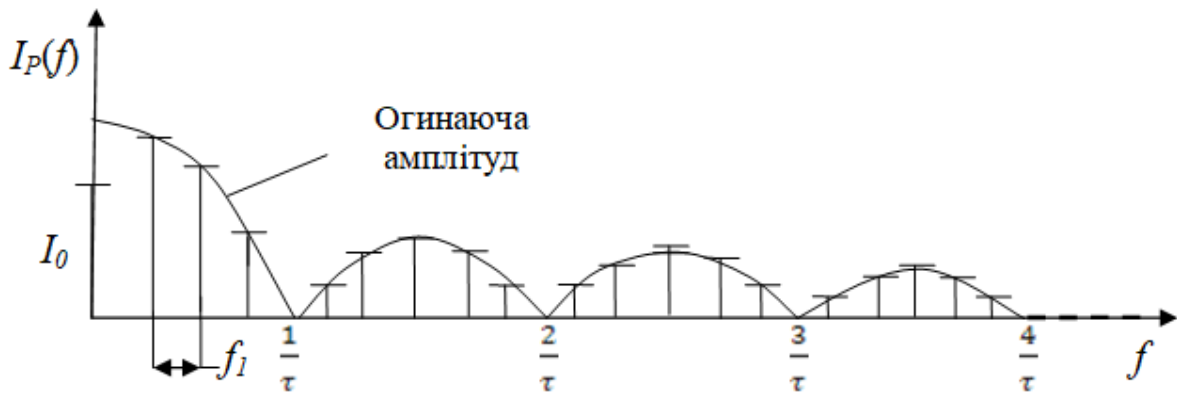


Рисунок 3.8 – Низькочастотна область спектру амплітуд розрядного імпульсу

Проведемо розрахункову оцінку спектральних складових струму розряду, зробивши кількісний вибір ряду параметрів.

Частоту слідування розрядних імпульсів f_1 оберемо з низькочастотного інтервалу біологічно значимих частот впливу. Враховуючи використання модуляції частотами 1 – 100 Гц (частоти електропунктурної стимуляції, діадинамотерапії, частоти модуляції в ампліпульстерапії й дорсанвалізації). Для якісної оцінки приймемо значення $f_1 = 50$ Гц.

Тривалість імпульсу τ оберемо, наприклад, з даних про неонові лампи, у яких робочі частоти в імпульсних схемах складають 1...1000 кГц. А тривалість тліючого розряду в між електродному проміжку $\tau = 150$ мкс.

$$\text{Тоді } p = \tau/T = \tau f_1, (f_1 = 1/T), p = 1.5 \cdot 10^{-7} \cdot 50 = 6.5 \cdot 10^{-6}.$$

Основний діапазон частот впливу електромагнітного випромінювання синусоїдально модульованих струмів, подібно ампліпульстерапії, становить 5 кГц. Тоді для оцінки амплітуди розрядного струму в КХЧ діапазоні оберемо частоту $f_k = 5$ кГц. Цій частоті відповідає значення:

$$k = f_k / f_1 = 5 \cdot 10^3 \text{ Гц} / 50 \text{ Гц} = 1 \cdot 10^2. \quad (1.5)$$

Як було вказано вище, амплітуда струму k -й гармоніки:

$$I_k = \frac{2I_M}{kp} \sin(k\pi p). \quad (1.6)$$

Тоді огинаюча КХЧ гармонік струму буде змінюватись на нуль при $k\pi r = m\pi$, ($m = 1, 2, 3 \dots$) й мати максимуми, коли $k\pi r = m\pi + \pi/2$. Враховуючи що в КХЧ діапазоні $k \gg 1$, $m \gg 1$, то $m\pi \gg \pi/2$. Тому інтервал значень частот максимуму й мінімуму огинаючої буде значно менше частоти k -й гармоніки КВЧ діапазону ($f_{k\max} - f_{k\min} \ll f_k$). Тоді, для енергетичної оцінки вважатимемо, що максимальна амплітуда k -й гармоніки $I_k \approx 2I_M/k\pi$.

Таким чином струм збудження на частоті $f_k = 5$ кГц матиме величину:

$$I_k = \frac{2I_M}{k\pi} = \frac{2}{3,14 \cdot 1 \cdot 10^2} I_M \approx 6,37 \cdot 10^{-3} I_M. \quad (1.7)$$

У результаті пробою імпульсне значення I_M залежить від концентрації носіїв заряду в утвореній плазмі й потужності первинного імпульсного джерела. Тому в момент пробою провідні властивості плазми можна охарактеризувати деякими кінцевими значеннями опору розрядного проміжку R_p . Тоді потужність збудження на k -й гармоніці складатиме:

$$P_k = R_p \cdot I_M^2. \quad (1.8)$$

Якщо припустити що частота f_k оптимальна для збудження електромагнітної хвилі в навантажувальній випромінювальній системі, то густина потоку потужності (інтенсивність випромінювання) складе:

$$W_k = \frac{P_k}{S} = \frac{R_p \cdot I_M^2}{S}, \quad (1.9)$$

де, S – площа поперечного перерізу випромінюючої системи.

Спектральну густину потужності випромінювання на частотному інтервалі Δf_k представимо як:

$$S_k = \frac{W_k}{\Delta f} = \frac{R_p \cdot I_M^2}{\Delta f \cdot S}. \quad (1.10)$$

Для випромінюючої системи круглого перерізу частот близько 5 кГц вірогідний діаметр дорівнюватиме 10 мм. Тоді $S = \pi \cdot 10^{-1} \text{ см}^2$. З огляду на

реальний опір розрядного проміжку може становити від сотень Ом до десятків тисяч Ом. Проведемо кількісну оцінку W_k , S_k без встановлення конкретного значення R_p . Для частоти 55 Гц маємо:

$$W_k = \frac{R_p \cdot I_M^2}{S} = \frac{R_p \cdot 6,37 \cdot 10^{-3} I_M^2}{\pi \cdot 10^{-1}} \approx 6,37 \cdot 10^{-2} R_p I_M \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}; \quad (1.11)$$

$$S_k = \frac{W_k}{\Delta f} = \frac{6,37 \cdot 10^{-2} R_p I_M}{10^{10}} = 6,37 \cdot 10^{-12} R_p I_M \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{Гц}}; \quad (1.12)$$

Якщо прийняти значення $R_p I_M^2 = 1 \dots 10^3$ Вт в імпульсі, то інтенсивність випромінювання і спектральна густина потоку потужності випромінювання буде:

$$W_k = 6,37 \cdot 10^{-2} \dots 63,7 \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}; \quad (1.13)$$

$$S_k = 6,37 \cdot 10^{-12} \dots 6,37 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{Гц}}. \quad (1.14)$$

При значенні $P_k = 1$ кВт, тривалості імпульсу $\tau = 150$ мкс і частоті повторювань імпульсів 50 Гц середня потужність розряду складатиме:

$$(P_k)_{\text{ср}} = \frac{(R_p \cdot I_M^2) \tau}{T} = (R_p \cdot I_M^2) \tau \cdot f_1 = 0,075 \text{ Вт} \quad (1.14)$$

Отже середня потужність розряду для розглянутого режиму становитиме 75 мВт.

Результатом розрахункової оцінки енергетичних характеристик [26, 27]. періодичного імпульсного тліючого розряду (1.5...1.14) можна вважати наступне:

1) середня потужність розряду при частоті повторення імпульсів 50 Гц має становити 75 мВт;

2) за оптимальних розмірів області розряду спектральна густина потоку потужності становитиме $\sim 6,37 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot \text{Гц}}$.

3.2 Спектральні характеристики випромінювання плазми газового розряду

Дія електромагнітних випромінювань на організм людини:

- електромагнітні поля (ЕМП) негативно впливають на організм людини, яка безпосередньо працює із джерелом випромінювання, а також населення, яке мешкає поблизу джерел випромінювання. Встановлено, що переважна частина населення знаходиться в умовах підвищеної активності ЕМП.

- ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини залежить від діапазону частот, тривалості опромінення, розмірів поверхні тіла, яке опромінюється, індивідуальних особливостей організму.

- діапазон частот. Вважається, що в діапазоні промислових частот дією магнітної складової на організм людини можна знехтувати, а негативний вплив на організм зумовлений електричною складовою. В результаті дії електричної складової ЕМП на нервову систему, а також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій організму.

- випромінювання низької частоти, в першу чергу, негативно впливають на центральну нервову систему, викликаючи головні болі, запаморочення, нудоту, депресію, безсоння, відсутність апетиту, виникнення синдрому стресу. Доведено, що нервова система реагує навіть на короткі за тривалістю впливу щодо слабких полів частоти: змінюється гормональний стан організму, порушуються біоструми мозку. Все це відображається на процесах навчання і запам'ятовування.

- низькочастотне електромагнітне випромінювання може стати причиною шкірних захворювань (вугрове висипання, себорейна екзема, рожевий лишай), хвороб серцево-судинної системи та кишково-шлункового тракту, воно впливає на білі кров'яні тільця, що призводить до виникнення пухлин, у тому числі і злоякісних.

- у результаті дії на організм людини УВЧ випромінювань спостерігається: загальна слабкість, підвищена втомлюваність, сонливість, порушення сну, головний біль та біль в ділянці серця. З'являється роздратованість, втрачається увага, сповільнюються рухово-мовні реакції. Порушується діяльність шлунку, печінки, підшлункової залози, серцево-судинної системи, змінюється склад крові.

- у результаті систематичної дії ЕМП високої (ВЧ) та надвисокої (НВЧ) на організм людини спостерігається підвищення кров'яного тиску, випадіння волосся, ламкість нігтів. ЕМП цих частот призводять до зміни поляризації молекул та атомів клітин, в результаті чого виникає небезпечний нагрів.

- вплив НВЧ випромінювань залежить від інтенсивності опромінення і призводить до зменшення частоти пульсу, зниження артеріального тиску (20 мкВт/см^2). Із ростом інтенсивності НВЧ випромінювань відбуваються електрокардіографічні зміни та зміни у нервовій системі, зміни у статевих залозах, складі крові, помутніння кришталика ока (6 мВт/см^2). Випромінювання інтенсивністю 100 мВт/см^2 викликають стійку гіпотонію і двосторонню катаракту. Якщо інтенсивність перевищує 1 Вт/см^2 , це спричиняє швидку втрату зору.

- тривалість опромінення. За нетривалої дії електромагнітного випромінювання зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотній характер, але в результаті тривалої дії вони накопичуються і підсилюються. При виключенні впливу та поліпшенні умов праці ці зміни можуть зменшуватися і зникати. Тривалий інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень та захворювань[23].

Якщо вхідними каналами впливу є біологічно активні точки, то в залежності від захворювання вибирають кілька біологічно активних точок. Значущість цих точок при впливі електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону низької інтенсивності корелює з відомою функціональною картографією східної акупунктури. Різними варіантами підбирають ті з них, що викликають найкомфортніші сенсорні реакції

організму. Такі реакції бувають місцевими – зменшення або припинення болювого синдрому, відчуття тепла, почуття "повзання мурашок", і загальними – почуття загального розслаблення, легкість у всьому тілі, сонливість.

Механізм дії. Вважається, що за допомогою КВЧ-терапії можна впливати на власні електромагнітні поля молекул, клітин, тканин, систем організму. Дія здійснюється за принципом введення в біорезонанс певних ланок молекули, тобто відновлення механізму саморегуляції на молекулярному рівні. Метод покликаний відновлювати електромагнітне поле організму, а через нього - структуру і функції як окремих клітин, так і організму в цілому. Виділяють кілька стадій при впливі електромагнітних випромінювань міліметрового діапазону на організм людини:

1 стадія – вплив на "електромагнітний каркас" людини через канал, зв'язаний з тим або іншим органом;

2 стадія – емоційно-сенсорна відповідь на електромагнітне випромінювання;

3 стадія – мобілізація адаптивних гормонів, зняття болю і інших симптомів хвороби;

4 стадія – метаболічні та імунні зміни;

5 стадія – клітинно-молекулярне відновлення інформаційного стану генома;

6 стадія - нормалізація метаболічних і фізіологічних процесів на рівні органів і систем.

Вченими отримані достовірні дані про те, що застосування електромагнітних хвиль міліметрового діапазону викликає такі основні ефекти:

- поліпшується периферичний кровообіг, настає м'язове розслаблення, зменшуються болі різноманітного походження, прискорюється регенерація ушкоджених тканин;

- стимулюється імунна система, розвивається загальний адаптаційний синдром і нормалізується функція системи гіпоталамус-гіпофіз-кора наднирників, проявляється імунномодулююча дія;
- нормалізується функція центральної і вегетативної нервової системи;
- поліпшуються реологічні властивості крові, мікроциркуляція;
- зменшується рівень холестерину, нормалізується співвідношення тригліцеридів і фосфоліпідів у сироватці крові;
- нормалізується біоелектрична активність мозку, серця і лімфатичної системи;
- нормалізується артеріальний і венозний тиск;
- нормалізується вміст в крові ендогенних опіатних сполук, відновлюється секреторна і моторна функції шлунка;
- знімається бронхоспазм, поліпшується функція зовнішнього дихання;
- нормалізується стан системи протеази-інгібітори протеаз і мікроелементний склад крові;
- знижується пристрасть до алкоголю і паління;
- поліпшується психоемоційний статус, проявляється виражена антидепресивна і седативна дія.

Фізичний механізм, що діє, залежатиме від співвідношень між довжиною хвилі λ відповідної частоті струму збудження і відстанню від випромінювача до об'єкта. Виділимо за цим критерієм три варіанти моделювання:

- 1) $\lambda \gg l$ – хвильовий процес відсутній;
- 2) $\lambda \ll l$ – область впливу знаходиться у хвильовій зоні;
- 3) $\lambda \approx l$ – область впливу знаходиться в зоні, де можуть бути одночасно значущими фізичні механізми, розглянуті для випадків $\lambda \gg l$ і $\lambda \ll l$.

$\lambda \gg l$: характерна відстань від випромінювача до об'єкта визначає пріоритетні розміри області локального впливу, та з медичної практики складає величину $l = 1 \dots 10$ см.

Таким чином, для частот від f_1 до 300 МГц ($\lambda = 1$ м, $\lambda \gg l$) механізм впливу на біоструктури пов'язаний переважно з компонентами напруженості

електричного поля E і в деякій мірі магнітного поля H створюваного струмом тліючого розряду.

Домінуючим фактором, що діє, в даному випадку будуть струми зміщення, що замикають ланцюг за допомогою ємнісного розподіленого зв'язку, як показано на рис. 3.9 [24].

Ємності $C_{ек}$ – електрод-шкіра обумовлені фізичними розмірами електродів та відстанню до біотканин. При амплітуді діючої імпульсної напруги 5...10 кВ величина струмів зміщення, що виникають, достатня для стимуляції біоструктур в низькочастотній ділянці спектра подібно до методів діадинамотерапії, ампліпульстерепії, дарсонвалізації. Оцінює значення струму зміщення:

$$I_{см}(\omega) \sim \frac{U(t)}{|Z|}, \quad |Z| = R_{ТК} + \frac{2}{\omega C_{эк}}, \quad (2.1, 2.2)$$

де, ω – кутова частота гармонійної складової імпульсної напруги.

Слід зауважити, що для тліючого розряду в середовище з повітря при нормальному атмосферному тиску, вологості, інтенсивності іонізуючого випромінювання й міжелектродному проміжку в 2 мм необхідна амплітуда напруги 60...220 В.

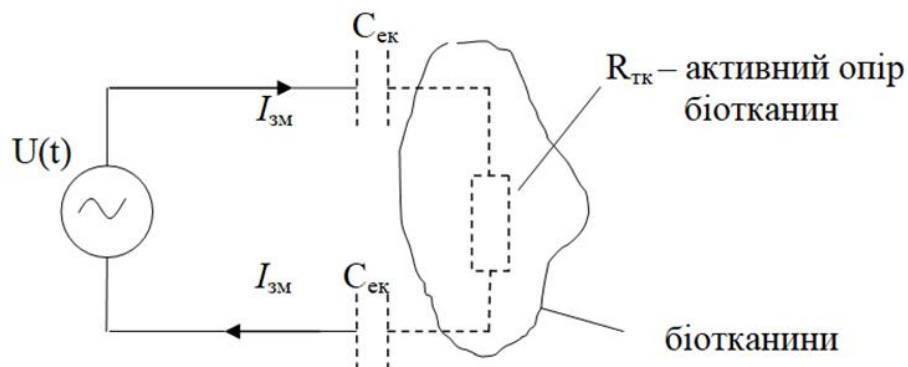


Рисунок – 3.9 Модель впливу струмами усунення низькочастотної частини спектру імпульсного розряду

В силу того, що $C_{\text{ек}}$ становить від часточок до одиниць пікофарад, струми, що виникають, $I_{\text{зм}}$ не викликають виражених фізіологічних реакцій у людини.

Запропонована модель відповідає впливу до виникнення струмів розряду між електродами.

У момент пробою можна говорити про переважання впливу магнітної складової поля, що породжується розрядним струмом для інтервалу частот 50 Гц – 300 МГц. Величина індукційних струмів у біотканинах:

$$I_{\text{інд}} \sim \sigma_{\text{тк}} \cdot \omega^2 B(t), \quad (2.3)$$

де, $\sigma_{\text{тк}}$ – провідність біотканин на частоті ω ,

$B(t)$ – індукція магнітного поля, що породжується розрядним струмом.

Очевидно, що і дану компоненту впливу можна віднести до низькоінтенсивних впливів, що подібно методам низькочастотної та високочастотної магнітотерапії.

$\lambda \ll l$: ця умова справедлива для діапазону частот 30 – 300 ГГц. Фізичні механізми впливу випромінювання в даному діапазоні частот визначаються: глибиною проникнення випромінювання в біотканині (що пов'язано з процесами поглинання ЕМІ біотканинами), явищем укорочення довжини хвилі в біоканях, інтерференційними явищами, резонансним поглинанням молекулярних структур, а також явищами явлення Зеємана.

$\lambda \approx l$: переважання того чи іншого механізму істотно залежатиме від конкретного значення параметра l .

Електромагнітні хвилі генеруються в плазмі при елементарних процесах, пов'язаних із взаємодією складових частинок між собою та із зовнішніми полями. Характер спектру випромінювання, що генерується, визначається природою елементарного процесу, що робить основний внесок у випромінювання НВЧ діапазону. Проведемо аналіз власних випромінювань плазми тліючого розряду з позицій їхнього вкладу в спектр біологічно значущих частот радіочастотного діапазону.

Гальмівне випромінювання – це пружні зіткнення електрона з важкими частинками, при яких внутрішня енергія взаємодіючих частинок не змінюється, а випромінювання, що супроводжує цей процес, називається гальмівним і має складний спектр зі слабо вираженою селективністю, який включає і діапазон випромінювання, що цікавить нас. Спектр випромінювання можна оцінити по наступній залежності:

$$\frac{E}{h} = \frac{3kT_e}{2h} \approx 10^{11} T_e \text{ Гц}, \quad (2.4)$$

де, k – постійна Больцмана;

T_e – температура частинок (електронів);

$h = d/\lambda_0$ – відносний параметр плазми;

$\lambda_0 = \frac{2\pi c}{\omega_0}$ довжина електромагнітної хвилі у вільному просторі на ω_0 ;

ω_0 – плазмова частота;

d – товщина шару плазми.

З виразу 2.4 випливає, що за температури електронів всього 1 К, частота випромінювання складе 100 ГГц. За експериментальними даними для реального тліючого розряду в повітрі $T_e \approx 10^4$ К, тому спектр частот гальмівного випромінювання, переважно, перебуває поза радіочастотним діапазоном.

Випромінювання у процесі фотоіонізації – непружні зіткнення частинок призводять до зміни їх внутрішньої енергії, ці процеси можуть супроводжуватися селективним випромінюванням у вигляді окремих спектральних ліній, що відповідають зміні енергетичних станів атомів або молекул, а також випромінюванням, що виникає в процесі рекомбінації. Енергія квантів електромагнітного випромінювання електронного та коливального спектрів молекул визначає розташування спектральних ліній в оптичному діапазоні. І лише наявність обертальних спектрів молекул іонізованого газу дає ймовірність наявності спектральних ліній у КВЧ діапазоні.

Магнітогальмівне випромінювання – виникає внаслідок прискореного руху електронів у магнітному полі. Рух заряджених частинок у зовнішньому магнітному полі по криволінійних траєкторіях є джерелом магнітогальмівного випромінювання, сконцентрованого в області основної циклотронної частоти та її гармоніки. Зважаючи на використання малих струмів і напруг внесок циклотронної складової у спектр радіочастотного випромінювання імпульсного тліючого розряду досить малий [30].

Випромінювання Вавилова-Черенкова – виникає під час руху зарядженої частки зі швидкістю, що перевищує фазову швидкість хвилі у середовищі (у плазмі). Для моделі розряду це випромінювання також можна вважати несуттєвим, зважаючи на малу просторову протяжність плазмового утворення іскри.

Теплове випромінювання – усі розглянуті вище явища, виникаючі у процесі тліючого розряду, визначають загальний енергетичний стан середовища. Інтегральною характеристикою такого стану може бути кількість тепла, що виділяється в області розряду і як наслідок виникнення теплового випромінювання.

Фізична сутність теплового випромінювання полягає у перетворенні внутрішньої теплової енергії випромінюючого тіла в енергію електромагнітного поля, що розповсюджується за межі випромінюючого тіла.

Інтенсивність всіх цих процесів визначається температурою тіла, тому від температури залежить і середня потужність випромінювання.

Так як радіотеплове випромінювання є результатом збудження дуже великої кількості елементарних осциляторів, причому момент і інтенсивність збудження кожного окремого осцилятора залежить від багатьох випадкових факторів (енергія, швидкість, положення та орієнтація осцилятора відносно інших частинок), то й характеристики випромінювання в цілому будуть випадковими флуктуаціями часу.

Отже, радіотеплове випромінювання є випадковим процесом, визначення середніх характеристик якого можливе лише шляхом застосування

статистичних методів. Звернемо увагу на те, що випадковий тепловий рух заряджених і поляризованих частинок, що викликає при випромінюванні, є нічим іншим, як тепловим шумовим струмом, властивості якого добре відомі.

Теоретично та експериментально встановлено, що основні характеристики радіотеплового випромінювання – залежність спектральної щільності від температури та частоти, розподілу миттєвих значень, подібні до аналогічних характеристик теплового шуму. З усього цього випливає дуже важливий висновок: радіотеплове випромінювання – це поле випромінювання теплових шумових струмів, що протікають у речовині випромінювача. Зв'язок між шумовим струмом у випромінювачі і потужністю радіотеплового випромінювання виражається звичайними співвідношеннями, що використовуються в теорії випромінювання.

Поле, створюване шумовими струмами, розподіленими по всьому обсягу речовини випромінювача, пронизує його товщу, досягає поверхні і, проходячи через цю поверхню, виходить у навколишнє середовище. Однак деяка частина енергії випромінювання не виходить за межі випромінювача, а відбивається від його поверхні і йде назад в товщу випромінювача, перетворюючись знову на тепло. Як відомо, коефіцієнт відбиття залежить від кута падіння хвиль, виду поляризації, електричних і магнітних властивостей речовини випромінювача та навколишнього середовища, а також від конфігурації поверхні випромінювача. Ті ж фактори впливатимуть і на потужність випромінювання. Таким чином, радіотеплове випромінювання реальних випромінювачів має властивості спрямованості, а середня потужність випромінювання залежить від виду поляризації, електричних, магнітних властивостей випромінювача та середовища, а також від виду поверхні випромінювача.

Незважаючи на залежність середньої потужності від виду поляризації, радіотеплове випромінювання не поляризовано, так як елементарні осцилятори (струми), що створюють випромінювання, мають випадкову орієнтацію, що безперервно змінюється. Площина поляризації радіотеплового випромінювання обертається за випадковим законом, а середні траєкторії векторів E і H є

еліпсами, величина півосей яких залежить від середньої потужності складових поля з горизонтальною і вертикальною поляризацією. Зауважимо, що ці складові незалежні один від одного так само, як і незалежні випромінювання будь-яких двох ділянок випромінювача, що не прикриваються.

Так як вищезгадані фактори, що впливають на інтенсивність радіотеплового випромінювання реальних випромінювачів, в сукупності врахувати важко, в теорії випромінювання прийнято оперувати з так званим абсолютно чорним тілом (АЧТ).

У сантиметровому і міліметровому діапазонах випромінювальною здатністю, близькою до випромінювальної здатності АЧТ має плазма іонізованого повітряного середовища. Закони випромінювання АЧТ більшою чи меншою мірою застосовуються до реальних теплових випромінювачів. Крім того, є закони та співвідношення, що пов'язують характеристики випромінювання з фізичними характеристиками випромінювачів.

Таким джерелом випромінювання в міліметровому діапазоні може бути також плазма і електронний газ, що утворюється в процесі пробую. Для оцінки теплового випромінювання плазми скористаємося класичною формулою для абсолютно чорного тіла.

Одним з найважливіших законів теплового випромінювання є закон, що виражає залежність спектральної щільності випромінювання від його частоти та температури випромінювача. Цей закон описується формулою Планка:

$$R_{\nu}(f, T) = \frac{2\pi f^2}{c^2} \cdot \frac{hf}{\exp\left(\frac{hf}{kT}\right) - 1} \left[\frac{Вт}{Гц \cdot м^2} \right], \quad (2.5)$$

де, $h = 6,624 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – стала Планка;

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с – швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град – стала Больцмана;

T – абсолютна температура, °К;

f – частота, Гц.

На рис. 3.10 наведено криві $R_{\text{ч}}(f, T)$ випромінювання АЧТ за різних температур. З цих кривих видно, що зі зростанням частоти спектральна яскравість, що дорівнює нулю на нульовій частоті, спочатку монотонно зростає, досягає максимального значення і потім зменшується, прагнучи нульового значення зі збільшенням частоти до нескінченності.

Залежність частоти, що відповідає максимальній спектральній густині, від температури АЧТ описується формулою Віна:

$$f_m = 1.03 \cdot 10^{11} T \text{ Гц}, \quad (2.6)$$

де, T – температура АЧТ, °К.

З формули Віна та рис. 3.10 випливає, що температурам, більшим за один градус Кельвіна, відповідають значення частоти f_m , більші 100 ГГц, тобто. що область радіотеплового випромінювання лише частково захоплює ліві, висхідні гілки кривих спектральної щільності.

Шляхом інтегрування виразу для спектральної густини по всій осі частот можна отримати вираз для енергетичної густини випромінювання

$$R_E(T) = \int_0^{\infty} R(f, T) df = \int_0^{\infty} \frac{2\pi f^2}{c^2} \cdot \frac{hf}{\exp\left(\frac{hf}{kT}\right) - 1} df = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (2.7)$$

де, $\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5,71 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}^4}$ – стала Стефана-Больцмана.

Вираз (2.7) є математичним формулюванням закону Стефана-Больцмана. У діапазоні частот і температур, що нас цікавить, як правило, справедлива нерівність $hf \ll kT$, завдяки чому виникає змога спростити формулу Планка, представивши експоненційну функцію поруч:

$$\exp\left(\frac{hf}{kT}\right) = 1 + \frac{hf}{kT} + \frac{1}{1 \cdot 2} \left(\frac{hf}{kT}\right)^2 + \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} \left(\frac{hf}{kT}\right)^3 + \dots \quad (2.8)$$

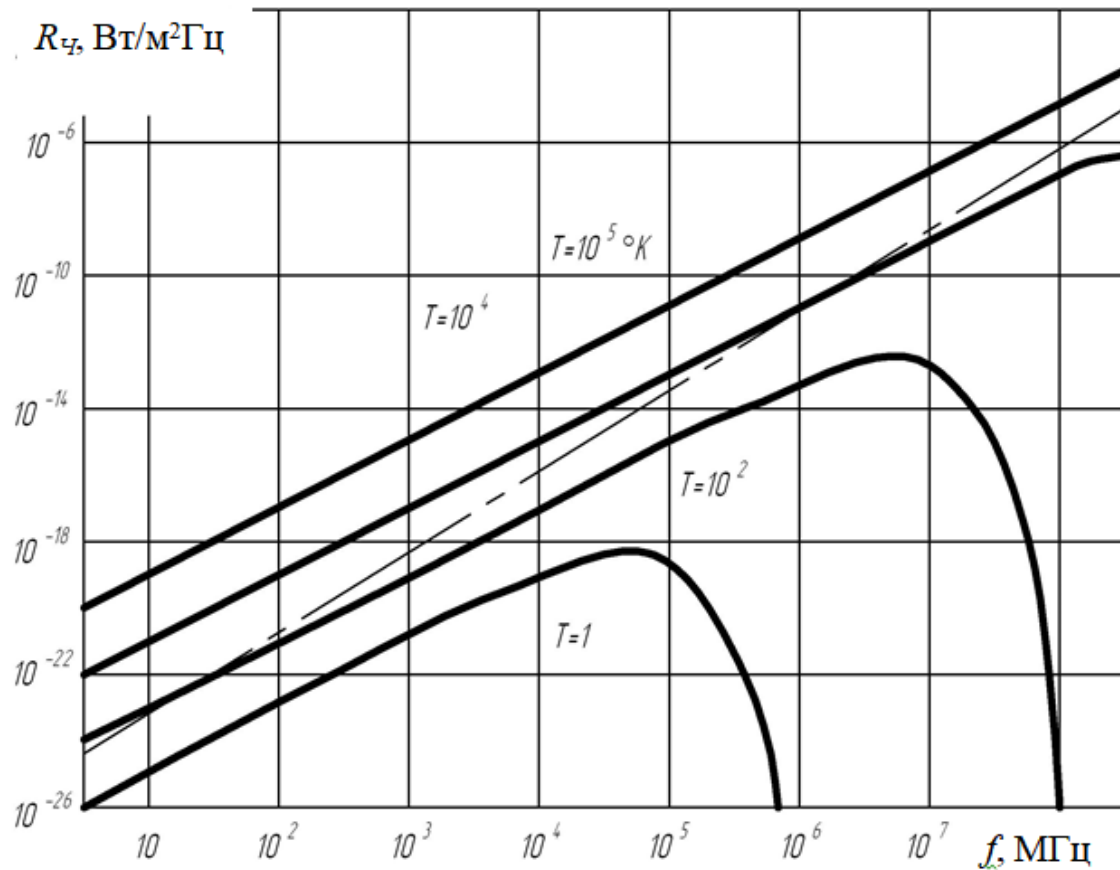


Рисунок. 3.10 – Залежність яскравості випромінювання АЧТ від частоти й температури

Обмежуючись двома першими членами, отримуємо формулу Релея-Джинса:

$$R_{\lambda}(f, T) = \frac{2\pi f^2}{c^2} \cdot kT = \frac{2\pi kT}{\lambda^2} \approx 10^{-39} f^2 T \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{Гц}} \quad (2.9)$$

Спектральна щільність випромінювання реальних тіл залежить від двох фізичних характеристик: коефіцієнта поглинання і абсолютної температури T . Оперувати двома різнорідними характеристиками не завжди зручно, особливо коли доводиться порівнювати між собою різні випромінюючі тіла. Тому прийнято використовувати одну величину, що дорівнює добутку коефіцієнта поглинання на абсолютну температуру: $T_{\text{я}} = \alpha T$.

Величину $T_{\text{я}}$ називають радіояркісною температурою випромінювача, вона дорівнює абсолютній температурі ідеального випромінювача, що створює

випромінювання такої ж спектральної щільності, як і даний випромінювач. Хоча, на відміну від спектральної щільності випромінювання, у вираз для радіояркості не входить довжина хвилі. Практично радіояркісна температура плазми істотно залежить від довжини хвилі.

Також радіояркісна температура металевих електродів розрядної порожнини не перевищує 10 – 20 °К. Проте металеві електроди можуть інтенсивно перевипромінювати (відбивати) радіотеплове випромінювання, що падає на них. Сумарну спектральну щільність власного та відбитого випромінювань плазмового шнура тліючого розряду можна записати у вигляді:

$$R_{\text{заг}} = \frac{2\pi k}{\lambda^2} (\alpha T + \rho T_0) = \frac{2\pi}{\lambda^2} T_K, \quad (2.10)$$

де, ρ – коефіцієнт відбиття;

T_0 – радіояркісна температура відбитого випромінювання;

$T_K = \alpha T + \rho T_0$ так звана мнима температура випромінювача.

Аналогічно визначенню радіояркісної температури температура, що здається, дорівнює абсолютній температурі ідеального випромінювача, що створює власне випромінювання. Вона дорівнює сумарному випромінюванню даного реального випромінювача.

На відміну від радіояркісної температури, температура може бути більшою ніж абсолютна температура випромінювача. Значеннями мнмих радіояркісних температур зручно користуватися при порівнянні різних реальних випромінювачів.

Для кількісної оцінки вважаємо, що температура «холодної» плазми тліючого розряду має величину близько 30...300 °К. Тоді спектральна щільність потужності власного та відбитого теплового випромінювань плазмового шнура тліючого розряду на частоті 60 ГГц становитиме $\sim 10^{-20} \dots 10^{-19}$ Вт/(см²·Гц). Отриманий результат більше ніж на десяток порядків менший спектральної щільності потужності імпульсного струму збудження, наведену вище. Однак, потужність радіотеплового випромінювання залежить

не тільки від температури, що здається, але і від площі випромінюючого об'єкта, його форми, шорсткості поверхні і ряду інших факторів, що важко, але не дуже для тліючого проміжку імпульсного розряду.

Уявимо тліючий розряд у формі тонкого плазмового циліндра розташованого в міжелектродному проміжку. Тоді вираз для потужності випромінювання може бути записано у наступному вигляді:

$$P_{\text{изл}} \approx \frac{2\pi}{\lambda^2} k T_K S_{\text{ц}} \Delta f \approx 10^{-39} f_{\text{ср}}^2 T_K S_{\text{ц}} \Delta f, \quad (2.11)$$

де, $S_{\text{ц}}$ – площа плазмового циліндра;

$f_{\text{ср}}$ – середнє значення частоти в смузі, що розглядається;

Δf – смуга частот, в якій оцінюється випромінювана потужність.

З урахуванням біологічної значущості випромінювання виберемо $f_{\text{ср}} = 65$ ГГц, а смугу частот 10 ГГц. Довжина плазмового циліндра буде не менше міжелектродної відстані (1...2 мм), а діаметр каналу пробую приймемо рівним 0,01...1 мм. Тоді кількісна оцінка складе $P_{\text{вип}} = 1,88 \cdot 10^{-17} \dots 3,768 \cdot 10^{-17}$ Вт.

Отримана оцінка повною мірою відповідає критерію випромінювання надмалої потужності радіочастотному діапазоні.

Висновки за розділом

1. Імпульсний газовий розряд забезпечує вплив на біологічні структури у широкій смузі частот електричних, магнітних та електромагнітних процесів.

2. Фізичні механізми впливу в низькочастотній та високочастотній областях спектру суттєво різняться.

3. Струмові характеристики впливу на БАТ визначаються спектром низькочастотного модулюючого сигналу у смузі 1...150 Гц.

4. Фактор впливу в КВЧ діапазоні 60...70 ГГц визначається широкосмуговим електромагнітним випромінюванням наднизької інтенсивності.

4 АПАРАТНІ СКЛАДОВІ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ МЕТОДУ ЕЛЕКТРОПУНКТУРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗОВОГО РОЗРЯДУ НА ЗМІННОМУ СТРУМІ

4.1 Функціональна схема генератора змінного струму

Генератор змінного струму для пошуку і стимуляції БАТ повинен бути в змозі видавати імпульсні сигнали певної частоти. Для цього була розроблена певна структура з функціональних блоків (рис. 4.1).

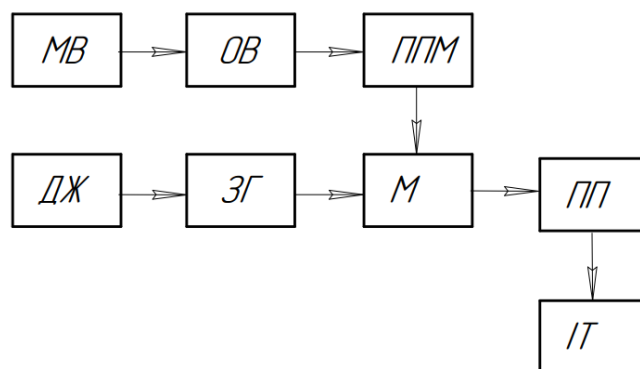


Рисунок 4.1 – Функціональна схема генератора змінного струму

Усього генератор отримав вісім функціональних блоків, а саме: джерело живлення, задаючий генератор, мултивібратор, одновібратор, підсилювачі потужності та потужності модулятора, модулятор, імпульсний трансформатор.

Пояснення умовних позначень та опис функції приведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Опис блоків функціональної схеми генератора

Умовне позначення	Назва блоку	Функція
ДЖ	Джерело живлення	забезпечення напругою електропостачання функціональних блоків (5 В, 9 або 12 В)
ЗГ	Задаючий генератор	визначає робочу частоту

Продовження таблиці 1.2

МВ	Мультивібратор	імпульсна модуляція (1...100 Гц)
ОВ	Одновібратор	задавання тривалості імпульсу з мультивібратора (1...100 мс)
ППМ	Підсилювач потужності мультивібратора	керує рівнем підсилення
М	Модулятор	задавання глибини модуляції
ПП	Підсилювач потужності	підсилення потужності імпульсного трансформатору, передача промодельованих імпульсів на імпульсний трансформатор
ІТ	Імпульсний трансформатор	гальванічна розв'язка, формування необхідної напруги розряду

4.2 Схема принципова електрична генератора змінного струму

В якості основних елементів використані мікросхеми КР 1006 ВІ1 мають наступні основні характеристики.

Мікросхеми є часозадаючими схемами (таймер) і призначені для формування імпульсів напруги тривалістю $T = 1,1 RC$ (R і C – зовнішні часозадаючі елементи) від декількох мікросекунд до десятків хвилин, виявлення збою в імпульсній послідовності, забезпечення прецизійної тимчасової витримки і для застосування в стабільних датчиках часу, генераторах імпульсів, широтно-імпульсних, частотних і фазових модуляторах, перетворювачах напруги і сигналів, ключових схемах, виконавчих пристроях в системах управління, контролю і автоматики. Містять 51 інтегральний елемент. Корпус типу 2101.8-1 і 4309.8-А, маса не більше 1 г. Схема електрична принципова КР 1006 ВІ 1 приведена на рис. 4.2

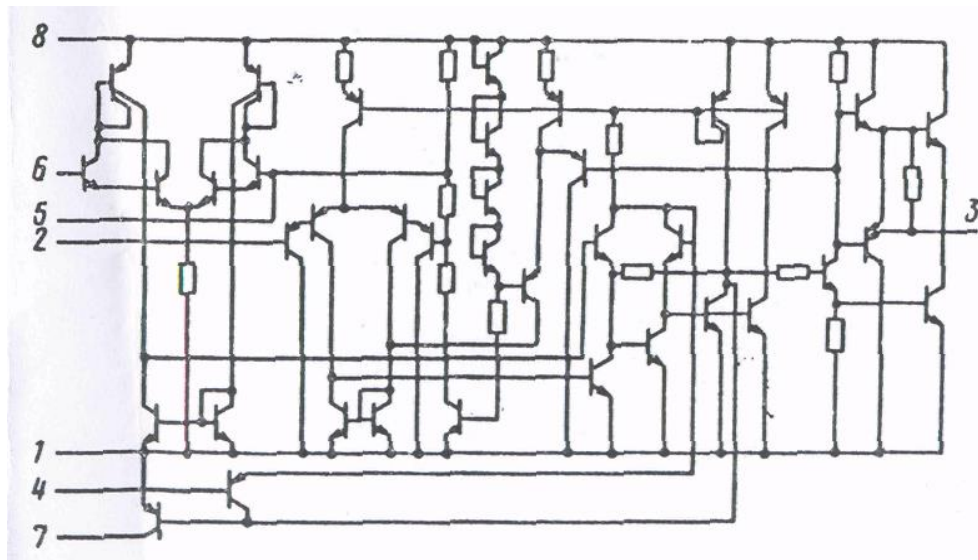


Рисунок 4.2 – Схема електрична принципова КР 1006 ВІ 1:

1 – загальний; 2 – запуск; 3 – вихід; 4 – скидання; 5 – контроль дільника;
6 – спрацьовування; 7 – ланцюг розряду; 8 – напруга живлення.

На мікросхемі DA1 зібраний автогенератор прямокутних імпульсів за типовою схемою включення. Конденсатор C1 і резистор R1 визначає тривалість інтервалу T2. Для зміни частоти повторення імпульсів використовуються послідовно включені резистори R2 і R3. Конденсатор C2 блокуючий ємністю 0,1 мкФ.

На мікросхемі DA2 побудований чекає мультівібратор тривалість вихідного імпульсу визначають параметри конденсатора C3 і резистори R4 і R5. Конденсатор C4 виконує ту ж функцію, що і в мікросхемі DA1.

Для індикації робочого стану модуля використовується світлодіод HL1 (типу АЛ 307 А, червоного спектра світіння). Резистор R6 обмежує струм через світлодіод HL1, далі сигнал з виходу 3 мікросхеми DA2 надходить на вхід підсилювача потужності (по току) виконаного за схемою емітерного повторювача на транзистори VT1 типу КТ 815А. Для обмеження струму в ланцюзі база емітер використаний підстроєчний резистор R7.

Для регулювання струму в навантаженні використаний резистор змінного опору R8 суміщений з вимикачем SA1, максимальне значення опору R8

відповідає розімкненим станом вимикача SA1, тому при включенні обраного модуля діючий фактор матиме мінімальне значення.

Для шунтування паразитних зв'язків по ланцюгу живлення використаний полярний конденсатор C5 ємністю 100 мкФ.

У додатку Е наведена принципова електрична схема амплітудного модулятора, генератору змінного струму впливу в низькочастотному діапазоні.

4.3 Конструкція газорозрядного маніпулятора

Для маніпулятора газорозрядної індикації впливу на БАТ пропонується проста конструкція в діелектричній оболонці зі змінним газорозрядним конектором. Ескіз конструкції маніпулятора зображено на рис. 4.3[31]

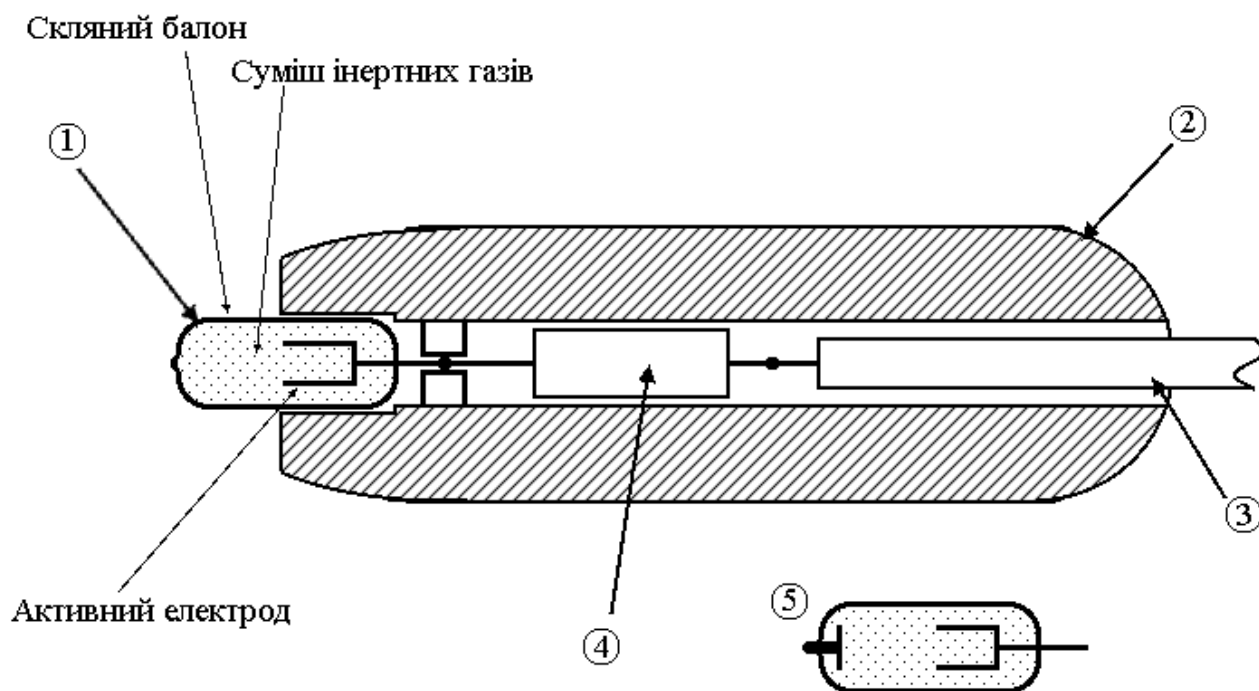


Рисунок 4.3 – Ескіз конструкції газорозрядного маніпулятора:

- 1 – газорозрядний конектор з емнісним зв'язком; 2 – діелектричний корпус;
- 3 – гнучкий високовольтний кабель; 4 – обмежуючий резистор;
- 5 – газорозрядний конектор з гальванічним зв'язком.

За ескізом побудуємо структурну схему пристрою. У нас є газорозрядний конектор з різними тима зв'язку, отже можливість легкої зміни конектору, обмежуючий резистор, та дріт живлення. Звідси впливає що структурна схема повинна складатися з чотирьох блоків:

- газорозрядний конектор;
- гніздо конектору;
- обмежуючий резистор;
- дротове відведення.

Отримана структурна схема зображена на рис. 4.4.

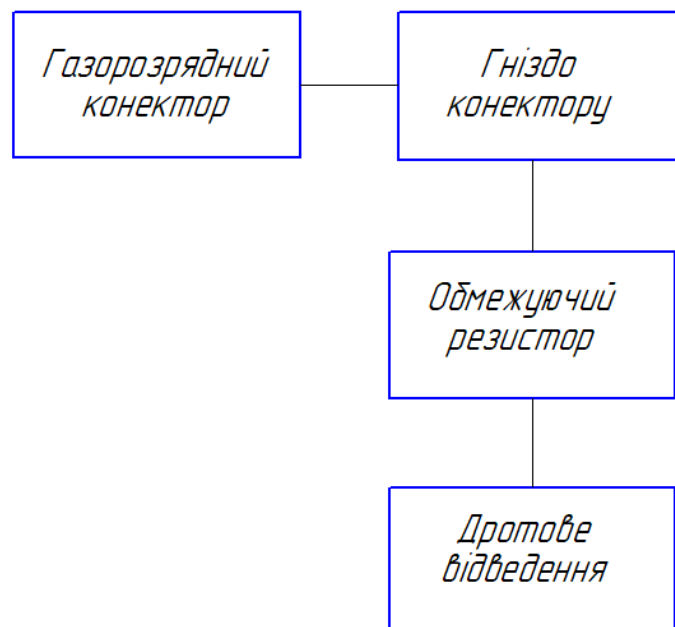


Рисунок 4.4 – Структурна схема пристрою газорозрядної індикації БАТ

З'ємний газорозрядний конектор дозволяє реалізувати режими пошуку БАТ з гальванічним і ємнісним контактом. Обмежуючий резистор забезпечує максимальну межу ефективного значення струму до 1 – 5 мА. Дріт живлення повинен мати безпечну для користувача ізоляцію розраховану на імпульсні напруги до 10 кВ. Таким чином, структурна схема складається з чотирьох елементів: газорозрядний конектор, гніздо конектору, обмежуючий резистор, дротове відведення.

ВИСНОВКИ

У роботі було показано, що рефлексотерапія має багато різновидів, серед яких набули поширення методи впливу на біологічно активні точки шкірного покриву організму людини.

Електропунктура використовує подразнення БАТ електричними струмами, електромагнітними полями, електромагнітним випромінюванням широкого спектру частот і низьких інтенсивностей.

Локалізація зосереджень БАТ проводиться медичними фахівцями з тривалим практичним досвідом, або окремими технічними засобами електропунктурної діагностики. Відсутні технічні засоби, які б одночасно виявляли локалізацію БАТ і створювали лікувальний подразнюючий вплив.

Використання газорозрядного елемента в ланцюзі пошуку локалізації БАТ дозволяє використати явище світіння після електричного пробію для візуалізації розташування БАТ. Електричний пробій спричиняється зменшенням опору в місці локалізації БАТ і збільшенням напруги на газорозрядному елементі. Використання змінної напруги з частотами в інтервалі 1...500 кГц дає можливість принципово замкнути електричний ланцюг через розподілені струми зміщення (ємнісні струми) без гальванічного контакту з БАТ. Безпосередньо, одночасно з локалізацією БАТ, відбувається перехід в режим електростимуляції. При використанні амплітудної модуляції змінного струму низькочастотним сигналом зі смугою частот 1 – 150 Гц фактор впливу аналогічний до методу ампліпульстерапії.

Додатковим фактором впливу в зоні БАТ є широкосмугове електромагнітне випромінювання плазми газового розряду, подібне за характеристиками що використовується в технологіях інформаційно-хвильової терапії.

Імпульсний газовий розряд забезпечує вплив на біологічні структури у широкій смузі частот електричних, магнітних та електромагнітних процесів. Фізичні механізми впливу в низькочастотній та високочастотній областях

спектру суттєво різняться. Струмові характеристики впливу на БАТ визначаються спектром низькочастотного модулюючого сигналу у смузі 1...150 Гц. Фактор впливу в КВЧ діапазоні 60...70 ГГц визначається широкосмуговим електромагнітним випромінюванням наднизької інтенсивності.

Проведений аналіз якісно підтверджує можливість побудови нескладного пристрою для пошуку, ідентифікації біологічно активних точок на поверхні шкіри пацієнта та терапевтичного впливу на них. Функцію логічного елемента, індикатора та фактору впливу виконує спеціальний газорозрядний маніпулятор.

Використання запропонованого рішення розширює можливості використання лікувальних методів електропунктури.

Розроблена функціональна схема генератора змінного струму який забезпечує реалізацію досліджень по модернізації методу електропунктури.

Запропоновані схемні рішення побудови блоку амплітудного модулятора.

Розроблені структурна схема пристрою газорозрядної індикації БАТ та ескіз конструкції робочого маніпулятора.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.

1. Мачерет, Е. Л. Основы электро- и акупунктуры [Текст] : монография / Е. Л. Мачерет, И. З. Самосюк, В. П. Лысенюк. - К. : Здоровье, 1993. - 390 с.
2. Самосюк, И. З. Акупунктура : Энциклопедия / И. З. Самосюк, В. П. Лысенюк. - Киев : Укр. энцикл. ; М. : Аст-Пресс, 1994. - 541 с.
3. Лао Минь Восточная медицина. Атлас исцеляющих точек. 2021. – 48 с. ISBN 978-5-17-137195-1
4. Иванов, А. Н. Акупунктура и мануальная терапия в лечении больных с частичной атрофией зрительного нерва воспалительного, сосудистого и травматического генеза: автореф. дис. к.м.н., М., 2011. 26 с.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Рефлексотерапія і фізіотерапія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Фізична терапія, ерготерапія» спеціальності 227 «Фізична терапія, ерготерапія» денної форми навчання [Електронне видання] / Подоляка П. С., Ногас А. О. – Рівне : НУВГП, 2020. – 20 с.
6. Павлусенко І. І. Фізіотерапевтична апаратура ПАРКЕС-Л. Сучасні методи біорезонансної діагностики та електромагнітна терапія: матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю, Київ, Україна, 6–7 квітня 2013 р. Київ, 2013. С. 71–73.
7. What is Ryodoraku? [Електронний ресурс]. – режим доступу: https://chiro.org/acc/What_is_Ryodoraku.shtml (дата звернення 6.11.22)
8. Біологічні активні точки на тілі людини, що відповідають за органи. Техніка акупунктурного масажу. [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://clione.ru/medicinal-plants/biologicheskie-aktivnye-tochki-na-tele-cheloveka-otvechayushchie-za/> (дата звернення 27.10.22).
9. Коваленко О.Є., Рубаніста М.Є. Неінвазивні методи рефлексотерапії: обґрунтування та доцільність у клінічній практиці. – Міжнародний неврологічний журнал – м. Київ, 2019, с.43 – 50.

10. Терапевтичні апарати та системи / В.П. Олійник. - Навч. допомога. - Харків: Нац. аерокосмічний ун-т "ХАІ", 2002. – 93 с
11. Апаратні методи досліджень у біології та медицині / В.П. Олійник, С.М. Кулиш. - Навч. допомога. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", 2004 – 110 с.
12. Болотов Г.П. Зварювання та паяння в плазмі тліючого розряду /монографія / Г.П. Болотов. – Чернігів: ЧНТУ. – 2016 рік. – 146 с. ISBN 978-966-7496-85-2.
13. Ярута В.О. Вимірювання електричних параметрів живих тканин з урахуванням резистивно-ємнісного імпедансу, створеного електродами / В.О. Ярута // Системи обробки інформації. – 2011. – № 4 (94) – с. 231-234.
14. Андреев О.В. А65 Пристрої генерування та формування радіосигналів: навч. посібник [електронне видання] / О.В. Андреев, В.В. Ципоренко, В.Г. Ципоренко, І.І. Полещук – Житомир: ЖДТУ, 2018. – 138 с.
15. Методичний посібник до вивчення курсу «Вакуумна та плазмова електроніка». Частина 1. Фізичні основи генерації плазми. Для студентів факультету електроніки НТУУ «КПІ» усіх форм навчання /Шмирьова Л.М., Слободян Н.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 102 с.
16. Генерирование и оценка параметров широкополосного электромагнитного излучения КВЧ диапазона сверхнизкой интенсивности для информационных технологий в медицине / В.В. Литвин, В.П. Олейник, С.Н. Кулиш, Аль Отти Сами // Радиоелектронні і комп'ютерні системи: Науково-технічний журнал – Х.: Нац. аерокосм. ун-т „Харьк. авиац. ин-т”, 2010, №7 (48). – с. 233 – 235.
17. P. V. Sankarand S. Karmakar, “An Experimental Study of Air Breakdown Voltage and Electric Field using Standard Sphere Gap Method”,International Conference on Emerging Trends in Electrical Engineering(ICETE-2011), pp. 551-555, Karnataka, India, 4th-5thMay, 2011.
18. Дослідження сенсорної реакції біологічно активних точок на випромінювання імпульсного газорозрядного генератора для

інформаційнохвильової терапії, Олійник В. П.1 , к.т.н., доц.; Куліш С. М., к.т.н., доц.; Литвин В. В. Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна.

19. Вакуумна та плазмова електроніка Частина 3. Плазмові прилади. Навчально–методичний посібник для студентів спеціальності 6.0908.04 «Фізична та біомедична електроніка» /Укладачі Є.Я. Швець, А.В.Юдачов, Турба М.М. – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2011р. – 138 с.

20. Радіофізичні основи інформаційно-хвильових технологій у біомедінженерії [Текст] : навч. посіб. / С. М. Куліш, В. П. Олійник, Ю. А. Волошин. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 68 с.

21. Методичні рекомендації з підготовки та оформленню кваліфікаційних випускних робіт студентів для студентів усіх форм навчання зі спеціальностей 163 та 172 [Текст] : навч. посіб. / В.М. Олійник, В.П. Олійник, С.М. Куліш. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 108 с.

22. В. Salamov, K. Çolakoğlu, Ş. Altındal, M. Özer. A Stable Discharge Glow in Gas Discharge System with Semiconducting Cathode. Journal de Physique III, 1997, 7 (4), pp.927-936.

23. Дія електромагнітних випромінювань на організм людини. [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/900.html> (дата звернення 6.11.22)

24. Олійник В.П. Основи взаємодії фізичних полів з біологічними об'єктами [Текст] : навч. посіб. / В. П. Олійник. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020.–72 с.

25. Wideband Electromagnetic Superlow-Intensity EHF Radiation Characteristics for Information-Wave Technologies / V.V. Litvin, S.N. Kulish, V.P. Oleinik // Telecommunications and Radio Engineering, Volume 74, 2015, Number 4. – P. 355 – 372.

26. Олійник В.П. Оцінка випромінювальних властивостей апарату для інформаційно-хвильової терапії [Текст] / В.П. Олійник, С.М. Куліш // Радіоелектронні і комп'ютерні системи: Науково-технічний журнал – Х.: Нац. аерокосм. ун-т „Харьк. авіац. ін-т”, 2016, №5 (79). – С. 155 – 159.

27. Радіофізичні основи інформаційно-хвильових технологій у біомедичній інженерії [Текст] : навч. посіб. / С. М. Куліш, В. П. Олійник, Ю. А. Волошин. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 68 с.

28. Олійник В.П. Використання властивостей газового розряду в технічних засобах фізіотерапії / В. П. Олійник // II Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ІСМ–2019) [Текст] : зб. наук. пр. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – С. 204 – 205.

29. Дослідження біосенсорної реакції клітинних субстанцій на випромінювання імпульсного газорозрядного генератора для інформаційно-хвильової терапії / В.П. Олійник, С.М. Куліш, К.О. Степанова // Вісник НТУУ «КПІ», серія «Радіотехніка, радіо апаратобудування» - 2013. - №53. – С. 104 – 110.

30. Voloshyn, Y., Kulish, S., Oliinyk, V., Frolov, A. (2021). Study of the effects of ultra-low intensity electromagnetic fields on biological objects. Technology Audit and Production Reserves, №6/1 (62), [Електронний ресурс] 11–18. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.244643> (дата звернення 11.11.22)

31. Олійник В. П. Газорозрядний метод пошуку біологічно активних точок / В. П. Олійник // IV Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ІСМ–2021) [Текст] : зб. наук. пр. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – С. 101 – 102.

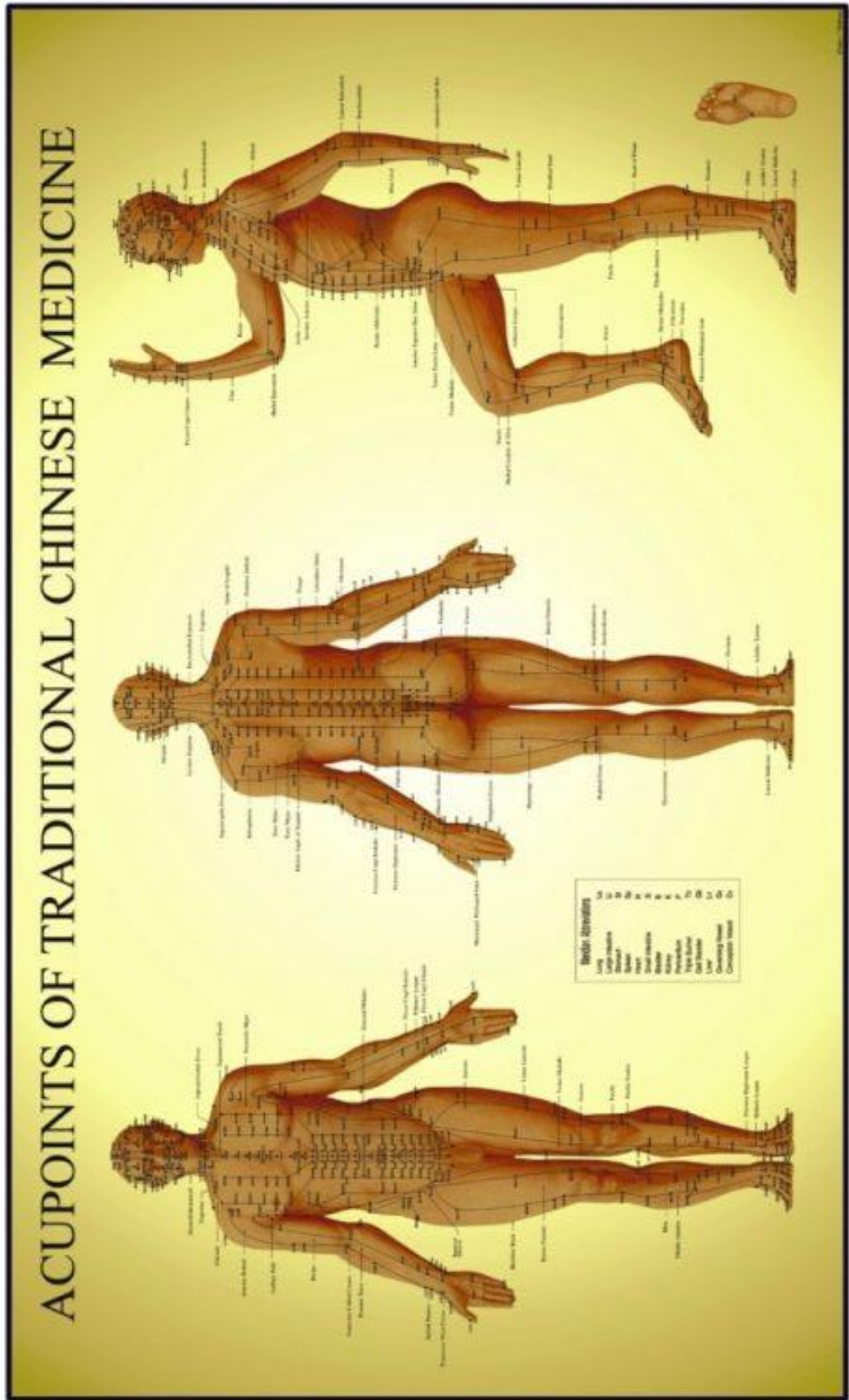
32. Oliinyk, V., Babakov, M., Lomonosov, Y., Oliinyk, V., Zinchenko, O. (2022). Modernization of gas discharge visualization for application in medical diagnostics. Technology Audit and Production Reserves, [Електронний ресурс] 4

(1 (66)), 21–29. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.263397> (дата звернення 11.11.22)

33. Лікувальне застосування електричного струму, електричного та магнітного полів, електромагнітного випромінювання: навчальний посібник / Уклад. О. О. Черепок, Н. Г. Волох. - ЗДМУ, 2016. – 140 с.

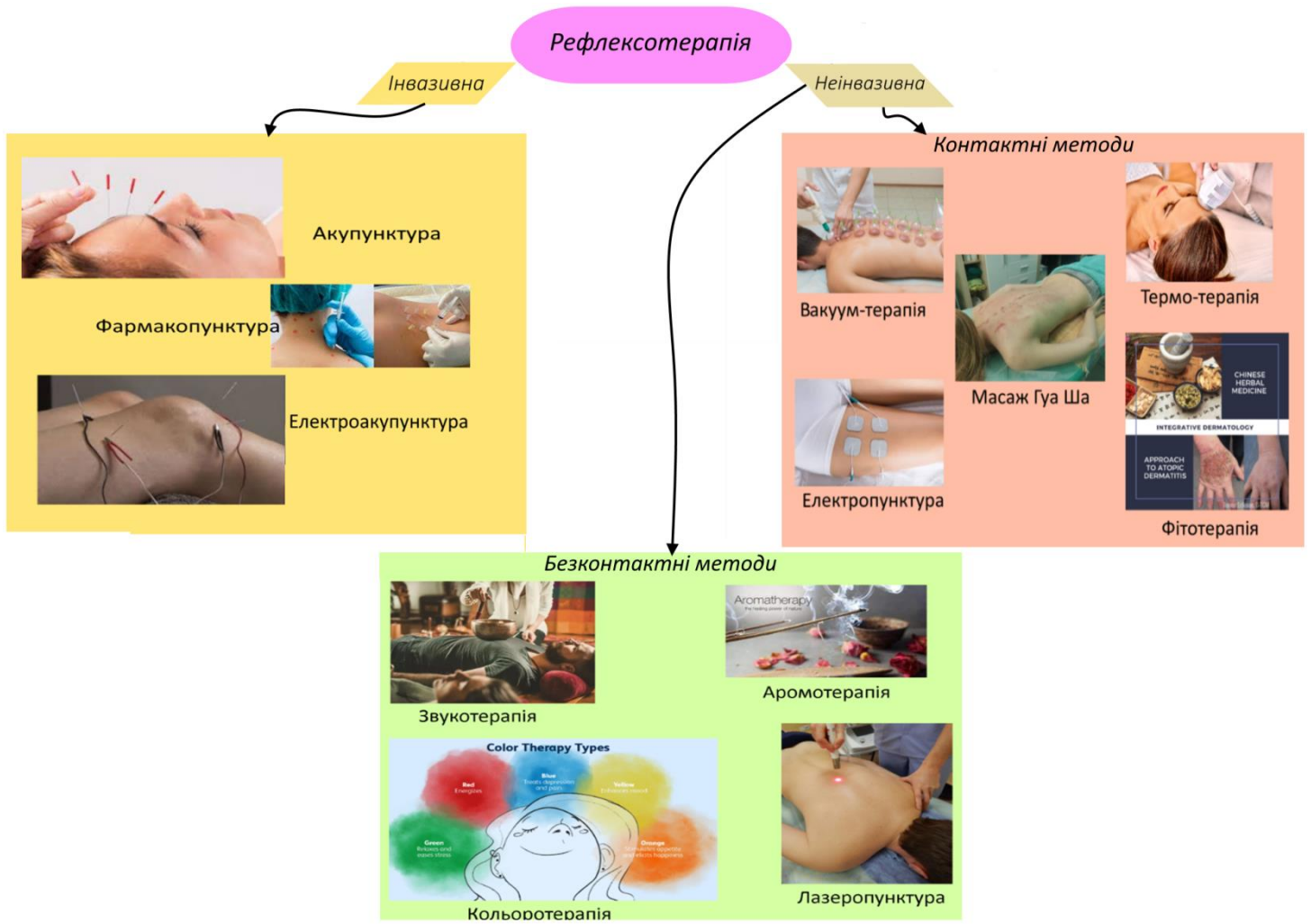
Додаток А

Анатомічне розташування біологічно-активних точок



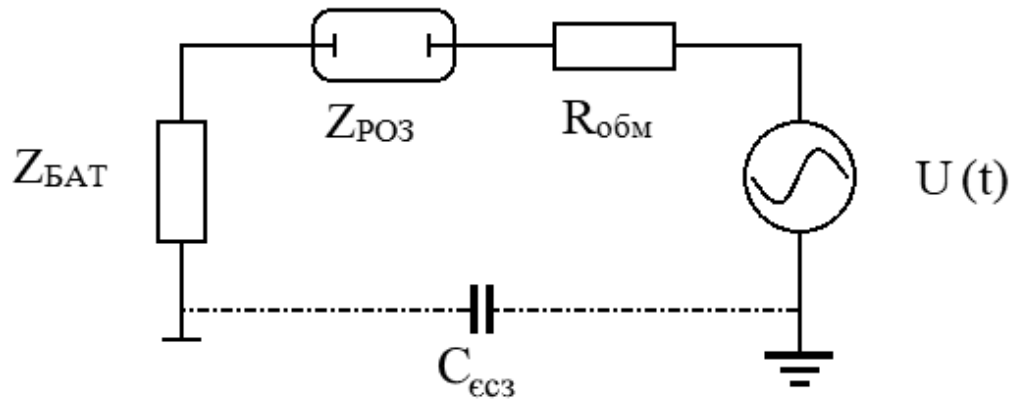
Додаток Б

Структура методів рефлексотерапії



Додаток В

Еквівалентна схема розрядного ланцюга на змінному струмі



Додаток Г

Структурна схема пристрою газорозрядної індикації
біологічно-активних точок

XAI.5502.163.001C1

Газорозрядний
конектор

Гніздо
конектору

Обмежуючий
резистор

Дротове
відведення

КОМПАС-3D LT (с) 1989-2010 ЗАО АСКОН, Россия. Все права защищены.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Морозов С.С.		
Пров.		Олійник В.П.		
Т.контр.				
И.контр.		Олійник В.М.		
Утв.				

XAI.5502.163.001C1

Пристрій газорозрядної індикації БАТ
Структурна схема

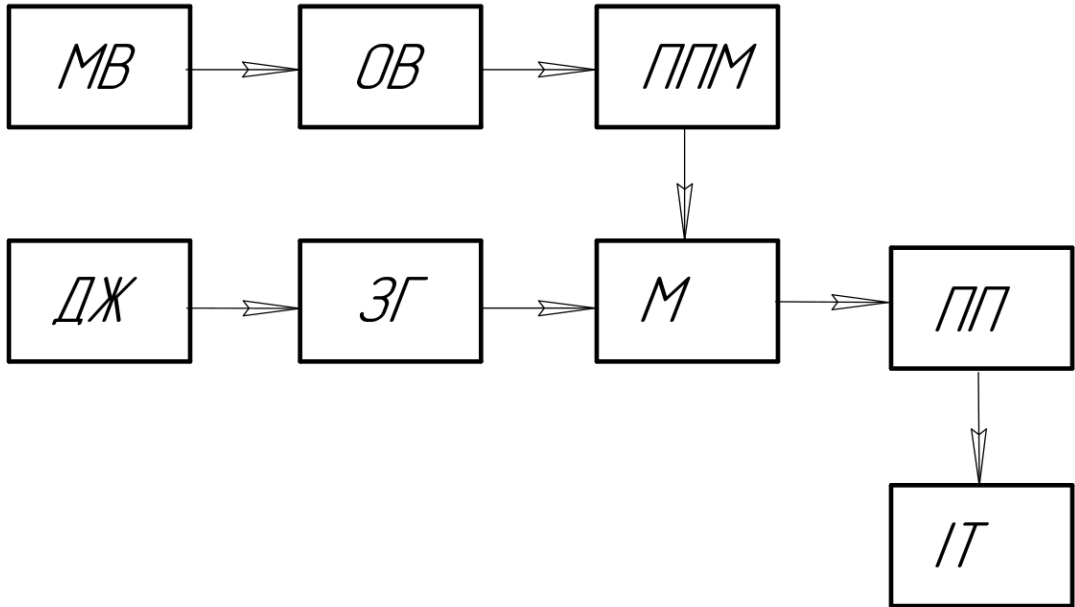
Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов	1

XAI зр.564
2022р.

Додаток Д

Функціональна схема генератора змінного струму
для пошуку і стимуляції біологічно-активних точок

XAI.5502.163.001C2



Умовне позначення	Назва блоку	Функція
ДЖ	Джерело живлення	забезпечення напругою електропостачання функціональних блоків (5 В для цифрової схематехніки, 9 В або 12 В
ЗГ	Задаючий генератор	Визначає робочу частоту
МВ	Мультивібратор	Імпульсна модуляція (1..100 Гц)
ОВ	Одновібратор	Задання тривалості імпульсу з мультивібратора (1..100 мс)
ППМ	Підсилювач потужності модулятора	Керує рівнем підсилення
М	Модулятор	Задання глибини модуляції
ПП	Підсилювач потужності	Підсилення сигналу Імпульсного трансформатору, передача промодульованих імпульсів на імпульсний трансформатор
ІТ	Імпульсний трансформатор	Гальванічна розв'язка, формування необхідної напруги розряду

XAI.5502.163.001C2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Генератор змінного струму для пошуку і стимуляції БАТ Схема функціональна електрична	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Морозов С.С.				4		
Пров.		Олійник В.П.			Лист	Листов	1	
Т.контр.					XAI зр.564 2022р.			
Н.контр.		Олійник В.М.						
Утв.								

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дѣл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

КОМПАС-3D LT (с) 1989-2010 ЗАО АСКОН, Россия. Все права защищены.

Додаток Е

Схема електрична принципова амплітудного модулятора, генератору змінного струму

