

Винахід відноситься до техніки реєстрації вторинного електромагнітного випромінювання об'єктів, які опромінюються монохроматичними коливаннями, і може також бути використаний для контролю фізіологічного стану організму людини і тварин на рівні нетеплової складової їх власного електромагнітного випромінювання.

Відомо, що будь-яке нагріте тіло випромінює електромагнітні хвилі широкого діапазону частот. Випромінюючу здатність нагрітих тіл в НЗВЧ-діапазоні ($\hbar\omega \ll kT$) оцінюють з допомогою закону Релея-Джинса, що дає в наближенні до абсолютно чорного тіла спектральну щільність енергії, яка випромінюється одиницею об'єму тіла. В результаті для спектральної щільності випромінювання одиниці поверхні S_ω , маємо

$$S_\omega = \omega^2 k T / c^2 \text{ (Вт/Гц см}^2\text{)},$$

ω – кругова частота; k – постійна Больцмана;
 T – абсолютна температура; c – швидкість світла у вакуумі.

Для $\nu = 60$ ГГц ($\nu = \omega/2\pi$) і $T = 300^\circ\text{K}$; $S_\omega = 1,5 \cdot 10^{-20}$ Вт/Гц см², а за смуги пропускання $\Delta\omega = 1 \cdot 10^{-8}$ Гц інтегральна потужність $P \approx 1 \cdot 10^{-12}$ Вт/Гц см².

У відповідності з концептуальними положеннями фізики живого, живе відрізняється від неживого саме тим, що в першому існує когерентне поле мм-діапазону, яке забезпечує наявність ефективних рівнодіючих сил, що формують самоузгоджений потенціал внутрішньо єдиної квантово-механічної макроскопічної системи організму

(S. P. Sit'ko "Conceptual Fundamentals of Physics of the Alive // Physics of the Alive. – v. 1, № 1. – 1993. – P. 5-21.). Таким шляхом, в уявленні фізики живого реалізується геном. Ці уявлення знайшли своє пряме експериментальне підтвердження

(S.P.Sit'ko, O.P.Yanenko. Direct registration of the non-equilibrium electromagnetic radiation of a human body in mm-range // Physics of the Alive. – v. 5, № 2. – 1997. – P. 60.).

Активними центрами когерентного випромінювання є клітини живого організму, в яких внаслідок електроакустичних явищ на їх мембранах формується когерентне електромагнітне поле.

Слід враховувати, що потужність власних шумів сучасної приймальної апаратури значно більша потужності радіотеплового випромінювання організмів. А тому виявлення та вимірювання нетеплового когерентного випромінювання на фоні більш сильного радіотеплового випромінювання об'єктів та власних шумів приймальної апаратури представляє дуже складну технічну задачу.

Відомий спосіб виявлення та вимірювання електромагнітного випромінювання по А. С. СРСР № 1555684 м. кл. G 01 S 13/95 1987, оснований на вимірюванні низькоінтенсивного випромінювання ділянок поверхні об'ємів в надвисокочастотному діапазоні хвиль, причому сигнали приймаються послідовно від різних ділянок поверхні з визначеними кутами до вертикалі, додатковим здійсненням синхронного приймання сигналу від наступного вимірюваного елемента поверхні, порівнянні оцінок прийнятих сигналів на сусідніх елементах поверхні та формуванні різниці оцінки сигналів, по якій визначають радіояскраву температуру досліджуваної поверхні.

Однак у випадку пасивного приймання електромагнітного випромінювання від елементів поверхні одночасно приходить інформація як про радіотеплове випромінювання, так і про нетеплове випромінювання об'єкта. Розділити цю інформацію та виділити сигнал, який би визначав тільки біоінформаційну складову випромінювання, дуже важко.

Відомий також спосіб виявлення та визначення електромагнітного випромінювання від біологічних об'єктів (див. Дубовская Н. Г., Житник Н. Е., Миронов А. В. и др. Принципы моделирования и схемотехнической реализации низкоинтенсивной КВЧ диагностической и терапевтической аппаратуры // Вестник новых медицинских технологий. – 1996. – Т.3, №2. – С.86-90), при якому опромінюють зондуємим монохроматичним сигналом активні ділянки поверхні біооб'єкту, наприклад, біологічно активні точки шкіри людини або тварини, приймають відбитий сигнал, виділяють з нього сигнал вторинного випромінювання об'єкту на одній із комбінаційних частот, які виникають від змішування опромінюючого сигналу та гармонік сигналу біоритмів опромінюваного об'єкту і вимірюють його амплітуду. Крім того, у відомому способі частина сигналу, який відбився від біооб'єкта з розширеним спектром, подається знову на джерело монохроматичного випромінювання, де змішується з вихідним сигналом на нелінійному елементі. В результаті формується опромінюючий сигнал, гармонічні складові якого синхронізуються біоритмами та частотами досліджуваного об'єкта.

Однак вторинний опромінюючий сигнал модулюється не тільки біоінформаційним випромінюванням, але і широкосмуговим радіотепловим випромінюванням об'єкта, яке попадає в смугу приймання комбінаційних складових відбитого сигналу. З цієї причини відомий спосіб також не забезпечує виділення інформації про інтенсивність тільки біоінформаційного випромінювання біооб'єктів.

Відомий також пристрій виявлення та вимірювання електромагнітного випромінювання по А. С. СРСР № 1568003, м. кл. G01S, 3/42, 1988, який містить послідовно з'єднані антену, керований атенуатор, амплітудний детектор, смуговий підсилювач і індикатор, а також блок управління атенуатором, вхід якого з'єднаний з виходом смугового підсилювача, а вихід – з керуючим входом атенуатора.

Пристрій-радіометр дозволяє виявляти та вимірювати інтенсивність немодульованого електромагнітного випромінювання з поверхні різних об'єктів в діапазоні надвисоких частот. Однак він вимірює сумарне випромінювання об'єктів, яке складається із радіотеплового та біоінформаційного випромінювання. Можливість розподілу цих випромінювань в пристрої відсутня.

Відомий також пристрій виявлення та вимірювання електромагнітного випромінювання від біологічних об'єктів (див. Петросян В. Н., Гуляев Ю. В., Житнева Е. А. и др. Взаимодействие физических и

биологических объектов с электромагнитным излучением КВЧ-диапазона // Радиотехника и электроника. – 1995. – Т. 40, Вып. 1. – С. 17-18.), який містить змінний за частотою генератор НЗВЧ-діапазону, до якого підключений керований атенуатор, циркулятор і приймально-передавальна антена, радіометр, що має у своєму складі генератор низької частоти та послідовно з'єднаний квадратичний детектор, підсилювач низької частоти, синхронний детектор, керуючий вхід якого підключений до виходу генератора низької частоти, та вольтметр.

Відомий пристрій забезпечує приймання радіовідгуку на частоті 1 ГГц (30 см) (вторинного випромінювання) на вплив опромінюючого сигналу мм-діапазону 50-53 ГГц. Однак в смугу приймання пристрою-радіометра неминує попадає і радіотеплове випромінювання біооб'єкта в сантиметровому діапазоні хвиль, що також не дозволяє окремо вимірювати біоінформаційне випромінювання.

Задачею винаходу є створення такого способу та пристрою виявлення та визначення електромагнітного випромінювання від біологічних об'єктів, в яких введення нових операцій в спосіб, елементів та зв'язків в пристрій забезпечило б виділення сигналу, пропорційного інтенсивності біоінформаційного випромінювання на фоні радіотеплового випромінювання об'єкта та власних шумів вимірювальної апаратури, що дозволить з високою точністю контролювати фізіологічний стан живих організмів.

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб виявлення та визначення електромагнітного випромінювання від біологічних об'єктів, за яким опромінюють зонduючим монохроматичним сигналом активні ділянки поверхні біооб'єкта, наприклад, біологічно активні точки шкіри людини і тварини, приймають відбитий сигнал, виділяють з нього сигнал вторинного випромінювання об'єкта на одній із комбінаційних частот, які виникають від змішування опромінюючого сигналу та гармонік сигналу біоритмів опромінюваного біооб'єкта і вимірюють його амплітуду, згідно з винаходом, опромінювання виконують зонduючим монохроматичним сигналом НЗВЧ-діапазону з інтенсивністю, яка не перевищує $1 \cdot 10^{-12}$ Вт/см², виконують амплітудну імпульсну модуляцію цього сигналу з низькою частотою, в паузах між імпульсами опромінюючого сигналу приймають власне електромагнітне випромінювання біооб'єкта, переносять спектр прийнятих імпульсів на проміжну різницеву частоту, порівнюють амплітуди продетектованих імпульсів, виділяють різницевий сигнал низької частоти, по амплітуді якого визначають інтенсивність біоінформаційного випромінювання біооб'єкта.

Поставлена задача вирішується також тим, що в пристрій виявлення та вимірювання електромагнітного випромінювання від біологічних об'єктів, що містить змінний за частотою генератор НЗВЧ-діапазону, до якого підключений керований атенуатор, циркулятор та приймально-передавальна антена, радіометр, що має в своєму складі генератор низької частоти та послідовно з'єднані квадратичний детектор, підсилювач низької частоти, синхронний детектор, керуючий вхід якого підключений до виходу генератора низької частоти та вольтметр, згідно з винаходом, введенні направлений відгалужувач, імпульсний модулятор, змішувач НЗВЧ-діапазону та підсилювач проміжної частоти, при цьому імпульсний модулятор включений між виходом керованого атенуатора та входом циркулятора, другий вихід якого з'єднаний з першим входом змішувача НЗВЧ-діапазону, другим входом під'єднаного до виходу направленого відгалужувача, який включений між виходом генератора НЗВЧ-діапазону та входом керованого атенуатора, вихід змішувача НЗВЧ-діапазону з'єднаний через підсилювач проміжної частоти із входом квадратичного детектора, а керуючий вхід імпульсного модулятора під'єднаний до виходу генератора низької частоти.

Саме зондування активних зон біооб'єктів монохроматичним сигналом міліметрового діапазону потужністю не більше $1 \cdot 10^{-12}$ Вт/см² приводить до появи вторинного електромагнітного випромінювання на комбінаційних частотах на фоні широкосмугового радіотеплового випромінювання. Амплітудна модуляція зонduючого сигналу імпульсним модулятором з низькою частотою забезпечує приймання в паузах між зонduючими імпульсами власного радіотеплового випромінювання біооб'єкта.

Почергово змішування в НЗВЧ-змішувачі відбитого від активних зон зонduючого сигналу та власного сигналу радіотеплового випромінювання з частотою випромінюючого монохроматичного сигналу, отриманого за допомогою направленого відгалужувача, дає можливість виділення сигналу комбінаційної частоти з допомогою введення в схему пристрою смугового підсилювача проміжної частоти. Квадратичне детектування послідовності імпульсів проміжної частоти, у кожному із яких присутня частина спектру радіотеплового випромінювання, формує відеоімпульси, порівняння яких забезпечує можливість оцінки інтенсивності біоінформаційного випромінювання. Підсиленням змінної складової послідовності відеоімпульсів підсилювачем низької частоти з наступним детектуванням цієї складової реалізується різночасове порівняння приймаємих НЗВЧ-імпульсів від періодично зондованого біооб'єкта. Отримання різницевого інформаційного сигналу у вигляді випрямленої змінної напруги, яке вимірюється цифровим вольтметром, дозволяє з високою точністю контролювати фізіологічний стан біооб'єктів по рівню біоінформаційного випромінювання.

На кресленні представлена функціональна схема пристрою виявлення та визначення електромагнітного випромінювання від біологічних об'єктів.

Пристрій містить змінний по частоті генератор 1 НЗВЧ-діапазону, до виходу якого підключені послідовно з'єднані направлений відгалужувач 2, керований атенуатор 3, імпульсний модулятор 4, циркулятор 5 та приймально-передавальна антена 6. До другого виходу циркулятора підключені послідовно з'єднані змішувач 7 НЗВЧ-діапазону, смуговий підсилювач 8 проміжної частоти, квадратичний детектор 9, підсилювач 10 низької частоти, синхронний детектор 11 та цифровий вольтметр 12. Генератор 13 низької частоти з'єднаний з керуючими входами імпульсного модулятора 4 та синхронного детектора 11. Вихід направленого відгалужувача 2 під'єднаний до другого входу змішувача 7. Позицією 14 позначена поверхня зонduючого біологічного об'єкта.

Суть запропонованого методу заключається у наступному.

Біологічно активні точки (БАТ) на шкірі людини або тварини мають нелінійні (в електричному розумінні) властивості, у зв'язку з чим при зондуванні БАТ об'єкта електромагнітними хвилями НЗВЧ-діапазону в зонах поглинання БАТ проходить взаємодія електромагнітних зондуючих коливань з власним біоінформаційним випромінюванням клітин організму. Якщо частота ω_1 зондуючого монохроматичного сигналу співпадає з однією із характеристичних частот ω_0 біооб'єкта або близько до неї, то відбувається змішування зондуючих коливань із власними когерентними електромагнітними коливаннями, які генеруються клітинами та субклітинними структурами. Характеристичні (резонансні) частоти, як показують експерименти, дорівнюють або кратні частотам біоритмів організму. В результаті змішування коливань зондуючого сигналу частоти ω_1 з гармоніками коливань домінуючого біоритму частоти Ω в нелінійному елементі БАТ створюються коливання комбінаційних частот типу $\omega_1 \pm n\Omega_0$, де n — номер гармоніки, що приводить до виникнення в біооб'єкті вторинного електромагнітного випромінювання на комбінаційних частотах, інтенсивність яких визначається рівнем фізіологічного стану організму біооб'єкта.

Відбитий від біооб'єкта зондуючий сигнал з розширеним спектром за рахунок вторинного випромінювання ($\omega_1, \omega_1 \pm n\Omega_0$) та власне електромагнітне випромінювання біооб'єкта приймають та змішують з частиною вихідних монохроматичних коливань частоти ω_1 . В результаті змішування компонентів прийнятого сигналу створюються коливання проміжної (різницевої) частоти $\omega_p = n\Omega_0$ та спектр близьких коливань, які попадають в смугу пропускання $\Delta\omega$ тракту проміжної частоти. Інтенсивність сумарного сигналу у смузі пропускання визначається виразом

$$P' = S(P_{\text{би}} + \bar{U}_1^2 + \bar{U}_2^2 + \bar{U}_3^2), \quad (1)$$

де S — крутизна перетворення прийнятого сигналу;

$P_{\text{би}}$ — потужність вторинного біоінформаційного випромінювання об'єкта на комбінаційній частоті;

\bar{U}_1^2 — дисперсія частини радіотеплового випромінювання об'єкта у смузі $\Delta\omega$;

\bar{U}_2^2 — дисперсія частини спектру первинного біоінформаційного випромінювання у смузі $\Delta\omega$;

\bar{U}_3^2 — дисперсія власних шумів приймальної апаратури у смузі $\Delta\omega$.

Практично потужність власних шумів перевищує потужність радіотеплового та біоінформаційного випромінювання, яке приймається ($\bar{U}_3^2 > \bar{U}_1^2 + \bar{U}_2^2 + P_{\text{би}}$). Для виявлення та визначення вторинного випромінювання сигнал, зондуючий об'єкт, піддають імпульсній амплітудній модуляції, що забезпечує опромінювання біооб'єкта періодичними імпульсами з низькою частотою слідування. У паузах між імпульсами зондуючого сигналу приймають власне електромагнітне випромінювання біооб'єкта, інтенсивність якою у смузі приймання $\Delta\omega$

$$P'' = S(\bar{U}_1^2 + \bar{U}_2^2 + \bar{U}_3^2). \quad (2)$$

Порівнюють інтенсивності прийнятих сигналів P' та P'' . Для цього детектують імпульси проміжної частоти, а з послідовності відеоімпульсів виділяють змінну складову напруги з частотою проходження імпульсів. Амплітуда змінної напруги

$$U = KS[(P' - P'')/2] = S_0 P_{\text{би}}, \quad (3)$$

де K — коефіцієнт перетворення елементів вимірювальної схеми;

$S_0 = KS$ — результуюча крутизна перетворення інтенсивності біоінформаційного випромінювання в напругу.

Із виразу (3) видно, що амплітуда низькочастотного сигналу пропорційна біоінформаційній складовій власного електромагнітного випромінювання біооб'єкта і не залежить від радіотеплової складової випромінювання та рівня власних шумів вимірювальної схеми.

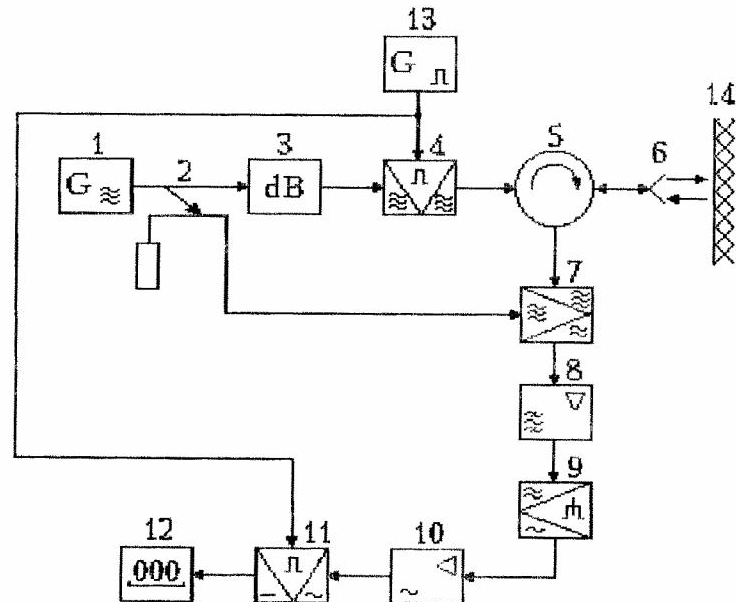
Пристрій працює таким чином. Монохроматичний сигнал міліметрового діапазону формується генератором 1. Атенюатором 3 встановлюється необхідний рівень опромінювання біооб'єкта ($\sim 1 \cdot 10^{-12}$ Вт/см²). Зондуючий об'єкт сигнал періодично перекривається імпульсним модулятором 4, який керується напругою низької частоти генератора 13. Імпульси зондуючого сигналу проходять через циркулятор 5 і з допомогою антени 6 випромінюються в напрямку об'єкта 14, що досліджується. Відбитий від об'єкта сигнал приймається антеною 6 і через циркулятор 5 надходить на вхід змішувача 7, на другий вхід якого подається частина потужності зондуючих коливань через направлений відгалужувач 2. В результаті змішування виникають коливання різницевої частоти, в спектрі яких знаходяться і коливання комбінаційних частот вторинного випромінювання біооб'єкта.

Підсилувач 8 проміжної частоти має задану смугу пропускання з центральною частотою, яка настроєна на одну із комбінаційних частот спектра вторинного випромінювання. Підсилений імпульсний сигнал проміжної частоти детектується за допомогою детектора 9 з квадратичною характеристикою. Відеоімпульси, які створюються в процесі детектування, мають амплітуду, пропорційну потужності високочастотного сигналу. На значення амплітуди впливають рівень радіотеплового випромінювання біооб'єкта та власних шумів приймального тракту.

В паузах між зондуючими імпульсами на змішувач 7 від антени 6 через циркулятор 5 надходять імпульси НЗВЧ власного випромінювання біооб'єкта 14 та шуми приймального тракту. В результаті змішування прийнятих імпульсів з власними шумами та сигналом гетеродина 1 виникає спектр коливань різницевої частоти від взаємодії спектральних складових НЗВЧ-випромінювання біооб'єкта та шумів з

коливаннями генератора 1. Частина складових спектру різницевих частот попадає у смугу пропускання підсилювача 8 проміжної частоти. Підсилений сигнал детектується квадратичним детектором 9. Амплітуда вихідних імпульсів детектора пропорційна інтенсивності власного випромінювання біооб'єкта та потужності шумів приймальної частини пристрою, які попадають у смугу пропускання підсилювача проміжної частоти.

Підсилювачем 10 низької частоти виділяється та підсилюється змінна складова послідовності відеоімпульсів, яка пропорційна тільки вторинному випромінюванню біооб'єкта 14. Підсилена напруга випрямляється синхронним детектором 11, який керується опорними імпульсами генератора 13 низької частоти та вимірюється цифровим вольтметром 12.



Показники вольтметра пропорційні рівню вторинного випромінювання зондованого біооб'єкта, який визначається інтенсивністю когерентного випромінювання клітин живого організму.

Завдяки одноканальному перетворенню відбитих імпульсів та імпульсів власного випромінювання біооб'єкта виключається вплив на результат вимірювання власних шумів вимірювальної схеми та рівня радіотеплового випромінювання біооб'єкта, яке визначається тільки його температурою.

Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид.арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
