

РАДІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ТА АГРАРНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

У статті представлено інтегроване створення радіотехнічних систем для медичних та аграрних застосувань. Запропоновано інтегрувати етапи створення радіотехнічних систем для медичних та аграрних застосувань у такій послідовності: медико-біологічний або аграрний, фізико-хімічний та радіотехнічний. Представлено метод визначення параметрів радіотехнічних систем для медичних та аграрних застосувань за кореляційними характеристиками у часовій, частотній та просторовій областях. Запропоновано схеми радіотехнічних систем для медичних та аграрних застосувань. Розглянуто застосування радіометричної системи із функцією аналізу спектральної характеристики для діагностики патології внутрішніх органів та моніторингу аграрних культур.

Ключові слова: радіотехнічні системи, часова кореляція, частотна кореляція, просторова кореляція, спектральні радіометри, медичні застосування, аграрні застосування, медико-біологічна методологія, аграрна методологія, радіотехнічна методологія, інтегрована методологія.

Y.V. SAVENKO, V.P. MELNIK, D.S. KURPAS

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

RADIO ENGINEERING SYSTEMS FOR MEDICAL AND AGRICULTURAL APPLICATIONS

Abstract — The paper presents an integrated creating the radio engineering systems for medical and agricultural applications. It has been proposed to integrate stages of creating the radio engineering systems for medical and agricultural applications by such sequence: medical-biological or agricultural stage, physical-chemical stage and radio engineering stage. There is presented the techniques to determine parameters of radio engineering systems for medical and agricultural applications by means of correlation characteristic in time, frequency and spatial region. It has been proposed schematics of radiometers for medical and agricultural applications. It has been proposed the application of the spectral radiometric system with function of spectral characteristics analyze for pathology diagnostics and agricultural monitoring.

Keywords: radio engineering systems, time correlation, frequency correlation, spatial correlation, spectral radiometers, medical applications, agricultural applications, medical-biological methodology, agricultural methodology, radio engineering methodology, integrated methodology.

Вступ

Створення технічних систем для медичних та аграрних застосувань відбувається на окремих етапах із відповідними для них методологіями [1]. Так можна виділити для радіотехнічних систем медичного призначення медико-біологічний, фізико-хімічний та інженерний етапи. Відповідно до таких етапів застосовують медико-біологічну, фізико-хімічну та радіотехнічну методології. Для радіотехнічних систем аграрного призначення – аграрний, фізико-хімічний та радіотехнічний етапи. Відповідно до таких етапів застосовують аграрну, фізико-хімічну та радіотехнічну методології.

Постановка задачі дослідження та шляхи вирішення проблеми

Виконання етапів характеризується високою ступеню розінтегрованості та специфічності методологій. Створення відбувається із невизначеністю порядку та слабкою узгодженістю результатів, що знижує рівень швидкого й ефективного забезпечення потреб охорони здоров'я та аграріїв технічними (радіотехнічними) системами для медичних та аграрних застосувань. Вирішення проблеми може бути шляхом інтегрування етапів із визначеною послідовністю та інтегрування методології, а саме: медико-біологічної або аграрної, фізико-хімічної та радіотехнічної методології [2-3].

Кореляційна модель радіотехнічної системи

Розсіяне із випромінювача електромагнітне радіочастотне поле в результаті можна розглядати як інтеграл елементарних елементів розсіювання і визначається за формулою 1:

$$E_S = \frac{K_S^2}{4\pi R} \int_V E_1(r) \varepsilon(r) e^{-iKr} d^3r, \quad (1)$$

З рівняння 1 отримаємо формулу 2:

$$E_S(K) \approx \int_V f(z) e^{-iKr} d^3r, \quad (2)$$

Рівняння визначається функцією затримки $f(r)$. Вона має розмірність напруженості розсіяного у поперечному перерізу як функція залежності від відстані r вздовж напрямку поширення (r вимірюється вздовж напрямку K) розраховується шляхом зведення в квадрат функції $f(r)$.

Формули 1 та 2 дозволяють нам розрахувати напруженість поля в кожній точці випромінювання

приладу. І міняючи параметри r та K ми можемо отримати інформацію про зміну напруженості поля, спричиненого внесенням в зовнішнє поле випромінювання збурень, що вносяться властивостями об'єкту дослідження та отримати просторові, часові і частотні кореляційні характеристики для визначення параметрів радіотехнічних систем для медичних та аграрних застосувань [4].

Використовуючи випромінювання антени таким чином, що багатопробене поширення випромінювання визначається механізмом розсіювання, а не геометрією випромінювання, ми знайдемо вираз, що зв'язує L і кут розсіювання θ .

$$L = \frac{0,44\lambda}{(\sin \theta) \cdot (10^{1/n} - 1)}, \quad (3)$$

Просторова кореляція дозволяє визначити відстань між передавачем та кожним приймачем системи. Ширина часової кореляційної функції визначається формулою 4. Часова кореляція забезпечує час отримання спектральної характеристики внутрішнього органу або аграрної культури.

$$\Delta \tau = \frac{(\sin^2 \theta) \cdot d \cdot (10^{1/n} - 1)}{8\tilde{n}}, \quad (4)$$

Проста оцінка першого порядку смуги пропускання, яку ми називаємо частотною характеристикою області розсіювання (внутрішнього органу або аграрної культури), визначається формулою:

$$\Delta F = \frac{8c}{(\sin^2 \theta) \cdot d \cdot (10^{1/n} - 1)}, \quad (5)$$

Частотна кореляція дозволяє визначити смугу частот для отримання спектральної характеристики внутрішнього органу або аграрної культури.

Радіотехнічна система для дослідження патології внутрішніх органів

Запропонована радіотехнічна система (рис. 3.1) дистанційно зондує біологічний об'єкт (внутрішній орган), вимірює та аналізує його спектральну характеристику [4]. За отриманою характеристикою об'єкту діагностується його патологія або норма. Радіотехнічна система складається з передавача T та приймачів R_1 та R_2 . Кількість приймачів дозволяє забезпечити необхідну просторову та частотну роздільну здатність.

За формулами 3 – 5 отримаємо залежності L , $\Delta \tau$ та ΔF від кута θ (рис. 2). За отриманими залежностями визначаються параметри L , d , $\Delta \tau$, ΔF та діапазон кутів θ для спектральної радіометричної системи дослідження патології внутрішніх органів.

Для центральної частоти характеристики внутрішнього органу 60 ГГц, отримуємо смугу пропускання у 2 ГГц. Для отримання належної роздільної здатності спектральної характеристики було запропоновано 2 ідентичних приймача, кожен із яких має на виході 8 фільтрів з полосою пропускання 250 МГц. Такі параметри забезпечують реєстрацію спектральної характеристики внутрішнього органу в полосі 59 – 61 ГГц із роздільною здатністю 250 МГц.

Радіотехнічна система для моніторингу аграрних культур

Запропонована радіотехнічна система для моніторингу аграрних культур встановлюється на безпілотний літальний апарат (квадрокоптер, дрон тощо) та використовується для зондування поверхні землі на висоті 20-50 метрів. Радіотехнічна система (рис. 3.1) дистанційно зондує об'єкт (аграрну культуру), вимірює та аналізує його спектральну характеристику [4]. За отриманою характеристикою об'єкту реалізується моніторинг аграрної культури. Основою радіотехнічної системи є спектральна радіометрична система. Радіотехнічна система складається з передавача T та приймачів R_1 та R_2 (рис. 3).

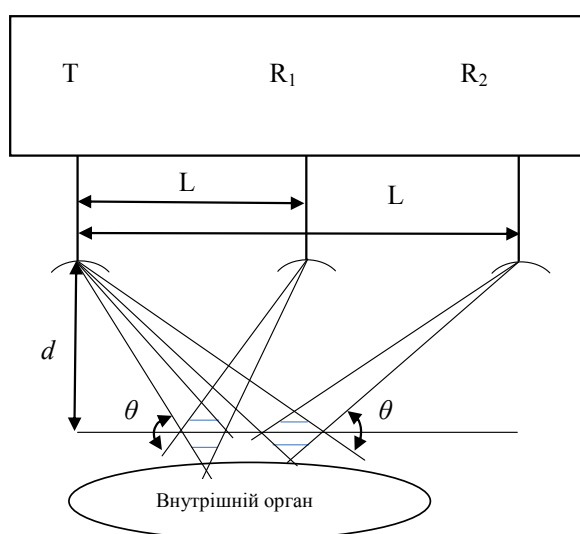


Рис. 1. Радіотехнічна система для медичних застосувань

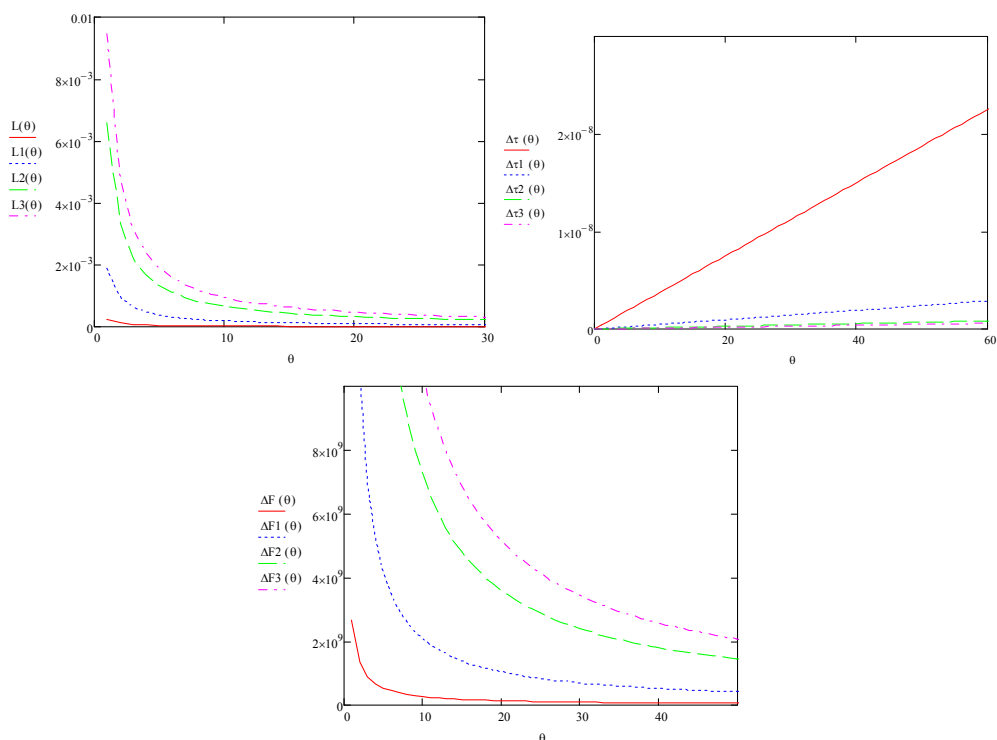


Рис. 2. Кореляційні характеристики радіотехнічної системи для медичних застосувань

За формулами 3 – 5 отримаємо залежності L , $\Delta\tau$ та ΔF від кута θ (рис. 2). За отриманими залежностями визначаються параметри L , d , $\Delta\tau$, ΔF та діапазон кутів θ для спектральної радіометричної системи моніторингу аграрних культур.

Для центральної частоти характеристики аграрної культури 2 ГГц, отримуємо смугу пропускання у 3 ГГц. Для отримання належної розділової здатності спектральної характеристики було запропоновано 2 ідентичних приймача, кожен із яких має на виході 4 фільтри з половою пропускання 375 МГц. Такі параметри забезпечують ресстрацію спектральної характеристики внутрішнього органу в полісі 1 – 4 ГГц із розділовою здатністю 375 МГц.

Спектральна радіометрична система для медичних застосувань

Спектральна радіометрична система для медичних застосувань реалізована на основі гетеродинного приймача [4]. Це дозволяє одержати високу чутливість, рівномірність характеристик у всьому частотному діапазоні й максимальній розв'язці між каналами. Структурна схема приймача представлена на рисунку 5.

До складу приймача входять: 4 комплект приймально-перетворювальних НВЧ модулів-конверторів (ППМ), кожен із яких містить у собі балансний змішувач на основі бар'єрних діодів Шоткі, гетеродин на основі діода Ганна або лавино-пролітний діод, помножувач частоти гетеродина, 8 широкосмугових підсилювачів проміжної частоти (ПЧ) і стабілізатори напруги живлення.

Модулі приймачів призначені для поділу широкої смуги частот 59 – 61 ГГц на ряд каналів з вузькою смугою частот (250 МГц), для забезпечення спектральної розділової здатності, з наступним детектуванням і посиленням сигналів у кожному каналі.

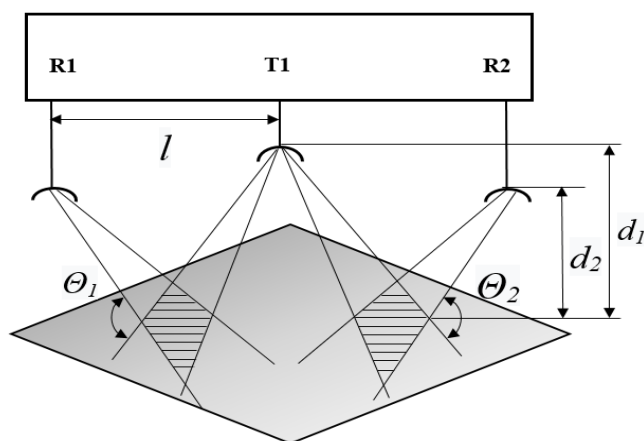


Рис. 3. Радіотехнічна система для аграрних застосувань

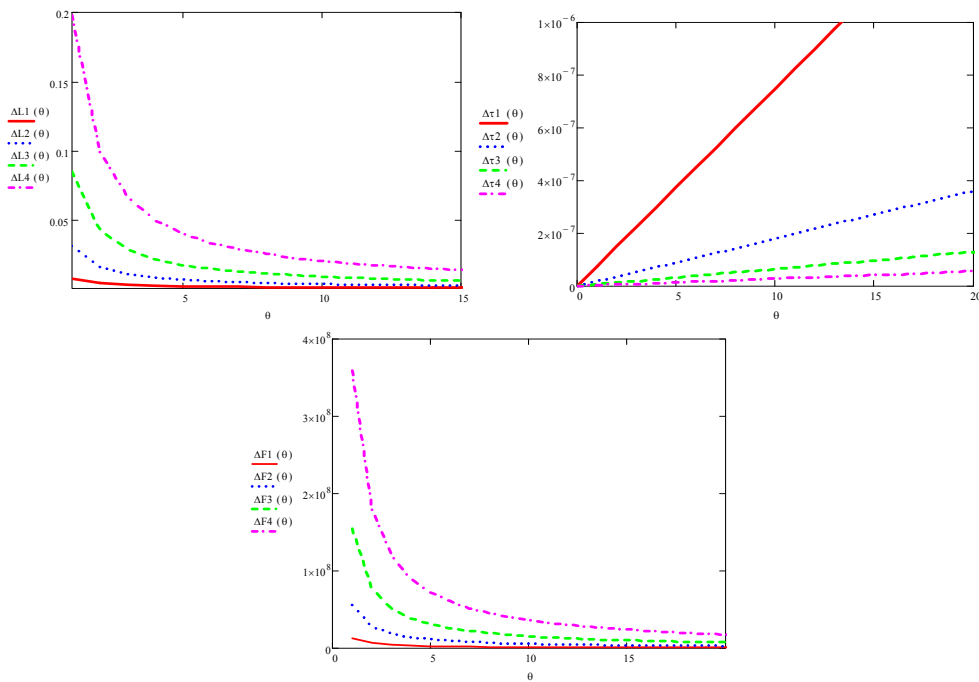


Рис. 4. Кореляційні характеристики радіотехнічної системи для аграрних застосувань

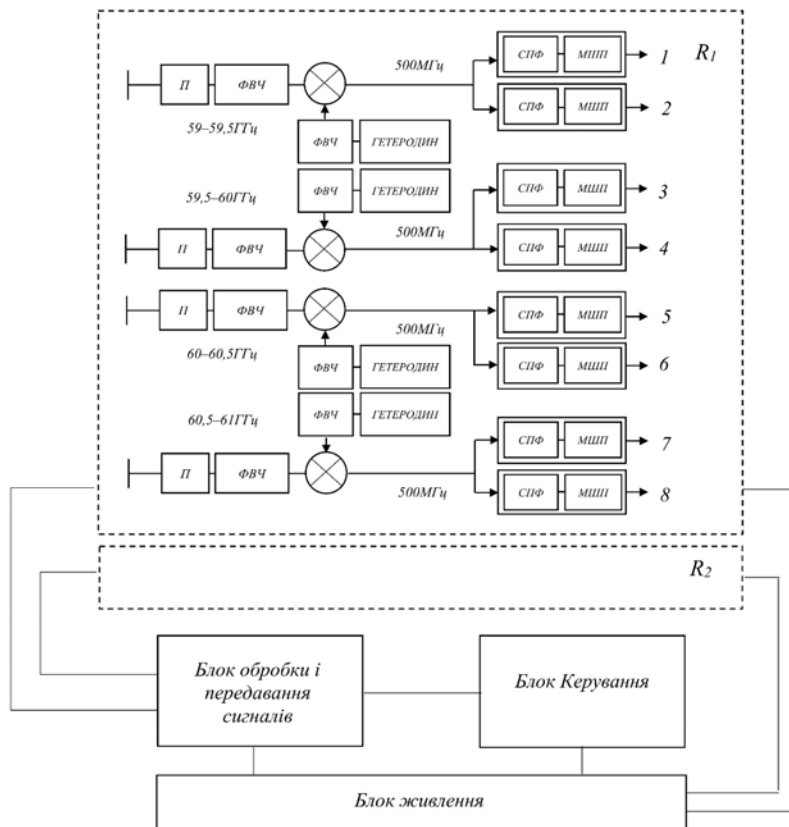


Рис. 5. Схема спектральної радіометричної системи для медичних застосувань

Спектральна радіометрична система для аграрних застосувань

Спектральна радіометрична система для аграрних застосувань реалізована на основі гетеродинного приймача [4]. Це дозволяє одержати високу чутливість, рівномірність характеристик у всьому частотному діапазоні й максимальній розв'язці між каналами. Структурна схема системи представлена на рисунку 6.

До складу приймача входять: 4 комплект приймально-перетворювальних НВЧ модулів-конверторів (ППМ), кожний із яких містить у собі балансний змішувач на основі бар'єрних діодів Шоткі, гетеродин на основі діода Ганна або лавино-пролітний діод, помножувач частоти гетеродина, 4 широкосмужових підсилювачи проміжної частоти (ПЧ) і стабілізатори напруги живлення.

Модулі приймачів призначені для поділу широкої смуги частоти (1 – 4 ГГц) на ряд каналів з

вузькою смугою частоти (375 МГц) для забезпечення спектральної розділової здатності з наступним детектуванням і посиленням сигналів у кожному каналі

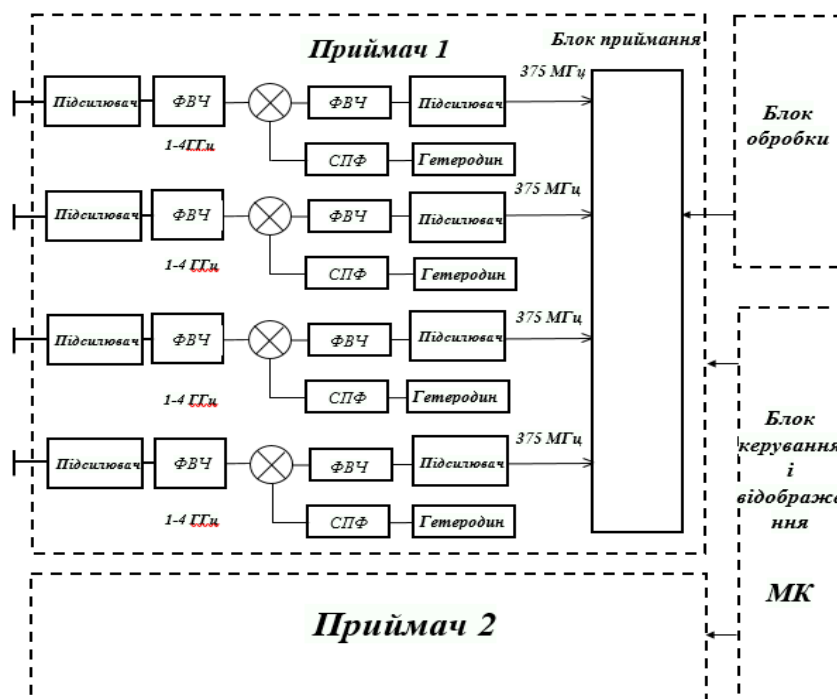


Рис. 6. Схема спектральної радіометричної системи для аграрних застосувань

Висновки

Запропоновано кореляційний метод визначення параметрів радіотехнічної системи, особливістю якого є залежність основних параметрів (часових, просторових та частотних) системи від однієї змінної (кута розсіювання), що дозволяє знайти оптимальні значення параметрів системи в умовах їх конкуренції.

Запропоновано схеми радіотехнічних систем для медичних та аграрних застосувань, в основу яких покладено кореляційні характеристики в часовій, просторовій та частотних областях для випромінювання передавача та приймачів, що дозволяє реалізувати різні програми дослідження об'єктів, зокрема дослідження патології внутрішніх органів та моніторингу аграрних культур.

Запропоновано спектральні радіометричні системи для медичних та аграрних застосувань, особливість яких є комбінування частотних характеристик вхідних та вихідних модулів гетеродинного приймача, що дозволяє реалізувати реєстрацію спектральної характеристики в різних діапазонах та з різною частотною розділовою здатністю для дослідження патології внутрішніх органів та моніторингу аграрних культур.

Література

1. Ахутин В.М. Биотехнические системы: теория и проектирование. – Л., 1981. - 220 с.
2. F. Töpfer, J. Oberhammer. Millimeter-wave tissue diagnostics // IEEE Microwave Mag., vol. 16, no. 4, pp. 97-113, May 2015
3. Y. Savenko, E. Nelin, F. Repa. Real-Time Monitoring System in Millimeter and Optical Ranges // Proc. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Quebec (Canada), 2014, pp. 1940-1942
4. Y. Savenko, E. Nelin, F. Repa. Millimeter-Wave System for Medical Diagnostics // Proc. International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science", Lviv – Slavske (Ukraine), February 2016, pp. 311-314

References

1. Akhutin V. M. Biotechnical systems: theory and design. – L., 1981. – 220 s.
2. F. Töpfer, J. Oberhammer. Millimeter-wave tissue diagnostics // IEEE Microwave Mag., vol. 16, no. 4, pp. 97-113, May 2015
3. Y. Savenko, E. Nelin, F. Repa. Real-Time Monitoring System in Millimeter and Optical Ranges // Proc. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Quebec (Canada), 2014, pp. 1940-1942
4. Y. Savenko, E. Nelin, F. Repa. Millimeter-Wave System for Medical Diagnostics // Proc. International Conference "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science", Lviv – Slavske (Ukraine), February 2016, pp. 311-314

Рецензія/Peer review : 16.5.2017 р.

Надрукована/Printed : 3.7.2017 р.

Стаття рецензована редакційною колегією