

УДК 621.341

**ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ІМПУЛЬСНИХ
ІНФОРМАЦІЙНО-ХВИЛЬОВИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ДЛЯ
ВПЛИВУ НА РЕПРОДУКТИВНУ ЗДАТНІСТЬ
КОЛОРАДСЬКОГО ЖУКА**

Федюшко Ю. М., д.т.н.,

Сілі І. І., аспірант*.

Таврійський державний агротехнологічний університет,

Тел.: +38(0619)42-57-97

Анотація - проведено теоретичне обґрунтування широко-смугової системи інформаційно-хвильових випромінювань для пригнічення колорадського жука і його личинок.

Ключові слова: інформаційно-хвильові випромінювання, широкосмугова імпульсна антена, діаграма спрямованості, колорадський жук.

Постановка проблеми. Наукові та практичні дослідження останніх років показують, що альтернативою хімічному методу захисту рослин може бути метод на основі екологічно безпечної і ефективної імпульсної електромагнітної технології [1]. Пригнічення колорадського жука імпульсним електромагнітним випромінюванням (ЕМВ) пов'язано не тільки з процесом високої швидкості наростання температури в об'єкті, але і з інформаційною дією електромагнітного поля ЕМП на мембрани клітин комах [2].

Практичні результати показують, що при певних параметрах імпульсного ЕМП (частота проходження імпульсів, шпаруватість, потужність, частота заповнення імпульсів, модуляційні параметри, експозиція) може відбуватися руйнування клітинних мембран і загибель жука і його личинок. У той же час, проведений аналіз літературних джерел показує, що в них недостатньо вивчено питання щодо створення імпульсної інформаційно-хвильової антенної системи зі спеціальною діаграмою спрямованості [3].

Аналіз останніх досліджень. Потужні імпульси широкосмугового (ШС) випромінювання знаходять застосування в радіолокації віддалених об'єктів, дослідженні електромагнітної сумісності та стійкості радіоелектронних систем в умовах впливу сильних електромагнітних

полів. Крім того, вони можуть бути з успіхом використані для боротьби з колорадським жуком. Кожне конкретне застосування накладає свої вимоги на параметри імпульсів і систему випромінювання [3].

Для випромінювання радіоімпульсів застосовуються різні антенні системи. Можна виділити, в основному, два типи антен: антени з параболічним рефлектором, що отримали назву IRA (Impulse Radiating Antenna [4]) і ТИМ антени [5]. Для наших цілей антени IRA не підходять у зв'язку з великими розмірами. Зазвичай їх апертура може досягати 4 м. ТИМ антена, як правило, виконана з двох трикутних пластин різного профілю, що забезпечують плавний перехід від хвильового опору генератора до хвильового опору вільного простору. Така антена є антеною біжучої хвилі, тому вона має довжину, відповідну довжині хвилі нижньої межі спектра імпульсу випромінювання. Проведені до теперішнього часу дослідження показують, що основний недолік таких антенних систем - це їх велика довжина в порівнянні з просторовою тривалістю імпульсу збудження.

Таким чином, на підставі всього сказано, можна зробити висновок про те, що найбільш часто використовувані антенні системи для передачі радіоімпульсів для наших конкретних цілей не підходять через їх значні геометричні розміри. Це призведе до збільшення ваги і зниження мобільності установки по знищенню шкідників. Тому ми будемо використовувати антену, близьку за конструктивним виконанням до ТИМ антени, але яка має менші геометричні розміри, а саме - пірамідальний рупор. А оскільки при проходженні по прямокутному хвилеводу радіоімпульс трансформується [6], то застосування пірамідальних рупорних антен в якості випромінювачів імпульсних сигналів дещо обмежено. Тому використання такого типу антеною системи для наших конкретних цілей вимагає проведення додаткових досліджень.

Формулювання цілей статті. Проведення теоретичних досліджень з визначенням основних рівнянь для визначення параметрів ширококугової радіоімпульсної системи випромінювання.

Основна частина. Уявимо, що поверхня випромінювання є плоскою і прямокутною. Просторова геометрія завдання показана на (рис. 1). Для отримання конкретних результатів будемо розглядати випадок збудження апертури плоскою рівноамплітудною синфазною хвилею.

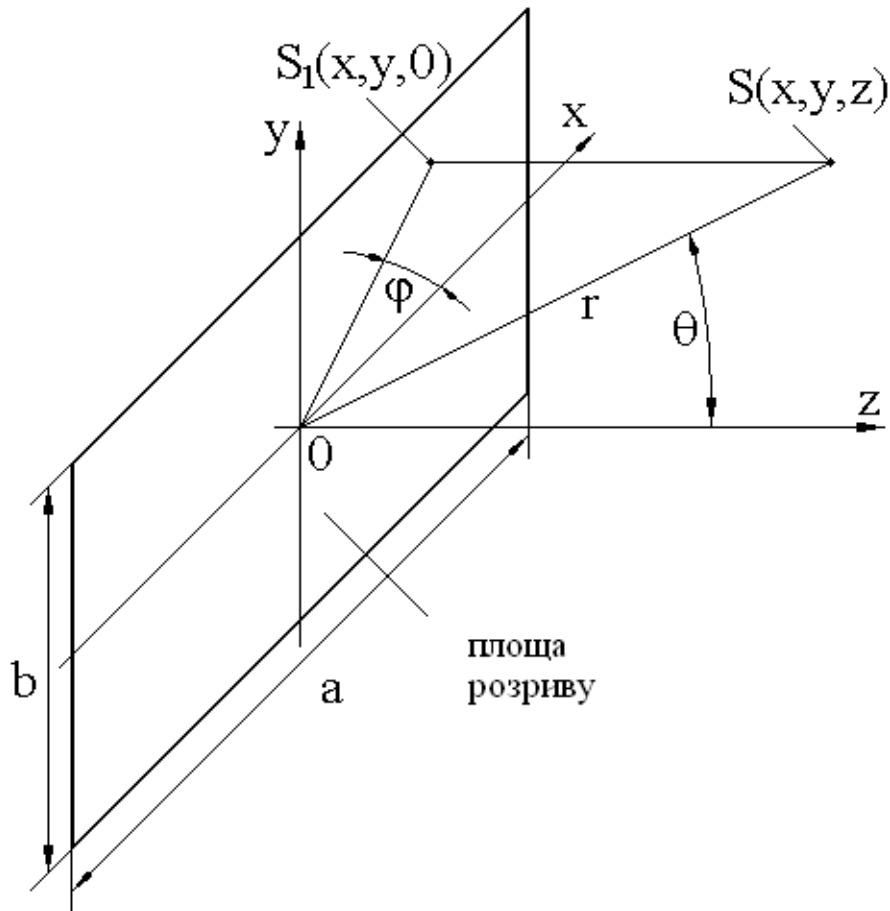


Рис. 1. Схема розкриття прямокутного випромінювача.

Випишемо поля випромінювання в дальній зоні, які в сферичній системі координат при $r \rightarrow \infty$ мають вигляд [5]:

$$E_{\theta}(\omega, r, \theta, \varphi) = \frac{ik}{4\pi} \cos \varphi (1 + \cos \theta) \frac{e^{-ikr}}{r} F(\theta, \varphi), \quad (1)$$

$$E_{\varphi}(\omega, r, \theta, \varphi) = \frac{ik}{4\pi} \sin \varphi (1 + \cos \theta) \frac{e^{-ikr}}{r} F(\theta, \varphi), \quad (2)$$

де $k = \omega \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$, $k_x = k \sin \theta \cos \varphi$, $k_y = k \sin \theta \sin \varphi$,

$$F(\theta, \varphi) = \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} E_y(x, y) e^{i(k_x x + k_y y)} dx dy. \quad (3)$$

Кут θ відраховується від осі z , а кут φ - від осі x проти годинникової стрілки. $E_y(x, y)$ - перетворення Фур'є поля збудження на розкритті рупорної антени, причому

$$E_y(x, y) = E_0 F(\omega). \quad (4)$$

де E_0 - амплітудний коефіцієнт,
 $F(\omega)$ - спектр сигналу збудження.

Розглянемо вираз (3), який, після підстановки в нього (4), можемо записати в аналітичному вигляді

$$F(\theta, \varphi) = E_0 F(\omega) = \frac{(e^{ik_x a/2} - e^{-ik_x a/2})(e^{ik_y b/2} - e^{-ik_y b/2})}{ik_x ik_y} =$$

$$= 4 E_0 F(\omega) \frac{\sin\left(\frac{k_x a}{2}\right) \sin\left(\frac{k_y b}{2}\right)}{k_x k_y}. \quad (5)$$

Для подальшого розгляду введемо функцію

$$\Phi(x) = \sin x / x,$$

тоді співвідношення (5) прийме вигляд

$$F(\theta, \varphi) = E_0 F(\omega) a b \Phi\left(\frac{k_x a}{2}\right) \Phi\left(\frac{k_y b}{2}\right). \quad (6)$$

Підставляючи (6) в вираз (1), одержимо рівняння для E_θ компоненти поля

$$E_\theta(\omega, r, \theta, \varphi) = \frac{ik}{4\pi} \cos \varphi (1 + \cos \theta) \frac{e^{-ikr}}{r} E_0 F(\omega) a b \Phi\left(\frac{k_x a}{2}\right) \times$$

$$\times \hat{O}\left(\frac{k_y b}{2}\right). \quad (7)$$

За аналогією запишемо співвідношення для E_φ компоненти поля. Після підстановки (6) в (3) отримаємо

$$E_\varphi(\omega, r, \theta, \varphi) = \frac{ik}{4\pi} \sin \varphi (1 + \cos \theta) \frac{e^{-ikr}}{r} E_0 F(\omega) a b \Phi\left(\frac{k_x a}{2}\right) \times$$

$$\times \Phi\left(\frac{k_y b}{2}\right). \quad (8)$$

Для переходу в тимчасову область по E_θ і E_φ компонентам використовуємо зворотне перетворення Фур'є [6]:

$$E_\theta(t, r, \theta, \varphi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} E_\theta(\omega, r, \theta, \varphi) e^{-i\omega t} d\omega, \quad (9)$$

$$E_\varphi(t, r, \theta, \varphi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} E_\varphi(\omega, r, \theta, \varphi) e^{+i\omega t} d\omega. \quad (10)$$

При довільних координатах рівняння (9) і (10), взагалі-то, в кінцевому вигляді розв'язку ми не отримаємо. Тому, інтегрування необхідно вести чисельними методами.

Тепер визначимо характеристику спрямованості рупорного випромінювача в дальній зоні в двох взаємно перпендикулярних площинах з енергетичним показником випромінювання в кожному з напрямків:

$$G_1(\theta, \varphi=0) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} |E_\theta(t, r, \theta, 0)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} |E_\theta(t, r, 0, 0)|^2 dt}, \quad (11)$$

$$G_2\left(\theta, \varphi=\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \left|E_\varphi\left(t, r, \theta, \frac{\pi}{2}\right)\right|^2 dt}{\int_{-\infty}^{\infty} \left|E_\varphi\left(t, r, 0, \frac{\pi}{2}\right)\right|^2 dt}. \quad (12)$$

Величини $G_1(\theta, \varphi=0)$ та $G_2\left(\theta, \varphi=\frac{\pi}{2}\right)$ являють собою енергетичні діаграми спрямованості (ЕДС).

Висновки. Отримані вирази (11,12) дозволяють побудувати діаграми направленості для різних параметрів антени.

Список використаних джерел.

- 1.Рахматулин Р.А. Электрофизические методы борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур/ Рахматулин Р.А., Нугманов С.С. // Сборник научных трудов. Современные технологии, средства механизации и техническое обслуживание в АПК. – Самара: 2003.-С.81-83.
- 2.Черенков А.Д. Воздействие низкоэнергетических электромагнитных измерений на мембранный потенциал и объем клеток биологических объектов / А. Д. Черенков // Микроволновые технологии в народном

хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – К.: ТЕС, 2000. – 152 –155 с.

3. Губанов В.П. Генерация мощных наносекундных импульсов электромагнитного излучения / В.П. Губанов, С.Д. Коровин, И.В. Пегель, В.В. Ростов, А.С. Степченко, М.Р. Ульмаскулов, В.Г. Шнак, С.А. Шануйлов, М.И. Яландин / Письма в ЖТФ. - 1994. - Т. 20, № 14. - С. 89-93.

4. Baum C.E. Impulse radiating antennas // Ultra-Wideband, Short-Pulse Electromagnetics / Ed. by H.L. Bertoni, L. Karin, and L.B. Felsen. New York: Plenum Press, 1993. - P. 139-147.

5. Giri D.V. Fabrication, and Testing of a Paraboloidal Reflector Antenna and Pulser System for Impulse-Like Waveforms / D.V. Giri, H. Lackner, I.D. Smith, D.W. Morton, C.E. Baum, J.R. Marek, W.D. Prather, D.W. Scholfield// IEEE Trans. Plasma Sci. - 1997. - V. 25, N 2. - P. 318-326.

6. Хала А.В. Алгоритм расчета сверхширокополосной антенны / А.В. Хала, А.В. Корольков / Математическая морфология. Электрон. математический и медико-биологический журнал. - Т. 9. - Вып. 1. - 2010. - URL: <http://www.smolensk.ru/user/sigma/MMORPH/TITL.HTM>.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ИМПУЛЬСНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ВОЛНОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ДЛЯ ВЛИЯНИЯ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СПОСОБНОСТЬ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

Федюшко Ю. М., Сили И.И.

Аннотация - Проведено теоретическое обоснование широкополосной системы информационно-волновых излучений для угнетения колорадского жука и его личинок.

THE SYSTEMS OF IMPULSIVE INFORMATIONAL RADIATIONS AND IMPACT ON REPRODUCTIVE ABILITY OF COLORADO POTATO BEETLE. THEORETICAL ANALYSIS

Yu. Fediushko, I. Sili

Summary

The theoretical study of broadband information radiation for the oppression of the Colorado potato beetle and its larvae.