

О.В. Борисенко

МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВТОРИННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ МАЛОВИСОТНИХ РЕЗОНАНСНИХ ЦІЛЕЙ

Анотація. Запропоновано електродинамічний метод моделювання надширококузових сигналів, відбитих від резонансних радіолокаційних цілей на фоні відбиття зондувального сигналу від підстилаючої поверхні землі, який дозволяє отримувати дані для підвищення інформативності радіолокаційної інформації про маловисотні цілі.

Ключові слова: інтегральне рівняння, маловисотна ціль, математичне моделювання, радіолокаційний дальнісний портрет, радіолокаційне розсіювання.

Abstract. Electrodynamic method for modeling ultrawideband responses of resonant radar targets against a background of reflection from underlying terrain was proposed. Method allows to obtain the data for increasing informativeness of the received radar information about low-altitude targets.

Keywords: integral equation, low-altitude target, numerical modeling, high-resolution radar range profile, radar scattering.

Широке застосування Російською Федерацією різноманітних, маловисотних засобів ураження та розвідки призвело до необхідності розробки та вдосконалення методів отримання радіолокаційної інформації, про ці об'єкти, з метою підвищення ймовірності їх виявлення, якості супроводження та знищення.

Метою роботи є розвиток методу розрахунку характеристик вторинного випромінювання у випадку, коли резонансний повітряний об'єкт спостерігається над границею між двома діелектричними середовищами.

Радіолокаційний сигнал, відбитий від маловисотної радіолокаційної цілі, приймається на фоні потужного відбиття від земної поверхні, що ускладнює виявлення та супроводження цілі. У діаграмі спрямованості антени спостерігаються провали, викликані інтерференцією між прямим та відбитим від земної поверхні сигналами, а також розділенням цих двох сигналів. Застосування ширококузових зондувальних сигналів дозволяє компенсувати ці провали у діаграмі спрямованості антени, а також розділити прямий і перевідбитий сигнали.

Для кращої селекції сигналу, відбитого такими низькоконтрастними та маловисотними цілями, як крилаті ракети та безпілотні літальні апарати, від потужного відбиття від земної (морської) поверхні доцільно застосувати зондувальні сигнали надвисокої частоти, які відповідають резонансному діапазону хвиль.

Результатом дослідження є методика розрахунку для моделювання надширококузових характеристик радіолокаційного розсіювання маловисотних радіолокаційних цілей складної форми з резонансними розмірами, яка базується на розв'язанні інтегрального рівняння магнітного поля [1-4]:

$$\begin{cases} -\vec{\tau}_2^0 \cdot \vec{J}(\vec{Q}_0) + 2\vec{\tau}_1^0 \cdot \vec{H}^0(\vec{Q}_0) = \frac{2}{i\omega s} \int_S \vec{E}_d^m(\vec{Q}|\vec{Q}_0, \vec{\tau}_1^0) \cdot \vec{J}(\vec{Q}) ds_Q, \\ \vec{\tau}_1^0 \cdot \vec{J}(\vec{Q}_0) + 2\vec{\tau}_2^0 \cdot \vec{H}^0(\vec{Q}_0) = \frac{2}{i\omega s} \int_S \vec{E}_d^m(\vec{Q}|\vec{Q}_0, \vec{\tau}_2^0) \cdot \vec{J}(\vec{Q}) ds_Q. \end{cases} \quad (1)$$

де $\vec{Q}, \vec{Q}_0 \in S$ є точками інтегрування та спостереження відповідно; $\vec{\tau}_1^0, \vec{\tau}_2^0$ – дотичні до поверхні об'єкта S (в точці \vec{Q}_0) взаємно ортогональні одиничні вектори, що складають праву трійку з внутрішньою до поверхні S нормаллю \vec{n}^0 ; $\vec{J}(\vec{Q})$ – поверхнева щільність електричного струму; \vec{H}^0, \vec{H} – магнітні вектори первинного та розсіяного електромагнітного поля відповідно;

\vec{E}_d^m – напруженість електричного поля допоміжного магнітного диполя з вектор-моментом $\vec{\tau}_{1,2}^0$, розташованого у точці \vec{Q}_0 .

Розроблений алгоритм дозволяє отримувати надширокопasmові відгуки від об'єктів з урахуванням їх електромагнітної взаємодії з плоскою границею між діелектричними середовищами, для заданих поляризаційних, просторових та часово-частотних параметрів зондувального сигналу.

Областю застосування результатів дослідження може бути розпізнавання маловисотних цілей, зокрема крилатих ракет і безпілотних літальних апаратів.

Встановлено, що радіолокаційний дальнісний портрет маловисотної цілі є результатом взаємодії прямого та перевідбитого від земної поверхні сигналів. Отримана форма радіолокаційного дальнісного портрету сильно залежить від різниці шляху між цими двома сигналами. Отримані радіолокаційні дальнісні портрети можуть містити додаткову інформацію про маловисотні цілі. У разі високої роздільної здатності та досить великої різниці ходу прямого та перевідбитого сигналів можна провести оцінку висоти об'єкта. Також слід зазначити, що в алгоритмах радіолокаційної ідентифікації цілей необхідно враховувати спотворення радіолокаційного дальнісного портрету маловисотних об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. G. S. Zalevsky, O. I. Sukharevsky, V. A. Vasilets, “Radar Range Profiles of Cruise Missiles in VHF, UHF and SHF Bands,” [electron resource], 7th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals (UWBUSIS 2014), 15-19 Sept., 2014. Proc. Kharkiv, 2014, pp. 7-12, 1 CD-ROM.

2. O. I. Sukharevsky, V. A. Vasilets, G. S. Zalevsky “Electromagnetic Wave Scattering by Aerial and Ground Radar Objects,” [electron resource], 2015 IEEE International Radar Conference, 10-15 May, 2015. Proc. Arlington VA, USA, 2015, pp. 162–167, 1 CD-ROM.

3. G. S. Zalevsky, O. I. Sukharevsky, “Calculation of Scattering Characteristics of Aerial Radar Objects of Resonant Sizes Based on Iterative Algorithm,” Radioelectronics and Communications Systems, vol. 57, No. 6, 2014, pp. 244-253.

4. Gibson W. C. The Method of Moments in Electromagnetics / W. C. Gibson. – Boca Raton, London, New York : Chapman & Hall / Taylor & Francis Group, 2008. – 288 p.

Борисенко Олександр Васильович — ад'юнкт Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: a.v.borisenko1980@ukr.net

Oleksandr Borysenko — Post-Graduate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, e-mail: a.v.borisenko1980@ukr.net