
УДК 621. 396

В.В. Пустоваров

Харківське ПТЗ – ДКА України, Харків

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Розроблені пропозиції щодо підвищення вірогідності правильної прив'язки матричних радіометричних кореляційно-екстремальних систем навігації (СН) літальних апаратів (ЛА) на основі обліку змін радіояскравісної температури при формуванні поточного зображення СН. Представлені отримані аналітичні вирази для розрахунків.

Ключові слова: система навігації, літальний апарат.

Вступ

Постановка проблеми. В якості системи навігації для літальних апаратів (ЛА), в основному, використовуються матричні радіометричні (МРМ)

СН кореляційно-екстремального (КЕ) типу. Вони мають високі швидкодю, точність, вірогідність правильного розпізнавання різних цілей, роздільну здатність, абсолютну скритність і завадостійкість [1].

Проте, як показує аналіз, показники ефективності застосування ЛА, оснащених МРМ СН КЕ, можуть бути істотно понижені при створенні поверхні візування шляхом маскуванню [2], коли використовуються швидко розгортані об'єкти з різними випромінюючими властивостями матеріалів, що істотно змінюють радіометричне зображення поверхні візування. Крім того, на формування МРМ СН КЕ поточних зображень (ПЗ) істотний вплив можуть чинити шумові температури викликані нерівномірністю нагріву обтічника ЛА, що має багат шарову структуру, в процесі польоту ЛА, що адекватно постановці перешкод. В зв'язку з цим для ефективного застосування ЛА, оснащених МРМ СН КЕ, необхідно враховувати вплив усіх спотворюючих чинників, що впливають на процес формування і подання зображень в МРМ СН КЕ ЛА.

Таким чином, задача по подальшому вдосконаленню СН, що забезпечує високоточне наведення ЛА на ціль, в умовах дії спотворюючих чинників, є актуальною.

Аналіз останніх публікацій. Завдання забезпечення функціонування МРМ СН КЕ в умовах постановки активних перешкод розглядалося в [1]. До справжнього моменту часу детально досліджені основні досяжні показники радіометричних (РМ) СН. Проаналізована дія різного роду активних перешкод на радіометр. Розроблена достатня кількість високочутливих радіометричних приймачів [3], здатних забезпечити роботу РМ СН в умовах постановки активних і пасивних перешкод типу дипольних відбивачів. Отримала подальший розвиток теорія створення завадостійких РМ СН при первинній обробці сигналу і формуванні поточних зображень поверхонь візування (ПВ) [1, 2]. У літературі приведені різноманітні алгоритми набуття значення вирішальної функції (ВФ), формованою РМ СН, які можуть бути застосовані, залежно від характеристик бортових цифрових обчислювальних комплексів, в реальному масштабі часу [3].

В зв'язку з цим, для підвищення показників ефективності застосування ЛА необхідно врахувати вплив нерівномірного нагріву обтічника, що має багат шарову структуру, на ПЗ, формованих радіометричними СН.

Метою статті є представлення результатів розробки наукових пропозицій щодо підвищення вірогідності правильної прив'язки МРМ КЕ СН ЛА на основі обліку змін радіояскравісної температури при формуванні поточного зображення СН.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо нагріте тіло (обтічник ЛА), теплове випромінювання якого $\mathbf{E}_{ст}$, $\mathbf{H}_{ст}$, збуджене сторонніми струмами $\mathbf{j}_{ст}$, приймається антеною. Якщо антена працює на передачу і збуджується струмом з

щільністю \mathbf{j} , вона створює в навколишньому просторі поле \mathbf{E} , \mathbf{H} . Застосуємо до цих полів теорему взаємності $\int (\mathbf{j}_{ст}, \mathbf{E}) dV = \int (\mathbf{j}, \mathbf{E}_{ст}) dV$.

Переходячи до спектральних розкладань випадкових полів $\mathbf{j}_\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{j} e^{i\omega t} dt$ і т.д., отримуємо

$$\int (\mathbf{j}_{\omega ст}, \mathbf{E}_\omega) dV = \int (\mathbf{j}_\omega, \mathbf{E}_{\omega ст}) dV. \quad (1)$$

Якщо матеріал обтічника ЛА ізотропний і не має магнітних втрат ($\mu'' = 0$) то просторова кореляційна функція компонент сторонніх струмів відповідно до флуктуаційно-дисипативної теореми визначається, як

$$\langle \mathbf{j}_{\omega ст \alpha}(\mathbf{r}_1), \mathbf{j}_{\omega ст \beta}(\mathbf{r}_2) \rangle = \frac{2\omega}{\pi} \Theta(\omega, T(\mathbf{r}_1)) \varepsilon_0 \varepsilon''(\mathbf{r}_1) \delta_{\alpha\beta} \delta(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2), \quad \alpha, \beta \in \overline{1, 3}, \quad (2)$$

де $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2 \in D$, D – область простору, займана тілом обтічника;

$\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-9}$ Ф/м – електрична постійна;

$\varepsilon_a = \varepsilon \varepsilon_0$, $\varepsilon = \varepsilon' - i\varepsilon'' = \varepsilon'(1 - itg\delta)$ – комплексна абсолютна і відносна діелектрична проникність;

$\Theta(\omega, T) = \frac{\hbar\omega}{\exp(\hbar\omega/kT) - 1}$ – середня енергія осцилятора при температурі T ;

цилятора при температурі T ;

$\hbar = h/2\pi$; $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж/с – постійна Планка;

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

$T(\mathbf{r})$ – розподіл температури в області D .

З формули (1), враховуючи формулу (2) можна отримати

$$(2\omega\varepsilon_0/\pi) \int_D \Theta(\omega, T) \varepsilon' tg\delta |\mathbf{E}_\omega|^2 dV = I_\omega^2 \overline{U_\omega^2}, \quad (3)$$

де I_ω – спектральна щільність струму, збуджуючого антену (при роботі на передачу);

$\overline{U_\omega^2}$ – спектральна щільність середнього квадрата напруги, що створюється в антені випромінюванням обтічника (при роботі антени на прийом).

Якщо врахувати, що

$$(I_\omega^2 R_\Sigma / 2) = P_\omega -$$

спектральна щільність потужності, що випромінюється антеною при живленні її струмом I_ω (R_Σ – опір випромінювання), а

$$(\omega/2) \varepsilon_0 \varepsilon'' |\mathbf{E}_\omega|^2 = -\text{div} \Pi_\omega,$$

де Π_ω – спектральна щільність вектору Пойнтинга $\Pi_\omega = 2^{-1} \mathbf{E}_\omega \mathbf{H}_\omega^*$, у такому випадку (3) можна представити у вигляді

$$\overline{U_{\omega}^2} = -\frac{2R_{\Sigma}}{\pi P_{\omega D}} \int \Theta \operatorname{div} P_{\omega} dV \quad (4)$$

$$\text{або } \overline{U_{\omega}^2} = -\frac{R_{\Sigma}}{2\pi P_{\omega}} \left\{ \oint_{\Sigma} \Theta(P_{\omega}, n) d\sigma + \int_D (P_{\omega}, \nabla \Theta) dV \right\},$$

де Σ – поверхня обтічника;

\mathbf{n} – внутрішня нормаль до Σ .

За визначенням температура антени без втрат T_a° вводить як еквівалентна температура шумлячого опору, рівного R_{Σ} , спектральна щільність середнього квадрата шумової ЕДС якого дорівнює $\overline{U_{\omega}^2}$, створюваної в антені зовнішнім випромінюванням, тобто

$$\overline{U_{\omega}^2} = (2/\pi) R_{\Sigma} k_B T_a^{\circ} \quad (5)$$

Відмітимо, що вираз

$$-(1/P_{\omega}) \operatorname{div} \Pi_{\omega} dV = dQ$$

описує долю потужності випромінювання, що поглинається в елементі об'єму dV обтічника ЛА, тобто енергетичний коефіцієнт поглинання.

Тоді формулу (3) можна переписати таким чином:

$$T_a^{\circ} = 1/k_B \int_D \Theta dQ,$$

тобто температура антени від теплового випромінювання обтічника визначається долею потужності випромінювання антени, поглиненої в обтічнику.

Підстановка (5) в (4) з обліком (3) дає

$$T_a^{\circ} = \frac{\omega \varepsilon_0}{2k_B P_{\omega D}} \int \Theta(r) \varepsilon'(r) \operatorname{tg} \delta(r) |E_{\omega}(r)|^2 dV. \quad (6)$$

Формула (6) справедлива для обтічника ЛА, розташованого у будь-якій зоні антени: ближньою (променевою, прожекторною), проміжною (зоні Френеля), або далекою (зоні Фраунгофера), але тільки для δ – коррелированного шумового випромінювання.

ВИСНОВКИ

Таким чином, облік віддзеркалень усередині стінки обтічника дозволяє істотно (у півтора - двічі залежно від середньої температури стінки і електrofізичних параметрів матеріалу) підвищити точність розрахунку шумової температури системи антена-обтічник.

При належному виборі матеріалу інтенсивністю власного випромінювання розігрітого обтічника в порівнянні з еквівалентною температурою шуму неохолоджуваного радіометричного приймача можна нехтувати.

Вплив градієнта температури уздовж тієї, що утворює обтічника може бути істотно зменшено за рахунок компенсації спотворень зображення по задалегідь розрахованих значеннях шумової температури обтічника для кожного з парціальних променів антени радіометричного приймача.

Список літератури

1. Анализ помехоустойчивости радиометра при воздействии узкополосной помехи / Р.Г. Сидоренко, И.В. Красношатка // Системы обработки информации. – 2006. – Вып. 1(50). – С. 155-160.
2. Оптимальная и предельная структура радиометра с нестабильным коэффициентом усиления / В.И. Антюфеев, А.С. Султанов // Изв. вузов. Радиофизика. – 1988. Т. 31, № 2. – С. 142-148.
3. Цифровая обработка изображений в информационных системах: учеб. пос. / [И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых и др.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 168 с.

Надійшла до редколегії 24.11.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Сотніков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожудуба, Харків.

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В.В. Пустоваров

Разработаны предложения относительно повышения достоверности правильной привязки матричных радиометрических корреляционно-экстремальных систем навигации (СН) летательных аппаратов (ЛА) на основе учета изменений радиояркостной температуры при формировании текущего изображения СН. Представленные получены аналитические выражения для расчетов.

Ключевые слова: система навигации, летательный аппарат/

WAYS OF IMPROVEMENT OF SYSTEM OF NAVIGATION OF AIRCRAFTS

V.V. Pustovarov

Worked of suggestion in relation to the increase of authenticity of correct attachment of the matrix aerophare cross-correlation-extreme systems of navigation (SN) of aircrafts (A) on the basis of account of changes of radiobrightness temperature at forming of current image of SN. The presented is got analytical expressions for calculations.

Keywords: system of navigation, aircraft.