

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ДЖЕРЕЛА РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ З РУХОМОЇ ПЛАТФОРМИ

На сьогоднішній день задача виявлення джерела радіовипромінювання (ДРВ) і визначення її координат на поверхні Землі з використанням космічних апаратів (КА) є актуальним завданням. При цьому у процесі руху КА на вхід приймача буде надходити сигнал $u_i = U_i G(t) \cos[\omega_0(t - \tau_i) + \phi_0]$. Тут U_i - максимальне значення одиночної точкової цілі радіосигналу; $G(t)$ - нормована функція, що характеризує модуляцію зондуючого і відбитого від цілі сигналів при їх передачі та прийомі діаграмою спрямованості реальної антени; τ_i - затримка радіосигналу.

Затримка радіосигналу пов'язана зі зміною відстані між КА і ціллю співвідношенням $\tau_i = \frac{r_i(t)}{c}$, де $r_i(t)$ - поточна відстань між КА і ціллю; c - швидкість поширення радіохвиль. Зміна поточної відстані в часі $r_i(t) = \sqrt{x^2(t) + y_i^2 + h_o^2}$. Тут $x(t) = v_n t$ - поточна координата КА по осі x ; v_n - шляхова швидкість КА; h_o - висота польоту.

Залежність точної відстані між КА та ДРВ можна подати наступним чином $r_i(t) \approx r_0 + \frac{v_n^2 t^2}{2r_0}$.

Тоді зміна напруги на вході приймача може бути подана наступним чином:

$$u_i = U_i \cos \left[\omega_0 \left(t - \pi v_n^2 t^2 / (\lambda r_0) \right) + \psi_p \right], \quad (1)$$

де $\psi_p = \phi_0 + 2\pi r_0 / \lambda$ - невідома початкова фаза радіосигналу.

Як видно з (1) у прийнятому радіосигналі має місце зміна у часі амплітуди сигналу, та поточної фази, за квадратичним законом і частоти сигналу за лінійним законом.

Таким чином аналізуючи закон зміни відповідних параметрів радіосигналу в межах часового інтервалу, що відповідає знаходженню ДРВ в межах реальної бортової антени можливо отримати інформацію про зміну відстані КА і ДРВ. Для вимірювання поточних параметрів радіосигналу на вході приймача запропоновано використати метод одночасного вимірювання амплітуди, частоти та фази радіосигналу, сутність якого полягає у наступному. Аналоговий сигнал дискретизується у часі і подається трійкою цифрових S_1, S_2, S_3 , сформованих в моменти часу t_1, t_2, t_3 і

використовуваних для обчислення частоти сигналу f за формулою $f = \frac{1}{2\pi\tau} \frac{\arccos(S_1 + S_3)}{S_2}$, де τ - інтервал

дискретизації; при цьому фрагмент сигналу і відповідну йому трійку кодів вибирають так, щоб код S_2 не дорівнював нулю, відрізняючись тим, що одночасно з вимірюванням частоти ті ж коди використовують для обчислення амплітуди

U , фази φ і початкової фази сигналу ϕ_0 відповідно до виразів $U = 2|S_2| \sqrt{(S_2^2 - S_1 S_3) / [4S_2^2 - (S_1 + S_3)^2]}$,

$\varphi = \arccos(S_2/U)$, $\phi_0 = \phi - 2\pi f t_2$, де фаза φ відповідає моменту часу t_2 .

При цьому при зміні відстані між КА та ДРВ відповідним чином змінюється крутість функціональної залежності частоти синтезу від часу в межах точки, де частота сигналу дорівнює нулю. Отже встановивши закон зміни крутості та визначивши момент часу, що відповідає нулю частоти, можливо виміряти дальність між КА та ДРВ. Для визначення переходу частоти через нуль можна використати інформацію як про значення амплітуди сигналу, так і інформацію про безпосереднє вимірювання частоти. Крім того, визначивши значення частоти сигналу в різних ділянках при руху КА і про інтегрувавши закон зміни частоти на цих ділянках можливо отримати інформацію про різницю дальності в кінцевих точках ділянки траєкторії руху КА.

Аналізуючи зміну поточної фази сигналу на цих ділянках також можливо визначити відповідну їм різницю дальності.

Використовуючи інформацію про вимірювання різниці дальностей на двох ділянках руху КА можливо за допомогою виразів різницево-далекомірною методу визначення місцеположення отримати координати ДРВ на поверхні Землі.

Крім того у роботі пропонується підвищити точність побудови відповідних залежностей параметрів радіосигналу у часі з викори-станням оцінювання одиночних вимірів на інтервалі спостереження методом найменших квадратів. У доповіді аналізується можливість визначення місцеположення ДРВ з використанням запропонованої методики та проводиться аналіз впливу статистичної обробки вимірювань на точність визначення дальності до ДРВ.