

ПРОЦЕДУРА КОГЕРЕНТНО-НЕКОГЕРЕНТНОЇ ДЕМОДУЛЯЦІЇ ВЗАЄМНОЗАВАЖАЮЧИХ ЦИФРОВИХ СИГНАЛІВ З ДВІЙКОВОЮ ЧАСТОТНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ

Єрохін В. Ф., д.т.н., професор; Пелешок Є. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

В реальних умовах прийом радіосигналів здійснюється, як правило, в апіорно невизначеній сигнально-завадовій обстановці, яка обумовлена обмеженістю радіочастотного ресурсу та зростанням кількості та потужності випромінювань різноманітного походження. В загальному випадку на вхід радіоприймального пристрою, крім корисних сигналів, потрапляють завади, які разом з внутрішніми шумами приймача можуть суттєво впливати на якість прийняття сигналу. Тому проблема демодуляції сигналів в умовах впливу завад була і залишається актуальною, а на її вирішення спрямована велика кількість робіт.

Окремим важливим класом задач завадозахищеного прийому є такі, що пов'язані з прийомом корисного сигналу в умовах впливу потужних синхронних та подібних сигналу за структурою завад.

У зв'язку з цим для підвищення завадозахищеності прийому корисного сигналу, що спостерігається на фоні подібної потужної завади, пропонується використовувати в демодуляторах приймальних пристроїв компенсаційні процедури із застосуванням когерентної (квазікогерентної) обробки завади та некогерентної обробки корисного сигналу.

Для синтезу процедури некогерентної демодуляції корисного ЧМ-2 сигналу, що спостерігається в адитивній суміші з потужною подібною ЧМ-2 завадою, в каналі з повільно змінними параметрами використаємо методику, приведену в [1]. З метою досягнення прозорості викладення розглянемо найпростіший приклад. Вважатимемо, що частотні позиції і тактові точки корисного сигналу та завади співпадають, а модуляція завади на кожній із двох частотних позицій здійснюється без розриву фази. Остання умова дає можливість використовувати квазікогерентну обробку завади. Корисний сигнал будемо обробляти некогерентно (квадратурно).

Модель спостереження на тривалості тактового інтервалу на відміну від [1] представимо наступним чином:

$$y(t) = s_1(r_1, \varphi_{1c}, \varphi_{2c}, t) + s_2(r_2, \varphi_{13}, \varphi_{23}, t) + n(t) = r_1 \left[A_1^s \cos(\omega_1 t + \varphi_{13}) - A_1^k \sin(\omega_1 t + \varphi_{13}) \right] + (1 - r_1) \cdot \left[A_2^s \cos(\omega_2 t + \varphi_{23}) - A_2^k \sin(\omega_2 t + \varphi_{23}) \right] + r_2 A_{21} \cos(\omega_1 t + \varphi_{13}) + (1 - r_2) A_{22} \cos(\omega_2 t + \varphi_{23}) + n(t),$$

де $s_1(r_1, \varphi_{1c}, \varphi_{2c}, t)$ — корисний ЧМ-2 сигнал; $s_2(r_2, \varphi_{13}, \varphi_{23}, t)$ — подібна до корисного сигналу потужна ЧМ-2 завада; $A_{1,2}^{s,k}$ — амплітуди синфазних та квадратурних складових корисного сигналу; $A_{21,22}$ — амплітуда завади на частотах ω_1 і ω_2 відповідно; $n(t)$ — адитивний білий гаусівський шум.

$$\begin{aligned} \text{В свою чергу: } A_1^s &= A_0 \cos(\varphi_{1c} - \varphi_{13}); & A_1^k &= A_0 \sin(\varphi_{1c} - \varphi_{13}); \\ A_2^s &= A_0 \cos(\varphi_{2c} - \varphi_{23}); & A_2^k &= A_0 \sin(\varphi_{2c} - \varphi_{23}), \end{aligned}$$

де A_0 — амплітуда корисного сигналу.

Будемо також вважати стани дискретних параметрів r_1 і r_2 рівноімовірними та взаємонезалежними, а початкові фази $\varphi_{1,2,c,3}$ рівномірно розподіленими на інтервалі $[0, 2\pi]$.

В результаті синтезу процедури некогерентної демодуляції корисного ЧМ-2 сигналу, що спостерігається на фоні потужної подібної ЧМ-2 завади, було отримано наступне правило прийняття рішення

$$r_1^* = \text{rect} \left[\text{rect}(b_1 - b_2)(B_1 - B_{2e}) + \text{rect}(b_2 - b_1)(B_{1e} - B_2) \right]. \quad (1)$$

Тут $\text{rect}(x \geq 0) = 1$; $\text{rect}(x < 0) = 0$;

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{2}{N_0} \int_{t_{k-1}}^{t_k} y(t) A_{21} \cos(\omega_2 t + \varphi_{13}) dt; & b_2 &= \frac{2}{N_0} \int_{t_{k-1}}^{t_k} y(t) A_{22} \cos(\omega_2 t + \varphi_{23}) dt; \\ B_1 &= \sqrt{(b_1^{s0})^2 + (b_1^{k0})^2}; & B_2 &= \sqrt{(b_2^{s0})^2 + (b_2^{k0})^2}; \\ B_{1e} &= \sqrt{(b_{1e}^{s0})^2 + (b_1^{k0})^2}; & B_{2e} &= \sqrt{(b_{2e}^{s0})^2 + (b_2^{k0})^2}. \end{aligned}$$

У разі відсутності завади правило прийняття рішення (1) вироджується в класичне правило некогерентного прийому ЧМ-2 сигналу. Потенційна (гранична) завадостійкість процедури некогерентної демодуляції корисного ЧМ-2 сигналу, за умови суттєвого перевищення середньої потужності подібної ЧМ-2 завади над потужністю корисного сигналу і відсутності похибок в оцінюванні її параметрів є такою ж, як і за її відсутності. Дана процедура може застосовуватися при реалізації програм повторного використання частотного ресурсу та при розробці перспективних завадозахищених засобів радіозв'язку.

Література

1. Єрохін В. Ф. Алгоритм демодуляції, що забезпечує повторне використання частот цифрового радіомовлення / В. Ф. Єрохін, І. М. Крутофіст // Захист інформації. — 2005. — № 25. — С. 42 — 47.