

СИНТЕЗ ЕЛЕМЕНТАРНОГО СИГНАЛУ УЗГОДЖЕНОГО З ХАРАКТЕРИСТИКОЮ ТРАКТУ КАБЕЛЬ–КОРЕКТОР

Макаров І. В. аспірант; Лісовий І. П., д.т.н., професор

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, м. Одеса, Україна

Роботи за погодженням форми сигналів з характеристиками каналів можна розділити на дві групи — без урахування характеристик завад [2,3] та узгодження форми сигналів прийнятих на фоні корельованого гауссовського шуму [1, 4].

Завдання оптимізації характеристик регенераційної ділянки цифрової системи передачі (ЦСП) формуємо в такий спосіб: при заданих частотних характеристиках спрямовуючої системи та обмеженнях на потужність передавача, визначити передатні функції формуючого фільтра передавача $P(\omega)$ і підсилювача коректора (приймального фільтра) $F(\omega)$, які мінімізують ймовірність помилки при сумісному впливі як адитивного шуму $\eta(t)$ так інтерференційної завади. Модель регенераційної ділянки ЦСП наведена на рисунку 1.

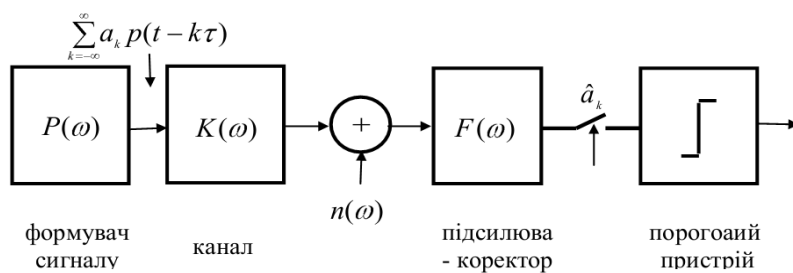


Рисунок 1. Модель регенераційної ділянки ЦСП

$$|H(\omega)| = \sqrt{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{\omega}{0,9\omega_0}\right), \quad 0 < \omega \leq 0,9\omega_0; \quad (1)$$

$$|H(\omega)| = 0, \quad \omega > 0,9\omega_0$$

де ω_0 — частота проходження символів лінійного сигналу.

Завдання формулюється так: при заданих $K(\omega)$, $F(\omega)$, $\eta(t)$, вибрати функцію $P(\omega)$ яка забезпечує найкращу якість приймання інформаційних параметрів a_k , $k = 0, \pm 1, \dots$. Точне рішення задачі оптимізації, що полягає в знаходженні функцій $P(\omega)$ або $F(\omega)$, які мінімізують ймовірність помилки в ЦСП при спільному впливі завад обох видів є складним. Тому сформульовану задачу підмінимо простішою, що дозволяє знайти аналітичне рішення. Суть підміни полягає в наступному.

В першу чергу критерій мінімуму ймовірності помилки замінимо вимогою мінімуму дисперсії відліків шуму на вході схеми прийняття рішення. По — друге, завдання оптимізації вирішуємо послідовно: спочатку визна-

чимо передатну функцію, що забезпечує мінімум дисперсії тільки інтерференційної завади, або тільки адитивної, а потім у класі визначених функцій знайдемо функцію, що мінімізує іншу складову завад.

Відомо, що при відсутності адитивної завади найкращою з точки зору мінімуму шумових завад є характеристика тракту кабель — коректор, що задовольняє критерію Найквіста.

Тоді функція $P(\omega)$ повинна бути такою, щоб характеристика аналогової частини регенераційної дільниці задовольняла умові Найквіста.

Мінімальну дисперсію адитивного шуму забезпечує узгоджена фільтрація,

таким чином остаточно задача оптимізації формулюється так: визначити функцію $P(\omega)$ яка має мінімальну енергію в заданій смузі частот і задовольняє умові Найквіста.

За допомогою методу множників Лагранжа складемо допоміжний функціонал

$$J[P(\omega)] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi/\tau}^{\pi/\tau} \left\{ \sum_{r=-\infty}^{\infty} |P_r(\omega)|^2 + \right. \\ \left. + \frac{\lambda(\omega)}{2\pi} \cdot \left[\sum_{r=-\infty}^{\infty} |P_r(\omega)| |K_r(\omega)| |F_r(\omega)| - \tau \right] \right\} d\omega. \quad (2)$$

Для знаходження екстремуму функціоналу (2) складемо рівняння Ейлера і розв'яжемо його відносно невідомої функції $P_S(\omega)$ отримаємо

$$P_s(\omega) = \frac{|F_s(\omega)| \cdot |K_s(\omega)|}{\sum_{r=-\infty}^{\infty} |F_r(\omega) \cdot K_r(\omega)|} \cdot \frac{\tau}{2}, \quad (3)$$

де $P_S(\omega)$, $F_S(\omega)$, $K_S(\omega)$ — S -сегменти відповідно функцій $P_r(\omega)$, $F_r(\omega)$, $K_r(\omega)$.

Результати синтезу елементарного сигналу. Для знаходження форми елементарного сигналу, що має спектр $P(\omega)$ в основу розрахунку було покладено формулу (3), перетворену до вигляду

$$P_s(\omega) = \sqrt{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{\omega}{0,9\omega_0}\right) \cdot \frac{\tau}{\sum_{r=-\infty}^{\infty} \left| \sqrt{2} \cos \frac{\pi}{2} \frac{\omega}{0,9\omega_0} \right|^2}, \quad (4)$$

де $\tau = 2\pi/\omega_0 = 1/(2,048 \cdot 10^6)$ с.

Форма сигналу $x_{\text{опт}}(t)$ точніше значення його відліків $x_{\text{опт}}(k\Delta t)$, взятих через інтервал часу, рівний $\Delta t = \tau/4$, визначені за допомогою операції зворотного дискретного перетворення Фур'є (ЗДПФ) 256 — точкової комплексної послідовності $P(n)$, якою підмінявся неперервний спектр $P_S(\omega)$.

$$x_{\text{оnm}}(k\Delta t) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} P(n) e^{i \frac{2\pi}{N} kn} = \frac{1}{256} \sum_0^{255} P(n) e^{i \frac{2\pi}{256} kn}, \quad k = 0, 1, \dots, 255$$

Для оцінки міжсимвольних завад, що виникають в ЦСП з розглянутими елементарними сигналами, розраховано відносну величину міжсимвольної завади

$$\eta = \frac{\sqrt{h^2(\tau) + h^2(2\tau)}}{h(0)} \cdot 100\%,$$

де $h(0)$, $h(\tau)$, $h(2\tau)$ — значення відліків наскрізної імпульсної реакції в моменти часу 0, τ , 2τ .

Значення $h(t)$ в моменти часу $t > 2\tau$ не враховувалися в силу їх малого значення. Відносна величина міжсимвольної завади для елементарного сигналу прямокутної форми складає 3,5%, а для синтезованого сигналу $2 \cdot 10^{-6}\%$

Висновки. Залежність завадостійкого приймання дискретних повідомлень від форми елементарного сигналу виникає, якщо на параметри сигналу накладаються обмеження, які визначаються характеристиками передавального пристрою або спрямовуючої системи.

Синтезований в даній роботі елементарний сигнал дозволяє значно зменшити вплив міжсимвольної інтерференції.

Перелік посилань

1. Френкс Д. Теория сигналов: Пер. с англ. / Под ред. Д.Е. Вакмана. — М.: Сов. радио, 1974. — 344 с.
2. Кисель В.А. Синтез радиосигналов с максимумом энергии на заданном отрезке времени или заданной области частот. — Радиотехника и электроника, 1971, т. 16, №12. — 2243 — 2253 с.
3. Кисель В. А. Оптимизация избирательных свойств огибающей радиосигнала. — Радиотехника и электроника, 1973, т. 18, №10. — 2199 — 2197 с.
4. Нестерук В. Д. Влияние формы сигналов на помехоустойчивость их приема на фоне коррелированных помех при ограничении пиковых значений. — Радиотехника и электроника, 1971, т. 16, №11. — 2098 — 2104 с.

Анотація

У даній роботі вирішується завдання узгодження форми елементарних сигналів з характеристиками ділянки «кабель – коректор» цифрової системи передачі.

Ключові слова: передатна функція, енергетичний спектр сигналу, форма елементарного сигналу.

Аннотация

В данной работе решается задача согласования формы элементарных сигналов с характеристиками участка «кабель – корректор» цифровой системы передачи.

Ключевые слова: передаточная функция, энергетический спектр сигнала, форма элементарного сигнала.

Abstract

Matching shape of elementary signals with the characteristics of "cable – equalizer" section in digital transmission system the task in this article.

Keywords: transfer function, energy spectrum of a signal, form of elementary signal.