

ОПТИМАЛЬНА ФОРМА ЕЛЕМЕНТАРНОГО СИГНАЛУ ЦСП

Д. т. н. І. П. Лісовий, І. В. Макаров

Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова
Україна, м. Одеса
ur5fo55@gmail.com

Запропоновано елементарний сигнал, який забезпечує контрольоване значення міжсимвольних перешиход в каналі з характеристикою Гаусса. Показано, що для тракту з характеристикою Гаусса максимальний розкритт око-діаграми забезпечує елементарний сигнал виду ВН тривалістю 0,64 періоду надходження, що дозволяє зменшити потужність передавача на 30%.

Ключові слова: елементарний сигнал, тривалість сигналу, міжсимвольна інтерференція, око-діаграма.

Вибір амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) аналогової частини регенераційної ділянки цифрових систем передачі (ЦСП) пов'язаний з пошуком компромісу: з одного боку — повне відновлення форми елементарного сигналу $S(t)$ полегшить операцію прийняття рішення, але збільшить рівень шуму; з іншого боку — рівень шуму можна зменшити обмеженням смуги пропускання лінійного тракту ЦСП, проте це призведе до зростання тривалості імпульсів і, як наслідок, міжсимвольної інтерференції. Оптимальна форма елементарного сигналу залежить також від виду спрямовуючої системи (середовища поширення). Відмовитись від обмеження тривалості сигналу в часі, що призводить до збільшення потужності шуму, дозволяє синтез елементарного сигналу, значення якого в усі моменти прийняття рішення kT дорівнюють нулю, за винятком моменту $k = 0$ [1]. Однак у багатьох випадках такій формі сигналу притаманний підвищений рівень шуму внаслідок необхідності збільшення смуги пропускання лінійного тракту відповідно до енергетичного спектра синтезованого сигналу.

На практиці не вдається здійснювати прийняття рішення всередині тактового інтервалу з абсолютною точністю, а відхилення АЧХ каналу Найквіста внаслідок параметричної чутливості підсилювача-коректора на 5% може призвести до повного закриття око-діаграми [2]. Тому актуальним є синтез елементарних сигналів, які забезпечують контрольовані міжсимвольні завади. Одним з таких сигналів є Гаусів імпульс, який широко застосовується при моделюванні оптоволоконних систем передачі та є привабливим математичною простотою.

Метою даної роботи є визначення форми елементарного сигналу ЦСП, який би забезпечував максимальну захищеність сигналу в точці прийняття рішення (максимальний розкритт око-діаграми) в умовах впливу власних завад та завад міжсимвольної інтерференції у тракці передачі з характеристикою Гауса.

Фільтр нижніх частот Гауса має перевагу — простота апроксимації при високих швидкостях передачі. Так частотна характеристики багатоланкового фільтра RC наближується до характеристики ФНЧ Гауса. У відгуку фільтра Гауса відсутні паразитні коливання, що забезпечує відносно більший розкритт око-діаграми у часі. Тому з практичної точки зору цей фільтр є привабливішим теоретично оптимального фільтра Найквіста з крутим зрізом.

Амплитудно-частотну характеристику аналогової частини лінійного тракту ЦСП приймаємо

$$S(f) = \exp \left[-\pi \left(\frac{f}{2f_c} \right)^2 \right]. \quad (1)$$

Частоту зрізу f_c фільтра Гауса визначимо за допомогою прямокутника рівновеликого за площею

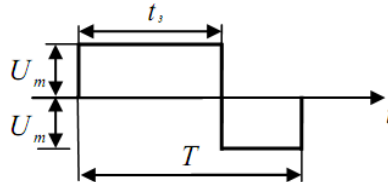
$$f_c = \frac{1}{S(0)} \int_0^{\infty} S(f) df. \quad (2)$$

Згладжування частотної характеристики коефіцієнта загасання кабеля дБ/км виконаємо застосуванням апроксимуючої функції

$$\alpha(f) = \alpha_0 + a\sqrt{f} + bf, \quad (3)$$

де $\alpha_0 = 8,686\sqrt{R_0G_0}$ — коефіцієнт загасання для постійного струму; a, b — коефіцієнти.

Для зменшення впливу міжсимвольних завад замість сигналу без повернення нуля (БПН) пропонується застосувати елементарний сигнал з поверненням до нуля (ПН) тривалістю, що перевищує половину тактового інтервалу (див. рисунок).



Біполярний сигнал виду ПН

У волоконно-оптичних системах передачі широко застосовується елементарний сигнал БПН з тривалістю символів, яка дорівнює тактовому інтервалу, та пряма модуляція оптичного випромінювання шляхом зміни струму накачування напівпровідникового лазера, що обумовлено простотою і низькою вартістю. При використанні прямої модуляції проблематично застосовувати біполярний сигнал, але вирішити цю проблему можна, якщо застосувати зовнішній модулятор Маха — Цендера.

Результати моделювання електропровідного тракту для загасання дільниці регенерації на напівтактовій частоті 75 дБ наведено в таблиці.

Вид сигналу	Оптимальна частота зрізу, f_c/f_T	t_i/T	A_3 , дБ
БПН	0,31	1	17,7
ПН _{опт}	0,28	0,64	19,45

Таким чином, у лінійному тракті електропровідної ЦСП з коректором Гауса оптимальним є елементарний сигнал з поверненням до нуля тривалістю 64% від тактового інтервалу, який забезпечує вигоду 1,75 дБ порівняно з сигналом без повернення нуля, що дозволяє зменшити потужність передавача на 30%.

Визначення оптимальної тривалості захисного інтервалу для оптичного елементарного сигналу ВОСП є предметом подальших досліджень.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Прокис Дж. Цифровая связь.— М.: Радио и связь, 2000.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение.— М.: Изд. дом «Вильямс», 2003.

I. P. Lesovoy, I. V. Makarov

The optimal wave of the elemental signal in digital transmission systems

In this paper we propose an elementary signal that provides a controlled value of intersymbol interference in a channel with a Gaussian characteristic. It is shown that, for a Gaussian characteristic tract, the maximum opening of the eye diagram provides an elementary RZ signal with a duration of 0.64, which reduces the transmitter power by 30%.

Keywords: elementary signal, signal duration, intersymbol interference, eye-diagram.