

М. С. ЛАНДСМАН

СПРОЩЕНИЙ МЕТОД ІМІТАЦІЇ МІЖСИМВОЛЬНОЇ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ ЧАСТОТНО-МАНІПУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ ВИДУ 1 : 1

Для відтворення спотворень, що їх викликає міжсимвольна інтерференція¹ на коротких хвилях, пропонується імітатор. В імітаторі застосовується маніпуляція на «тональній» частоті з розривом фази, що виправдується незначною, як показано нижче, енергетичною різницею спектрів з розривом і без розриву фази в смузі прийому. Згідно з нормами МККР [1] мінімальна смуга неспотвореного прийому частотно-маніпульованих сигналів виду 1 : 1

$$\Delta f \geq 2,6D + 1,4 \cdot 2F \text{ при } m \geq 2, \quad (1)$$

де D — девіація, гц ;

$2F$ — швидкість маніпуляції, боди;

m — індекс модуляції.

Гранична гармоніка частоти маніпуляції в смузі прийому

$$k = \frac{\Delta f}{2F} \geq 1,3m + 1,4. \quad (1a)$$

Приймаючи максимальну швидкість телеграфування 400 бод при девіації 500 гц ($m \approx 2$), знаходимо

$$k \geq m + 2 \quad (k \geq 4). \quad (2)$$

Спектр частотної маніпуляції з розривом фази аналогічний сумарному спектру двох амплітудно-маніпульованих коливань, несучі яких відстоять одна від одної на величину розносу, причому k — гармоніка маніпуляції, яка відлічується від умовної середньої частоти, відповідає $k - m$ гармоніці, що відлічується від однієї з несучих. Приймаючи потужність всього спектра за 1, визначаємо

¹ Під міжсимвольною інтерференцією розуміємо перекриття різнойменних телеграфних посилок, викликане багатопроменістістю (рис. 2, е).

сумарну потужність гармонік маніпуляції в смузі прийому [1]:
при розриві фази

$$P_{k-m} = \frac{1}{2} + \frac{4}{\pi^2} \sum_1^{k-m} \frac{1}{[2(k-m)-1]^2}; \quad (3)$$

без розриву фази

$$P_k = \frac{8}{\pi^2} \left\{ \frac{1}{m^2} \sin^2 \frac{m\pi}{2} + 2m^2 \cdot \sum_1^k \left[\frac{\sin(k+m) \frac{\pi}{2}}{k^2 - m^2} \right] \right\}. \quad (4)$$

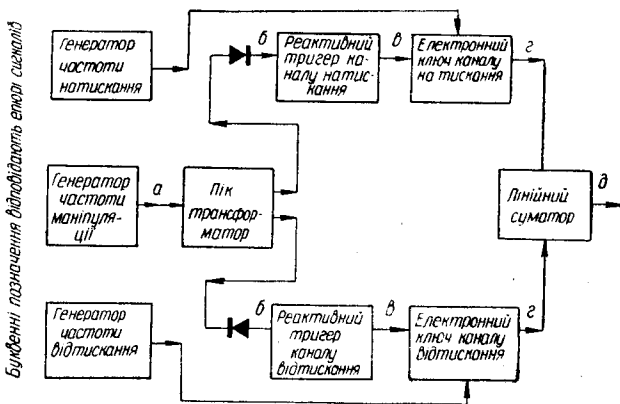


Рис. 1. Функціональна схема.

Підставляючи $k - m$ і k із виразу (2), одержуємо

$$P_{k-m} \geq 0,92; \quad P_k \geq 0,98.$$

Оскільки ряд (4) збігається швидше ряду (3), то

$$P_k - P_{k-m} \leq 0,06.$$

Враховуючи викладене вище, а також статистику² багатопроменевого поширення [3], можна поставити до імітатора такі вимоги:

1. Частотна маніпуляція виду 1 : 1 (тому що «точки» найбільш уразливі при міжсимвольній інтерференції) з розривом фази.
2. Кількість інтерферуючих променів — два.
3. Можливість зміни швидкості маніпуляції, «тональних» частот та їх розносу.

² З практичною ймовірністю $\tau < \frac{1}{2F_{\max}}$ кількість променів рідко перевищує 2, їх амплітудні зміни некорельовані, а спектральна густина швидкості зміни τ та інтенсивності променів не більше 0,4 гц.

4. Можливість зміни τ в межах бінарного знаку і незалежної зміни інтенсивності променів. Регулярні зміни τ та інтенсивності променів, відрізняючись від статистичного характеру багатопроменевості, частково виправдані повільною (відносно швидкості передачі) зміною відтворюваних процесів.

Функціональна схема імітатора показана на рис. 1, а еюра сигналів — на рис. 2. Гармонічна напруга з частотою маніпуляції (рис. 2,а) перетворюється пік-трансформатором і діодами в дві

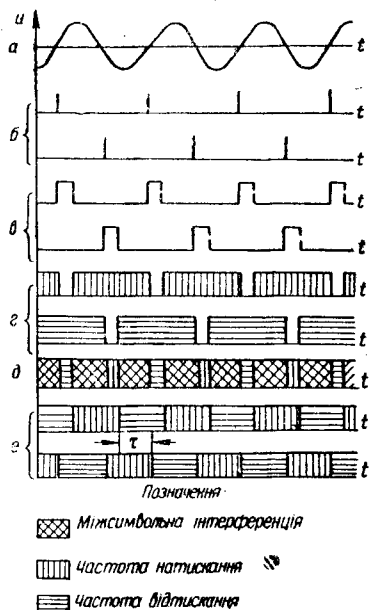


Рис. 2. Еюра сигналів.

послідовності короткочасних імпульсів з відносним фазовим зсувом 180° (рис. 2,б). Ці імпульси запускають реактивні тригери, що виробляють прямокутні сигнали регульованої тривалості (рис. 2,в), які керують електронними ключами. На ці ж ключі надходять тональні частоти «натискання» і «відтискання». Складаючи тональні імпульси з виходів електронних ключів (рис. 2,в), можна з достатнім наближенням відтворити міжсимвольну інтерференцію (рис. 2,д) двопроменового сигналу (рис. 2,е) на виході радіотелеграфного приймача. Час запізнення: $\tau = \frac{1}{2F} - t_i$. Регулюючи тривалість запираючих імпульсів t_i , можна змінювати час запізнення від нуля ($t_i = \frac{1}{2F}$) до елементарної посліжки ($t_i = 0$). Інтенсивності променів регулюються рівнями тональних частот «натискання» і «відтискання».

Можливості розглянутого методу можуть бути розширені якщо τ та інтенсивності променів змінювати відповідно до статистичних закономірностей багатопроменевості, але подібне завдання перед спрощеним імітатором не ставилось.

Описаний метод імітації реалізований на практиці і значно простіший за існуючі [2].

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуревич М. С. Спектри радіосигналов. «Связьиздат», 1963.
2. Law H. B., Lee F. J., Looser R. C., Levett F. A. An improved fading machine.— PIEE, Part B, vol. 104, N 14, March 1957.
3. Brandinger J. J., Goldman H. Statistical analysis of multipath Jitter.— RCA Review, 1961, vol. 22, N 3.

М. С. ЛАНДСМАН

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ИМИТАЦИИ МЕЖСИМВОЛЬНОЙ
ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ЧАСТОТНО-МАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ
ВИДА 1 : 1

К р а т к о е с о д е р ж а н и е

Предлагается упрощенный метод имитации, воспроизводящий межсимвольную интерференцию частотно-манипулированных сигналов вида 1 : 1. Приведены функциональная схема имитатора и эпюра сигналов. Сравниваются энергетические спектры реального и воспроизводимого сигналов и показывается их незначительное различие.

M. S. LANDSMAN

A SIMPLIFIED IMITATION METHOD OF INTERSYMBOL
INTERFERENCE BY FSK 1 : 1 TYPE SIGNALS

S u m m a r y

A simplified imitation method reproducing two ray intersymbol interference of FSK signals is suggested.

The functional scheme of the imitator and its signal shape chart are given. Power spectra of the real and reproduced signals are compared and their similarity is shown.