

АНАЛІЗ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ АЛГОРИТМУ ВХОДЖЕННЯ В СИНХРОНІЗМ РАДІОЛІНІЇ З ППРЧ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ ФАЗИ М-ПОСЛІДОВНОСТІ

Василенко С. В., Єрохін В. Ф., Зінченко Я. В.

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації

Національного технічного університету України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Україна

E-mail: vasylenko.phd@gmail.com

ANALYSIS OF INTERFERENCE RESISTANCE OF THE ALGORITHM OF ENTERING INTO SYNCHRONISM RADIO LINE WITH FHSS ON THE BASIS OF M-SEQUENCE PHASE DETERMINATION

In this paper analysis of interference resistance of the algorithm of entering into synchronism radio line with frequency-hopping spectrum spreading (FHSS) on the basis of *M*-sequence phase determination, which allows to optimize the time of entering synchronization with the given requirements of the probability of entering synchronization, or to solve the inverse problem of selection number of frequencies required for entering synchronization and generator register length of the pseudo-random sequence (PRS).

Системи радіозв'язку (СРЗ) постійно змушені функціонувати у складній радіоелектронній обстановці, яка зумовлюється як природними так і навмисними завадами, що діють в каналі зв'язку. Одним з ефективних методів захисту СРЗ від навмисних завад є використання широкосмугових сигналів з псевдовипадковим переналаштуванням робочої частоти (ППРЧ).

Оскільки прийом та обробка широкосмугових сигналів з ППРЧ вимагає точної синхронізації між опорною та прийнятою псевдовипадковими послідовностями (ПВП), на приймальній стороні повинні вживатися заходи для співпадання у часі опорної та прийнятої ПВП, а також підтримці цього стану [1-2].

У роботі проведено аналіз алгоритму входження в синхронізм радіолінії з ППРЧ, що ґрунтується на способі визначення фази *M*-послідовності на будь-якому $(i+1)$ -ому такті роботи на основі прийнятих наборів відрізків *M*-послідовності, сума символів яких не менше довжини регістра генератора ПВП [3].

З метою забезпечення можливості аналізу завадостійкості, процес входження в синхронізм радіолінії з ППРЧ був представлений у вигляді графу станів, де вузли графа характеризують стан системи синхронізації радіолінії з ППРЧ, а переходи – події. У роботі, як приклад, наведено граф станів процесу входження в синхронізм радіолінії з ППРЧ для довжини регістру $n=9$ та кількості частот входження в синхронізм $k=8$ (рис. 1).

На графі p_0 – ймовірність тактової синхронізації, а

$$p_{\Sigma 1} = \frac{1}{k} p_0 \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{k} p_0\right)^{i-1}, \quad p_{\Sigma 2} = \frac{1}{k} p_0 \sum_{i=2}^n \left(1 - \frac{1}{k} p_0\right)^{i-1}, \quad p_{\Sigma 3} = \frac{1}{k} p_0 \sum_{i=3}^n \left(1 - \frac{1}{k} p_0\right)^{i-1}.$$

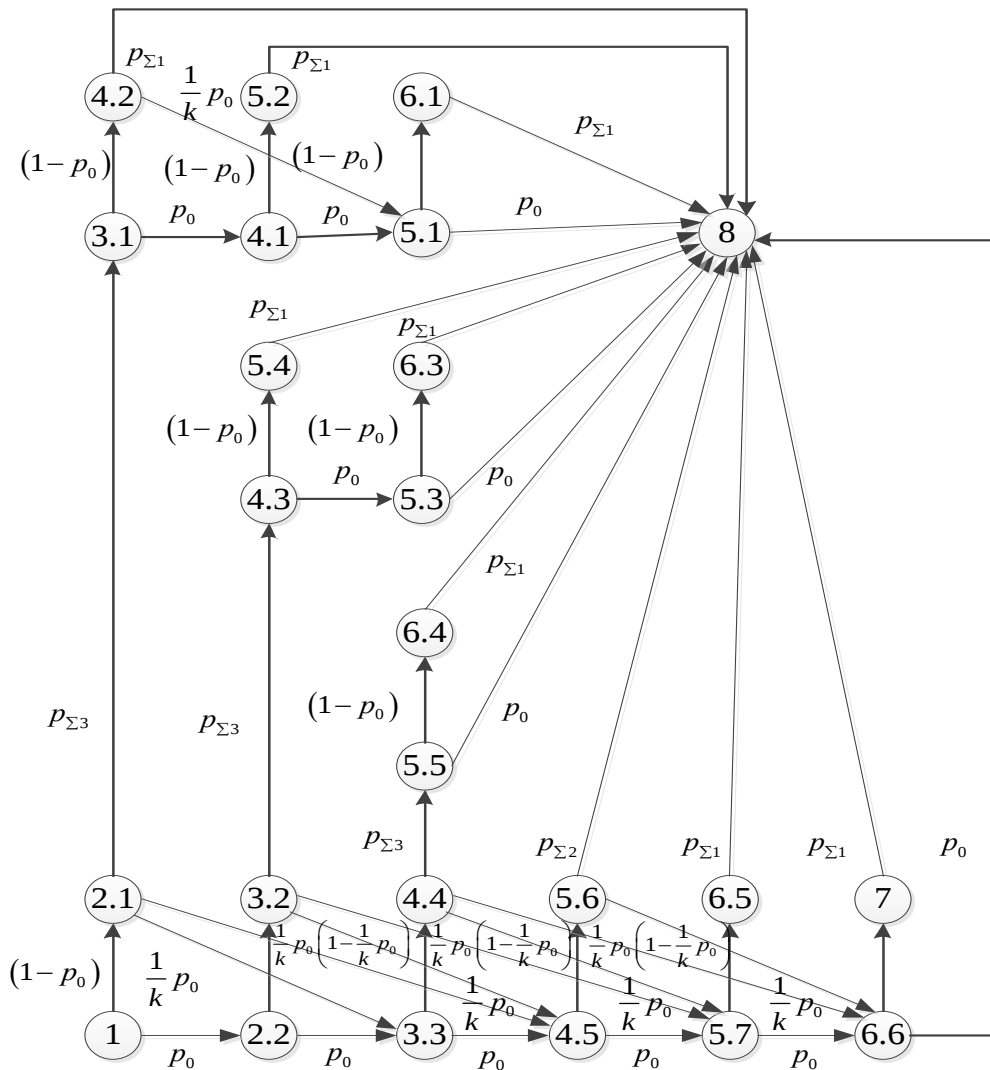


Рис. 1. Граф станів процесу входження в синхронізм радіолінії з ППРЧ

Стану 1 графа відповідає стан початкового приймання сигналу передавача (перше співпадання частот передачі та прийому, а також правильної тактової синхронізації).

Станам 2.2, 3.3, 4.5, 5.7, 6.6 відповідають стани прийому сигналу, при якому пам'ять процесора заповнюється послідовно (без пропусків у часі).

Стани 2.1, 3.2, 4.2, 4.4, 5.2, 5.6, 6.5, 7, 5.2, 6.1, 5.4, 6.3, 6.4 характеризують неприйняття сигналу та переналаштування приймача на кращу частоту.

Стани 3.1, 4.3, 5.5 характеризують прийом сигналу передавача, у якому пам'ять процесора заповнюється не послідовно, а з деякими пропусками. Тобто між відомими (прийнятими) сегментами виявляються більше одного невідомих (неприйнятих) субелементів.

Стан 8 характеризує повне заповнення регістру генератора ПВП або прийом набору сегментів M -послідовності, сума субелементів яких не менше довжини регістра генератора ПВП.

Разом з цим при розрахунку ймовірності входження в синхронізм (P_c) до радіолінії з ППРЧ були висунуті такі обмеження: довжина регістру

генератора ПВП $n=[8; 9]$; кількість частот входження в синхронізм $k=8$; кількість тактів входження в синхронізм $N=[5, 50]$; ймовірності тактової синхронізації $p_0=[0.01, 0.999]$.

Результати розрахунків були представлені у вигляді графіків залежності $P_c = f(p_0)$ при фіксованих значеннях N (рис. 2) та $P_c = f(N)$ для фіксованих значень p_0 , та $n=9$ і $n=8$ (рис. 3).

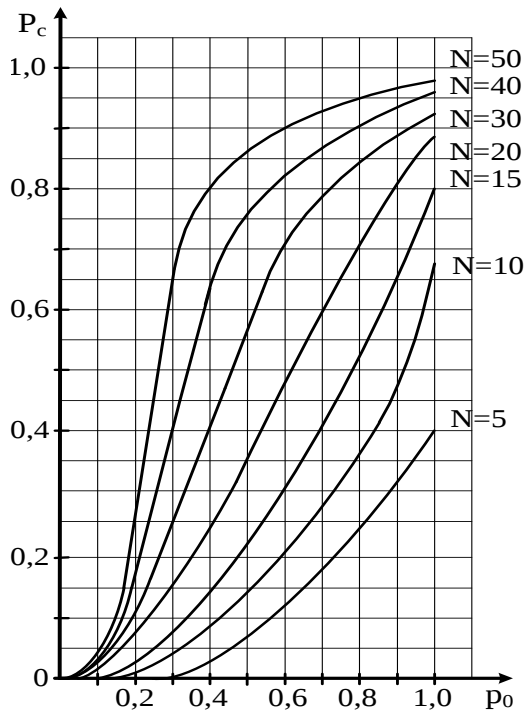


Рис. 2. Графіки залежності $P_c = f(p_0)$

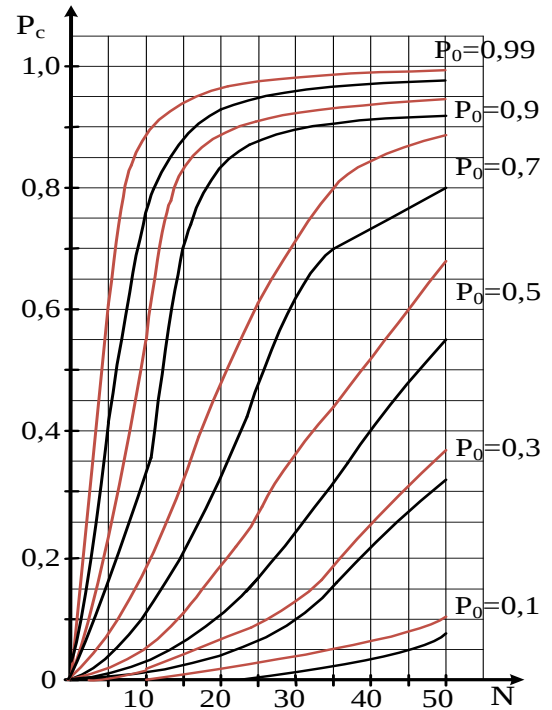


Рис. 3. Графіки залежності $P_c = f(N)$

Аналіз результатів представлених на рис. 2-3 дозволяє стверджувати, що: досягнення значень $P_c \approx 1$, навіть при великих значеннях p_0 , без збільшення кількості частот входження в синхронізм k не можливе;

використання $N > 30$ при $p_0 = [0,9; 0,99]$ недоцільно, оскільки призводить до збільшення часу входження в синхронізм при незначному збільшенні P_c ;

зменшення довжини регістру генератора ПВП з $n=9$ (верхні криві рис. 3) до $n=8$ (нижні криві рис. 3) для значень $p_0 = [0,9; 0,99]$ не призводить до значного збільшення значення P_c .

Література

1. Лосев В. В., Бродская Е. Б., Коржик В. И. Поиск и декодирование сложных дискретных сигналов. Москва : Радио и связь, 1988. С 224.
2. Свириденко С. С. Основы синхронизации при приеме дискретных сигналов. Москва : Связь, 1974. С 144.
3. Василенко С. В. Алгоритм входження в синхронізм радіолінії з ППРЧ на основі визначення фази М-последовності. *Перспективи телекомунікацій* : матеріали XVI Міжнар. наук.-техн. конф., 11–15 квіт. 2022 р. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. С. 106–108.