

ДОСЛІДЖЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ БАЛІСТИЧНОЇ СТАНЦІЇ

К. т. н. С. І. Алтунін, д. т. н. А. П. Бондарєв, к. т. н. І. П. Максимів

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, м. Львів

andrii.p.bondariev@lpnu.ua

Побудовано імітаційну модель радіоканалу артилерійської балістичної станції та проведено дослідження з метою пошуку шляхів її оптимізації. Моделювання проведено з використанням програмного забезпечення Matlab Simulink, було використано різні вхідні параметри і перевірено адекватність моделі.

Ключові слова: Matlab, Simulink, артилерійська балістична станція, модуляція.

Протягом останніх декількох років спостерігається тенденція до зростання збройних конфліктів у світі. Російсько-українська війна, збройний конфлікт між Ізраїлем та Палестиною є лише частиною загальносвітової напруги, яка переросла у відкриту воєнну фазу. Тому розробка нових та вдосконалення існуючих систем озброєння є актуальною науково-інженерною задачею не лише під час війни, але й на перспективу. Війна на території України продемонструвала, що навіть за наявності високо-точного ракетного озброєння та атакувальних дронів основне ураження військових сил та засобів завдається артилерією, зокрема ствольною. Метою цієї роботи було побудувати імітаційну модель радіоканалу артилерійської балістичної станції (АБС) й проаналізувати перспективи подальшого її використання.

Одним з етапів балістичної підготовки гармати є визначення сумарного відхилення початкової швидкості снарядів гармати або контрольної гармати артилерійського дивізіону [1]. Цю перевірку проводять за допомогою артилерійської балістичної станції. АБС — це пристрій, призначений для визначення у польових умовах початкової швидкості снарядів. Принцип роботи АБС полягає у використанні ефекту Доплера, що виникає унаслідок приймання електромагнітних сигналів відбитих від снаряда та знятих з певним проміжком часу.

Основною АБС в збройних силах України є АБС-1М — модернізована у 2018 році версія радянської АБС-1. АБС-1М призначена для проведення балістичної підготовки артилерійських засобів калібром від 100 мм, тобто може бути застосованою з практично всіма основними калібрами ствольної артилерії (окрім 80 мм).

У цій роботі побудовано імітаційну модель радіоканалу системи АБС-1М з урахуванням її тактико-технічних характеристик [2]. Перед розробленням моделі радіотракту АБС було визначено критерії та параметри майбутньої моделі, такі як можливість змінювати її параметри, та побудовано її блок-схему (рис. 1).

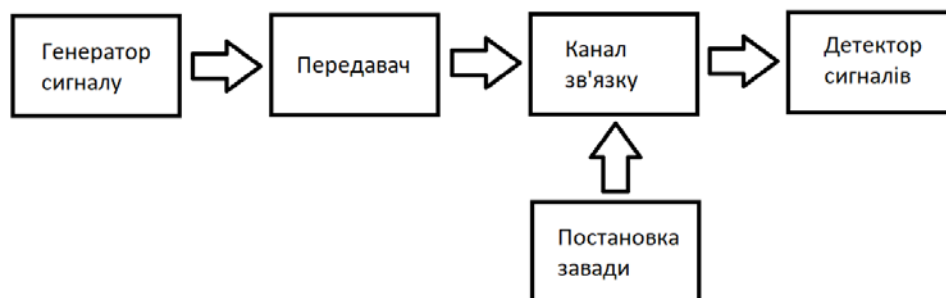


Рис. 1. Блок-схема імітаційної моделі радіотракту АБС

Генератор сигналу формує сигнал визначеного виду модуляції з можливістю змінювати його частоту. Передавач призначається для перенесення утвореного сигналу певної потужності (яку можна змінювати) у канал зв'язку. Канал зв'язку може бути як без завад, так і з завадою певного типу та певної потужності. Детектор сигналів опрацьовує сигнал як за допомогою його фільтрації, так і подальшим його детектуванням з використанням петлі фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ).

Хоча частота роботи АБС є відомою, решта параметрів сигналу, таких як тип модуляції, не знайдено у відкритому доступі. Тому в цьому імітаційному моделюванні було використано високочастотний сигнал з фазовою модуляцією.

Частота модулюючого сигналу визначається роздільною здатністю — частотою, здатною ефективно відбиватися від досліджуваних об'єктів [3], тобто снарядів або мін. Розрахунок показав, що ширина спектра такого сигналу має становити $W_s = 600$ МГц. У результаті моделювання на виході передавача сигналу отримано сигнал із фазовою модуляцією та частотою 11,1 ГГц.

На наступному кроці було проведено перевірку часу схоплення частоти відбитого сигналу. Для цього у модель пристрою ФАПЧ було введено параметр розстройки частоти γ . Цей параметр відображає відхилення частоти відбитого сигналу внаслідок дії ефекту Доплера, спричиненого прискоренням випущеного снаряда. При зміні цього параметру в діапазоні значень від 0,2 до 0,5 було проведено дослідження з метою визначення часу схоплення стеження за частотою сигналу. Результати моделювання наведено на рис. 2.

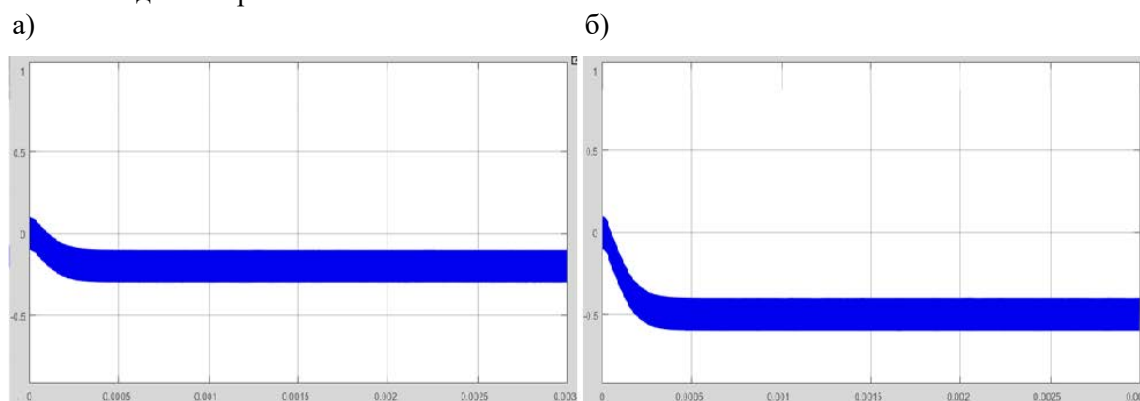


Рис. 2. Сигнал на детекторі за значень розстроювання частоти $\gamma = 0,2$ (а) та $\gamma = 0,5$ (б)

Результати моделювання продемонстрували, що за оптимальних умов (відсутність завади в каналі зв'язку) час схоплення частоти сигналу не перевищує 0,5 мс навіть за різних значень розстроювання частоти, що відповідає встановленим до моделі вимогам.

Таким чином, розроблена імітаційна модель артилерійської балістичної станції дозволяє проводити дослідження з використання модифікованого ФАПЧ [4]; дослідження моделі в умовах дії завади в каналі зв'язку; роботу з моделями снарядів різних калібрів і, відповідно, з різним початковим прискоренням.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Яковенко В.В., Вахнін О.В., Подлесний О.В. *Блокнот зі стрільби і управління вогнем (батарея, дивізіон)*. Львів, Академія сухопутних військ, 2014, 186 с.
2. Інтернет-ресурс: <https://defence-ua.com/index.php/statti/5420-shchob-pokrashchyty-vluchnist>
3. Інтернет-ресурс: <https://www.radartutorial.eu/01.basics/rb18.uk.html>
4. Бондарев А. П., Бударецький Ю.І., Олійник М.Я. Модифікований стежний пристрій траскторних вимірювань. *Труди МНПК «Сучасні інформаційні та електронні технології»*, Україна, м. Одеса, 2021, с. 14–15.

S. I. Altunin, A. P. Bondariev, I. P. Maksymiv

Study of simulation model of artillery ballistic station

The authors create and study a simulation model of the radio channel of the artillery ballistic station to find ways of its optimization. The simulation was carried out using Matlab Simulink software with various input parameters, and the adequacy of the model was examined.

Keywords: Matlab, Simulink, artillery ballistic station, modulation.