

Влияние характеристик амортизаторов на нелинейные вертикальные колебания корпуса гусеничных транспортных средств

Ю.А. Чаган

Получено в параметрической форме соотношения, которые описывают амплитудно-частотную характеристику вертикальных колебаний корпуса гусеничных транспортных средств. Проведено исследование влияния разных сил сопротивления амортизаторов и упругих элементов на нелинейные колебания корпуса.

Ключевые слова: гусеничное транспортное средство, система поддрессоривания, уравнения движения, амплитуда колебаний.

Influence of descriptions of shock absorbers on the nonlinear vertical vibrations of armored vehicle hull

Y.A. Chagan

Correlations which describe the gain-frequency characteristic of vertical vibrations of armoured vehicle hull are received in a parametrical form. Research of influence of different models of resistance forces of shock absorbers and resilient elements on the nonlinear hull vibrations is conducted.

Keywords: tracked vehicle, the system of suspension, movement calculation, amplitude fluctuation.

УДК 621:533

В.І. Чигінь¹, С.М. Свідерок¹, В.Д. Смичок², О.Р. Проць³, Р.І. Гушак⁴

¹ Академія сухопутних військ ім. Петра Сагайдачного, Львів

² Львівський обласний центр з гідрометеорології МНС України

³ ТЗОВ «Глобал Лоджик»

⁴ Національний університет «Львівська політехніка», Львів

ПАСИВНА РІЗНИЦЕВО-ЧАСОВА І ФАЗОВА РАДІОЛОКАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАЄКТОРІЇ СНАРЯДІВ І МІН

Опрацьована пасивна різницево-часова і різницево-фазова радіолокаційна система для вимірювання просторових координат польоту мін і снарядів. Показано, що використання снаряда-радіомаяка у ролі сигналізатора у певні моменти часу, приймальної антенної системи та апаратури опрацювання даних дозволяє отримати поправки для стрільби з артилерійських систем без використання артилерійських активних радіолокаційних систем типу АРК. Різницево-часова радіосистема базується на принципі вимірювання часових інтервалів приходу радіосигналу від снаряда-маяка до рознесених трьох антен. При цьому при вильоті снаряда із ствола гармати синхронізуються таймери наземної і бортової апаратури. Різницево-фазовий метод використовує фазові детектори, встановлені при 5 приймальних антенах. Можна досягнути точності вимірювання трьох координат польоту снаряда близько 0,1% при частоті радіосигналів 2,4 ГГц (різницево-часовий метод) і 433 МГц (фазовий метод), стабільності таймерів синхронізації 10^{-8} с, точності вимірювання різниці фаз між прийнятими сигналами порядку 1 градус і базовими відстанями між приймальними антенами близько 10-100 м.

Ключові слова: пасивна радіолокація, різницево-часова, різницево-фазова системи, антени, траєкторія, снаряд, міна.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомо, що при стрільбах з артилерійських систем для визначення координат польоту снарядів і мін використовують, зокрема, радіолокаційні станції типу АРК і СНАР [1]. Проте при сучасних вимогах актуальною є задача створювати нові системи вимірювання координат снарядів і мін, при яких не використовувалась би активна радіолокація [2,3].

У праці [2] автори запропонували використати снаряд-маяк для пасивного вимірювання відхилень від траєкторії його польоту, обчисленої за стандартних умов. У даній роботі опрацьована пасивна різницево-

часова і різницево-фазова радіолокаційна система для вимірювання просторових координат польоту снаряда-маяка.

Метою праці є обґрунтування конструктивних і функціональних елементів пасивної радіолокаційної системи з використанням різницево-часового і різницево-фазового методів для вимірювання на рознесених приймальних антенах часових інтервалів і різниць фаз радіосигналів від снаряда-маяка.

Виклад основного матеріалу

Радіоапаратура снаряда-маяка. Снаряд-маяк включає:

а) у різницево-часовому режимі роботи системи:

1. Високоточний програмований таймер, призначений для пуску бортової системи у момент пострілу синхронно із пуском таймера наземної вимірювальної апаратури і вмикання генератора імпульсу через певний, наперед заданий інтервал часу.

2. Генератор високочастотних імпульсів із частотою 2,4 ГГц.

3. Модулятор-фомувач пакету імпульсів у режимі різницево-часового вимірювання.

б) у різницево-фазовому режимі роботи системи:

1. Програмований таймер, призначений для пуску бортової системи у момент пострілу синхронно із пуском таймера наземної вимірювальної апаратури і вмикання генератора імпульсу на короткий проміжок часу через певний, наперед заданий інтервал часу після пострілу.

2. Генератор імпульсів з частотою 433 МГц.

Наземна приймальна радіосистема включає:

1. Три направлені у напрямку стрільби антени в режимі різницево-часового вимірювання або п'ять направлених антен в режимі різницево-фазового вимірювання, рознесених на певну віддаль, в залежності від необхідної точності вимірювання при заданій дальності стрільби.

2. Високочастотні підсилювачі, необхідні для підсилення прийнятих радіоімпульсів до рівня, необхідного для надійного опрацювання.

3. Частотні селектори, необхідні для виділення несучої частоти корисного сигналу.

4. Амплітудні детектори у режимі різницево-часового вимірювання і фазові детектори в режимі різницево-фазового вимірювання.

5. Формувачі імпульсів, необхідні для формування сигналів логічних ТТЛ рівнів і подання їх на адресну шину даних центрального процесора.

6. Низькоенергетичні ретранслятори, необхідні для зв'язку між приймальними антенами.

7. Центральний процесор, що складається з інтерфейсу вводу даних, персонального комп'ютера і програмного забезпечення.

Підготовка системи до роботи. Перед початком проведення стрільб система розміщується у довільному порядку з необхідною відстанню між антенами. Вмикається внутрішнє тестування центрального процесора і синхронізується робота з антенною системою і бортовим процесором.

У момент пострілу синхронно вмикаються бортовий і центральний таймери. Для пуску бортового таймера передбачається монтування на снаряді-маяку спеціального електронного пристрою.

При польоті снаряда-маяка у певний, наперед заданий час, вмикається бортовий генератор імпульсів на короткий час і випромінення вловлюється приймальними антенами.

Приймальні антени через низькоенергетичні ретранслятори зводять сигнали до центрального

процесора. В останньому сигнали дешифруються і поступають по шинах даних до програми обчислення координат снаряда. На основі отриманих координат і відомих координат снаряда-маяка за таблицями стрільб автоматично обчислюються поправки для наступного пострілу і виводяться на табло ПК. При створенні відповідних електромеханічних систем керування є можливим виконання наступних пострілів з врахуванням поправок в автоматичному режимі.

Теоретичні аспекти вимірювання різницево-фазовим методом. Для визначення азимута снаряда в одній площині фазовим методом використовується дві приймальні антени, сигнали з яких подаються на фазовий детектор. Таким чином, знаючи різницю фаз та довжину хвилі, отримаємо різницю відстаней від об'єкта до обох антен Δl , з якої при відомій відстані між антенами отримаємо азимут об'єкта φ (рис. 1).

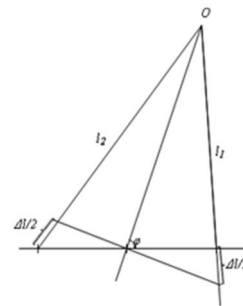


Рис. 1. Схема отримання різниці фаз

Фазовий детектор для визначення різниці фаз між двома синусоїдальними сигналами можна реалізувати на основі суматора та інтегратора або на основі перемножувача та інтегратора (рис. 2).

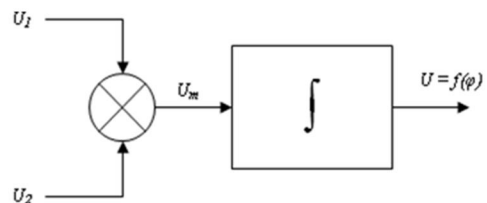


Рис. 2. Схема перемноження та інтегрування сигналів

У першому випадку отримаємо функцію $\varphi = 2\arccos(U/C)$, де U – вимірне на виході інтегратора значення напруги, C – деяка константа, яка визначається схемотехнічною реалізацією.

У випадку з перемножувачем отримаємо вираз $\varphi = \arccos(U/C)$, де U – вимірне на виході інтегратора значення напруги; C – деяка константа, яка визначається схемотехнічним рішенням.

В обох випадках прийнято, що значення амплітуд сигналів є постійними у часі. У випадку з суматором обидва сигнали повинні бути також рівними за амплітудою. Будь-яке відхилення викличе значну похибку у результаті. Нормування амплітуд сигналів є складним завданням. Для цього вводять у схему підсилювачі з регульованим підсиленням та кола автоматичного регулювання підсилення.

Значно простішим є рішенням з обмеженням синусоїди. При цьому із синусоїди формують меандр (рис. 3), тобто прямокутні імпульси з тим же періодом і фазою.

Перемножуючи дві меандрові функції, значення яких можуть бути 0 та 1, отримуємо функцію з миттєвими значеннями з множини $\{0, 1\}$. Це суттєво спрощує технічну реалізацію, оскільки виключаються похибки нелінійності елементів схеми.

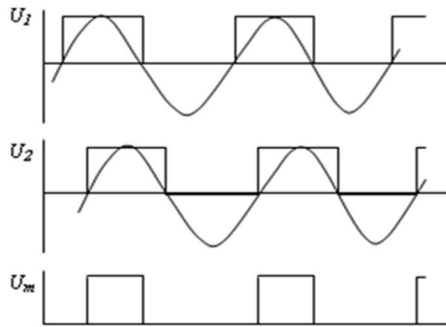


Рис. 3. Схема отримання меандра сигналу

Результат інтегрування отриманого таким способом сигналів є пропорційним до часового зміщення одного сигналу відносно іншого, що дає лінійну залежність вихідної напруги від азимута об'єкта: $U = CU$,

де U – виміряне на виході інтегратора значення напруги; C – константа, яка визначається схемотехнічною реалізацією.

Приклад реалізації. Виробники радіоелектронних компонентів виготовляють широкий спектр мікросхем для роботи з радіосигналами. Серед них виділяється оптимальними параметрами мікросхема AD8302 фірми Analog Devices (рис. 4).

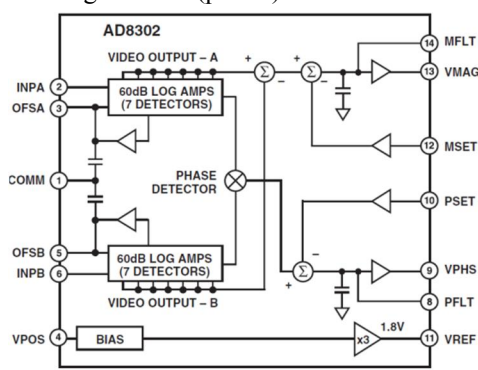


Рис. 4. Мікросхема AD8302

Це широкопasmовий детектор сигналу з функцією визначення його амплітуди та фази. Мікросхема AD8302 працює в широкому діапазоні частот (до 2,7 ГГц) і забезпечує нелінійність фазового детектора не більше 1 град. у діапазоні від 30 до 140 град.

Основні технічні характеристики мікросхеми AD8302:

- рівень вхідного сигналу – 60..0 дБ;
- діапазон частот вхідного сигналу – 0..2700 МГц;
- діапазон вимірюваної різниці фаз – ± 90 град;
- діапазон вихідних напруг – 0..1,8 В;

крутизна характеристики – 10 мВ/град;
динамічний діапазон (нелінійність < 1 град) – 143 град;

напруга джерела опорної напруги – 1,8 В.

Слід відзначити, що існують методи підвищення точності вимірювання азимута. Для прикладу, якщо збільшити відстань між приймальними антенами до n довжин хвиль, то можна збільшити чутливість схеми до зміни азимута. Щоправда, при цьому втрачається однозначність результату, оскільки графік залежності фазового зсуву між прийняти сигналами від азимута стає періодичним з n періодами. Але задавшись певним сектором зміни азимута, можна цієї неоднозначності уникнути.

Для оцінки точності вимірювання параметрів траєкторії снарядів за допомогою пасивного радіометоду проведено чисельне моделювання. При цьому виведено формули для похибок вимірювання координат (висоти і дальності) снаряда після вильоту з гармати. Задали найпростішу плоску схему розміщення двох приймальних антен. Базову антену розмістили у безпосередній близькості до гармати, другу – на певній віддалі S від першої по лінії пострілу з тильної сторони гармати.

Дослідили залежності відносних похибок вимірювання координат снаряда від відстані між антенами і відстані від снаряда-маяка до базової антени, визначеної за часом проходження радіоімпульсу між ними. Кут β між радіус-вектором снаряда і додатним напрямом горизонтальної осі задали 45 градусів.

Використано логарифмічний метод отримання відносних похибок. Абсолютну похибку вимірювання часу проходження радіоімпульсу задали $1 \cdot 10^{-8}$ с, оскільки така точність забезпечується у нашій лабораторії. Таким чином, абсолютна похибка вимірювання відстані снаряд-антена становить 3 м, а при різних віддальях до снаряда-маяка відносна похибка становитиме, відповідно: для 1000 м – 0,3%, 10000 м – 0,03%. На основі цих даних обчислили значення відносних похибок для горизонтальної dx і вертикальної dz складових координат снаряда. При віддалі антена-снаряд 1000 м і зрості віддалі між антенами у межах від 50 до 250 м відносна похибка dx зростає від 0,31% до 0,32%, а dz спадає від 0,29% до 0,28%.

Висновки

На основі проведених аналізів різницево-часового і різницево-фазового методів можна стверджувати про можливість їх практичної реалізації для створення пасивної радіолокаційної системи отримання поправок для корекції артилерійської стрільби. Запропонована система не поступає за технічними характеристиками відомим активним радіолокаційними системам типу АРК. Перевагою системи є електромагнітна невидимість. Вона забезпечує швидке виконання наступних за снарядом-маяком стрільб на ураження

серіями швидкого вогню і переміщення батареї для уникнення зворотного удару від противника. Результати можуть бути використані для автоматичного керування стрільбою артилерії.

Список літератури

1. Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії. Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата / В.М. Рябоконт, П.І. Руденко, П.В. Полениця, О.В. Сміронов. – Л.: Видавництво ЛІСВ, 2009. – 292с.

2. Пат. № 58085 Україна, МПК (2011.01) F41G3/00. Спосіб отримання поправок для стрільби / В.І. Чигинь, С.М. Свідерок; Заявник і патентовласник Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного; заявка № 201012233; опуб. 25.03.2011, Бюл. № 6.

3. Перспективи розвитку озброєння і військової техніки Сухопутних військ: збірка тез доповідей 4-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції 12-13 квітня 2011 р. / Вчений секретар Е.В. Лучук. – Львів. – 2011. – 208 с.

Пассивная разностно-часовая и фазовая радиолокационная система для измерения параметров траектории снарядов и мин

В.И. Чигинь, С.М. Свидерок, В.Д. Смычок, О.Р. Проць

Разработана пассивная разностно-часовая и разностно-фазовая радиолокационная система для измерения пространственных координат полета мин и снарядов. Показано, что использование снаряда-радиомаяка в роли сигнализатора в определенные моменты времени, приемной антенной системы и аппаратуры обработки данных позволяет получить поправки для стрельбы из артиллерийских систем без использования артиллерийских активных радиолокационных систем типа АРК. Разностно-часовая радиосистема базируется на принципе измерения часовых интервалов прихода радиосигнала от снаряда-маяка до размещенных трех антенн. При этом при вылете снаряда из ствола орудия синхронизируются таймеры наземной и бортовой аппаратуры. Разностно-фазовый метод использует фазовые детекторы, установленные при 5 приемных антеннах. Можно достичь точности измерения трех координат полета снаряда порядка 0,1% при частоте радиосигналов 2,4 ГГц (разностно-часовой метод) и 433 МГц (фазовый метод), стабильность таймеров синхронизации 10^{-8} с, точности измерения разницы фаз между принятыми сигналами порядка 1 градуса и базовыми расстояниями между приемными антеннами порядка 10-100 м.

Ключевые слова: пассивная радиолокация, разностно-часовая, разностно-фазовая системы, антенны, траектория, снаряд, мина.

Passive difference-temporal and difference-phase radiolocation system for measuring of trajectory parameters of mine and shell flight

V.I. Chygin, S.M. Svideroк, V.D. Smychok, O.R. Prots

The passive difference-temporal and difference-phase radiolocation system is worked out for measuring of spatial coordinates of flight of mines and shells. It is shown that the use of shell-radiobeacon in the role of signaling in certain moments of time and the receiving aerial system allows to get the amendments for the artillery system firing without the use of artillery active radiolocation systems as ARK. The difference-temporal system is based on the principle of measuring temporal intervals of the arrival of radio signal from the shell-radiobeacon to the carried three aeriаls. In the time of shell flight from the barrel of cannon the timers of surface and side apparatus are synchronized. The difference-phase system uses the phase detectors, set at 5 receiving aeriаls. It is possible to attain the accuracy of measuring of three co-ordinates of the shell flight of order 0,1% at the frequency of radio signals 2,4 Ghts and 433 Mhz (phase method), stabilities of timers of synchronization of 10^{-8} s, accuracy of measuring of difference of phases between the accepted signals of order a 1 degree and by base distances between receiving aeriаls of order 10-100 m.

Keywords: passive radio-location, difference-temporal, difference-phase systems, aeriаls, trajectory, shell, mine.

УДК 629.113.001.1(075)

Ю.В. Шабатура, В.Д. Залипка

Академія сухопутних військ, Львів

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ І ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ НОВОГО ПРИНЦИПУ КЕРУВАННЯ НАПРЯМКОМ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розроблено теоретичні засади і практичні аспекти застосування нового принципу керування напрямком руху колісних транспортних засобів. Виведено математичні моделі кінематики таких транспортних засобів.

Ключові слова: колісні транспортні засоби, керування напрямком руху, радіус повороту, прохідність транспортного засобу.