

УДК 623.46.084.2

М. С. Білик, студент гр. ПО-11мп, к. т. н., доц. Кучеренко О. К.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРИСТРІЙ ВІДХИЛЕННЯ ЛАЗЕРНОГО ПРОМЕНЮ ДЛЯ ЛАЗЕРНО-ПРОМЕНЕВОЇ НАПІВАВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЕДЕННЯ РАКЕТ

Анотація. В даній статті розглядається питання використання акустооптичного дифракційного дефлектора для розгортки лазерного променя в межах інформаційного поля керування ракетою в напівавтоматичних переносних ракетних комплексах призначених для ураження нерухомих і рухомих броньованих цілей. Метою роботи є розробка принципу побудови запропонованої системи.

Ключові слова: лазерно-променева система наведення; акустооптичний дефлектор; системи телеуправління лазерним променем .

ВСТУП

Пристрій відхилення лазерного променя для лазерно-променевої системи наведення (ЛПСН) використовують в напівавтоматичних переносних ракетних комплексах (НПРК) призначених для ураження нерухомих і рухомих броньованих цілей та інших об'єктів.

Особливості бойового застосування НПРК з командними ЛПСН ракет полягають у наступному. Оператор за допомогою оптико-візуального або тепловізійного прицілу виявляє і розпізнає ціль, а після пуску ракети утримує перехрестя прицілу (прицільну мітку) на цілі протягом всього часу польоту ракети. У момент пуску ракету «вистрілюють» в лазерний промінь і телеорієнтують по його осі, що збігається з лінією візування цілі (ЛВЦ) оператором. У лазерному промені формується інформаційне поле управління ракетою, в якому вона утримується на ЛВЦ.

В роботі проводиться аналіз недоліків існуючих систем розгортки лазерного променя і пропонується скористатися для вирішення цієї задачі електронною системою розгортки з використанням акустооптичного дефлектора.

НАПІВАВТОМАТИЧНА ЛАЗЕРНО-ПРОМЕНЕВА СИСТЕМА НАВЕДЕННЯ

Для реалізації ЛПСН можуть бути використані системи телеуправління з амплітудною, частотною, кодово-імпульсною модуляцією.

У системах з амплітудною модуляцією, що формують лазерний промінь з нерівномірним по його перетину розподілом інтенсивності, забезпечується залежність амплітуди сигналу від кутових координат ракети [1]. Основним недоліком систем телеуправління з амплітудною модуляцією є залежність амплітуди сигналів від зміни показника заломлення на трасі поширення лазерного випромінювання. Швидкість розповсюдження і енергетичні втрати оптичного імпульсу в атмосфері залежить від показника заломлення атмосфери. Значення показника заломлення визначаються станом атмосфери: туман, сморід, дощові завади і т. і. В реальних умовах роботи всі ці фактори можуть бути присутніми. Вони підвищують шумову складову сигналу, який приймається фотоприймальним пристроєм на борту ракети, і передбачити їх вплив на амплітуду сигналу наперед неможливо. Якщо амплітуда шумової складової

сигналу стане дорівнювати амплітуді корисного сигналу, то інформація для керування ракетою взагалі може бути втрачена.

У системах з частотною модуляцією лазерне випромінювання модулюють растровими модуляторами і за допомогою панкратичного об'єктива зі змінною фокусною відстанню направляють на ціль [2]. Код малюнка растра дозволяє отримати інформацію про координати ракети в лазерному промені, причому, зазвичай зміна частоти модульованого сигналу визначає знак кута неузгодженості ракети з ЛВЦ, а зміна тривалості сигналу на ФПП – величину цього кута.

Загальними недоліками лазерно-променевих систем телеуправління з частотною модуляцією є високі втрати на модулюючому і кодуєчому растрах, які можуть перевищувати 50 % потужності випромінювання лазера, складність конструкції, необхідність використання джерел безперервного випромінювання і механічних модуляторів, що призводить до утворення «сходинок» на амплітудній характеристиці і, як наслідок цього, до зниження точності вимірювання кутових координат ракети. Іншим недоліком систем цього типу є необхідність використання пристроїв сканування лазерного випромінювання, що призводить до ускладнення конструкції, збільшення маси і габаритів системи, зменшення надійності.

ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

Переваги запропонованої системи полягають у спрощенні конструкції, підвищенні точності, надійності, швидкодії пристрою відхилення лазерного променя для ЛПСН, шляхом забезпечення відхилення лазерного промінню в межах інформаційного поля електронною системою управління лазерним променем без застосування механічної системи сканування і використання механічних приводів для розгортки лазерного променя

Принцип дії запропонованого пристрою для розгортки лазерного променя пояснює рис.1. Оператор за допомогою оптико-візуального або тепловізійного прицілу виявляє і розпізнає ціль, а після пуску ракети утримує перехрестя прицілу (прицільну мітку) на цілі протягом всього часу польоту ракети. У момент пуску ракета «вистрілюється» в лазерний промінь і телеорієнтується по його осі, що збігається з лінією візування цілі оператором. Лазерний промінь відхиляється акустооптичним дифракційним дефлектором в межах інформаційного поля і керує траєкторією руху ракети, утримуючи її на ЛВЦ. Завдяки такій системі керування ракета влучає в ціль.

Кожна з гілок пристрою забезпечує пошук цілі та керування ракетою по одній з осей координат. Наприклад, лазер 2 визначає координати ракети в горизонтальній площині, а лазер 13 в вертикальній площині. Випромінювання лазерів формується об'єктивами 3, 14. Електронний блок керування акустооптичними дифракційними дефлекторами отримує дані сигнали від фотоприймача, який розташований в хвостовій частині ракети, і, таким чином, визначає положення ракети в даний момент часу. Керування ракетою починається з того моменту, коли електронний блок керування пристрою отримує перші сигнали. Інформація з електронного блоку керування поступає на

датчик кута повороту ракети 10, після якого шифратор 11 формує керуючі команди на модулятори лазерного випромінювання 1 і 12.

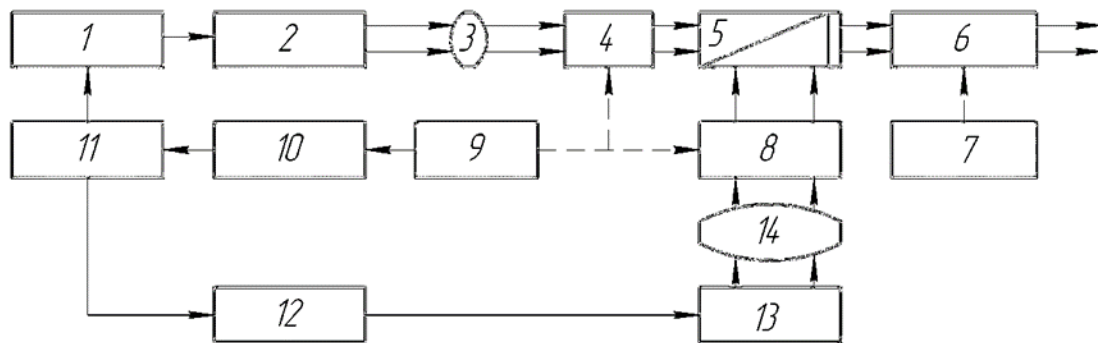


Рисунок 1. Структурна схема лазерно-променевої системи наведення

Лазери виробляють певну послідовність кодованих оптичних імпульсів, що передаються через фотоприймач на борт ракети для керування рулями ракети з метою направлення ракети на ціль і враження цілі. Для оптичного поєднання гілок горизонтального і вертикального наведення ракети і направлення лазерних променів у вхідну зіницю панкратичної оптичної системи використовується призма Глана 5. Панкратична оптична система 6 з механічним приводом 7 поступово змінює кутове розходження лазерних променів на виході ЛПСН протягом польоту ракети від старту до влучення в ціль. На початковій ділянці траєкторії руху ракети кутове розходження лазерного променю повинно бути суттєво більшим, чим на кінцевій ділянці траєкторії. Завдяки цьому забезпечується надійне «вистрілювання» ракети в лазерний промінь.

Для відхилення лазерного променю в межах інформаційного поля використовують акустооптичні дифракційні дефлектори, які мають високу роздільну здатність при простоті управління і достатню швидкодію при малих габаритах, а крім того досить просту конструкцію і низьке енергоспоживання. Дефлектори дозволяють здійснювати безперервне відхилення лазерного променю в межах інформаційного поля, та дискретне перемикання в разі необхідності відхилення лазерного променю лише по одній з осей координат.

Відхилення лазерного променю в акустооптичному дифракційному дефлекторі відбувається через зміну періоду дифракційної ґратки, яка формується за рахунок впливу акустичних коливань від п'єзоелектричного перетворювача на оптичну скляну пластину.

Залежність між параметрами дифракційної ґратки і кутом відхилення лазерного променю така:

$$\Delta\theta_d = (p\lambda / (nv))f$$

де $\Delta\theta_d$ – кут відхилення лазерного променю; p – номер дифракційного максимуму; λ – довжина хвилі лазерного випромінювання; n – показник заломлення скла дефлектора; v – швидкість звука; f – діапазон зміни частоти акустичної хвилі.

Якщо, наприклад, кут поля зору системи наведення складає $\Delta\theta_d = 40 = 0,06$ рад, що відповідає кутовому розміру інформаційного поля, то можна визначити вимоги до акустооптичного дифракційного дефлектора і параметрів електронного блоку його керування. В якості матеріалу дефлектора візьмемо халькогенідне скло. Для нього середня довжина хвилі спектрального пропускання складає $\lambda = 1,5$ мкм; показник заломлення $n = 2,7$; швидкість розповсюдження акустичної хвилі в склі $v = 2,5 \cdot 10^9$ мкм/с. Результати розрахунку і імітаційного моделювання роботи акустооптичного дифракційного дефлектора вказують на те, що найбільший кут відхилення лазерного променя буде спостерігатись для дифракційного максимуму першого порядку, тому прийmemo $p = 1$. Тоді частота акустичної хвилі повинна складати $f = 270$ МГц.

ВИСНОВКИ

Існуючи скануючі системи відхилення лазерного променя мають суттєві недоліки: складність конструкції, що знижує швидкодію і надійність, значні масо-габаритні параметри. В роботі запропоновано використати для відхилення лазерного променя в межах інформаційного поля акустооптичним дефлектором, завдяки чому механічна система сканування замінюється електронною системою. В якості матеріалу дефлектора варто скористатися халькогенідним склом Ge_{2.17}As_{39.13}S_{58.70}.

Проведені теоретичні дослідження дозволили визначити основні характеристики акустооптичного дефлектора. Для відхилення лазерного променя в межах інформаційного поля з кутом $\Delta\theta_d = 40 = 0,06$ рад і визначених фізичних характеристиках халькогенідного скла необхідно забезпечити частоту коливань акустичної хвилі $f = 247$ МГц. У статті розглянуто БПЛА, особлива увага приділена МБЛА. Визначено, що виявлення малогабаритних БПЛА є не простою задачею. Розглянуто різні методи виявлення МБЛА та показано особливості оптико-електронних методів протидії МБЛА. Визначено проблему спостереження МБЛА різними засобами, яка полягає в малій ефективній площі розсіювання корпусу апарата.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Утемов С. В. Роль и место командных и автоматических лазерно-лучевых систем наведения ракет в зарубежных противотанковых ракетных комплексах. //Вестник Воронежского государственного технического университета – 2010.– Т. 6, №2, – С. 60-68.
- [2] Данилов В. В. Классификационный анализ акустооптических устройств управления лазерным пучком. //Технология и конструирование в электронной аппаратуре – 2000. №2, – С. 52-59.
- [3] Балакшин В. И., Парыгин В. Н., Чирков Л. Е. Физические основы акустооптики. - М.: Радио и связь, 1985. – 280 с.

Наук. керівник – к. т. н., доц. Кучеренко О. К.