

Власник документу:
Бевза Олег Миколайович

ID перевірки:
1004035747

Дата перевірки:
15.06.2020 02:40:32 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
15.06.2020 02:45:26 EEST

ID користувача:
90740

Назва документу: 2020-bachelor-EDD_Pakhomov_prottydiya_lazeram_fch

ID файлу: 1004048804 Кількість сторінок: 17 Кількість слів: 6783 Кількість символів: 50942 Розмір файлу: 91.34 KB

13.2% Схожість

Найбільша схожість: 5.29% з джерело <https://www.uos.ua/produktsiya/sistemi-zashchiti/45-mobilniy-avtomatizirovanniy..>

10.5% Схожість з Інтернет джерелами

63

Page 19

4.19% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту

157

Page 19

0.04% Цитат

Цитати

1

Page 20

Вилучення переліку посилань вимкнено

0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

Підміна символів

Заміна символів

26

Пахомов Андрій Андрійович

Електронна система протидії лазерним засобам локації та ураження**АНОТАЦІЯ**

Робота присвячена розробці пристрою для протидії лазерним засобам локації та ураження. Проведено аналіз даних з відкритих літературних джерел про аналогічні системи та технології. Проведено теоретичні розрахунки ефективності захисту людського ока або оптичного приладу від лазерного ураження при різних типах захисту. Здійснено моделювання електронної системи за допомогою програмного забезпечення.

ANNOTATION

The work is devoted to the development of a device for counteracting laser means of location and destruction. The analysis of data from free literature about similar systems and technologies has been performed. Theoretical calculations of the effectiveness of protecting the human eye or optical device from laser damage with various types of protection have been carried out. The simulation of the electronic system using software was performed.

ВСТУП

Лазерна техніка використовується військовими з середини 50-х років. Військові застосовують лазери в системах безпосереднього теплового враження об'єкту, в цілевказувачах, системах виявлення снайперів, системах постановки перешкод снайперам, далекомірах і т.д [1]. В кінці 70-х на початку 80-х в СРСР були створені військово-експериментальні осліплюючі самохідні комплекси [2].

Розвиток лазерної та комп'ютерної техніки дозволив суттєво зменшити масогабаритні параметри пристроїв, а також їх вартість [3]. Зараз такі системи широко застосовуються в бойових діях [4].

З іншої сторони, стоїть задача протидії таким комплексам. Потрібні системи, що зможуть приховати оптичні системи від виявлення, а також запобігти їх враженню осліплюючими комплексами

Метою роботи є розробка системи протидії лазерним комплексам локації та ураження. Її задача приховати оптичний прилад від систем лазерного сканування та запобігти ураженню оптичного приладу або ока людини осліплюючим лазерним випромінюванням.

Актуальність обумовлена необхідністю створення нових та вдосконалення існуючих електронних систем протидії лазерним засобам локації та ураження. Незважаючи на те, що дослідження в даному напрямку ведуться не один рік, вибір подібних систем дуже малий.

1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Оптико-електронне протидія - комплекс заходів та засобів, які протидіють роботі і виконання поставлених завдань оптичних і оптико-електронних засобів супротивника.

В даний час більшість завдань виявлення, спостереження, наведення і спостереження вирішується при безпосередньому використанні оптичних і оптико-електронних засобів (ОЗ і ОЕЗ), роль яких зростає з року в рік. У той же самий час зростає роль оптико-електронної протидії, що не дозволяє вирішувати перераховані завдання за допомогою таких засобів.

Засоби ураження (силової протидії) дозволяють виводити оптичні або оптико-електронні засоби супротивника з ладу. «Інтелектуальна» протидія має на увазі видачу на ОЗ або ОЕЗ противника помилкової інформації, що дозволяє протидіючій стороні управляти цими засобами противника. В даний час є найперспективнішим видом оптико-

електронної протидії. Широке поширення і використання пасивних ОЗ і ОЕЗ для вирішення завдань виявлення, спостереження і наведення можна пояснити, здавалося б, високою скритністю їх роботи. Однак перші кроки в розвитку оптичної локації показали, що навіть замасковані ОЕЗ швидко і досить вірогідно виявляються при їх підсвічуванні. Так само виявити ОЕЗ можна, помітивши випадкові світлові відблиски від природних і штучних джерел випромінювання: таких як сонце, місяць, прожектори і т.д. - не зондуючих простір з метою виявлення оптичних приладів. Це обумовлюється тим, що при опроміненні оптико-електронних систем і приладів зондуючим випромінюванням або випромінюванням природних джерел деяка його частина відбивається від поверхонь оптичної системи приладу в зворотному напрямку і легко реєструється оптичними і оптико-електронними засобами виявлення противника або візуально.

1.1. Прилади оптико-електронної протидії

1.1.1. Переносний лазерний прилад оптико-електронної протидії "ПАПВ"

Рис. 1.1. Переносний лазерний прилад оптико-електронної протидії "ПАПВ" [4]

"ПАПВ" (рис.1.1) призначений для виявлення оптичних і оптико-електронних засобів (ОЕЗ), які проводять зустрічне спостереження і прицілювання, та постановки лазерним випромінюванням імпульсних світлових перешкод [4].

Робота приладу ПАПВ заснована на відомому принципі зворотного відображення лазерного променя. Використовуючи низькоенергетичний, безпечний для очей лазерний промінь з довжиною хвилі 0,86 мікрон, система сканує місцевість, в якій можуть перебувати оптико-електронні засоби (ОЕЗ). Якщо промінь наштовхується на оптичну лінзу прицілу, окулярів або іншу, він відбивається від неї. Відбиті промені потрапляють на сенсор і аналізуються на наявність на лінзі насічки з візирними лініями. Сенсор обробляє промені з діапазоном довжин хвиль від 0,53 до 1,06 мкм. Якщо зворотне відображення лазерного променя підтверджується, то включається високоенергетичний лазер, який вражає ціль. У режимі постановки перешкод випромінюванням потужного лазера прилад забезпечує засвічення поля зору (враження) виявленого оптико-електронного засобу з нанесенням пошкоджень прицільних сіток і чутливим елементам приймальних пристроїв.

Основні принципи побудови приладу:

- наявність візирного каналу, лазерної системи виявлення ОЕЗ, потужного лазера і блоку живлення з акумуляторною батареєю;
- виявлення ОЕЗ здійснюється в напівавтоматичному режимі: оператор за допомогою візирного каналу наводить прилад в місце можливого розташування замаскованого ОЕЗ, далі пошук веде лазерна система виявлення скануванням простору пучком зондуючого лазера;
- лазерна система виявлення складається з малопотужного зондуючого лазера, що генерує лазерне випромінювання в ближньому ІЧ-спектрі світла, приймального каналу відбитого від ОЕЗ випромінювання і пристрою звукової сигналізації про виявлення цілі;
- використання в приймальному каналі двох фотоприймальних пристроїв, широкого і вузького полів зору, що забезпечують оперативне виявлення ОЕЗ з високою точністю;
- застосування для обробки відбитих сигналів спеціальних алгоритмів, що виключають реагування приладу на сигнали, відбиті склом, окулярами і дифузно відбиваючими предметами;
- виведення з ладу виявлених ОЕЗ потужним лазером, генеруючим лазерне випромінювання одночасно в видимій та ближній ІЧ областях спектру;

- автономне живлення приладу від блоку живлення, що складається з ємнісного накопичувача і пристроїв перетворення напруги 27В в напруги для заряду накопичувачів і живлення всіх електронних систем приладу.

Основні переваги приладу:

- висока ефективність придушення денних і нічних каналів виявлених ОЕЗ, що забезпечується застосуванням потужного лазера;
- висока перешкодозахищеність, вибірковість і точність системи виявлення;
- світлова та звукова індикація факту виявлення приладом ОЕЗ при пошуку замаскованих цілей;
- автоматичне формування команди на включення потужного лазера при точному наведенні приладу на виявлене ОЕЗ;
- миттєва, безшумна і невидима реакція на виявлене ОЕЗ та ураження потужним лазерним випромінюванням;
- можливість роботи з укриття;
- малий час розгортання на позиції.

Таблиця 1.1. Основні технічні характеристики "ПАПВ"

1.1.2. Антиснайпер - тактичний прилад спеціального призначення

Антиснайпер (Рис. 1.2) є тактичним багатофункціональним приладом, головним чином призначеним для виявлення снайперів, коректувальників вогню і спостерігачів противника, а також замаскованих і відкритих оптичних і оптико-електронних засобів незалежно від принципу їх роботи в будь-який час доби [5].

Рис. 1.2. Тактичний прилад спеціального призначення Антиснайпер [5]

Прилад детектує будь-які типи оптичних і оптико-електронних засобів цілевказівки, спостереження й прицілювання, дальномерії, відео, кіно і фото-зйомки незалежно від їх типу (лазерні, телевізійні, тепловізійні, активні, пасивні, нічні, денні) в денний і нічний час, а також в сутінках.

Головна перевага приладу в тому, що на відміну від інших подібних систем він дозволяє виявити снайпера до того, як він проявить себе пострілом або якимось іншим чином. Також, він не реагує на лінзи окулярів і просте скло.

Спостереження за місцевістю здійснюється за допомогою кольорової телевізійної камери, що працює в режимі день/ніч. В поле зору візира приладу виводиться інформація про режим його роботи, спеціальними позначками відзначається місце розташування виявлених оптичних приладів, їх носіїв і дальність до них, рівень заряду елементів живлення. Крім візуальної позначки, при включенні відповідного режиму, інформація про виявлений об'єкт може дублюватися голосовим повідомленням і/або звуковим сигналом.

Спектр застосування приладу:

- протиснайперські групи;
- розвідувальні і розвідувально-диверсійні групи;
- групи бойового забезпечення;
- передові групи бойової охорони;
- антитерористичні групи спеціального призначення;
- пости спостереження;
- охорона державного кордону;
- охорона особливо важливих об'єктів;
- забезпечення безпеки миротворчих і рятувальних місій;

- забезпечення безпеки міських і заміських заходів за участю VIP-персон;
- виявлення фактів промислового шпигунства і небажаних персон, які проводять фото-відео зйомку.

Можливості приладу Антиснайпер:

- виявлення позицій стрільців, спостерігачів, коректувальників вогню і навідників;
- виявлення замаскованих снайперських позицій і командно-спостережних пунктів противника;
- виявлення оптичних і опто-електронних засобів спостереження, дальнометрії, цілевказівки та прицілювання;
- виявлення засобів дальнього спостереження і фото/відеозйомки, в тому числі і прихованих;
- автоматичне визначення дальності до виявленого об'єкту;
- виявлення засідки противника на шляху проходження транспортних, піших і змішаних колон;
- детектування оптичних засобів, що використовуються за тонованим склом;
- запис службової інформації.

Таблиця 1.2. Технічні характеристики приладу Антиснайпер
Продовження табл. 1.2

Рис. 1.3. Демонстрація роботи приладу Антиснайпер [5]

1.1.3. Мобільний автоматизований комплекс оптико-електронної протидії «Каштан-3М»

Мобільний автоматизований комплекс оптико-електронної протидії «Каштан-3М» (Рис. 1.4.) створений київським НДІ «Квант» [6], що спеціалізуються в області розробки засобів оптико-електронного захисту і протидії високоточній зброї. Комплекс призначений для захисту особливо важливих об'єктів від високоточної зброї - ракет, снарядів і авіабомб з напівактивними лазерними головками самонаведення (НЛГСН).

Рис. 1.4. Мобільний автоматизований комплекс оптико-електронної протидії «Каштан-3М» [6]

«Каштан-3М» забезпечує виявлення і пеленгацію джерел лазерного випромінювання - лазерних цілевказувачів противника, з подальшою постановкою хибних цілей (активних імітаційних перешкод для систем високоточної зброї (ВТЗ) з лазерним наведенням. Апаратура комплексу дозволяє приймати цілевказання від зовнішніх інформаційних систем і видавати інформацію АСУ ППО (Автоматизована система управління протиповітряної оборони). В комплексі «Каштан-3М» передбачено вибір тактики захисту в залежності від складу і кількості атакуючої ВТЗ, при цьому оператор комплексу може в ручну змінювати прийняті рішення. Апаратура комплексу реєструє і документує інформацію про тактичну ситуацію, параметри випромінювання лазерного цілевказувача, реакції комплексу та дії оператора. Також «Каштан-3М» дозволяє здійснювати тренування особового складу. Комплекс обладнаний системою автоматичного контролю роботоздатності і пошуку несправностей з індикацією модуля, що відмовив.

У ході тривалих практичних випробувань, проведених фахівцями НДІ «Квант» спільно з військовими, було встановлено, що всі керовані бомби, скинуті на цілі, при використанні мобільного автоматизованого комплексу оптико-електронної протидії, відхилилися від цілей на безпечну відстань. За даними розробників, комплекс здатний одночасно відбити атаку двох-трьох десятків високоточних ракет. Подібний метод захисту не потребує використання витратних боєприпасів, зрив наведення вражаючих

елементів високоточної зброї відбувається без їх вогневого ураження, що значно знижує вартість бойового застосування. Комплекс «Каштан-3М» змонтований на базі автомобіля КраЗ. Основу комплексу складають приймач лазерного випромінювання і прилад постановки хибної лазерної цілі. Приймачі лазерного випромінювання - висувні, вони встановлені з кожного боку кунга. Прилад постановки хибної лазерної цілі (ХЛЦ) розміщений на основі, на даху комплексу. До складу комплексу «Каштан-3М» також входять пульт управління комплексом, засоби управління приводами постановки ХЛЦ, засоби контролю та комутації первинного електроживлення. Комплекс має достатньо високі показники виявлення лазерного випромінювання цілевказувача – не менше 90%. Ймовірність відведення атакуючого боєприпасу в зону удаваної лазерної цілі – не менше 60%. Такі показники підтверджені практичними випробуваннями комплексу. На думку розробників, головною складовою комплексу є не його матеріальна частина, а алгоритм роботи і програмне забезпечення, створене на основі тривалого вивчення практичного досвіду використання зброї з лазерною системою наведення і тактики його застосування.

Комплекс випускається у двох варіантах - для морського і сухопутного застосування.

Таблиця 1.3. Технічні характеристики «Каштан-3М»

Комплекс забезпечує:

- виявлення і пеленгацію джерел лазерного випромінювання лазерних цілевказівників противника;
- постановку помилкових лазерних цілей (ПЛЦ) - (активних імітаційних перешкод);
- повністю автоматичний режим роботи з можливістю зміни прийнятих рішень оператором вручну;
- вибір тактики захисту в залежності від бойової обстановки;
- реєстрацію і документування інформації про тактичну ситуацію, параметри випромінювання лазерного цілевказівника, реакції комплексу і дії оператора;
- тренування особового складу;
- вбудований автоматичний контроль працездатності комплексу та пошук несправностей з індикацією модуля, що відмовив;

1.2. Засоби протидії лазерним приладам локації та ураження

1.2.1. Механічні засоби протидії лазерним приладам локації та ураження

Для мінімізації вірогідності виявлення оптичного приладу зазвичай використовуються механічні засоби звуження кута відблиску променя. Можна відмітити засоби застереження сонячних бліків - це бленди. Вони бувають трубчасті та сотові.

Трубчаста бленда (рис. 1.5) - це трубка, що подовжує довжину прицілу на відстань у кілька діаметрів його передньої лінзи аби звузити можливий кут падіння та відбиття сонячних променів на скло. При цьому на якість зображення це не впливає, але й не допомагає від бліку на 100% - адже вона призначається не стільки для цього, скільки для затінення лінз оптичного приладу, захисту від прямого сонячного світла.

Рис. 1.5. Трубчаста бленда[4]

Сотова бленда (рис. 1.6) виготовляється у вигляді маленької соти з купою невеликих трубочок, складених між собою. Довжина однієї соти повинна на порядок перевищувати її діаметр. Поверхня сотових трубок має бути зачорнена, для зменшення відбиття світлових променів. Для більш надійного звуження кута відблиску можна встановити одразу кілька сотових бленд підряд - кількість залежить від їх оптичних якостей.

Рис. 1.6. Сотова бленда, встановлена на приціл [4]

1.2.2. Оптичні засоби протидії лазерним приладам локації та ураження

До оптичних засобів відносяться світлофільтри (рис. 1.7), які поглинають, блокують або розсіюють інфрачервоний спектр (ІЧ) [7], бо саме у ньому працюють лазерні детектори оптичних приладів.

Такий фільтр варто ставити на оптичний приціл між лінзою та блендою. Адже він відбиває ІЧ-промені, працюючи як дзеркало. Тому цей кут відбиття потрібно зменшувати усіма можливими засобами - зокрема, трубчастими блендами, як описано вище.

Рис. 1.7. Спеціалізований світлофільтр, що відбиває в іншому напрямку ІЧ-випромінювання і робить снайпера непомітним для зонduючого обладнання [4]

Висновки до розділу 1

Аналізуючи відомі засоби протидії лазерним приладам локації та ураження можна виявити такі недоліки:

- Нездатність захистити оптичні і оптико-електронні прилади спостереження від потужного лазерного випромінювання;
- Неповноцінний захист від виявлення приладу спостереження лазерним зонduючим випромінюванням;
- Блокування лазерного випромінювання однієї довжини хвилі і неможливість роботи у всьому діапазоні довжин хвиль існуючих лазерів.

2. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ПРОТИДІЇ ЛАЗЕРНИМ ЗАСОБАМ ЛОКАЦІЇ ТА УРАЖЕННЯ

2.1. Розрахунок щільності енергії, яка передається силовим лазерним випромінюванням приладу «ПАПВ»

Основні характеристики приладу «ПАПВ», які знадобляться для розрахунків наведені у табл. 1.

Гранично допустимі рівні (ГДР) лазерного випромінювання [8] при одноразовому впливі - рівні випромінювання, при впливі якого існує незначна ймовірність виникнення оборотних відхилень в організмі людини (до одноразових відносяться випадкові впливи випромінювання з тривалістю $3 \cdot 10^4$ с).

Поріг пошкодження лазерним випромінюванням - мінімальний вплив, виражений в енергетичних величинах, який може викликати в організмі зміни, прийняті в якості критерію [9]. При обґрунтуванні ГДР і оцінці безпеки рівнів лазерного випромінювання критерії можуть бути різними в залежності від довжини хвилі і особливостей їх дії на органи.

Як нормовані параметри лазерного випромінювання встановлено:

- потужність P (Вт)
- енергетична експозиція H (Дж / м²)
- енергія W (Дж)
- опромінення E (Вт / м²).

Параметри H і W використовуються при тривалості впливу 1-3 с і менше.

Для розрахунку щільності енергії, яка передається силовим лазерним випромінюванням приладу «ПАПВ» в залежності від відстані та діаметру об'єктиву використовується формула (2.1).

де W – щільність енергії, Дж/см²; θ_p – кут розходження лазерного променя, рад; c – коефіцієнт, величина якого залежить від того по якому рівню інтенсивності визначений кут розходження лазерного

випромінювання θ_p (табл. 2.1); Q – вихідна енергія лазера, Дж; R – відстань до джерела випромінювання, см; k_a – коефіцієнт послаблення, який описує загасання випромінювання лазера атмосферою за рахунок поглинання і розсіювання світла молекулами, дисперсійною фазою (дим, пил, туман) і флуктуаціями щільності повітря, см^{-1} ; d_0 – діаметр вихідної апертури випромінювача, см.

Таблиця 2.1. Залежність коефіцієнта s від рівня інтенсивності

Коефіцієнт ослаблення k_a залежить від метеорологічної дальності видимості L_m характеризує мутність атмосфери і є максимальну дальність видимості вдень темних предметів з кутовим розміром $30'$, які проєктуються на фоні неба на горизонті. Метеорологічна дальність видимості L_m для різних умов спостережень змінюється в межах від $5 \cdot 10^3$ см в густому тумані до $5 \cdot 10^6$ см для чистої атмосфери.

Коефіцієнт послаблення визначається за формулою (2.2):

- довжина хвилі лазерного випромінювання, нм;
- метеорологічна дальність видимості, см;

З урахуванням формули (2.1) було побудовано графіки (рис. 2.1, 2.2), які відображають щільність енергії випромінювання ПАПВ з довжиною хвилі 530 нм і 1060 нм з енергією імпульсу силового випромінювання 0,2 Дж і 1,5 Дж відповідно в залежності від відстані. Окремими лініями зображено гранично допустимі рівні щільності енергії випромінювання для різних діаметрів об'єктів. При збільшенні діаметру об'єктиву відповідно збільшується кількість енергії випромінювання, що фокусується окуляром на оці чи світлочутливій матриці приладу, тому зменшується гранично допустимий рівень щільності енергії випромінювання на вході об'єктиву. Гранично допустимі рівні були розраховані враховуючи дані з «Санітарні норми і правила устаткування і експлуатації лазерів». Як видно з рисунків щільність енергії випромінювання, яка передається з приладу «ПАПВ» перевищує гранично допустимі рівні щільності випромінювання для всіх діаметрів об'єктів на всій робочій області цього приладу.

Рис. 2.1. Залежність щільності енергії лазерного випромінювання приладу ПАПВ з довжиною хвилі 1060 нм, енергією імпульсу силового випромінювання 1,5 Дж та гранично допустимі рівні щільності енергії випромінювання для об'єктів різного діаметру

Рис. 2.2. Залежність щільності енергії лазерного випромінювання приладу ПАПВ з довжиною хвилі 530 нм, енергією імпульсу силового випромінювання 0,2 Дж та гранично допустимі рівні щільності енергії випромінювання для об'єктів різного діаметру

2.2. Розрахунок щільності енергії, яка передається силовим лазерним випромінюванням приладу «ПАПВ» при спрацюванні електронної системи

Розрахунки виконуються аналогічно як у попередньому пункті, але з урахуванням електронної системи захисту.

На рис. 2.3, 2.4 приведені результати розрахунків щільності енергії випромінювання ПАПВ для лазерного випромінювання з довжинами хвиль 530 нм і 1060 нм з енергією імпульсу силового випромінювання 0,2 Дж і 1,5 Дж відповідно та гранично допустимі рівні щільності енергії лазерного випромінювання для різних діаметрів об'єктів при спрацюванні рідкокристалічного фільтру за час, що забезпечує електронна система захисту, а саме 40 мкс.

Рис. 2.3. Залежність щільності енергії лазерного випромінювання приладу ПАПВ з довжиною хвилі 1060 нм, енергією імпульсу силового випромінювання 1,5 Дж та гранично допустимі рівні щільності енергії випромінювання для об'єктів різного діаметру при спрацюванні електронної системи захисту за 40 мкс

Рис. 2.4. Залежність щільності енергії лазерного випромінювання приладу ПАПВ з довжиною хвилі 530 нм, енергією імпульсу силового випромінювання 0,2 Дж та гранично допустимі рівні щільності енергії випромінювання для об'єктів різного діаметру при спрацюванні електронної системи захисту за 40 мкс

Як можна бачити з графіків, введення електронного фільтра з часом спрацювання 40 мкс дозволяє захистити око або світлочутливу матрицю оптико електронного приладу від уражучої дії силового випромінювання «ПАПВ» на всьому робочому діапазоні роботи цього приладу.

2.3. Розробка структурної схеми електронної системи протидії лазерним засобам локації та ураження

Структурна схема (рис. 2.4) складається з наступних блоків:

- діелектричні дзеркала;
- оптичний датчик;
- рідкокристалічний фільтр;
- система керування;
- блок живлення.

Структурна схема наведена в графічній документації (ДП.ДЕ61.005.000 Е1).

Рис. 2.4. Структурна схема електронної системи протидії лазерним засобам локації та ураження

Дана система розробляється для захисту від приладу протидії снайперам «ПАПВ» (переносний автоматичний прилад оптико-електронної протидії), призначений для виявлення оптичних і оптико-електронних засобів (ОЕЗ) [10], які проводять зустрічне спостереження і прицілювання, та постановки лазерним випромінюванням імпульсних світлових перешкод.

Для приховування оптичного приладу від скануючого лазерного променя довжиною хвилі 860 нм, застосовується діелектричне зеркало [11], встановлене під кутом 45 градусів і розраховане на довжину хвилі скануючого променя. За діелектричним дзеркалом розташовано оптичний датчик, задача якого виявити лазерне випромінювання ураження.

Для довжин хвиль випромінювання ураження також використовуються діелектричні дзеркала з кутом нахилу 45 градусів. При належному виборі матеріалів і товщини шарів можна створити оптичні покриття з необхідним відбиттям на обраній довжині хвилі.

Як датчик лазерного випромінювання краще всього підійде фотодіод завдяки тому, що цей напівпровідниковий елемент має малі габарити, поєднання високої фоточутливості та великої швидкодії перемикачання, а також низьку собівартість. Слід зазначити, що прилад «ПАПВ» може опромінювати ціль у довжинах хвиль від 0,53 до 1,06 мкм, тому фотодіод підбирається таким чином, щоб його спектральна характеристика могла перекрити весь цей діапазон.

2.3.1. Діелектричні дзеркала

Для приховування оптичного приладу від скануючого лазерного променя довжиною хвилі 860 нм, застосовується діелектричне дзеркало, встановлене під кутом 45 градусів і розраховане на довжину хвилі скануючого променя. Оптимальний вибір - діелектричне дзеркало зі кварцового скла, яке забезпечує максимальний коефіцієнт відбиття при нанесенні відповідних діелектричних покриттів. (рис 2.5).

Рис. 2.5. Залежність відбиття діелектричного дзеркала зі кварцового скла з нанесенням діелектричних покриттів від довжини хвилі при двох видах поляризації

Для довжин хвиль випромінювання ураження також використовуються діелектричні дзеркала з кутом нахилу 45 градусів. Для довжини хвиль 530 нм та 1060 нм найкраще підходить діелектричне дзеркало зі кварцового скла, яке забезпечує максимальний коефіцієнт відбиття при нанесенні відповідних діелектричних покриттів. Відбиття досягає максимуму на довжинах хвиль 1064 та 532 нм і дорівнює 99,97% для S-поляризації та 99% для P-поляризації (рис. 2.6).

Рис. 2.6. . Залежність відбиття діелектричного дзеркала зі кварцового скла з нанесенням діелектричних покриттів від довжини хвилі при двох видах поляризації

2.3.2. Оптичний датчик

У якості оптичного датчику зондуючого лазерного випромінювання краще всього підійде фотодіод завдяки тому, що цей напівпровідниковий елемент має малі габарити, поєднання високої фоточутливості та великої швидкодії перемикачання, а також низьку собівартість. Фотодіод повинен фіксувати лазерне випромінювання у широкому діапазоні довжин хвиль (530, 860, 1060 нм). Потрібним параметрам відповідає фотодіод OSRAM SFH 203 [12].

2.3.3. Рідкокристалічний фільтр

Рідкокристалічна панель виконує роль захисту від лазерного випромінювання. Це декілька рідкокристалічних (РК) фільтрів, розділених поляризаційними плівками. Датчики розташовані в приладі після діелектричного дзеркала на 860 нм. Після фіксування променю ураження датчики передають сигнал на електронну плату, плата перетворює сигнал, на РК фільтри подається живлення. Під впливом електричного струму рідкі кристали стають спеціальною структурою таким чином, що ультрафіолетовий, видимий і інфрачервоний спектри випромінювання не проходять через фільтр. Після завершення опромінення променем ураження датчики перестають передавати сигнал на плату. Електронна плата відключає живлення від фільтрів і фільтри стають прозорими. Швидкість спрацювання електронної системи з рідких кристалів не повинна перевищувати 40 мкс.

2.3.4. Система керування

Відповідно до вимог з безпеки застосування автоматичних затворів оптична система повинна забезпечувати захист очей навіть при пошкодженні і повну відмову електронного блоку. Для цього, при використанні двоступеневого фільтра, орієнтація поляризаційних плівок вибирається таким чином, щоб в неактивному стані (без живлення) один осередок мав максимальний коефіцієнт пропускання, а другий, навпаки, - мінімальний. В такому випадку непрацююча автоматика затвора дозволяє проводити спостереження так само, як з постійним світлофільтром.

При включенні живлення рідкокристалічний фільтр переводиться в світлий стан. Затвор забезпечує максимальне пропускання і готовий до роботи. Для надійної фіксації різкого перепаду яскравості використовуються два фотодатчики.

Після фіксації лазерного випромінювання електронна система включає формувачі високовольтних імпульсів, які забезпечують форсоване включення та перехід в темний стан обох рідкокристалічних фільтрів. Підвищена напруга потрібна тільки в момент включення. Далі, після деякої затримки (в кілька мілісекунд), необхідної для комфортної адаптації ока, відповідно до заданого режиму змінюється оптична щільність обох фільтрів. Регулювання встановлюється зміною (зменшенням) ефективних напруги, що діє на обкладинках рідкокристалічних фільтрів. Управління ефективною напругою здійснюється зміною зсуву фаз керуючих сигналів (меандрів), що подаються на рідкокристалічні фільтри з виходів формувачів.

Після фіксації відсутності лазерного опромінення електронна система виробляє інтегральну оцінку освітленості. Для кращої релаксації зору забезпечено плавне "освітлення" світлофільтру протягом декількох сот мілісекунд.

2.3.5. Блок живлення

Живлення схеми здійснюється від літєвих акумуляторів. Вони задовольняють вимогам до компактності, простоти експлуатації та доступності.

2.4. Елементи електронної схеми

Електрична принципова схема наведена у графічній документації (ДП.ДЕ61.005.000 ЕЗ).

2.4.1. Безбуферний інвертор 74НСU04

74НСU04 [13] містить 6 незалежних безбуферних інверторів зі стандартними двотактними виходами (рис 2.7). Пристрій призначений для роботи у діапазоні живлення від 2 до 6,0 В.

Рис. 2.7. Призначення контактів безбуферного інвертора 74НСU04

Опис контактів приведений у таблиці 2.2. [13]

Таблиця 2.2. Опис контактів безбуферного інвертора 74НСU04

Особливості безбуферного інвертора 74НСU04:

- Широкий діапазон напруги живлення від 2 до 6,0 В
- Для живлення достатньо струму 4мА при $V_{CC} = 4,5В$
- Мале споживання енергії КМОН
- Дія триггеру Шмітта на всіх входах

2.4.2. Логічні вентиля АБО-НІ на мікросхемі CD4001

CD4001 [14] являє собою мікросхему, яка включає 4 логічні вентиля АБО-НІ (рис. 2.8). Логічні вентиля забезпечують безпосереднє виконання операції диз'юнкція з інверсією результату. Усі входи та виходи мають буфер.

Рис. 2.8. Функціональна діаграма мікросхеми CD4001 [14]

Особливості:

- Час затримки розповсюдження = 60 нс при $V_{DD} = 10 В$
- Буферні входи та виходи
- Максимальний вхідний струм 1 мкА при напрузі 18 В на повному температурному діапазоні; 100 нА при напрузі 18 В і температурі +25°C

2.4.3. 14-розрядний двійковий лічильник CD4060

CD4060 [15] складається з секції генератора коливачів і 14 двійкових лічильників з послідовним перенесенням. Конфігурація генератора дозволяє створювати RC схеми генератора. Вхід RESET скидає всі лічильники до стану 0 і відключає генератор. Всі входи та виходи повністю буферизовані. Тригер Шмітта на лінії вхідного імпульсу пропускає вхідний імпульс необмеженого часу наростання та спаду.

Особливості:

- Повне скидання (RESET)
- Тактова частота 12 МГц при напрузі 15 В
- Повністю статична робота
- Буферні входи та виходи
- Тригер Шмітта на лінії вхідного імпульсу

Особливості генератора:

- Усі активні компоненти на мікросхемі
- RC-генератор частоти 690 кГц при напрузі 15В

2.4.4. Операційні підсилювачі на мікросхемі 27L2C

Підсилювачі КМОН [16] відрізняються дуже високим входним опором і надзвичайно низькими входними струмами. Основна перевага порівняно з пристроями JFET - це дуже низький дрейф входних струмів із температурою.

Операційні підсилювачі на мікросхемі 27L2C (рис.2.9) [17] мають низьку вартість, подвійні операційні підсилювачі низької потужності, призначені для роботи з одинарними або подвійними джерелами живлення. Ці операційні підсилювачі використовують технологічний процес КМОН із кремнієвими затворами, що забезпечує чудове співвідношення споживання/швидкодія.

Опис контактів:

- 1 - Вихід 1
- 2 - Інвертуючий вхід 1
- 3 - Неінвертуючий вхід 1
- 4 - Заземлення
- 5 - Неінвертуючий вхід 2
- 6 - Інвертуючий вхід 2
- 7 - Вихід 2
- 8 - Живлення

Рис. 2.9. Функціональна діаграма мікросхеми 27L2C [17]

Висновки до розділу 2

Потужний імпульс ПАПВ може суттєво зашкодити зору людини, а при великих діаметрах об'єктиву або при малих відстанях між ПАПВ та спостерігачем, людина взагалі може його втратити. Те ж саме відноситься і до світлочутливих матриць оптико-електронних приладів. Як показують наведені розрахунки, гранично допустимий рівень щільності енергії випромінювання в захищений оптиці знаходиться набагато нижче щільності енергії випромінювання, яку забезпечують потужні лазери ПАПВ.

Розроблена оптико-електронна система захисту повинна зменшувати час дії лазерного випромінювання на око людини чи світлочутливу матрицю оптико-електронного приладу до 40 мкс. Як показали проведені розрахунки, це підвищило гранично допустимий рівень щільності енергії випромінювання вище рівню, що забезпечують потужні лазери ПАПВ для всієї дальності їх застосування і об'єктів з діаметрами від 24 мм до 100 мм, що вбереже їх від засліплюючої дії ПАПВ.

Перераховані елементи структурної і електронної схеми підібрані для довжин хвиль роботи приладу «ПАПВ» (530, 860, 1060 нм) щоб найкращим чином підходити поставленій задачі та критеріям, серед яких:

- компактність;
- надійність;
- простота експлуатації;
- висока швидкодія;
- низький рівень споживання енергії.

3. МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ

3.1. Створення моделей мікросхем

Моделювання електронної системи буде виконуватись в середовищі «Proteus Design» — пакет програм для автоматизованого проектування (САПР) електронних схем. Бібліотека програми налічує велику кількість компонентів для аналізу і моделювання різноманітних електронних схем, проте зазначені у пунктах 2.4.1-2.4.4 мікросхеми не

мають моделі для симуляції. Створення нового компоненту виконується згідно документації виробника з дотриманням всіх розмірів, назв та параметрів.

3.1.1. Створення електронного компоненту

По-перше, необхідно намалювати графічну модель компоненту. На даному етапі дотримання габаритів не обов'язкове. Це виконується за допомогою панелі інструментів, розташованої зліва, з різними типами фігур 2D Graphics. Контакти додаються через «Device pins mode».

Намалюємо для прикладу мікросхему 27L2C (рис. 3.1).

Рис. 3.1. Графічна модель мікросхеми 27L2C без редагування

Назви контактів додаються подвійним натисканням на них лівою кнопкою миші. У полі «Pin Name» вводиться назва контакту згідно документації, у полі «Default Pin Number» - номер контакту, електричний тип контакту вибирається натисканням біля потрібного прапорця у панелі «Electrical type». Після редагування назви контактів (рис.3.2.) потрібно повністю виділити схематичну модель та перейти у вікно «Make Device».

Рис. 3.2. Графічна модель мікросхеми 27L2C з відредагованими назвами контактів.

У полі «Device name» вказується назва компонента, вказана у документації, у полі «Reference Prefix» вказується позначення компонента на схемі (наприклад, для резистору - R). У наступному меню вибирається корпус приладу згідно документації - «Add/Edit» - «Add». Після створення корпусу необхідно перевірити відповідність усіх контактів, створених раніше (рис. 3.3).

Рис. 3.3. Корпус та призначення контактів мікросхеми 27L2C

У полі «Data sheet filename» можна додати документацію, за якою створювався компонент. Останній крок - додавання нового компоненту до необхідної бібліотеки. Створена графічна модель мікросхеми 27L2C показана на рис. 3.4.

Рис. 3.4. Графічна модель мікросхеми 27L2C

3.1.2. Створення моделі для симуляції роботи електронного компонента

Створити модель для симуляції роботи електронного компоненту Proteus можна двома способами.

Перший спосіб - додавання моделі з сайту виробника у відповідний компонент. Для цього потрібно завантажити офіційну модель до папки «MODELS». Після створення або редагування графічної моделі компонента у панелі інструментів - «Device Maker» потрібно відредагувати назви та розташування контактів згідно з офіційною моделлю.

У пункті Properties потрібно відредагувати наступні значення:

«PRIMITIVE» = <Вид компоненту («PASSIVE», «ANALOGUE»...) >, SUBCKT

«SUBCKT» - означає «SPICE subcircuit», симулятор електронних схем з відкритим вихідним кодом.

«SPICE MODEL» = <назва як в «SUBCKT» моделі>

«SPICE PINS» = <назви контактів компонента в тому порядку як вони перераховані в моделі>

«SPICEFILE» = <назва файлу «SPICE» моделі>

Цей спосіб дозволяє налаштувати модель симуляції згідно офіційних параметрів, але не кожний компонент має таку модель.

Другий спосіб - створення дочірньої схеми. Даний метод полягає в тому щоб симулювати роботу компонента на основі ідентичного або створенні електричної схеми з більш примітивних елементів з ідентичним функціоналом та параметрами.

Прикладом створення моделі для симуляції роботи електронного компоненту буде графічна модель мікросхеми 27L2C, створена раніше.

Щоб додати дочірню схему необхідно в параметрах електронного компоненту встановити прапорець «Attach Hierarchy Module», потім обравши цей компонент перейти до дочірньої схеми - «Goto Child Sheet». Наступний крок - створення дочірньої схеми або редагування ідентичного електронного компоненту згідно функцій, характеристик та параметрів електронного компоненту, зазначених у офіційній документації.

Після цього необхідно встановити відповідність між контактами графічної моделі і дочірньої схеми, в іншому випадку створений електронний компонент не буде працювати належним чином. Нижче наведена дочірня схема мікросхеми 27L2C у відповідності до графічної моделі (рис. 3.5).

Рис. 3.5. Дочірня схема мікросхеми 27L2C

3.2. Моделювання роботи схеми

3.2.1. Моделювання роботи мікросхеми CD4001

Для того щоб перевірити роботу мікросхеми найпростішим способом буде перевірка виконання операції логічного вентилу «АБО-НІ» (рис.3.6).

Рис. 3.6. Перевірка виконання операції АБО-НІ мікросхеми CD4001

Порівняємо отримані результати з таблицею істинності логічного вентилу АБО-НІ (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Таблиця істинності логічного вентилу АБО-НІ

Активний сигнал «логічна 1» на виході мікросхеми присутній лише тоді, коли на обох входах присутній пасивний сигнал («логічний 0») [18]. Якщо хоча б на одному вході сигнал активний, на виході буде пасивний сигнал. Отримані результати моделювання співпадають з таблицею істинності.

Промодельована швидкість переходу зі стану «логічна 1» до стану «логічний 0» становить 500 нс (рис. 3.7).

Рис. 3.7. Промодельований перехід зі стану «логічна 1» до стану «логічний 0» мікросхеми CD4001

Перехід зі стану «логічний 0» до стану «логічна 1» аналогічно становить 500 нс (рис. 3.8).

Рис. 3.8. Промодельований перехід зі стану «логічний 0» до стану «логічна 1» мікросхеми CD4001

3.2.2. Моделювання роботи мікросхеми 74НСU04

Мікросхема 74НСU04 складається з 6 інверторів, які виконують операцію логічного заперечення. Перевірка виконання операції проілюстрована на рис. 3.9.

Рис. 3.9. Перевірка виконання операції логічного заперечення мікросхеми 74НСU04

Інвертор видає на виході напругу, що дорівнює протилежному логічному рівню на вході, тобто перетворює «логічний 0» у «логічна 1» і навпаки. Результати моделювання показали, що інвертори мікросхеми виконують операцію логічного заперечення як зазначено вище, мікросхема змодельована вірно.

Перехід зі стану «логічний 0» до стану «логічна 1» становить 0.5- 1 нс (рис. 3.10).

Рис. 3.10. Промодельований перехід зі стану «логічний 0» до стану «логічна 1» мікросхеми 74НСU04

3.2.3. Моделювання роботи мікросхеми 27L2C

Мікросхема 27L2C складається з двох операційних підсилювачів. Операційний підсилювач має два входи: прямий (+) і інверсний (-). Вихідний сигнал має полярність вхідного сигналу, більшого за величиною. Результати моделювання показали, що мікросхема змодельована вірно (рис. 3.11).

Рис. 3.11. Перевірка роботи мікросхеми 27L2C

3.3. Розрахунок друкованої плати

Схема друкованої плати зображена у графічній документації (ДП, ДЕ61.05.000 Е4).

3.3.1. Вибір матеріалу друкованої плати

Згідно з технічним завданням, експлуатація електронної системи буде проводитися у військових умовах. У зв'язку з цим, одні з основних вимог до матеріалу друкованої плати - вологостійкість і діапазон робочих температур.

Серед матеріалів, які використовуються для виготовлення друкованих плат обрано склотекстоліт теплостійкий негорючий фольгований ГОСТ 10316-78 [19]. Додатковий захист від вологи та корозії забезпечується нанесенням захисного покриття.

3.3.2. Вибір типу друкованої плати

Двосторонні друковані плати [20] мають високу надійність з'єднань, забезпечують високу щільність монтажу елементів та хорошу механічну міцність їх кріплення.

Основними перевагами даного типу плат є:

- зниження габаритних розмірів плати і пристроїв в цілому;
- надійність пайки вивідних елементів;
- можливість пайки SMD компонентів з двох сторін;
- можливість дублювати силові доріжки;
- відсутність розшарування при тривалому нагріванні.

3.3.3. Вибір методу виготовлення друкованої плати

У якості методу для виготовлення друкованої плати було вибрано комбінований позитивний метод [21]. Даний метод хорошу міцність зчеплення металевих елементів з діелектриком, а також дозволяє досягнути високої міцності діелектрика за рахунок захисту ізоляції фольгою від агресивних розчинів.

Переваги даного методу:

- можливість відтворення малюнка з високим ступенем дозволу;
- захистах ізоляції фольгою від агресивних розчинів забезпечує міцність шару

діелектрика;

- хороша міцність зчеплення (адгезії) металевих елементів з діелектриком.

3.3.4. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та заземлення

Мінімальна ширина друкованого провідника при постійному струмі $b_{\min I}$ (мм) для ланцюгів живлення та «землі» визначається формулою 4.1:

де $I_{\max}$ – максимально можливий струм в ланцюгу, А;

$j_{\text{доп}}$ – допустима щільність струму для друкованої плати, яка виготовлена комбінованим позитивним методом;

$t_{\text{пров}}$ – товщина друкованого провідника, яка визначається формулою (3.2).

Друкований провідник виготовлюється комбінованим позитивним методом. Згідно методу виготовлення:

де h_f – товщина фольги, $h_f = 0,035$ мм;

$h_{\text{зм}}$ – товщина шару гальванічно осадженої міді, $h_{\text{зм}} = 0,055$ мм;

$h_{\text{хм}}$ – товщина шару хімічно осадженої міді, $h_{\text{хм}} = 0,0065$ мм;

$t_{\text{пров}} = 0,035 + 0,055 + 0,0065 = 0,0965$ мм.

Параметр $I_{\max}$ (3.3) в виразі (3.1) визначається як сума струмів, які споживають усі активні елементи схеми. Значення струмів, які споживають активні елементи схеми, наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Значення струмів, які споживають активні елементи схеми

Мінімальна ширина друкованого провідника при постійному струмі для ланцюгів живлення та заземлення (4.4).

Отримане значення задовільняє умовам 4-го класу точності.

3.3.5. Визначення мінімальної ширини провідника

Мінімальна ширина провідника (3.5)

де $b_{\text{др}}^z$ – мінімальна ширина провідника. Для 4-го класу точності ДМ $b_{\text{др}}^r = 0,15 \text{ мм}$.

Максимальна ширина провідника (3.6)

де $b_{\text{max}} = 0,23 + 0,02 = 0,25 \text{ мм}$.

3.3.6. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками

Мінімальна відстань між двома сусідніми провідниками (3.7)

де L_0 – відстань між центрами отворів та друкованим провідником, $L_0 = 1,27 \text{ мм}$;

$\delta_{\text{сп}}$ – похибка, яка враховує зміщення провідника, $\delta_{\text{сп}} = 0,05 \text{ мм}$.

$L_{\text{др}, \text{min}} = 1,27 - (0,25 + 2 \cdot 0,05) = 0,92 \text{ мм}$.

Висновки до розділу 3

Моделювання електронних компонентів дозволило проаналізувати електронні компоненти та визначити їх швидкодію. Згідно результатів моделювання сумарний час затримки електронної системи складає 2 мкс. На рідкокристалічну панель подається попередній імпульс для зменшення часу, необхідного для переключення до темного стану, цей час становить - 35 мкс.

При розрахунку друкованої плати обрано двохсторонній тип друкованої плати, матеріал – склотекстоліт теплостійкий негорючий фольгований, визначено необхідний клас точності (4-й). Двухсторонній тип друкованої плати дозволяє зменшити розміри плати, адже дозволяє розміщувати DIP компоненти на одній з сторін, а SMD з двох. Обраний клас точності дозволяє проводити провідники поміж контактних майданчиків мікросхем з планарними виводами, що також зменшує розміри плати.

ВИСНОВКИ

Потужний імпульс ПАПВ може суттєво зашкодити зору людини, а при великих діаметрах об'єктиву або при малих відстанях між ПАПВ та спостерігачем, людина взагалі може його втратити. Те ж саме відноситься і до світлочутливих матриць оптико-електронних приладів.

В рамках дипломного проєкту було спроектовано електронну систему протидії лазерним засобам локації та ураження. Головною задачею було створення функціонального, компактного і надійного приладу для захисту персоналу та приладів спостереження від небезпечного лазерного випромінювання.

Проаналізовані методи захисту від лазерного випромінювання ураження та параметри приладу «ПАПВ», для протидії якому створювалась електронна система. В якості вирішення головної задачі в дипломному проєкті було створено систему, що повністю блокує оптичний канал під час надходження на оптичний прилад високопотужного лазерного випромінювання з використанням рідкокристалічної панелі.

Розроблена структурна схема електронної системи протидії лазерним засобам локації та ураження і визначено функції і параметри кожного блоку.

Розроблена оптико-електронна система захисту зменшує час дії лазерного випромінювання на око людини чи світлочутливу матрицю оптико-електронного приладу до 40 мкс. Як показали проведені розрахунки, це підвищило гранично допустимий рівень щільності енергії випромінювання вище рівню, що забезпечують потужні лазери ПАПВ

для всієї дальності їх застосування і об'єктивів з діаметрами від 24 мм до 100 мм, що вбереже їх від засліплюючої дії ПАПВ.

Було обрані компоненти електронної схеми з необхідними функціями і параметри для створення приладу. Було проведено моделювання схеми в програмному середовищі Proteus, що підтвердило її працездатність та правильність роботи. Розроблена електронна система має наступні особливості:

- живлення від акумуляторів;
- висока швидкодія;
- малі габарити;
- низьке енергоспоживання;
- додатковий захист при відмові системи.

Проаналізовані параметри та швидкодія елементів схеми за допомогою моделювання системи в середовищі «Proteus Design» для перевірки роботи системи.

Проведено розрахунок параметрів друкованої плати, визначено її тип, матеріал і клас точності.

Спроектвана електронна система протидії лазерним засобам локації та ураження відповідає до технічного завдання.

S U M M A R Y

Electronic system of counteraction to laser means of location and destruction

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization Electronic Instruments and Devices. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DE-61. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. - 58 p., Ill. 28, tables 6.

Keywords: counteraction system, laser means of location and destruction, dielectric mirrors, protection system, laser radiation sensor, liquid crystal panel, optical filter, photodiode, optoelectronic means.

Summary of the project: 5–8 pages

Laser technology has been used by the military since the mid-1950s. The military uses lasers in systems of direct thermal destruction of the object, pointers, detection systems of snipers, systems of interference with snipers, rangefinders, etc. In the late 1970s and early 1980s, military-experimental blinding self-propelled complexes were created in the USSR. The development of laser and computer technology has significantly reduced the dimensions of the devices, as well as their cost. Now such systems are widely used in combat operations. As example there is PAPV Counter-Optical System (fig.1).

On the other hand, there is a challenge to counteract such complexes. Systems are needed that can hide optical systems from detection, as well as prevent them from being destroyed by blinding complexes.

The purpose of the work is to develop a system to counteract the laser complexes of location and damage. Its task is to hide the optical device from laser scanning systems and prevent the damage of the optical device or the human eye by blinding laser radiation.

Fig. 1. PAPV Counter-Optical System

The relevance of this article is due to the need to create new and improve existing electronic systems to counteract the laser means of location and destruction. Despite the fact that studies in this area are conducted for more than one year, the choice of such systems is very small.

To minimize the probability of detecting an optical device, mechanical means of narrowing the beam glare angle are commonly used. One example is cellular hood (fig. 2). The length of one cell must be much higher than its diameter.

The surface of the cell tubes should be blackened to reduce the reflection of light rays. For more accurate narrowing of the flare angle, it is possible to set several cellular blends in a row - the number depends on their optical qualities.

Optical means include optical filters that absorb, block, or scatter the infrared spectrum, because laser detectors of optical devices are in it. Such a filter should be placed on the optical sight between the lens and the lens hood. After all, it reflects the infrared rays, working as a mirror. Therefore, this angle of reflection should be reduced by all means, in particular tubular blinds, as described above.

Fig. 2. Cellular hood mounted on the sight

However, these methods cannot fully protect the operator of the optical observation device from the powerful laser radiation directed to the device. To solve this problem, you can use technology that completely blocks the optical channel when you receive high-power laser radiation on an optical device. The radiation sensors respond to the high-power laser radiation of the destruction and transmit the signal to an electronic circuit, which turn on a liquid crystal filter that covers the optical channel. Under the influence of electric current, liquid crystals become a special structure in such a way that infrared radiation does not pass through the filter. When the radiation is lost, the electronic system returns the liquid crystal filter to a transparent state.

The power impulse of laser means of location and destruction can significantly damage a person's vision, and at large lens diameters or at short distances between a these means and an observer, a person may lose it completely. The same applies to light-sensitive arrays of optoelectronic devices. As shown in the calculations, the maximum permissible level of radiation energy density in unprotected optics is much lower than the radiation energy density provided by laser means of location and destruction (fig. 3, fig.4).

The opto-electronic protection system reduces the time of laser radiation to the human eye or the light-sensitive matrix of the optoelectronic device to safe limits. As shown by the calculations, this increased the maximum allowable level of radiation energy density above the level provided by power lasers for their entire range of use and lenses with diameters from 24 mm to 100 mm, which will protect them from the blinding effect of laser means of location and destruction (fig 5,6).

Fig. 3. Dependence of the energy density of the laser radiation of the PAPV device with a wavelength of 1060 nm, the energy of the pulse of the power radiation of 1.5 J and the maximum allowable levels of energy density of the radiation for lenses of different diameters

Fig. 4. Dependence of energy density of laser radiation of the device PAPV with a wavelength of 530 nm, energy of a pulse of power radiation of 0,2 J and maximum admissible levels of density of energy of radiation for lenses of various diameter

Fig. 5. Dependence of energy density of laser radiation of the device PAPV with a wavelength of 1060 nm, energy of a pulse of power radiation of 1,5 J and maximum admissible levels of density of radiation for lenses of various diameter when electronic protection system triggered in 40 microseconds

Fig. 6. Dependence of energy density of laser radiation of the device PAPV with a wavelength of 530 nm, energy of a pulse of power radiation of 0,2 J and maximum admissible levels of density of energy of radiation for lenses of various diameter when electronic protection system triggered in 40 microsecond

Схожість

Схожість із джерелами з Інтернету

63

1	https://www.uos.ua/produksiya/sistemi-zashchiti/45-mobilniy-avtomatizirovanniy-kompleks-optiko-ielektronnogo-protivodeys...	5.29%
4	http://kvant-ukr.org/kashtan.html	2 Джерело 1.44%
6	https://zbroya.info/uk/blog/15538_lazer-proti-snaipera-protidii-suchasnim-lazernim-detektoram-optichnikh-priladiv	3 Джерело 1.34%
7	https://www.gazetavv.com/news/economy/99572-v-ukrayin-rozrobili-zbroyu-yaka-znischuye-raketi-z-lazernim-priclom-foto.html	1.3%
10	https://ok.ru/fishingandhunting/topic/67878515545406	0.9%
12	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28094/1/Diachuk_bakalavr.pdf	3 Джерело 0.87%
13	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28088/1/Myroshnychenko_bakalavr.pdf	0.78%
18	http://eds.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/06/Blank_Diplom_Bachalavr2020.docx	30 Джерело 0.49%
19	https://ukroboronprom.com.ua/uk/category/produksiya-ta-poslugy	5 Джерело 0.49%
23	https://studopedia.com.ua/1_125354_operatsiyniy-pidsilyuvach.html	4 Джерело 0.16%
24	https://studizba.com/files/show/doc/37580-4-62655.html	9 Джерело 0.15%
27	https://ua-referat.com/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D...	0.13%
29	http://afgp.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/05/Metod.-rekom.-do-napysannya-dyplomnyh-robot-OKR-spetsialist-Pravoznavstvo...	0.12%
30	https://rada.kpi.ua/files/Aref_Piltyay%20S.l.pdf	0.12%

Схожість по Бібліотеці акаунту

157

2	ПЗ_Тимошенко	ID файлу: 1000053729	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytec...	18 Джерело 1.78%
3	ПЗ для перевірки Мирошниченко	ID файлу: 1000078607	Institution: National Technical University of Ukraine "K...	1.55%
5	final_PZ_Максимович	ID файлу: 1000053749	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic...	1.37%
8	Сорокін_ДК51_Диплом 1.4	ID файлу: 1000066750	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polyt...	1.14%
9	ПЗ_Рыженков	ID файлу: 1000053734	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institu...	1.03%

11	2020-bachelor-EDD_Shut_vyyavlennya_OEZ_fch	ID файлу: 1004048810	Institution: National Technical Univer	15 Джерело	0.9%
14	2020-bachelor-EDS_Kyvyhlo_n-p_prystroyii_fch	ID файлу: 1004030973	Institution: National Technical Univer	44 Джерело	0.69%
15	Буханько-ПЗ	ID файлу: 1000053735	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic	2 Джерело	0.59%
16	Ярошенко-М.О.-ПЗ	ID файлу: 1000053739	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic I...		0.53%
17	diplom_Кисель	ID файлу: 1000066699	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institu...		0.53%
20	Тимофеев (1)	ID файлу: 1003885499	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.44%
21	Студентська робота	ID файлу: 1000293235	Institution: National Aviation University	27 Джерело	0.27%
22	Качор-ПЗ (1)	ID файлу: 1000083497	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.21%
25	ТерещенкоО_бакалавр	ID файлу: 1000083028	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv	4 Джерело	0.15%
26	Студентська робота	ID файлу: 1000077421	Institution: Lviv Polytechnic National University	3 Джерело	0.15%
28	Тимченко_магістерська	ID файлу: 1000800355	Institution: National Technical University of Ukraine "Ky	30 Джерело	0.13%
31	Цуркан_магістерська	ID файлу: 1000803508	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv P	5 Джерело	0.12%
32	Lovchinsky-1-2019m	ID файлу: 8348432	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Instit...		0.12%

Цитати

Цитати

1

1 «Каштан-3М»