

трополяризационных коэффициентов отражения и яркости природных и искусственных объектов / А. С. Сизиков, Ю. В. Беляев, И. М. Цикман // Безопасность и пожарная техника. – 2018. – № 2. – С. 28–37.

2. Модернизация комплекса «Визир» = Upgrading of the «Vizir» instrument / И. М. Цикман [и др.] // Приборостроение-2022: материалы 15-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 нояб. 2022 г. / редкол.: О. К. Гусев (пред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 417–419.

УДК 681.525

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УГЛОВЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ

Бушук С. Б., Назаренко П. Н., Пекаревич В. В., Тавтын Р. А.

ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», Минск, Беларусь

Аннотация. Разработана схема и проведено экспериментальное моделирование автоматической высокоскоростной прецизионной системы автокоррекции оси лазерного пучка, фокусируемого на поверхность объекта, который хаотически движется вдоль определенной траектории. Управление угловым положением оси лазерного пучка осуществляется быстрым рулевым зеркалом (FSM зеркалом) по командам двухкоординатного позиционно-чувствительного детектора (PSD). PSD преобразовывает линейные координаты центра тяжести изображения цели на поверхности фотоприемной площадки в сигналы управления, которые подаются на вход контроллера пьезоэлектрического привода FSM зеркала. Контроллер обеспечивает высокоскоростное управление как напряжением, так и зарядом на пьезоэлектрическом приводе. Показано, что данная система управления обладает преимуществами систем автоматического управления как открытого, так и закрытого типа: малым временем отклика и низкой погрешностью управления угловым положением луча.

Ключевые слова: угловые координаты, FSM, PSD, гистерезис, время отклика.

HIGH-SPEED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR ANGULAR POSITION OF LASER BEAMS

Bushuk S. B., Nazarenko P. N., Pekarevich V. V., Tavtyn R. A.

State Scientific and Production Association "Optics, Optoelectronics and Laser Technology",
Minsk, Belarus

Abstract. A design was developed and experimental modeling was conducted for an automatic, high-speed, precision system for autocorrecting the axis of a laser beam focused on the surface of an object chaotically moving along a defined trajectory. The angular position of the laser beam axis is controlled by an FSM mirror based on commands from a two-coordinate position-sensitive detector (PSD). The PSD converts the linear coordinates of the target image's center of gravity on the surface of the photoreceiving pad into control signals, which are fed to the input of the FSM mirror's piezoelectric drive controller. The controller provides high-speed control of both the voltage and charge on the piezoelectric drive. This control system is shown to possess the advantages of both open-loop and closed-loop automatic control systems: a fast response time and low beam angular position control error.

Keywords: angular coordinates, FSM, PSD, hysteresis, response.

Адрес для переписки: Назаренко П. Н., пр. Независимости, 68-1, г. Минск, 220072, Республика Беларусь
e-mail: npn05@mail.ru

Целью настоящей работы являлось исследование возможностей создания системы автоматической коррекции положения лазерного пучка на поверхности мобильного объекта, обеспечивающей минимизацию временного отклика и гистерезиса привода FSM зеркала.

Система точного позиционирования лазерного излучения на объекте (Система) представляет собой систему автоматического управления лазерным лучом с открытым контуром и автоматической коррекцией гистерезиса пьезоэлектрического привода.

Функциональная структурная схема Системы приведена на рисунке 1. В состав Системы входят: приемный канал и угловой корректор оси пучка излучения лазера 9. Телескоп 8 формирует пятно лазерного излучения заданного размера на цели 1.



1 – цель; 2 – приемный объектив; 3 – модуль PSD приемника; 4 – корректирующий усилитель; 5 – гибридный усилитель; 6 – привод FSM зеркала; 7 – зеркало; 8 – телескоп Мерсена; 9 – лазер

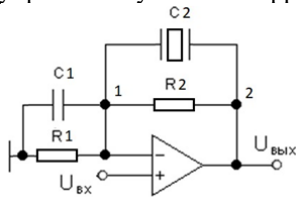
Рисунок 1 – Функциональная структурная схема

Приемный канал предназначен для формирования команд автоматического управления осью излучения лазера 9. Выполняет функцию измерения координат пятна на цели и преобразования их в электрические сигналы управления, подаваемые на вход углового корректора.

Излучение от цели 1 поступает в объектив 2, который формирует изображение цели на приемной площадке модуля двухкоординатного позиционно чувствительного детектора (PSD приемника) 3. Объектив 2 преобразует угловые координаты цели в линейные координаты (X , Y) на поверхности PSD приемников.

Модуль 3 преобразует линейные координаты изображения цели (X , Y) в электрические сигналы (напряжения) (V_X , V_Y), соответствующие линейным координатам центра тяжести изображения цели.

Двухканальный усилитель 4 с коэффициентом масштабирования K предназначен для согласования выходных сигналов модуля 3 с требованиями к сигналам управления углового корректора.



$C1$, $R1$ – опорные конденсатор и резистор;
 $C2$ – емкость пьезопривода; $R2$ – резистор нагрузки;
 $U_{вх}$, $U_{вых}$ – напряжения сигнала на входе и выходе операционного усилителя

Рисунок 2 – Схема гибридного усилителя

Угловой корректор предназначен для формирования команд автоматического управления осью излучения лазера 9. В состав углового корректора входят двухканальный аналоговый гибридный усилитель 5 и модуль быстрого рулевого зеркала (FSM зеркала), состоящий из пьезоэлектрического привода 6 и зеркала 7.

Усилитель 5 осуществляет «гибридное» управление пьезоэлектрическим приводом с автоматической минимизацией гистерезиса до уровня 0,2 % по методу [1]. Данный метод включает управление напряжениями (V_X^* , V_Y^*) и управление зарядами (Q_X^* , Q_Y^*) [1] на приводе FSM зеркала. Усилитель выполнен на основе неинвертирующего аналогового усилителя, в цепь обратной связи которого включен пьезопривод ($C2$) с параллельной нагрузкой ($R2$) в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2

При выполнении условия $R1 \cdot C1 = R2 \cdot C2$ коэффициент усиления практически не зависит от

частоты входного сигнала во всей полосе рабочих частот операционного усилителя. Осциллограмма временного отклика на ступенчатый входной сигнал приведена на рисунке 3.

Переключение между управлением зарядом и управлением напряжением происходит автоматически в соответствии с характером напряжений ($K_X V_X$, $K_Y V_Y$), подаваемых на вход усилителя 5.

Привод FSM зеркала 6 осуществляет управление угловым отклонением θ^* механической оси зеркала 7 по угловым координатам (θ_X^* , θ_Y^*).

Зеркало 7 преобразовывает угловое отклонение своей механической оси в угловое отклонение $2\theta^*$ оптической оси пучка излучения лазера 9 по угловым координатам ($2\theta_X^*$, $2\theta_Y^*$).

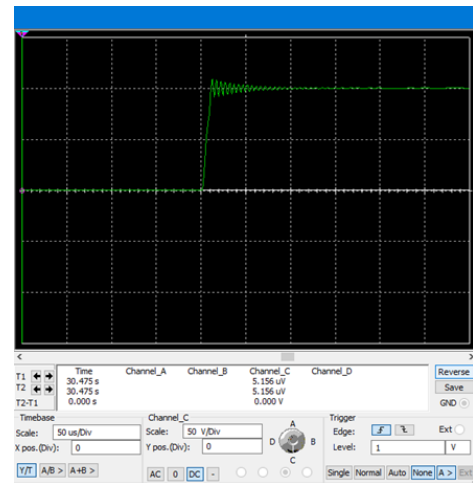


Рисунок 3 – Осциллограмма: временной отклик пьезопривода

Телескоп 8 формирует угловые характеристики лазерного луча, обеспечивающие требуемые размеры лазерного пятна на цели 1, и преобразовывает угловое отклонение оси лазерного пучка.

Проведены эксперименты по моделированию системы управления, структурная схема которой рассмотрена выше.

Экспериментально определены статические и динамические характеристики системы управления. Измеренные значения времени отклика и гистерезиса системы управления не превышали 0,7...1,0 мс и 1,0 %, соответственно.

Литература

1. Device for controlling a piezoelectric actuator: пат. US 2018/0183357 A1 / I. Quattara, J. L. Gach, P. Amram; заявл. 28.06.2018; опубл. 28.06.2018. – 9 с.