

Библиографические ссылки

1. Anders M., Thaeer M., Heiden C. Simple micropositioning devices for STM // Surface Science. – 1987. – Vol. 181. – No. 1–2. – P. 176–182.
2. Пат. 2297072 Российская Федерация. Инерционный двигатель. № 2005134280/28 ; заявл. 08.11.2005 ; опубл. 10.04.2007. Бюл. № 10.
3. Липанов А. М., Гуляев П. В., Шелковников Е. Ю. Прецизионный пьезодвигатель наноперемещений для сканирующего туннельного микроскопа // Датчики и системы. – 2004. – № 9. – С. 30–33.
4. Высокоточный инерционный пьезоэлектрический привод вращательно-поступального типа / П. В. Гуляев [и др.] // Электротехника. – 2010. – № 10. – С. 8–11.

5. Инерционный пьезоэлектрический шаговый привод субнанометровой точности / А. М. Липанов [и др.] // ПТЭ. – 2009. – № 5. – С. 121–122.
6. Zhigang Yang Impact drive rotary precision actuator with piezoelectric bimorphs / Hongzhuang Zhang [et al.] // Front. Mech. Eng. China. – 2008. – No. 3(1). – P. 71–75.
7. Построение изображений поверхности при многокадровом режиме сканирующего туннельного микроскопа / Ю. К. Шелковников [и др.] // Химическая физика и мезоскопия. – 2008. – Т. 10. – № 4. – С. 514–520.
8. Формирование наноперемещений пьезоэлектрическим осциллятором и кинематической парой вращения / А. М. Липанов [и др.] // Письма в ЖТФ. – 2011. – Т. 37. – № 15. – С. 55–61.

P. V. Gulyaev, PhD, Institute of Applied Mechanics of the Ural Branch of RAS, Izhevsk
 E. Yu. Shelkovnikov, DSc, Institute of Applied Mechanics of the Ural Branch of RAS, Izhevsk
 A. V. Tyurikov, PhD (Physics and Mathematics), Institute of Applied Mechanics of the Ural Branch of RAS, Izhevsk
 S. G. Seletkov, DSc, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
 N. I. Osipov, PhD, Institute of Applied Mechanics of the Ural Branch of RAS, Izhevsk
 S. R. Kiznertsev, PhD, Institute of Applied Mechanics of the Ural Branch of RAS, Izhevsk

Measuring and Processing System for Signals from Magnetic Induction Sensor of Inertial Piezoelectric Drive

Questions of reception and processing of data taken from magnetic induction speed sensor for linear displacements, integrated into the inertial piezoelectric drive, are investigated in the paper. Layout and operation of the sensor are described, time diagrams are shown. Noise features specific for this sensor are described, means of noise suppression and compensation are proposed.

Key words: inertial piezoelectric drive, magnetic induction speed sensor, noise-immunity, filtration, signal processing.

УДК 621.391:681.142

И. Г. Корнилов, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧКИ ПОПАДАНИЯ В СТРЕЛКОВОМ ТРЕНАЖЕРЕ КОЛЛЕКТИВНОГО БОЯ

Представлен вариант системы определения точки попадания для стрелкового тренажера коллективного боя.

Ключевые слова: тренажер, стрельба.

Большое влияние на структуру системы определения точки попадания оказывает выбор оптической схемы построения датчика координат и выбор режима разделения излучателей имитаторов оружия.

Проведенный анализ существующего положения показал, что для исключения взаимного влияния стрелков друг на друга при определении принадлежности световых пятен можно производить разделение пятен по длине волны, по времени и по форме.

При построении системы, использующей разделение по длине волны, требуется более совершенная оптико-электронная система, способная отфильтровывать излучения определенных, достаточно узких и близко расположенных диапазонов, что приводит к сложности и высокой стоимости системы (количе-

ство регистраторов точки попадания пропорционально количеству стрелковых мест). К достоинствам данного способа стоит отнести тот факт, что данные системы могут работать на более высоких частотах регистрации, чем системы с разделением по времени.

В системах с разделением по форме пятна разные излучатели формируют на экране световые пятна различной формы, например, круг, квадрат и т. д. Такие системы получаются более простыми по структуре, но требуют использования матричных датчиков (видеокамер) с высоким разрешением и высоким быстродействием, что опять ведет к повышению стоимости.

Системы с разделением по времени не имеют недостатков двух предыдущих систем, связанных с большей сложностью и стоимостью, но более же-

стко ограничивают минимальную длительность цикла обработки. Иными словами, если временные характеристики системы вписываются в ограничения, связанные с разделением световых пятен по времени, экономически и технологически более целесообразно использовать именно этот способ разделения.

Решение задачи о выборе оптической схемы сводится большей частью к определению местоположения излучателей и приемников. Излучатели для классного варианта тренажера могут быть расположенными на мишени или имитаторе оружия. Первый случай оправдывает себя (в основном по стоимости) в случае разработки тренажера для стрельбы по неподвижным мишеням с фиксированными положениями, например, для тренировок биатлонистов. В этом случае затраты на визуализацию мишени обстановка минимальны: достаточно статично, например, краской изобразить мишени, людей, местность и т. д. Второй способ с размещением излучателей на имитаторе оружия лишен недостатка предыдущего способа. На базе второго способа строится большинство современных стрелковых тренажеров.

Приемник, как и источник излучения, может быть расположен как на мишени, так и на имитаторе оружия. Первый вариант размещения используется для имитации стрельбы по неподвижным целям с фиксированными положениями. Для него характерно, как правило, малое поле регистрации, определяемое, например, размером черного круга мишени. Могут существовать теоретические решения, когда поле регистрации расширяется до значительных (напри-

мер, требуемых в данной разработке) размеров. Однако экономически это очень невыгодно. Второй вариант размещения приемника излучения на оружии имеет тоже ряд недостатков – приемник существенно изменяет массогабаритные характеристики имитатора оружия. Этого недостатка можно избежать выносом приемника излучения за пределы имитатора оружия.

Проведенный выше анализ показал, что для реализации с точки зрения минимальной стоимости, минимума конструктивных переделок имитатора оружия, простоты реализации наилучшим образом подходит вариант с излучателем, расположенным на оружии, пассивным экраном-отражателем и приемником, расположенным перед экраном (Оптико-электронные преобразователи координат стрелковых тренажеров. И. Г. Корнилов [и др.]. Тр. НТК «Приборостроение в XXI веке. Интеграция науки, образования и производства». Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2005. С. 67–76).

В качестве отражателя целесообразно использовать экран тренажера, предназначенный для формирования мишени обстановка с помощью трех проекторов. Количество фотодатчиков необходимо выбрать по количеству проекторов в системе, причем устанавливать их рядом с проекторами. В этом случае угол обзора каждого фотодатчика не превышает 30 градусов, следовательно, можно использовать простую электронно-оптическую систему.

Основываясь на вышесказанном, была предложена схема системы определения точки попадания, представленная на рис 1.

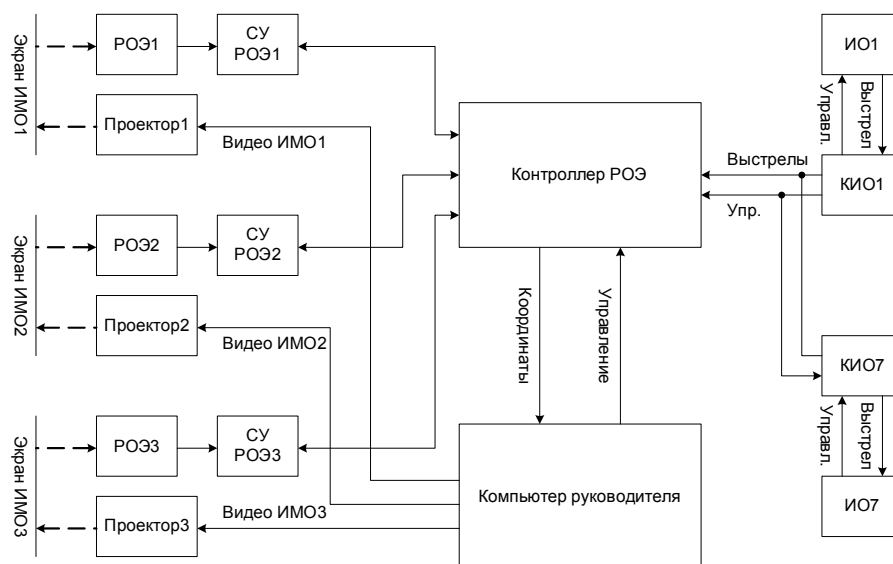


Рис. 1. Схема системы определения точки попадания

Система включает: компьютер руководителя; контроллер РОЭ (регистратора оптико-электронного); имитаторы оружия (ИО, 7 шт.); контроллер имитатора оружия (КИО, 7 шт.); экраны имитатора мишени обстановка (ИМО, 3 шт.); видеопроекторы (3 шт.); РОЭ (3 шт.); схемы управления РОЭ (СУ РОЭ, 3 шт.).

Рассмотрим составные части системы.

Компьютер руководителя типа IBM PC предназначен для расчета точек попадания и формирования изображения на проекторах при проведении автоматической тарировки системы. Компьютер также позволяет руководителю вести наблюдение за действиями обучаемого, может выводить кривую динамики

прицеливания и некоторые другие данные. Компьютер комплектуется монитором, мышью, клавиатурой, принтером и нестандартным видеоадаптером, рассчитанным на управление тремя видеопроекторами.

Контроллер РОЭ представляет собой схему на базе однокристалльной микроЭВМ и обеспечивает ввод исходной информации о текущей точке прицеливания от 3 схем управления РОЭ, накопление и выдачу поступившей информации. Также в функции контроллера входит формирование управляющих синхросигналов для РОЭ и семи КИО (управление лазерами), а также получение информации от КИО о спуске курков с боевого взвода.

Имитаторы оружия имитируют реальные образцы вооружений (масогабаритные макеты) и предназначены для обучения военнослужащих. Непосредственно на имитаторах оружия располагаются датчики спуска курков, а также оптическая система формирования лазерного луча, состоящая из фокусирующего объектива и источника лазерного излучения (лазерного диода).

Видеопроекторы показывают на экране картинку для выполнения упражнений, в которую входит пейзаж, ориентиры, мишени на различных дальностях, взрывы, следы трассирующих пуль и т. д. Изображение для видеопроекторов формирует компьютер руководителя.

РОЭ предназначены для улавливания светового пятна лазера и служат для определения точки прицеливания имитатора оружия. Под РОЭ в данной схеме понимается оптическая система, в которую входят фильтры и линзы, а также оптико-электронная система.

Схема управления РОЭ получает аналоговый сигнал, усиливает его, оцифровывает и передает его в контроллер РОЭ для дальнейшей обработки.

Экраны ИМО представляют собой отражающие поверхности нужного размера из белого материала. Поверхности экранов должны быть достаточно однородными и ровными для обеспечения выполнения требований по точности измерения положения светового пятна.

Работа системы происходит следующим образом. Сначала контроллер РОЭ инициализируется по команде с компьютера руководителя, после инициализации и настройки контроллер начинает выдавать синхросигналы, управляющие работой контроллеров имитаторов оружия и схемами управления РОЭ. В ответ схемы управления РОЭ начинают сбор информации с РОЭ и передачу ее в контроллер, который передает ее совместно с данными о включенном лазере и нажатых спусковых крючках дальше, в компьютер руководителя.

После того как была выбрана схема построения системы определения точки попадания, необходимо решить задачу выбора схемы РОЭ. Существуют стандартные решения задачи регистрации положения светового пятна, которые отличаются друг от друга стоимостью, скоростью регистрации, надежностью, технологичностью и точностью. Причем последнее требование оценить при выборе оптико-электронной

системы аналитически достаточно сложно. При решении такой задачи просматривается вариант отображения экрана ИМО на матрицу светочувствительных элементов посредством объектива. Полученное видеоизображение фильтруется и обрабатывается, в результате чего появляются значения координат точки наведения. В этом случае быстрое действие регистрирующей системы будет достаточно низким, особенно при достижении необходимой точности за счет большого числа элементов матрицы. Кроме этого в связи с высокоскоростным потоком данных с видеокамер к каждой из них потребуется схема, обладающая высокоскоростным интерфейсом и высоким быстродействием, например, на основе сигнального процессора, что также увеличит стоимость системы. К достоинству данного метода следует отнести простоту схемной реализации процесса регистрации. В связи с высокой стоимостью этот вариант не рассматривался, а был предложен вариант реализации РОЭ на основе фотолинеек.

Основным элементом оптико-электронного преобразования в предлагаемой схеме регистрации является разновидность перспективных оптических преобразователей на основе ПЗС-линейки. Рассмотрим основные преимущества и недостатки использования данного элемента.

Прежде всего отметим жесткий растр. В твердотельных приборах растр задается с высокой точностью в процессе изготовления структуры прибора, так что геометрические искажения получаемого изображения определяются только качеством оптики. Еще одно достоинство ПЗС – отсутствие инерционности. В матрицах ПЗС накопленный сигнальный заряд полностью выводится при переносе кадра, и к началу следующей экспозиции секция накопления заряда пуста.

Как правило, накопительными элементами в ПЗС-линейках служат фотодиоды; по обе стороны от линейки накопительных элементов располагаются регистры считывания. Номенклатура выпускаемых сейчас линеек довольно широка: число светочувствительных элементов колеблется от 1024 до 8192 и более единиц, кадровая частота может достигать сотен килогерц.

Итак, перейдем к описанию технической реализации оптико-электронной измерительной системы. Схема данной системы представлена на рис. 2.

В левом нижнем углу рисунка схематично изображен источник излучения, который в разрабатываемой системе является отражением лазерного луча от экрана ИМО. Лучи этого источника проходят через оптический фильтр (на рисунке не указан), в функции которого входит пропуск только лазерного излучения, и попадают в измерительную камеру, которая состоит из двух однолинзовых объективов. Линзы имеют так называемую плоскую цилиндрическую форму. Линзы расположены в одной плоскости; оси симметрии линз перпендикулярны друг другу. Геометрией линз обеспечивается развертка (фокусирование) света источника в линию, перпендикулярную основанию цилиндра линзы. Так как оси

симметрии линз взаимно перпендикулярны, изображение источника света в фокальной плоскости линз формируется в две взаимно перпендикулярные световые линии.

В фокальной плоскости перпендикулярно световым линиям располагаются фотодатчики. Таким образом, где бы ни находился источник света

(в пределах рабочей зоны), он отобразится пропорционально своему положению на оба фотодатчика (по соответствующим осям). В качестве фотодатчиков предполагается использование ПЗС-линеек, которые при умеренной стоимости обеспечивают необходимые значения точности, надежности и технологичности.

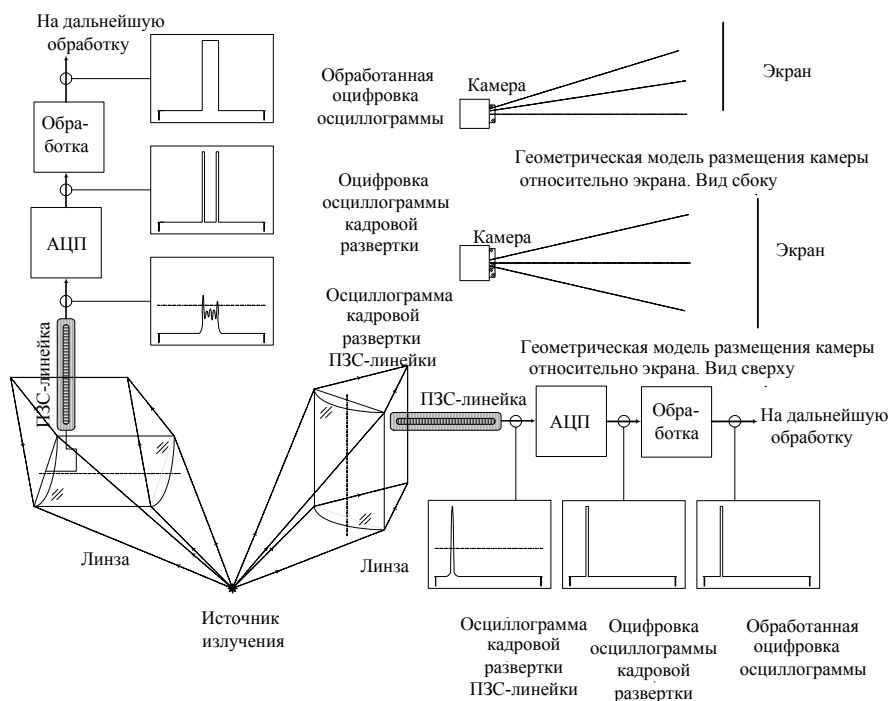


Рис. 2. Схема реализации РОЭ на основе ПЗС-линеек

Справа на рисунке представлено расположение камеры с фотолинейками относительно экрана ИМО для равнинного варианта использования тренажера. Теоретически проблемы с недостатком точности измерений могут возникнуть в областях экрана ИМО, максимально удаленных от выгодного расположения камеры, то есть по краям экрана. Чтобы заранее снизить влияние такого положения, линзы предлагается располагать так, чтобы максимальная фокусировка соблюдалась именно для точек с периферии. Это отражено на рисунке: лучи, преобразованные правой линзой, собираются в левом краю ПЗС-линейки, и на осциллограмме видно, что ширина импульса достаточно малая, а амплитуда большая. Через левую линзу лучи собираются в районе центра ПЗС-линейки. На осциллограмме виден гораздо более широкий сигнал с заметно меньшей амплитудой – фокусировка отсутствует. После того как сигнал принят ПЗС-линейкой, его необходимо преобразовать в цифровую форму. Так как необходимо зафиксировать лишь наличие (или отсутствие) сигнала в требуемой зоне,

аналого-цифровое преобразование предельно упрощается до компарирования напряжения (уровень настройки опорного напряжения компаратора показан на осциллограмме кадровой развертки ПЗС-линейки пунктиром). После обработки достаточно засечь положение начала и конца обработанного оцифрованного импульса в кадре данных линейки, определить линейно его центр и выдать результат дальше. Как видно из рисунка, оба канала (обработка по оси X и Y) работают абсолютно одинаково и независимо. Это упрощает процесс проектирования, наладки, производства системы.

Получение из приборных коэффициентов компьютерных экранных координат осуществляется с помощью программы обработки, которая также компенсирует нелинейности оптической системы и погрешности размещения элементов системы.

Предложенный вариант системы на сегодняшний день является оптимальным по цене и полностью удовлетворяет техническим требованиям заказчика.

I. G. Kornilov, PhD, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Measuring and Computing System of Hit Point Definition at Collective Fight Rifle Simulator

This paper presents a variant of the system which defines the hit points at the collective fight rifle simulator.

Key words: simulator, fight.