

УДК 621.397.4

Н.И. Мищенко, И.Н. Пустынский, В.В. Капустин

Методы и средства повышения эффективности активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем мониторинга и обеспечения безопасности объектов

Выполнен анализ применяемых в настоящее время телевизионных систем и комплексов видеонаблюдения и контроля объектов. Рассмотрены и предложены методы и средства, позволяющие повысить технические характеристики телевизионно-вычислительных систем мониторинга и обеспечения безопасности объектов в различных условиях окружающей среды.

Ключевые слова: видеосистема, освещенность, дальность, изображение, наблюдение, измерение, информативные параметры, безопасность.

doi: 10.21293/1818-0442-2016-19-3-42-46

В настоящее время для мониторинга, наблюдения, контроля и обеспечения безопасности объектов применяются телевизионные (ТВ) системы и комплексы, формирующие и обрабатывающие видеосигналы и изображения объектов телевизионно-вычислительными средствами. Полученная в результате обработки видеoinформация используется для обнаружения, распознавания, измерения параметров объектов, передачи видеоданных и команд на пункты наблюдения или управления объектами. К таким системам относятся и видеoinформационные телевизионно-вычислительные системы наблюдения или приборы визуализации изображений, в которых выполняется обработка изображений и формирование видеoinформации, необходимой для измерительных и автоматических устройств или комплексов интеллектуального управления автомобилями и других транспортных средств [1].

Для увеличения эффективности комплексов мониторинга и обеспечения безопасности объектов, применяемых в различных условиях окружающей среды, необходимы исследования и разработка методов и средств, позволяющих повысить основные технические характеристики видеoinформационных систем: динамический диапазон регулировки входной освещенности, глубины дальности видимости, точности измерения информативных параметров, достоверности обнаружения, распознавания и идентификации объектов в сложных условиях видимости [2].

Назначение систем

В зависимости от назначения системы мониторинга и обеспечения безопасности (МОБ) объектов могут использоваться в космических, воздушных, наземных, подземных, надводных и подводных условиях окружающей среды. В состав комплексной системы МОБ-объектов входят ТВ-система, аппаратно-программные средства обработки сигналов, изображений и видеoinформации, блоки формирования и передачи видеоданных и команд на пульты управления дистанционно управляемых, автоматизированных систем или на исполнительные устройства автономных робототехнических аппаратов и комплексов, устройства подсветки объектов в сложных условиях видимости и источники питания. В

воздушных, наземных и надводных условиях системы МОБ-объектов могут применяться и решать поставленные задачи в любое время суток, в солнечный день, в сумерки и ночью, при малой яркости и контрасте объектов интереса, ограниченной или низкой прозрачности атмосферы, при воздействии различных осадков, тумана, дымки, пыли и световых помех.

Системы МОБ-объектов должны быть мобильными, так как мониторинг, видеонаблюдение и контроль выполняются не только за локальными, маломерными, но и за протяжёнными объектами, за состоянием больших площадей и территорий земной и водной поверхности. В воздушных условиях наблюдения наиболее эффективными средствами для наблюдения, обнаружения, распознавания, идентификации и измерения информативных параметров объектов являются малые и средние дистанционно-управляемые или автономные, беспилотные летательные аппараты, использование которых гораздо безопаснее и дешевле по сравнению с пилотируемыми самолётами и вертолётами [3]. Беспилотные летательные аппараты могут применяться для охраны и воздушного патрулирования местности, обнаружения очагов пожаров, спасательно-поисковых работ, дистанционного наблюдения за удалёнными, необслуживаемыми объектами и окружающей обстановкой в опасных или недоступных для человека местах.

В наземных и надводных условиях наиболее эффективно системы МОБ-объектов могут использоваться для управления подвижными транспортными средствами. Для автоматического управления аппаратно-программные средства систем должны в режиме реального времени получать и обрабатывать сигналы и изображения объектов, находящихся в поле зрения видеокамер, формировать и выдавать необходимую видеoinформацию или команды управления на устройства отображения, расположенные в кабине водителя, или на исполнительные устройства транспортных средств. Видеокамеры могут применяться для обзора, обнаружения, распознавания и измерения параметров объектов перед транспортным средством, за ним и в боковых на-

правлениях, позволяя водителю более уверенно ориентироваться в сложных условиях видимости. Для увеличения поля зрения видеокамер применяются широкоугольные объективы, вызывающие искажения координат, размеров, формы и других информативных параметров объектов. Для коррекции искажений и повышения точности измерений параметров применяются специальные методы, алгоритмы и программы цифровой обработки изображений объектов телевизионно-вычислительными средствами [4]. Основными задачами и проблемами, которые в настоящее время ограничивают применение автоматизированных или беспилотных, автономно управляемых автомобилей и других транспортных средств являются достоверное обнаружение, распознавание, определение параметров окружающих подвижных объектов и принятие правильных решений, обеспечивающих их безопасность в сложных ситуациях и условиях окружающей среды.

Кроме воздушных, наземных и надводных систем МОБ-объектов видеонаблюдения создаются различные подводные мобильные дистанционно управляемые автоматизированные или автономные аппараты и робототехнические комплексы. Мобильные подводные системы могут использоваться для мониторинга большеразмерных объектов и территорий, технического обследования плотин, мостов, поиска и обнаружения затонувших объектов, инспекции подводных магистральных газовых и нефтяных трубопроводов, кабелей и других подводных коммуникаций и объектов [5]. В ручном, дистанционном режиме управления оператор может наблюдать за подводной обстановкой и окружающей средой, следить за работой системы МОБ-объектов и управлять ее движением в нужном направлении при помощи команд, передающихся по каналу связи. В наиболее простых робототехнических комплексах передача команд от оператора и трансляция информации от видеосистемы выполняется по кабелю, связывающему мобильный аппарат с пультом управления. В автономных режимах работы, как и в наземных комплексах, управление подводными аппаратами может выполняться бортовыми компьютерами.

Подземные системы МОБ-объектов применяются для видеонаблюдения и оперативного контроля технологических процессов добычи полезных ископаемых шахтным способом, повышения эффективности работы горнодобывающего оборудования и обеспечения безопасного труда горняков и горноспасателей. Мобильные дистанционно управляемые автоматизированные или автономные подземные аппараты и робототехнические комплексы могут применяться для работы в труднодоступных и удаленных местах, в сложных условиях видимости, в полной темноте и низкой освещенности объектов, при воздействии дымки, пыли, взрывоопасных газов и в других сложных и опасных ситуациях и условиях окружающей среды.

Режимы работы систем

В зависимости от назначения и условий окружающей среды применяются различные режимы

работы систем и комплексов МОБ-объектов: непрерывные пассивный или активный и активно-импульсный режимы с подсветкой объектов, стробированием и селекцией сигналов излучения отраженных от объектов. Одной из задач и проблем повышения эффективности систем МОБ-объектов является обеспечение их работоспособности в реальных условиях окружающей среды при изменении освещенности объектов, фона и яркости оптических помех.

Системы МОБ-объектов должны обладать широким динамическим диапазоном входной освещенности и подстраиваться к ее изменениям в реальном режиме времени. Для адаптации к различным условиям окружающей среды, регулировки светового динамического диапазона видеокамер и обеспечения оптимальной освещенности фоточувствительных элементов преобразователей свет-сигнал применяется оперативное ручное или автоматическое изменение параметров и режимов работы систем.

Пассивный непрерывный режим работы систем МОБ-объектов применяется при нормальных естественных уровнях освещенности объектов и поля зрения видеосистем, позволяющих получать высокое качество наблюдаемых изображений, повышенные достоверность обнаружения и распознавания, точность измерения информативных параметров объектов и видеоданных. Активный непрерывный режим работы с дополнительной подсветкой объектов наблюдения импульсным излучением применяется в воздушных, наземных и подземных, надводных и подводных условиях, в закрытых помещениях и сооружениях, в полной темноте или при низких уровнях естественной освещенности поля зрения видеокамер, не позволяющих получать необходимые характеристики систем.

Освещенность окружающей среды и объектов в воздушных, наземных и надводных условиях может изменяться в широких пределах от максимальных значений в ясный солнечный день более 10^5 лк до минимальной освещенности в безлунную ночь и при сплошной облачности менее 10^{-4} лк. Для адаптации к условиям наблюдения и освещенности окружающей среды применяются ручная или автоматическая регулировка параметров систем. Широкий диапазон динамического регулирования освещенности может обеспечиваться в результате изменения диафрагмы или относительного отверстия объективов, регулировки экспозиции преобразователей свет-сигнал, длительности и скважности импульсов излучения и стробирования затворов электронно-оптических преобразователей (ЭОП) или светочувствительных элементов матриц видеокамер. Если изменение диафрагмы приемного объектива уменьшает избыточную освещенность фона и оптических помех до $2 \cdot 10^2$, а стробирование затворов до $2 \cdot 10^5$, то динамический диапазон регулировки освещенности может увеличиться до $4 \cdot 10^7$, что позволит адаптироваться к освещению окружающей среды и повысить характеристики систем МОБ-объектов.

Для подсветки объектов применяются лазерные импульсные излучатели со спектром излучения, совпадающим с полосой пропускания излучения окружающей среды и спектральной чувствительностью фотокаатода ЭОП или светочувствительных элементов матриц видеокамер. В воздушных и наземных условиях в качестве источников подсветки используются инфракрасные, лазерные, полупроводниковые, диодные источники с небольшим ослаблением излучения в атмосфере и возможностью скрытного наблюдения и обеспечения безопасности объектов. Для расширения диапазона регулировки освещенности в оптическую систему комплексов МОБ-объектов включаются узкополосные фильтры с полосой пропускания, совпадающей со спектром

излучаемых импульсов подсветки. Спектральная селекция отраженных от объектов сигналов может в (10–100) раз уменьшить освещенность от окружающей среды или помех, не совпадающих со спектром излучения подсветки, что позволит при регулировке других параметров системы увеличить до $4 \cdot 10^9$ общий диапазон адаптации к изменяющемуся освещению объектов и окружающей среды.

Активно-импульсный режим работы систем с подсветкой объектов импульсами излучателя и селекцией отраженных от объектов сигналов (рис. 1) применяется при работе активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем (АИТВС) в сложных условиях видимости [1, 2].



Рис. 1. Структурная схема активно-импульсной телевизионно-вычислительной системы

В состав системы входят: оптический блок с входным объективом, формирующим поле зрения системы, диафрагмой объектива, регулирующей световой динамический диапазон и оптическим фильтром, обеспечивающим спектральную селекцию объектов; ЭОП с микроканальными пластинами, усиливающий яркость изображения поля зрения; согласующий объектив для переноса изображения с экрана ЭОП на матрицу ТВ-камеры; блок обработки изображений; блок управления диафрагмой; формирователь импульсов стробирования ЭОП; блок сканирования зоны видимости по дальности; пульт дистанционного или автономного управления режимами работы и регулировки параметров системы; формирователь импульсов излучения; полупроводниковый излучатель; объектив излучателя, формирующий угол подсветки объектов. В состав пульта управления могут входить монитор, отображающий изображение поля зрения системы и необходимые видеоданные, блок управления системой, ноутбук для компьютерной обработки, формирования, хранения, дистанционной передачи и приема видеoinформации или команд управления, источники питания блоков системы.

Селекция отраженных от объектов сигналов выполняется ЭОП или видеокамерой, снабженных затвором, который открывается синхронно и в такт с посылкой импульсов излучения. Затвор открывается на время длительности импульса стробирования, равного по длительности импульсу излучения, и с задержкой, зависящей от дальности до наблюдаемого объекта. Если временная задержка равна времени прохождения излучения до объекта и обратно, то выполняется прием и селекция сигнала только от объекта интереса и окружающей его зоны наблюдения по дальности. Глубина зоны наблюдения зависит от длительности импульсов стробирования, а дальность до объекта определяется величиной временной задержки импульсов стробирования относительно импульсов излучения. Глубина дальности видимости АИТВС ограничена временем селекции сигналов и длительностью импульсов стробирования, открывающих затвор приемника, что является недостатком активно-импульсного режима работы [6]. Для увеличения глубины дальности видимости АИТВС применяется ручное, полуавтоматическое или автоматическое изменение и управление задержки импульса стробирования по дальности и согласованные с ними по времени селекция и прием

сигналов излучения, отраженных от объектов, находящихся в зоне наблюдения.

Режимы управления систем

В ручном режиме управления [1] задержка импульсов стробирования, предварительно установленная на выбранной величине, вручную плавно и непрерывно или дискретно и ступенчато увеличивается или уменьшается до величины, соответствующей максимальной или минимальной дальности действия АИТВС. При изменении задержки зона наблюдения непрерывно или дискретно смещается по дальности и совмещается оператором с выбранным объектом интереса. После приема и стробирования отраженного от объекта сигнала излучения производятся прием и обработка видеосигналов и изображения, регистрация и индикация дальности, соответствующая задержке импульсов стробирования, измерение информативных параметров объекта интереса, формирование видеоданных и команд управления.

В полуавтоматическом режиме управления выполняется периодическое изменение задержки импульсов стробирования и сканирование зоны наблюдения от минимальной до максимальной дальности действия и обнаружение объекта по глубине дальности видимости. Изменение задержки и сканирование зоны выбираются с низкой скоростью и частотой, позволяющей оператору вручную выполнять остановку задержки импульсов стробирования и смещения зоны. В момент появления объекта интереса в поле зрения АИТВС и обнаружения его в зоне наблюдения сканирование зоны останавливается, принимаются и обрабатываются сигналы излучения, отраженные от объекта, определяются параметры объекта и формируются необходимые видеоданные.

В автоматическом режиме управления [2] выполняется периодическое программно-управляемое изменение задержки импульсов стробирования, высокочастотное сканирование зоны наблюдения и обзор поля зрения системы по дальности в прямом или обратном направлениях до максимальной или минимальной дальности действия. При появлении объекта в зоне наблюдения в реальном режиме времени производится автоматическое стробирование, селекция, прием, обработка и обнаружение сигналов излучения, отраженных от объекта. После обнаружения объекта производится автоматическая остановка сканирования зоны, измерение информативных параметров, распознавание объекта интереса, регистрация его дальности по величине задержки импульсов стробирования, формирование видеоданных и команд управления.

Автоматическое изменение задержки импульсов стробирования, высокочастотное сканирование зоны наблюдения по дальности, обработка сигналов и изображений, измерение параметров объектов, формирование видеоданных и команд в реальном режиме времени могут повысить быстродействие АИТВС и увеличить глубину дальности видимости до максимальной дальности действия системы. Для

АИТВС с дальностью действия 200 м, частотой повторения импульсов излучения 50–5000 Гц, длительностью импульсов стробирования 120 нс и размерами зоны видимости 20 м [1] глубина видимости при дальности действия системы 100–200 м может в результате автоматического сканирования зоны наблюдения увеличиться в (5–10) раз.

Время нахождения объекта в зоне наблюдения зависит от скорости движения объекта относительно подвижной системы МОБ-объектов. При взаимной суммарной скорости движения объекта и системы 35–70 км/ч время нахождения объекта наблюдения в зоне видимости, равной 20 м, не превышает 1–2 с, что является недостатком АИТВС с ручным режимом управления. Для увеличения времени обнаружения, распознавания и определения информативных параметров подвижных объектов в автоматическом или автономном непрерывном режиме наблюдения необходимо выбирать частоту импульсов подсветки, стробирования и сканирования, значительно превышающую частоту кадровой развертки видеокамеры, равную 50 Гц. Необходимая частота импульсов подсветки зависит от дальности действия системы, размеров зон наблюдения и их взаимного расположения при сканировании по дальности. При дальности действия системы в сложных условиях видимости 100–200 м, зонах, расположенных вплотную без промежутков и перекрытий, и размерах зон 20 м частота импульсов подсветки и сканирования, необходимая для непрерывного наблюдения объектов до максимальной дальности, должна превышать 250–500 Гц.

В автономном режиме управления в процессе автоматического сканирования зоны наблюдения по дальности в режиме реального времени должны выполняться обзор, обнаружение, распознавание и идентификация объектов интереса, находящихся в поле зрения системы МОБ-объектов. Для повышения достоверности обнаружения и распознавания объектов интереса в режиме обзора может применяться метод дополнительного анализа сигнала от объекта. В режиме обзора сигналы излучения, отраженные от объектов, принимаются, преобразуются в цифровую форму и после цифровой обработки сигналов поступают на решающее устройство обнаружения объектов. Если сигналы превышают уровень порогового устройства обнаружения, выбранный по уровню шумов, допустимой вероятности ложной тревоги и вероятности пропуска сигнала и объекта, то автоматическое сканирование зоны по дальности останавливается. Принятые сигналы суммируются за время анализа и поступают на решающее устройство распознавания объекта. После суммирования сигналов система переходит на этап анализа обнаруженного объекта. Если накопленные за время анализа сигналы превышают пороговый уровень решающего устройства анализа, то производится измерение параметров объекта и принимается решение о достоверном обнаружении, распознавании и идентификации объекта интереса. Выполняется из-

мерение дальности и других информативных параметров объекта, необходимых для формирования видеоданных и команд управления системы. Время анализа выбирается в соответствии с необходимой вероятностью достоверного распознавания и идентификации объектов. При максимальной частоте импульсов излучения, стробирования и сканирования 5 кГц в режиме обнаружения может накапливаться до 10 отраженных от объекта сигналов излучения в кадре. Накопление сигналов в режиме обнаружения увеличивает число сигналов, накопленных в режиме анализа, повышает достоверность обнаружения, распознавания и идентификации объектов интереса, точность измерения информативных параметров, видеоданных и других характеристик систем и комплексов мониторинга и обеспечения безопасности объектов в сложных условиях окружающей среды.

Заключение

Применение спектральной и временной селекции сигналов излучений отраженных от объектов, регулировки диафрагм объективов, длительности и скважности импульсов стробирования электронных затворов приемников сигналов может обеспечить необходимый диапазон динамического регулирования и адаптацию систем к изменению освещенности объектов и фона в различных условиях окружающей среды.

Использование предлагаемых методов и средств автоматической задержки импульсов стробирования относительно импульсов подсветки объектов и высокочастотного сканирования зоны наблюдения по дальности увеличит глубину дальности видимости до максимальной дальности действия системы.

Многоэтапный метод обнаружения и анализа сигналов позволит повысить достоверность обнаружения, распознавания и идентификации объектов интереса, точность измерения их информативных параметров и эффективность работы систем мониторинга и обеспечения безопасности объектов в сложных условиях видимости.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках гранта по научному проекту №16-47-700939.

Литература

1. Кирпиченко Ю.Р. Видеоинформационные системы наблюдения и контроля при сложных условиях видимости / Ю.Р. Кирпиченко, М.И. Курячий, И.Н. Пустынский //

Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – № 2 (26), – С. 105–110.

2. Мищенко Н.И. Методы и средства повышения технических характеристик активно-импульсных телевизионно-вычислительных систем наблюдения / Н.И. Мищенко, И.Н. Пустынский // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2014. – № 3 (35). – С. 47–52.

3. Волков В.Г. Телевизионные системы для спецтехники // Спецтехника и связь. – 2010. – №2. – С. 2–17.

4. Капустин В.В. Коррекция координатных искажений в телевизионно-вычислительных системах // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – № 4 (38). – С. 174–178.

5. Лазерная система подводного видения LSV-W [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://turn.ru/rus/products/lynx_lsv.htm, свободный (дата обращения: 04.10.16).

6. Волков В.Г. Активно-импульсные приборы ночного видения // Специальная техника. – 2002. – №3. – С. 2–11.

Мищенко Николай Иванович

Ст. науч. сотрудник каф. телевидения и управления (ТУ) ТУСУРа
Тел.: 8 (382-2) 41-33-68
Эл. почта: mish@tu.tusur.ru

Пустынский Иван Николаевич

Д-р техн. наук, профессор каф. ТУ
Тел.: 8 (382-2) 41-34-23
Эл. почта: in@tu.tusur.ru

Капустин Вячеслав Валериевич

Аспирант каф. ТУ
Тел.: +7-960-969-88-77
Эл. почта: peregnun@mail.ru

Mishchenko N.I., Pustynsky I.N., Kapustin V.V.

Methods and means to increase efficiency of active-pulsed television-computing monitoring systems and security of objects

The analysis of the currently used television systems, video surveillance systems and control facilities is carried out. Methods and means to improve technical characteristics of computer security systems and TV-monitoring facilities in different environments are examined and proposed.

Keywords: video system, image, luminance, range, observation, measurement, informative parameters.