

Физическая аппаратура и ее элементы

УДК 535-15

Особенности построения телевизионного канала в совмещенных теплотелевизионных системах

Э. Р. Бадертдинов, И. Г. Денисов, А. В. Козлов

В данной статье рассматриваются технические вопросы, возникающие при совмещении телевизионного канала (в диапазоне 0,4—0,7 мкм) с тепловизионным (в диапазоне 3,0—5,0 мкм). Предложены решения в построении оптической схемы, электронной системы и программного обеспечения. Рассмотрены проблемы и предложены их решения по юстировке каналов, и временной синхронизации.

PACS: 44.40.+a

Ключевые слова: телевизионный канал, тепловизионный канал, фотоприемное устройство, юстировка, временная синхронизация, теплотелевизионная система.

Введение

Известные данные анализа особенностей формирования изображений в видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах спектра (см., например, [1]) указывают на перспективность комплексирования в видовых оптико-электронных системах телевизионного (ТВ) и тепловизионного (ТПВ) каналов. При этом достигается увеличение дальности действия аппаратуры при обнаружении и распознавании удаленных объектов.

В данной статье рассматриваются технические вопросы, возникающие при разработке совмещенного теплотелевизионного канала с рабочими областями спектра 0,4—0,7 и 3,0—5,0 мкм. Для совмещения двух каналов разных спектров были применены технические решения в части построения оптической и электронной систем, а также разработка специального программного обеспечения. Такие решения дают возможность попиксельного совмещения изображений в каждом из диапазонов длин волн, формируемых фо-

топриемными устройствами (ФПУ) различной структуры и технологии изготовления.

Оптическая часть и конструкция

Оптическая схема и конструкция являются одними из самых ключевых элементов разработки оптического изделия, т. к. в значительной степени определяют облик, габариты и прочие тактико-технические характеристики изделия. Возможно несколько вариантов построения оптических схем ТВ- и ИК-каналов:

- с различными полями зрения; с одинаковыми полями зрения;
- с одинаковыми угловыми размерами элементов разложения.

Совмещение оптических осей можно реализовать несколькими способами. Реализация зависит от требований по габаритам, полям зрения к конкретной системе. Предлагаемые решения показаны на рис. 1. Оптическая схема совмещения каналов со спектроразделительным зеркалом показана на рис. 1, а, в котором ТВ- и ИК-каналы расположены максимально близко друг к другу и имеют одно направление. Использование длиннофокусного ИК-объектива (схема Кассегрена, рис. 1, б) позволяет уменьшить габариты оптической системы. Такое решение допускает размещение ФПУ и объектива ТВ-канала перед контрзеркалом, не создавая преград входному пучку для ИК-объектива [2].

Бадертдинов Эдуард Робертович, мл. научный сотрудник.

Денисов Игорь Геннадиевич, начальник отдела.

Козлов Артем Владимирович, ст. научный сотрудник.

ОАО «НПО «Государственный институт прикладной оптики».

Россия, 420075, г. Казань, ул. Н. Липатова, 2.

Тел. 8 (843) 294-87-00. Факс 8 (843) 294-87-01.

E-mail: npogipo@tnpko.ru

Статья поступила в редакцию 11 августа 2014 г.

© Бадертдинов Э. Р., Денисов И. Г., Козлов А. В., 2015

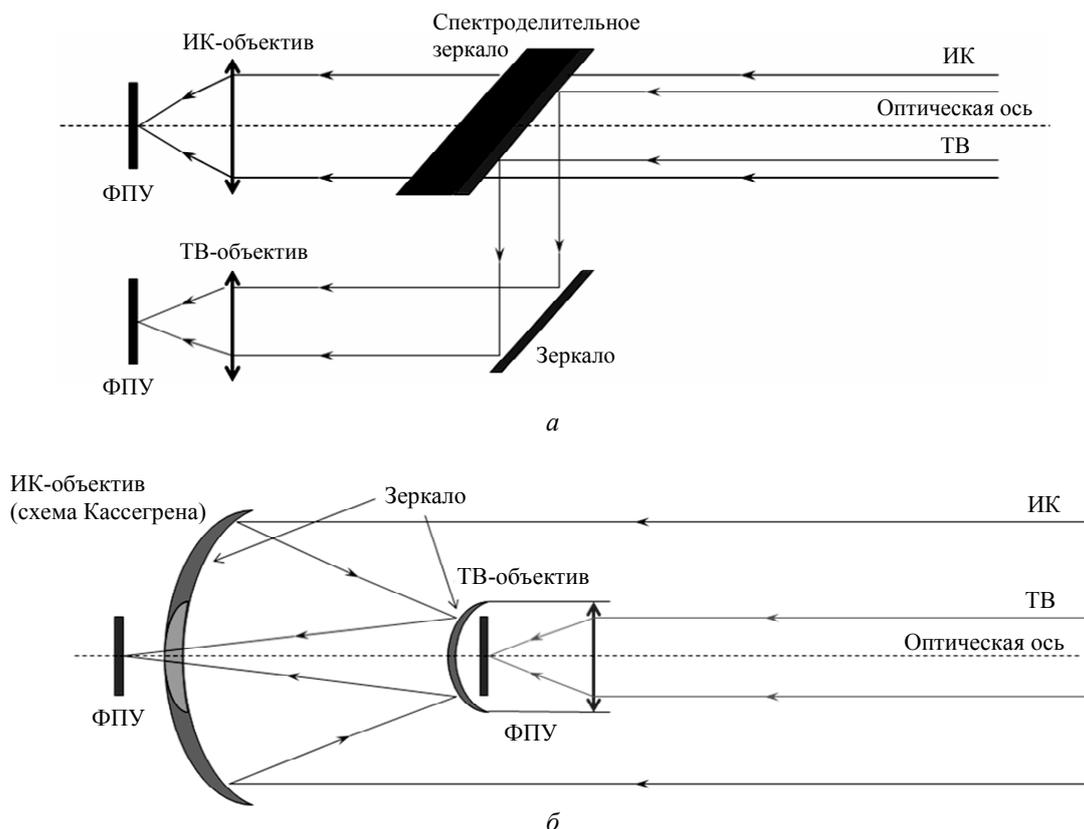


Рис. 1. Оптическая схема совмещения ТВ- и ИК-каналов: а) схема совмещения каналов со спектроразделительным зеркалом; б) использование схемы Кассегрена.

Выбор фотоприемного устройства для ТВ-канала

Для ФПУ видимого диапазона технологии позволяют производить матрицы больших форматов 1280×1024, 2048×2048, 4096×3072 и более, причем при размере пикселя 5—6 мкм. Более того, современные ФПУ позволяют работать в “оконном режиме”, т. е. со всей матрицы можно использовать 320×256 пикселей, что не всегда рационально. Возможно кратное увеличение размера элемента разложения матрицы посредством объединения (суммированием) пикселей 2×2, 3×3, 4×4 и т. д., что может быть без особых сложностей реализовано с помощью современных цифровых систем обработки данных. Таким образом, эффективный размер пикселя становится в 4, 9, 16 раз больше, что положительно сказывается на получаемом отношении сигнал/шум, увеличивая это значение в 2—4 раза [3].

С другой стороны, технологии изготовления ФПУ и оптических элементов для ИК-диапазона на порядок сложнее и дороже, чем для видимого диапазона. Поэтому ИК-канал должен быть выполнен на самом высоком доступном уровне. Требования по обеспечению совпадения угловых размеров элементов разложения и размеров полей зрения в компенсированной системе позволяют

реализовать доступные в настоящий момент матричные охлаждаемые ФПУ с форматом кадра 320×256 пикселей.

Оптико-электронная юстировка

Совмещение каналов обеспечивается за счет параллельности оптических осей, которая достигается оптико-электронной юстировкой (точность 1—2 угловых минут).

Юстировка осуществлялась с помощью специально разработанного коллиматора, формирующего изображение различных тест-объектов в обоих спектральных диапазонах. Коллиматор состоит из зеркального объектива, тест-объектов и источника излучения. В качестве источника излучения в коллиматоре применяется галогеновая лампа. Единый источник тестового изображения, с одной стороны, позволяет производить настройку обоих каналов на одном рабочем месте, а с другой стороны, обеспечивает контроль рассогласования оптических осей за счет формирования единого в двух спектральных диапазонах опорного изображения.

Программно-электронная юстировка

Задача по согласованию угловых размеров полей зрения, элементов разложения и форматов

матриц решается программно-электронным способом (точность $\frac{1}{4}$ эффективного поля зрения).

Более точное совмещение оптических осей можно достичь элементами электронной коррекции. В данном случае задача совмещения решается смещением центра изображения на ФПУ видимого канала, имеющего исходно больший формат, и, соответственно, запас для смещения без потери информации. Смещение реализуется на целое число пикселей. Решением задачи точной корректировки (до 0,1 мрад) является использование избыточной информации, а именно: разложения видимого изображения на исходные пиксели ФПУ. Метод заключается в смещении ТВ-изображения до суммирования (2×2 , например), т. е. на размер исходных пикселей ФПУ, таким образом, получая шаг смещения в 2, 3, 4 раза меньше, что значительно увеличивает точность подстройки. Более того, этот метод позволяет учитывать температурный уход осей, автоматически корректируя сдвиг ТВ-канала. В итоге, такой подход решает задачу окончательной доводки и температурной коррекции параллельности оптических осей каналов совмещенных теплотелевизионных систем.

Временная синхронизация

Корректное совмещение данных с обоих каналов невозможно без временной синхронизации. Для этого необходимо реализовать одновременное начало времени экспонирования сигналов. Процесс синхронизации предусматривает ее внутреннюю или внешнюю реализацию. Внешняя синхронизация осуществляется по внешнему сигналу «запрос кадра». В момент прихода запроса процессоры устройств обработки одновременно запускают экспонирование в фотоприемниках обоих каналов. Внутренняя синхронизация реализуется через канал связи между процессорами. Запуск экспонирования обоих каналов может также производиться с учетом различия времени накопления в приемниках обоих каналов. При этом быстроедействие систем обработки изображений на всех этапах и в целом в системах позволяет достигать кадрovou частоту до 100 Гц.

Реализация проекта

На основе вышеизложенных решений, в ОАО «НПО «ГИПО» разработаны опытные образцы двух теплотелевизионных устройств. В зависимости от требований, оптические конструкции приборов реализованы по схемам, представленным на рис. 1. Для приборов разработаны электронные модули каналов. Для управления фотоприемниками и для предварительной обработки информации ТВ-канала используется ПЛИС

Stratix. Для обработки видеоизображения используется сигнальный процессор.

Разработано специальное программное обеспечение (ПО), где были учтены особенности приема данных с ФПУ ТВ-канала, суммирование пикселей (2×2 , 4×4), выделение области интереса и смещение окна. Программа разработана максимально «гибкой», т. е. режимы работы меняются по управляющим командам в режиме реального времени. Благодаря грамотно разработанному ПО осуществлялась программно-электронная юстировка.

С использованием коллиматора проводилась оптико-механическая юстировка. Между каналами реализована временная синхронизация. Вывод данных с двух каналов обеих систем осуществляется по цифровым высокоскоростным интерфейсам FiberChannel и Ethernet 1Gbit.

С теплотелевизионным каналом проведены натурные испытания. На рис. 2 продемонстрирован пример регистрации изображений теплотелевизионной системой, а именно, ТВ сверху, ИК снизу (отображен самолет в разных ракурсах, находящийся в воздухе). Данный пример наглядно демонстрирует совмещение каналов теплотелевизионной системы.



Рис. 2. Регистрация изображений самолета теплотелевизионной системой: ТВ-канал сверху, ИК-канал снизу

Заключение

В соответствии с техническими требованиями были изготовлены уникальные опытные образцы двух теплотелевизионных систем. При совмещении разнородных каналов применялась программно-электронная юстировка. Такая юстировка позволяет более точно совмещать каналы, а также применять корректировку центровки каналов программным способом, автоматически в режиме реального времени. Изделия успешно прошли приемо-сдаточные испытания, испытания на надежность, натурные испытания на объекте установки. Результаты испытаний подтвердили соответствие всем требуемым тактико-техническим характеристикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балоев В. А., Мишанин С. С., Овсянников В. А. и др. // Оптический журнал. 2012. Т. 79. № 3. С. 22.
2. Zhang Xu Yan. Design of Visible, Infrared Dual-Channel Optical System for Space Target Detection. — ICEOE. 2011.
3. Richwine R. et al. // Proc. SPIE. 2007. V. 6543.

Design features of a television channel in the infrared-visible optical systems

E. R. Badertinov, I. G. Denisov, and A. V. Kozlov

State Institute of Applied Optics, R&P Association, Inc.
2 N. Lipatova str., Kazan, 420075, Russia
E-mail: npogipo@tnpko.ru

Received August 11, 2014

In this article, the technical problems related with combining a visible (0.4—0.7 μm) channel with an infrared (3—5 μm) channel have been considered. The design of optics schemes and also the hardware and software solutions are presented. Adjustment of channels and its time synchronization are in service.

PACS: 44.40.+a

Keywords: visible channel, infrared channel, fotodetector, adjustment, time synchronization, infrared-visible dual-channel system.

REFERENCES

1. V. A. Baloev, S. S. Mishanin, V. A. Ovsyannikov, et al., Journal of Optical Technology **79**, 22 (2012).
2. Xu Yan Zhang, *Design of Visible, Infrared Dual-Channel Optical System for Space Target Detection*. (ICEOE, 2011).
3. R. Richwine et al., Proc. SPIE **6543**, (2007).