

Розвиток, бойове застосування та озброєння радіотехнічних військ

УДК 621.396

Н.П. Кандырин

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИСТРАЦИИ И ОТОБРАЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РЛС С АНАЛОГОВЫМ ВЫХОДОМ

Проводится анализ существующих методов объективного контроля первичной радиолокационной информации их возможности и недостатки. Рассмотрены вопросы выбора современного метода объективного контроля для РЛС с аналоговым выходом с учетом новых цифровых технологий. Показан принцип построения адаптера сопряжения и его основное предназначение, которое заключается в преобразовании аналоговых сигналов РЛС в цифровую форму и передачу ее для записи в автономный либо в стандарте USB накопитель ЭВМ.

Ключевые слова: объективный контроль, радиолокационная информация, воздушная обстановка.

Введение

Постановка проблемы. В радиотехнических войсках (РТВ) основным способом объективного контроля (ОК) радиолокационной информации и действие обслуживающего персонала есть фотоконтроль. Объектом объективного контроля первичной радиолокационной информации РЛС старого парка (с так называемым аналоговым выходом) есть экран индикатора кругового обзора (ИКО) [1]. В настоящее время технические возможности для проведения фотоконтроля и соответствующие материалы обработки практически отсутствуют. Поэтому необходимо искать новые современные методы регистрации информации, которые бы позволяли реализовать новые возможности объективного контроля.

Анализ литературы. Фотографирование экранов ИКО радиолокационных станций, обнаружение и наведение с целью фиксирования воздушной обстановки осуществляется непрерывно путем чередования снимков с длительной экспозицией (4-5 минут для РЛС сантиметрового диапазона, 2-3 минуты для РЛС метрового и дециметрового диапазонов) и с короткой экспозицией (время двух оборотов развертки экрана СКО). Снимки с короткой экспозицией выполняются также во время нажатой кнопки «Запрос» аппаратурой системы государственного опознавания.

Во время работы РЛС в условиях радиопомех средней и высокой интенсивности, а также во время радиолокационного прохода воздушных целей на высотах меньше 500м фотографирование ИКО осуществляется каждые две минуты с экспозицией не меньше чем 30 секунд [2].

Темп фотографирования экранов РЛС обнаружения и наведения должен увеличиваться в случае резкого маневрирования воздушной цели.

Анализ возможностей использования для фотоконтроля цифровых фотокамер (ЦФК) показал, что их существенным недостатком есть возможность подделывать изображение с помощью графических редакторов.

Система объективного контроля регистрации радиолокационной информации, которая приходит от РЛС старого парка типов П-18, П-19, П-37, 5Н84А, а также подвижных высотометров, может обеспечивается радиолокационными экстракторами А-1000М и А-1000Н. Однако существенным недостатком этой системы есть невозможность регистрации первичной информации от РЛС. При этом сохраняются только данные про местонахождение воздушного объекта, полетная информация, информация опознавания в виде характеристик (формуляры ВО). Данные про помеховую обстановку и амплитуду отраженного сигнала от целей не сохраняются. Кроме этого, регистрация осуществляется после автоматического обнаружения ВО, слабые и одиночные сигналы от целей могут быть пропущены [3].

В системе объективного контроля цифровой РЛС 79К6 запись информации регистрируется на электронный диск накопитель типа FFD-25-IDEP-4096-X-A. В модернизированной РЛС 35Д6М регистрируется такая же самая информация, как и у 79К6, однако без результатов диагностики и технического состояния устройства.

В обоих РЛС все отметки регистрируются в виде стандартизованных синтетических знаков, в том числе от некомпенсированных помех, которые прошли первичную обработку, что, позволяет оценить адекватность выбора режимов работы текущей обстановки. Поскольку обе РЛС не имеют аналогового эхо-сигнала, то все отметки есть синтезированными после обнаружителя.

Таким образом:

а) в рассмотренных РЛС РТВ регистрируется не вся радиолокационная информация, а только отметки, которые превышают порог обнаружения;

б) системы регистрации не имеют программного, либо другой защиты информации от модификации, осуществляется только защита от несанкционированного доступа.

Целью статьи является разработка адаптера сопряжения РЛС старого парка типа П-37, 5Н84А, П-18 с ЭВМ для регистрации радиолокационной информации и адаптера сопряжения ЭВМ с ИКО «Пикет» для ее дальнейшего отображения.

Основная часть

Основное назначение аппаратно-программного комплекса регистрации радиолокационных сигналов (далее - комплекс) это запись и отображение радиолокационной информации о воздушной обстановке от аналоговых РЛС.

Таким образом, комплекс должен иметь аппаратную часть, где входные сигналы, которые несут информацию о воздушной обстановке, будут дискретизоваться и преобразовываться в цифровую форму, объединяться с дополнительными сигналами, шифроваться и передаваться в соответствующем формате на накопитель информации.

Программная часть комплекса должна устанавливаться на ЭВМ в виде базы данных и программного обеспечения для отображения информации на экране монитора, распечатывание на бумажный носитель, а также формирование кода сигналов для отображения через адаптер воздушной обстановки на экране ИКО. Преобразование кода сигналов в аналоговую форму и формирование напряжения развертки для ИКО должно обеспечивать специальное устройство – адаптер сопряжения ЭВМ с ИКО «Пикет» (далее адаптер ИКО).

Для функционирования аппаратной части комплекса, как уже упоминалось, необходимы следующие входные сигналы:

- коды азимутального положения антенны (β) либо масштабные азимутальные импульсы («МАИ»);
- импульсы начального перехода антенны через направление на север («СЕВЕР»);
- импульсы начала зондирования («ЗАП.0»);
- эхо-сигналы («ЭХО»);
- сигналы ответа (признак государственного опознавания «ОТВЕТ»).

Сигналы "МАИ", "СЕВЕР", "ЗАП.0", "ОТВЕТ" несут информацию только про свое временное положение, поэтому их можно преобразовать в бинарный сигнал. В РЛС 5Н84А формируется комплексный сигнал, который включает в себя несколько сигналов ("ЭХО", "СЕВЕР", "ЗАП.0"), ко-

торые различаются по амплитуде. Для разделения таких сигналов необходимо использовать амплитудные селекторы.

Сигнал "ЭХО" кроме информации о своем временном положении несет еще и информацию об энергетических параметрах отражения. Поэтому этот сигнал необходимо подавить до аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Для реализации требуемого динамического диапазона достаточно 8-разрядного преобразователя.

Для обеспечения режима накопления информации о воздушной обстановке за несколько оборотов антенны необходимо реализовать межобзорный накопитель. Он должен накапливать информацию о воздушной обстановке до 30 оборотов антенны РЛС.

Для уменьшения возможности несанкционированного доступа до информации и ее подделки после межобзорного накопления информационный поток необходимо зашифровать. Оптимальным с точки зрения реализации метода и обеспечения его достаточной имитостойкости есть метод гаммирования. Суть метода заключается в добавлении квазислучайного кода к информационному коду, при расшифровывании информации этот код вычитается. Последовательность квазислучайного кода называется ключом. Эти ключи установлены на модуле шифрования информации, и в программе, которая обеспечивает обработку принятого потока информации на ЭВМ.

Поскольку сигнал "МАИ" на РЛС с аналоговым выходом П-37, 5Н84А, П-18 не формируется, то для передачи азимутального положения антенн формируются напряжения синхронно следящего привода (ССП) грубого и точного отсчетов, а также опорное напряжение. В этом случае предлагается способ получения поточного азимутального кода с помощью импульсов 5 или 10 градусных отметок азимута («ОА5» или «ОА10»). Зная период появления отметок азимута можно рассчитать период появления импульсов «МАИ». Он будет в 114 раз меньшим, чем период появления импульсов «ОА10». Таким образом, для получения последовательности импульсов «МАИ» в поточном 5 или 10 градусном секторе измеряется скорость вращения антенны РЛС (период появления отметки азимута). В следующем азимутальном секторе в момент прихода отметки азимута устанавливается соответствующий код «МАИ» и формируется последовательность импульсов «МАИ» с учетом измеряемой скорости вращения антенны. Одновременно измеряется скорость вращения антенны РЛС для формирования импульсов «МАИ» в следующем азимутальном секторе. Далее с появлением следующей отметки азимута алгоритм формирования импульсов «МАИ» повторяется.

После объединения основной и дополнительной информации сформированный информационный поток должен накапливаться на жестком маг-

нитном диске ЭВМ или на автономном накопителе: энергонезависимой флэш-памяти (Flash Card) стандартов SD, Mini SD, Micro SD.

Накопитель на жестком магнитном диске имеет значительно больший информационный объем, но использовать их в автономном режиме (без ЭВМ) является очень сложной технической задачей. Поэтому предполагается использовать такие накопители только в составе ЭВМ. Передача информационного потока на ЭВМ предполагается через порт USB, который имеет пропускную способность до 10 Мбит/с. Такой пропускной способности достаточно для передачи данных от всех перечисленных РЛС кроме П-37 в режиме работы «ЧАСТЫЙ». Для устранения этого пробела в П-37 необходимо производить объединение информации в смежных дискретках по дальности или азимуту, или же осуществлять межобзорное объединение.

Автономные же накопители на базе энергонезависимой флэш-памяти или карты-памяти имеют меньшую информационную емкость и быстроту записи информации, однако их использование не требует наличия ЭВМ, что позволяет использовать это устройство на РЛС автономно (без ЭВМ) [6].

Для преобразования информационного потока в формат USB можно использовать специальную микросхему FT245RL. В недалеком будущем ожидается выпуск подобной микросхемы для формата USB-II, который обеспечит пропускную способность в 40 раз больше чем формат USB. В таком случае проблем с передачей сформированных информационных потоков не будет.

На рис. 1 приведена укрупненная структурная схема аппаратно-программного комплекса регистрации радиолокационной информации.

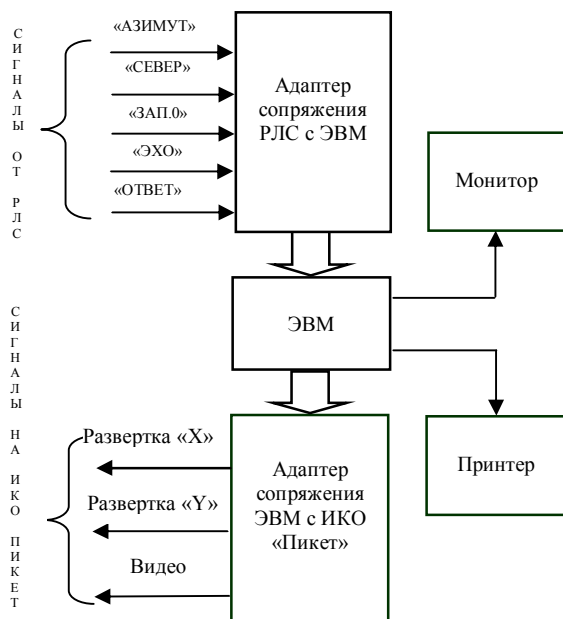


Рис. 1. Укрупненная структурная схема аппаратно-программного комплекса

Как видим, комплекс состоит из таких основных составных частей: адаптера сопряжения РЛС с ЭВМ, адаптера сопряжения ЭВМ с ИКО «Пикет», ЭВМ, монитора и принтера.

Адаптер сопряжения РЛС с ЭВМ предназначен для:

- преобразования аналоговых сигналов от РЛС в цифровую или бинарную форму;
- привязки цифрового потока информации о воздушной обстановке к текущему времени, дате, азимутальному положению антенн РЛС и других служебных сигналов;
- межобзорного накопления радиолокационной информации в цифровом виде;
- шифрования информации;
- накопления информации о воздушной обстановке.

Входными сигналами адаптера сопряжения РЛС с ЭВМ являются сигналы от РЛС: «ЭХО», «ОТВЕТ», «ЗАП.0», «СЕВЕР», «ОА10» или «ОА5». Выходным сигналом есть цифровой информационный поток стандарта USB.

В составе адаптера может быть автономный накопитель в виде флэш-памяти или карты-памяти. Макет адаптера сопряжения РЛС с ЭВМ выполнен на трех универсальных макетных платах (рис. 2).

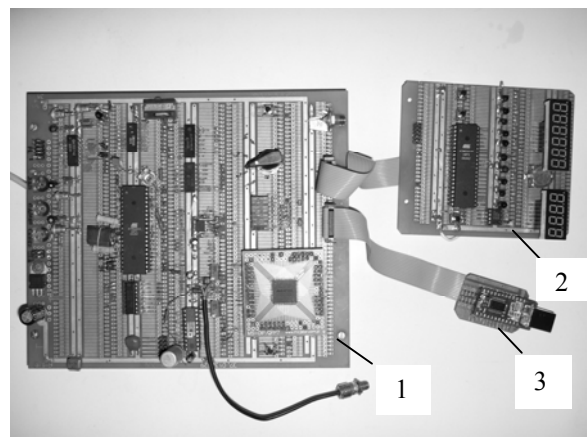


Рис. 2. Внешний вид макетной платы адаптера сопряжения РЛС с ЭВМ

На плате №1 собраны: устройство упаковки информации, формирователь кода поточного азимута, АЦП с регулируемым усилителем-сумматором, амплитудные селекторы входных сигналов, а также стабилизаторы напряжений. На плате №2 собраны: таймер-календарь, формирователь кода время/дата и диодные семисегментные цифровые индикаторы. На плате №3 собран контроллер USB с разъемом связи с ЭВМ. Внешний вид собранного адаптера сопряжения РЛС с ЭВМ приведен на рис. 3.

Сформированный цифровой поток непосредственно с адаптера или через специальное устройство считывания с автономной памяти поступает через порт USB в ЭВМ.



Рис. 3. Внешний вид адаптера сопряжения РЛС с ЭВМ

ЭВМ с установленным программным обеспечением аппаратно-программного комплекса предназначена для:

- накопления цифровых данных с адаптера сопряжения РЛС с ЭВМ или автономной памяти;
- сортирование информации о воздушной обстановке по следующим критериям:

- 1) по номерам сеансов;
- 2) по номерам блоков регистрации;
- 3) по номерам подразделений;
- 4) по типам РЛС;
- 5) по заводским номерам РЛС;
- 6) по датам и времени регистрации;
- 7) по датам и времени занесения сеанса в базу данных;

- изображение отобранных данных о воздушной обстановке с обозначением даты и времени записи информации, типа и номера РЛС и другой служебной информации на экране монитора ЭВМ;
- печати указанной информации о воздушной обстановке на бумаге с помощью принтера;
- формирование цифровых кодов видеосигналов и развертки для обеспечения отображения воздушной обстановки на ИКО «Пикет».

Для отображения на ИКО радиолокационной информации о воздушной обстановке, которая записана в ЭВМ, необходимо специальное устройство сопряжения ЭВМ с ИКО, которое назовем адаптером ИКО. Через порт USB информационный поток видеосигналов и развертки передается на адаптер, который формирует аналоговые сигналы для обеспечения изображения воздушной обстановки на ИКО «Пикет».

Структурная схема адаптера сопряжения ЭВМ с ИКО «Пикет» приведена на рис. 4.

Для передачи информации с ЭВМ на адаптер используется последовательный быстродействующий порт USB-1. Работу этого порта обеспечивает микроконтроллер USB.

Устройство управления, синхронизации и формирования амплитудного сигнала реализованы на 8-разрядном микроконтроллере PIC18F452. Устройство формирования координатных сигналов реализованы на 8-разрядных микроконтроллерах PIC18F252.

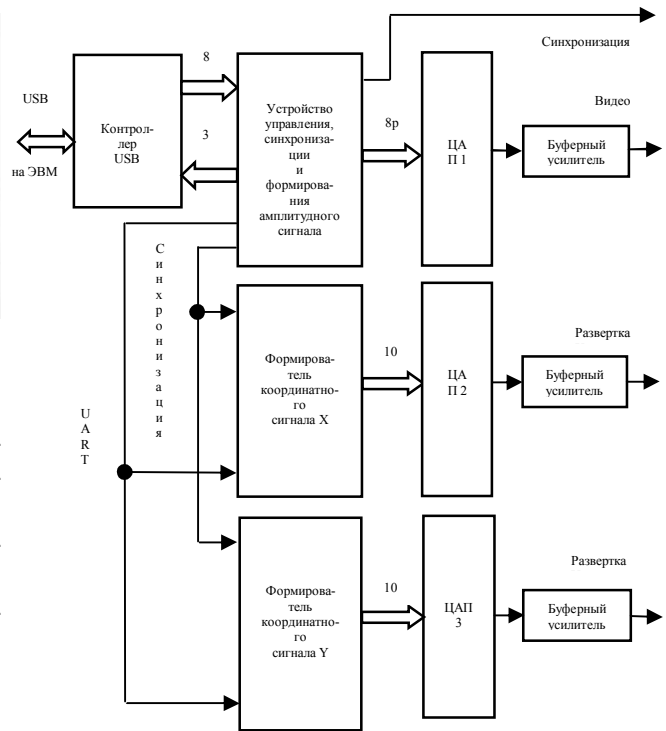


Рис. 4. Структурная схема адаптера сопряжения ЭВМ с ИКО «Пикет»

Выходными сигналами адаптера являются:

- видеосигналы яркостного канала;
- отклоняющее напряжение «X» канала развертки (напряжение горизонтальной развертки);
- отклоняющее напряжение «Y» канала развертки (напряжение вертикальной развертки).

Адаптер содержит следующие узлы:

- контроллер USB;
- устройство управления, синхронизации и формирования кодов амплитудного сигнала;
- формирователь координатного сигнала X;
- формирователь координатного сигнала Y;
- цифроаналоговый канал с усилителем амплитудного сигнала;
- цифроаналоговый канал с усилителем горизонтальной развертки X;
- цифроаналоговый канал с усилителем вертикальной развертки Y.

Внешний вид печатной платы с расположением на ней интегральных микросхем приведен на рис. 5.

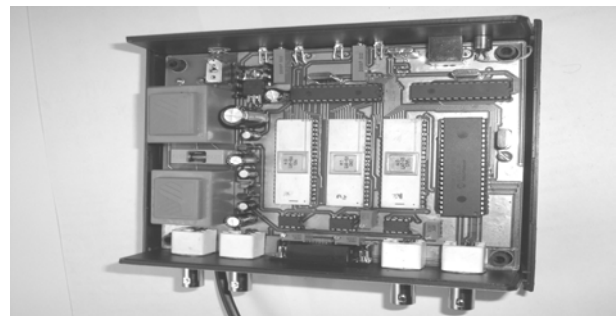


Рис. 5. Внешний вид платы адаптера сопряжения ЭВМ с ИКО «Пикет»

Адаптер сопряжения ЭВМ с ИКО «Пикет» выполнен в отдельном малогабаритном корпусе. Основные органы управления, индикация и подсоединение адаптера к ЭВМ выведены на переднюю и заднюю панели, сгруппированы в функциональные группы и обеспечены соответствующими надписями (рис. 6.).



Рис. 6. Внешний вид адаптера сопряжения ЭВМ с ИКО "Пикет"

Разработанный и изготовленный аппаратно-программный комплекс был экспериментально исследован в лабораторных условиях в составе РЛС П-37.

Выводы

Проведенные лабораторные экспериментальные исследования комплекса показали его хорошую работоспособность и надежность в эксплуатации. Результаты исследований, а также материалы испытаний могут быть рекомендованы к использованию при изготовлении опытного и промышленного образца, а в дальнейшем и использовании его с вышперечисленными РЛС в качестве аппаратно-программного комплекса регистрации и отображения радиолокационной информации.

РОЗРОБКА І ВИГОТОВЛЕННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ РЕЄСТРАЦІЇ І ВІДОБРАЖЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ РЛС З АНАЛОГОВИМ ВИХОДОМ

М.П. Кандирін

Проводиться аналіз існуючих методів об'єктивного контролю первинної радіолокаційної інформації їхньої можливості і недоліки. Розглянуто питання вибору сучасного методу об'єктивного контролю для РЛС з аналоговим виходом з обліком нових цифрових технологій. Показано принцип побудови адаптера сполучення і його основне призначення, що полягає в перетворенні аналогових сигналів РЛС у цифрову форму і передачу її для запису в автономний або в стандарті USB накопичувач ПЕОМ.

Ключові слова: об'єктивний контроль, радіолокаційна інформація, повітряна обстановка, накопичувач інформації.

DEVELOPMENT AND MANUFACTURING OF HARDWARILY BUNDLED SOFTWARE RECORDING AND DISPLAY OF RADAR DATA FOR THE RADAR WITH ANALOG OUTPUT

N.P. Kandyrin

It is conducted the analysis of existing methods of objective control primary radar information, their possibilities and limitations. It is considered the problems of selecting a new method of objective control for radar with analog output and new digital technology. It is displayed the principle of the construction interface adapter and its main purpose consisted in converting analog signals into digital form and transmit it to for recording in off-line or in standard computer USB storage.

Keywords: objective control, radar data, air conditions, the drive information.

Список литературы

1. ГОСТ 25657. Индикаторы кругового обзора для наземных радиолокационных станций. Типы, основные параметры, технические требования и методы испытаний.
2. Журба Ю.И. Краткий справочник по фотографическим процессам и материалам / Ю.И. Журба. – М.: Искусство, 1990.
3. Свистунов Д.Ю. Способи цифрового запису та відтворення радіолокаційних сигналів оглядових радіолокаторів старого парку / Д.Ю. Свистунов // Система обробки інформації. Збірник наукових праць. Вип. 2(76). - Х.: 2009. – С. 100-105.
4. ГОСТ 34.310-95. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи на базе асимметричного цифрового алгоритма. Веден в действие в качестве государственного стандарта Украины приказом Госстандарта Украины от 21.10.97 г. № 640. – К.: Изд-во стандартов, 1998. – 15 с.
5. ГОСТ 28147-89. Системы обработки информации. Алгоритм криптографического преобразования. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 25 с.
6. Кандирін М.П. Розробка пристрою об'єктивного контролю радіолокаційної інформації з використанням флеш накопичувачів. Частина 2. Технічна реалізація макету апаратно-програмного комплексу документування радіолокаційної інформації у РЛС РТВ ПС / М.П. Кандирін, В.В. Сідоров // Системи управління, навігації та зв'язку. – К. : ЦНДІ НіУ, 2011. – Вип. 4 (20). – С. 62 - 66.

Поступила в редколлегию 23.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.А. Лошаков, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.