

УДК 629.78

А.Н. Коржов

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

К ВОПРОСУ О ЗАЩИТЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИМОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ ОТ НЕПРЕРЫВНЫХ СЛОЖНЫХ ПОМЕХ

Оценивается электромагнитная совместимость радиотехнических систем приморского базирования с источниками электромагнитных помех. С учётом временных, спектральных и вероятностных характеристик непрерывной сложной помехи показывается возможность использования адаптивных методов защиты и определяется вариант построения автокомпенсатора, приводится его структурная схема.

Ключевые слова: радиотехническая система, непрерывная сложная помеха, адаптивные методы защиты, автокомпенсатор.

Введение

Постановка проблемы. Опыт эксплуатации радиотехнических систем (РТС) приморского базирования в условиях существования тропосферных радиоволноводов, подробно описанных в [1], свидетельствует о существенном затруднении обработки полезной информации от цели, вызванном наличием непрерывных сложных помех в канале приема. Эти помехи обусловлены работой в пересекающемся частотном диапазоне длин волн телекоммуникационных и телевизионных систем. Особенно важным становится этот вопрос в условиях роста количества телекоммуникационных и телевизионных станций, а также ретрансляторов. Поэтому разработка комплекса мер защиты приёмных трактов РТС от упомянутых помех приобретает первостепенное значение.

Случайный характер существования условий обнаружения в тропосферном радиолокационном канале, в том числе и занятость частотных интервалов, не позволяют применить с успехом чисто частотные методы защиты. На практике были зафиксированы случаи попадания помехи в полосу пропускания приемной системы. Малоэффективными оказываются и методы защиты, основанные на методах ограничения, так как соотношение сигнал / фон также слабо прогнозируемо. Приведенных рассуждений достаточно, чтобы вывести на первый план адаптивные методы защиты от помех, основанные на корреляционной оценке сигнально-помеховой обстановки и автоматическом использовании полученных оценок для управления пространственно-частотным полем в точке приема. Телевизионный сигнал, как помеховый, является непрерывной сложной помехой. Общие принципы использования адаптивных методов защиты хорошо известны и достаточно подробно рассмотрены в литературе [2]. Вместе с тем, специфика телевизионного сигнала, его частотно-временных характеристик предопределяет необходимость более внимательного подхода к разработке рациональных путей построения компенсационной аппаратуры. Рассмотрению возможности использования адаптивных методов защиты РТС от непрерыв-

ных сложных помех применительно к условиям локации целей над морем и посвящена данная статья.

Цель статьи: проанализировать возможность использования адаптивных методов защиты приемных каналов РТС приморского базирования от непрерывных сложных помех.

Основная часть

Как известно [3], с целью передачи информационных массивов аналоговый телевизионный сигнал имеет в своем составе три наиболее существенных (энергетически) компонента: сигнал изображения, сигнал звукового сопровождения и сигналы цветности – по синей и красной строкам. Отметим, что первая из названных составляющих, в свою очередь, содержит два компонента – сигнал непосредственно изображения, так называемой "картинки", и вспомогательные сигналы кадровой и строчной синхронизации, а также гашения обратного хода луча по кадрам и строкам [3]. Таким образом, телевизионный сигнал является многокомпонентным, причем временные и спектральные характеристики составляющих существенно различны.

В интересующем нас плане по энергетическим показателям в дальнейшем рассмотрим две составляющие: изображения и звука, отметив при этом, что в случае необходимости учета цветового компонента понадобится еще один канал компенсации со структурой, полностью соответствующей структуре канала подавления звукового сопровождения, поскольку в обоих случаях используется частотная модуляция.

Проведенный в [4] анализ временных, спектральных и вероятностных характеристик составляющих полного телевизионного сигнала позволяет утверждать, что в общем случае приходится иметь дело с нестационарным сигналом. В частности, для сигнала изображения нестационарность имеет место при передаче переменной "картинки", особенно при смене светлого сюжета на темный (или наоборот). Иными словами, в соответствии с принятым стандартом, как показано в [5], нестационарной можно считать "картинку" длительностью 52 мкс по строке с пиковым уровнем чуть более 65% максимальной

мощности передатчика. Остальные 12 мкс – по строке и 1,6 мс по кадрам – имеем дело с классической периодической последовательностью импульсов, причем 4,7 мкс из них по строкам, и 160 мкс по кадрам занимают импульсы синхронизации с уровнем мощности 100%; остальное время передается гасящий импульс с уровнем 70% мощности [5]. Отмеченные временные параметры сигнала изображения позволяют отнести его к классу почти стационарных сигналов, причем стационарность тем выше, чем меньше интервал сглаживания в цепи корреляционной обратной связи автокомпенсационного устройства. Этот вывод подтверждается и результатами математического моделирования статистической оценки характеристик трансляции различных телевизионных сюжетов – телефильм, диктор, спортивные состязания, видеоклип, реклама, заставки [4]. Как следует из [6], наименее стационарными оказываются видеоклипы и реклама, наиболее – изображение диктора, полностью стационарны характеристики изображения при заставках.

Иная ситуация имеет место в случае сигнала звукового сопровождения [6]. В этом канале используется частотная модуляция с максимальной девиацией $\Delta F = \pm 50$ кГц. Кроме того, в передаваемый сигнал вводится высокочастотная коррекция, влияние которой компенсируется на приемной стороне. В силу случайности передаваемых сообщений можно ожидать наличие нестационарности по ширине спектра сигнала в пределах от несущей до 100 кГц. Наконец, весь спектр вместе с несущей медленно прецессирует вокруг номинального значения в пределах примерно 200...300 Гц. Необходимо отметить также, что принятый на передающей стороне принцип генерирования несущих частот изображения и звукового сопровождения, разнесенных на 6,5 МГц, с помощью системы многопетлевой ФАПЧ с высокой точностью поддерживает упомянутый разнос, т.к. исходным источником является один на оба канала задающий кварцевый генератор, в котором приняты все необходимые меры для обеспечения заданной стабильности частоты. Указанное обстоятельство, как будет показано ниже, позволяет несколько нетрадиционно построить каналы компенсации, чтобы в меньшей мере сказывалась нестационарность обрабатываемых сигналов.

Таким образом, с точки зрения телевизионного сигнала как помехового, необходимо принимать во внимание следующую частотную структуру: на частоте несущей изображения имеется энергетический густок шириной примерно 200 кГц, ниже в соответствии с принятой моделью следует пустой промежуток в 6,5 МГц, затем расположен спектр сигнала звукового сопровождения максимальной ширины 100 кГц. Напомним, что остальные компоненты в первом приближении в силу их малости не учитываются.

Компенсация такого, крайне неравномерного по спектру сигнала, как известно [2], может осуществляться различными по структуре устройствами. Синтез необходимых структур, как показано в [2], приводит в

зависимости от постановки задачи к известным на сегодняшний день вариантам. Новые могут появиться при учете различной степени нестационарности компонентов телевизионного сигнала. Оставаясь в рамках классических структур [2], укажем два основных варианта построения компенсационных устройств.

Первый – предполагает реализацию корреляционного (квадратурного либо гетеродинного, поскольку достижимые результаты одинаковы) автокомпенсатора, рассчитанного на всю ширину отводимого на телевизионный канал занимаемого спектра. Однако хорошо известны [2] трудности технической реализации широкополосных автокомпенсаторов, которые во многом определяются отсутствием широкополосных на промежуточной частоте фазовращателей. Известная [7] и возможная реализация таких устройств на базе многоотводных линий задержки может иметь место, но технически трудоемка. Кроме того, нетрудно показать, что выработка регулирующего напряжения одновременно по двум управляющим сигналам предопределяет определенные ошибки, что снижает качество компенсации. Поэтому более предпочтительным следует считать вариант двухканального (на каждую помеховую составляющую телевизионного сигнала) построения автокомпенсатора, в котором "звук" и "изображение" компенсируется порознь. Такое построение способно обеспечить требуемые показатели подавления, поскольку, во-первых, компенсируемые компоненты не пересекаются по частоте, а во-вторых, оба сигнала узкополосные: не более 0,5...1% от несущей.

Реализация, например, гетеродинной структуры автокомпенсаторов применительно к конкретным образцам радиотехнических систем существенно зависит от технического построения последних и общих чертах сводится к следующему. С целью исключения нежелательных искажений полезного сигнала необходимый сдвиг колебаний по частоте целесообразно осуществить во вспомогательном (компенсационном – КК) канале, затем войти в компенсационную структуру, на выходе которой с помощью того же гетеродина сдвига вернуть колебания на штатную промежуточную частоту. Компенсационный канал в обоих случаях целесообразно выполнить в виде дополнительного супергетеродинного приемника, питающегося от отдельной (дополнительной), направленной на мешающий телепередатчик антенны. При этом эффективность компенсации оказывается прямо пропорциональной направленным свойствам дополнительной антенны. В простейшем случае это может быть классический "волновой канал" из 5...9 элементов. Так или иначе, на преобразователь частоты в компенсационном канале необходимо подать колебание напряжения штатного гетеродина станции ($f_{гет}$), т.к. в противном случае невозможно обеспечить коррелированность принятых сигналов и помех в основном (ОК) и компенсационном каналах.

На основании вышеизложенного общую структуру автокомпенсационного устройства представим следующим образом (рис. 1).

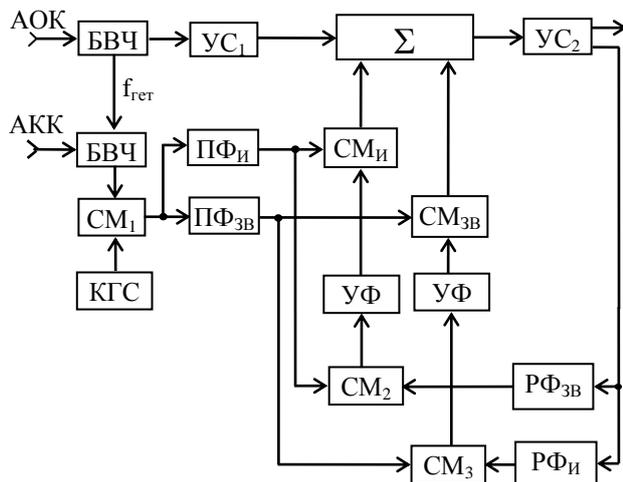


Рис. 1. Общая структура автокомпенсационного устройства

Работа устройства (рис. 1) состоит в следующем. Принятая штатной антенной основного канала (АОК) смесь сигнала и помехи подается через блок высокой частоты (БВЧ) и выравнивающий усилитель ($УС_1$) на сумматор (Σ), где и происходит собственно компенсация, и затем "очищенный" сигнал возвращается в штатный канал станции. Помеховые колебания, принятые антенной компенсационного канала (АКК), в блоке высокой частоты (БВЧ) преобразуется на необходимую промежуточную частоту с помощью штатного гетеродина и дополнительно сдвигаются по частоте на величину, равную частоте настройки узкополосных фильтров (УФ), например, кварцевых дифференциально-мостиковых.

Названное смещение осуществляется с помощью высокостабильного кварцевого гетеродина сдвига (КГС). На выходе смесителя ($СМ_1$) образуются два компенсационных канала с центральными частотами, соответствующими несущим изображения и звука, состоящие из полосовых фильтров (ПФИ), (ПФЗВ) и управляемых смесителей ($СМ_И$), ($СМ_ЗВ$) изображения и звука соответственно. Отметим, что на схеме не показаны необходимые для технической реализации усилительные и полосно-формирующие элементы.

Управляемые смесители ($СМ_И$) и ($СМ_ЗВ$) регулируются напряжениями, снимаемыми с фильтров-интеграторов, роль которых выполняют узкополосные фильтры (УФ). Эти напряжения будут заметными, если на оба входа нижних по схеме смесителей ($СМ_2$) и ($СМ_3$) попадут коррелированные помеховые компоненты изображения и звука, частотная филь-

рация которых с выхода усилителя ($УС_2$) автокомпенсационного устройства (АКПУ) осуществляется аналогичными входным фильтрами (ПФЗВ) и (ПФИ).

В заключение отметим, что рассмотренная реализация АКПУ вовсе не исключает и иной вариант его построения, например, на базе квадратурной схемы. В этом случае отпадает необходимость в кварцевом гетеродине сдвига (КГС) и входном смесителе ($СМ_1$), облегчается реализация узкополосных фильтров (т.к. они теперь выполняются на базе фильтров нижних частот), но появляются другие трудности: реализация сдвига всех составляющих спектра на 90° по фазе, а также схемная реализация операции умножения переменного напряжения высокой частоты на изменяющееся постоянное. Кроме того, в силу квадратурной обработки каждый из двух подканалов разбивается еще на два, т.е. приходится иметь дело с четырьмя управляемыми каналами.

Выводы

Для защиты приемных каналов РТС приморского базирования от непрерывных сложных помех возможно использование адаптивных методов защиты. В случае, если помеха обусловлена телевизионным сигналом, для ее компенсации целесообразно использование автокомпенсационного устройства, в котором изображение и звук компенсируются порознь, а прием помехового сигнала осуществляется на одну дополнительную антенну.

Список литературы

1. Карлов В.Д. Статистичні характеристики радіолокаційних сигналів, відбитих від місцевих предметів в умовах аномальної рефракції / В.Д. Карлов, Г.В. Певцов и др. // Наука і техніка ПС Збройних Сил України. – 2011. – № 1(5). – С. 69-72.
2. Ширман Я.Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я.Д. Ширман, В.Н. Манжос. – М.: Радио и связь, 1981. – 296 с.
3. Телевидение: учебн. для вузов / Под ред. В.Е. Джакони. – М.: Радио и связь, 2000. – 437 с.
4. Коржов А.М. Основы телебачення: навч. пос. / А.М. Коржов, С.М. Роденко и др. – Х.: ХУ ПС, 2007. – 252 с.
5. ДСТУ 3837-99. Телебачення мовне. Системи аналогового телебачення звичайної чіткості. Основні параметри та методи вимірювань.
6. Варбанский А.М. Передающие телевизионные станции / А.М. Варбанский. – М.: Связь, 1980. – 314 с.
7. Радиоэлектронные системы: справ. / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 510 с.

Поступила в редколлегию 26.09.2012

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.Д. Карлов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ДО ПИТАННЯ ПРО ЗАХИСТ РТС ПРИМОРСЬКОГО БАЗУВАННЯ ВІД БЕЗПЕРЕРВНИХ СКЛАДНИХ ПЕРЕШКОД

А.М. Коржов

У даній статті з урахуванням часових, спектральних та імовірнісних характеристик безперервної складної перешкоди показується можливість використання адаптивних методів захисту та визначається варіант побудови автокомпенсатора, наводиться його структурна схема.

Ключові слова: радіотехнічна система, безперервна складна перешкода, адаптивні методи захисту, автокомпенсатор.

TO QUESTION ABOUT DEFENCE RTS SEASHORE BASING FROM CONTINUOUS DIFFICULT HINDRANCES

A.N. Korzhov

In this article taking into account sentinels, spectral and probabilistic descriptions of continuous difficult obstacle possibility of the use of adaptive methods of defence is shown and the variant of construction of autoscray is determined, pointed him flow diagram.

Keywords: radiotechnical system, continuous difficult obstacle, adaptive methods of defence, autoscray.