

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

РАДИОЕЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

RADIO ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS

УДК 621.396.96

Ю. А. Коваль, А. А. Костыря, В. В. Обельченко, Е. Ю. Бондарь, Е. А. Иванова,
Е. П. Ермолаев, М. В. Милях

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА ОБЩЕГО ОХВАТА ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ СТАНДАРТОВ

Выполнен анализ возможностей метода общего охвата (МОО) для высокоточной синхронизации стандартов времени и частоты в пределах прямой видимости. Оценена целесообразность использования для измерения сдвига шкал времени и частоты взаимокорреляционной обработки сигналов. Проанализирована возможность использования телевизионных сигналов для реализации МОО.

ВВЕДЕНИЕ

Синхронность (сравнение, сличение или привязка) территориально разнесенных стандартов (в частности эталонов) времени и частоты – основа для реализации современных частотно-временных методов, позволяющих решать актуальные научно-технические и оборонные задачи в системах координатно-временного обеспечения, метрологии времени и частоты, радиоастрономии, радиолокации, радиопеленгации, цифровой синхронной связи. Успешное решение таких задач определяются как стабильностью эталонов времени и частоты, так и точностью их сравнения. Высокие темпы совершенствования эталонов (относительная нестабильность современных эталонов составляет $10^{-13} \dots 10^{-14}$, а в перспективе – $10^{-15} \dots 10^{-16}$) определяют актуальность задачи повышения точности методов сравне-

ния [1]. Основные методы сравнения реализуются в виде многопозиционных радиотехнических систем. По функциональному назначению, составу и принципам работы системам сравнения присущи черты информационных, локационных и измерительных систем.

В развитых странах мира проблеме постоянного совершенствования научно-технической базы и организационной структуры систем синхронизации времени и частоты (ССВЧ) уделяется постоянное внимание. Ведущими странами в области измерений времени и частоты являются США, Англия, Германия, Япония [2]. На высоком уровне поддерживались службы времени и частоты в СССР [3]. Основой для создания Государственной службы единого времени и эталонных частот (ГСВЧ) Украины явились ряд организаций и предприятий Украины, входящих в прошлом в состав ГСВЧ СССР [4, 5].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Среди ССВЧ особое место занимают такие, у которых синхронизируемые пункты находятся в пределах прямой видимости. Примерами подобных ССВЧ могут служить: система сличения и проверок стандар-

Таблиця 1 – Аналіз методів синхронізації і способів їх технічної реалізації

Характеристики методів	Основні методи			
	пасивний (загального охоплення)	полупасивний	активні	
			встрєчний	ретрансляційні
Требования к задержке сигналов в канале	Должна оцениваться разность задержек в канале	Задержка в канале должна оцениваться	Задержка в канале должна быть стабильной и обратимой	
Достоинства	Отсутствие излучения во всех пунктах системы	Отсутствие излучения в одном из пунктов	Задержка в канале исключается	
Основные недостатки	Погрешности определения задержек в канале		Излучение в пунктах	
	Необходимость обмена измерительной информацией			
Примеры реализации	Навигационные системы GPS и ГЛОНАСС		Радиометеорный метод; связные ИСЗ	
	РСДБ	Телевизионный метод; системы СДВ и ДВ диапазонов; отражение сигналов от Луны		
	Кабельные, лазерные и волоконно-оптические линии			

тов в зоне прямой видимости первичного Государственного эталона времени и частоты (ПГЭВЧ) Украины (ННЦ «Институт метрологии»); система синхронизации стандарта в пункте наблюдения (полигон кафедры «Основ радиотехники» ХНУРЭ) сигналов локатора РТ-70, отраженных от «космического мусора», с ПГЭВЧ; системы радиопеленгации с малыми базами.

Отличительными особенностями таких систем являются сравнительно небольшие временные запаздывания сигналов и повышенные требования к электромагнитной совместимости в связи с размещением в условиях городов либо комплексированием с другими радиотехническими системами. Кроме этого, в ряде случаев необходимо обеспечить скрытность.

Методы синхронизации в СВЧ основаны на учете либо исключении времени задержки сигналов в среде распространения и условно могут быть разделены на три группы – пассивный, полупасивный и активные [6]. Анализ методов синхронизации и известных способов их технической реализации применительно к задаче сличения сдвига шкал (см. табл. 1, [7–9]) показывает, что наибольшими преимуществами для синхронизации стандартов в пределах прямой видимости имеют пассивный и полупасивный методы. Поскольку анализ полупасивного метода рассмотрен с участием авторов в работах [10, 11], актуальным для синхронизации стандартов в пределах прямой видимости становится исследование возможностей пассивного метода, известного также как метод общего охвата (МОО) или «common view».

Традиционное использование для реализации МОО сигналов спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС имеет ряд недостатков: малое соотношение сигнал/шум; недостаточная оперативность; низкая помехоустойчи-

вость; зависимость от зарубежных систем для потребителей в Украине. Поэтому актуальными являются поиск иных общих источников, в качестве которых предлагается использовать сигналы телевизионных центров, и исследование современных способов обработки сигналов.

АНАЛИЗ МОО ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧЕ

Сущность МОО иллюстрирует рис. 1 (а – структурная схема; б, в – упрощенная и развернутая временные диаграммы).

На рис. 1 приняты обозначения: А, В, О – сличаемые пункты и общий источник, соответственно; $H_A(t), H_B(t), H_O(t)$ – соответствующие шкалы времени; τ_p^{OA}, τ_p^{OB} – время распространения сигналов между общим источником и сличаемыми пунктами; $\Delta T^{AO}, \Delta T^{BO}, \Delta T^{AB} = -\Delta T^{BA}$ – соответствующие сдвиги шкал; t_1^A, t_1^B – оценки временного положения принятых в пунктах сигналов общего источника; $\tau_{прд}^O, \tau_{прд}^A, \tau_{прд}^B$ – задержки сигналов в передающем тракте общего источника и приемных трактах пунктов; δ_t^A, δ_t^B – погрешности измерения временного положения сигналов в пунктах.

Сдвиг шкал времени пунктов А и В оценивается на основании системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} t_1^A &= \Delta T^{AO} + \tau_{прд}^O + \tau_p^{OA} + \delta_t^A + \tau_{прм}^A; \\ t_1^B &= \Delta T^{BO} + \tau_{прд}^O + \tau_p^{OB} + \delta_t^B + \tau_{прм}^B; \\ \Delta T^{AB} &= -\Delta T^{BA} = \Delta T^{AO} - \Delta T^{BO}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Из уравнений (1) можно получить оценку сдвига шкал

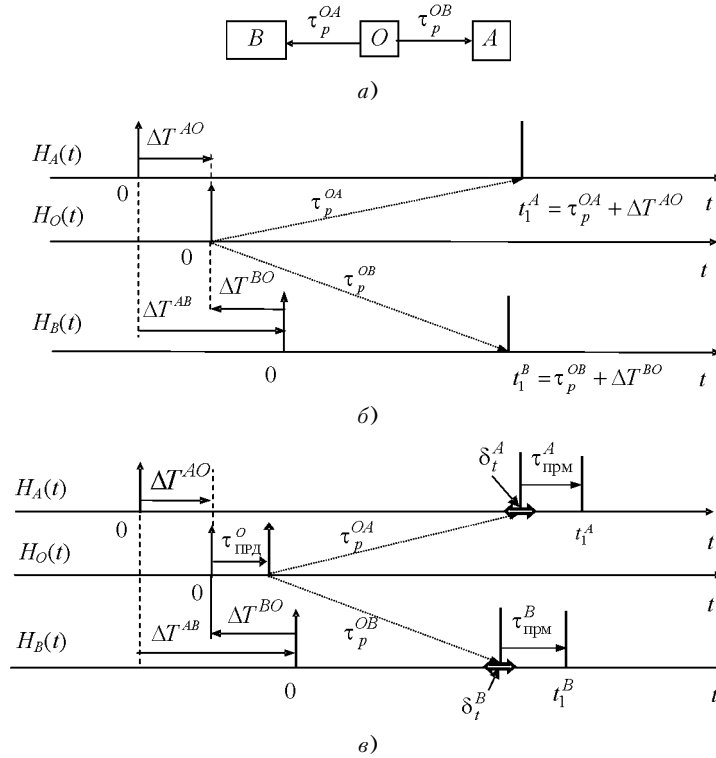


Рисунок 1

$$\begin{aligned} \widehat{\Delta T}^{AB} &= -\widehat{\Delta T}^{BA} = t_1^A - t_1^B - (\widehat{\tau}_p^{OA} - \widehat{\tau}_p^{OB}) = \\ &= \Delta T^{AB} + (\delta_t^A - \delta_t^B) + (\tau_{\text{прм}}^A - \tau_{\text{прм}}^B) + \\ &+ \left[(\tau_p^{OA} - \tau_p^{OB}) - (\widehat{\tau}_p^{OA} - \widehat{\tau}_p^{OB}) \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Из (2) следует соотношение для суммарных абсолютных погрешностей измерения сдвига шкал

$$\begin{aligned} \delta_{\Delta T}^{AB}(\Sigma) &= -\delta_{\Delta T}^{BA}(\Sigma) = \overleftrightarrow{\Delta T}^{AB} - \Delta T^{AB} = \\ &= \delta_{\Delta T}^{AB}(c/\pi) + \delta_{\Delta T}^{AB}(\text{РВВ}) + \delta_{\Delta T}^{AB}(\text{АП}), \end{aligned} \quad (3)$$

где $\delta_{\Delta T}^{AB}(c/\pi) = \delta_t^A - \delta_t^B$ – помеховая погрешность измерения ΔT ; $\delta_{\Delta T}^{AB}(\text{РВВ}) = (\tau_p^{OA} - \tau_p^{OB}) - (\widehat{\tau}_p^{OA} - \widehat{\tau}_p^{OB})$ – канальная погрешность измерения ΔT ; $\delta_{\Delta T}^{AB}(\text{АП}) = \tau_{\text{прм}}^A - \tau_{\text{прм}}^B$ – аппаратная погрешность измерения сдвига шкал ΔT .

Непрерывное измерение сдвига шкал времени $\widehat{\Delta T}(t)$ позволяет рассчитать взаимный сдвиг стандартов по частоте:

$$\begin{aligned} \widehat{\Delta f}^{AB}(t) &= f_0 \frac{d[\widehat{\Delta T}^{AB}(t)]}{dt}; \\ \widehat{\Delta f}^{BA}(t) &= f_0 \frac{d[\widehat{\Delta T}^{BA}(t)]}{dt}, \end{aligned} \quad (4)$$

где f_0 – номинальное значение частоты стандартов.

Проведя для соотношений (4) анализ источников погрешностей, аналогичный выражениям (2) и (3), можно получить

$$\begin{aligned} \delta_{\Delta f}^{AB}(\Sigma) &= -\delta_{\Delta f}^{BA}(\Sigma) = \overleftrightarrow{\Delta f}^{AB} - \Delta f^{AB} = \\ &= \delta_{\Delta f}^{AB}(c/\pi) + \delta_{\Delta f}^{AB}(\text{РВВ}) + \delta_{\Delta f}^{AB}(\text{АП}), \end{aligned} \quad (5)$$

где $\delta_{\Delta f}^{AB}(c/\pi) = \frac{d(\delta_t^A - \delta_t^B)}{dt}$ – помеховая погрешность измерения Δf ;

$\delta_{\Delta f}^{AB}(\text{РВВ}) = \frac{d[(\tau_p^{OA} - \tau_p^{OB}) - (\widehat{\tau}_p^{OA} - \widehat{\tau}_p^{OB})]}{dt}$ –

канальная погрешность измерения Δf ; $\delta_{\Delta f}^{AB}(\text{АП}) = \frac{d(\tau_{\text{прм}}^A - \tau_{\text{прм}}^B)}{dt}$ – аппаратная погрешность измерения Δf .

Основным достоинством МОО является отсутствие излучения в синхронизируемых пунктах, что обеспечивает скрытность, электромагнитную совместимость, экологическую и информационную безопасность.

Соотношения (2) и (3) показывают, что в случае МОО нестабильность задержки в передающем тракте общего источника не влияет на погрешность измерения сдвига шкал.

В случае применения МОО для синхронизации частоты (см. соотношения (4) и (5)) канальная погрешность измерения Δf отсутствует при постоянных

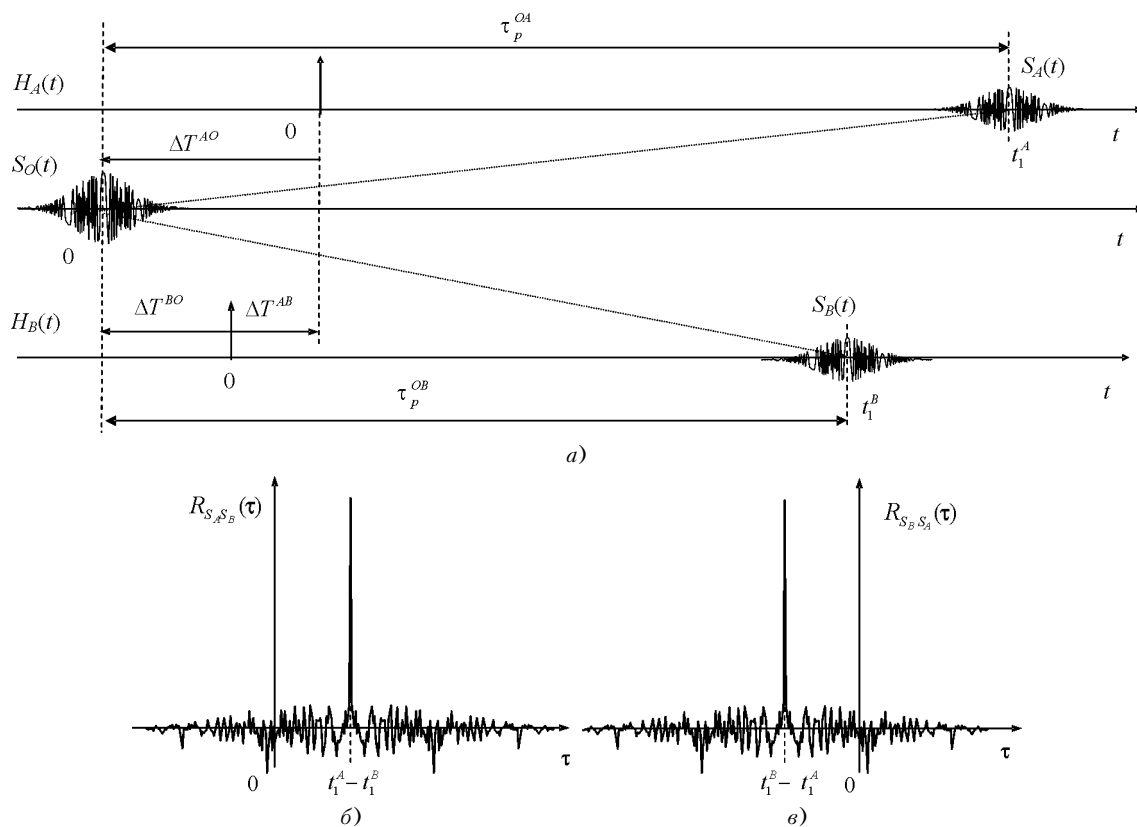


Рисунок 2

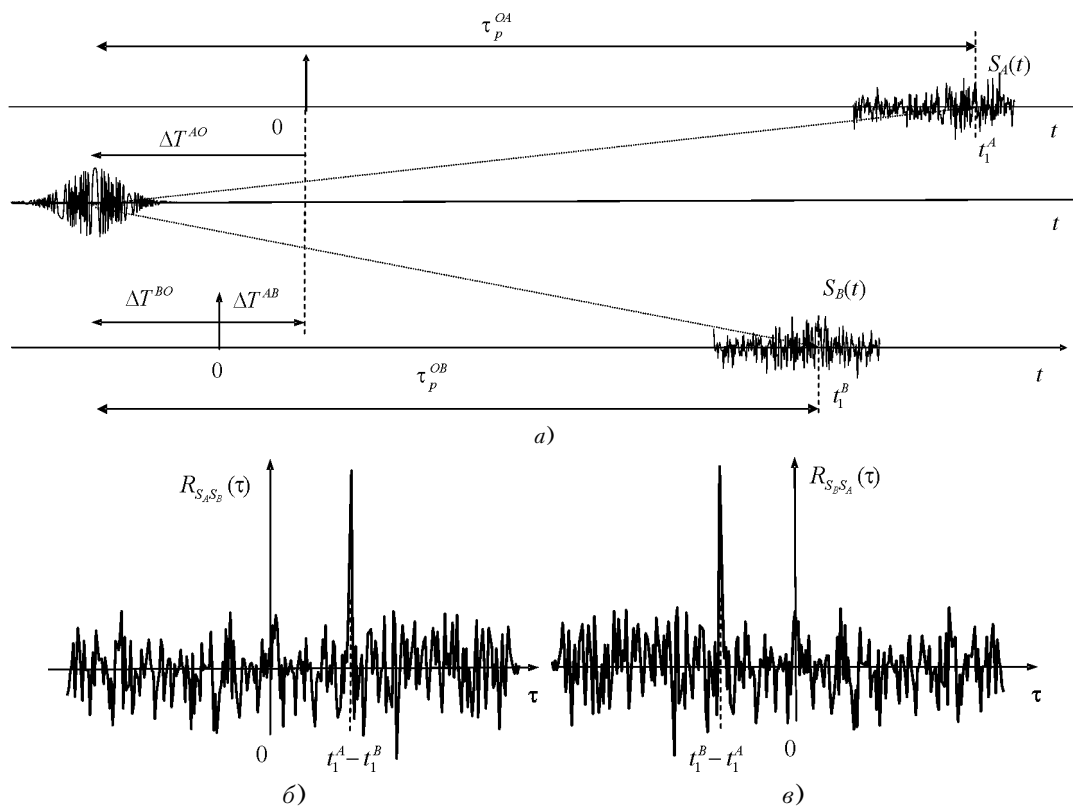


Рисунок 3

значениях задержек τ_p^{OA} , τ_p^{OB} (в случае, когда общий источник и синхронизируемые пункты неподвижны). Это преимущество делает МОО перспективным для синхронизации опорных генераторов в цифровых системах связи [12, 13].

К достоинству МОО можно отнести также возможность использования для измерения сдвига шкал взаимокорреляционную обработку сигналов, принятых в сличаемых пунктах. Данное положение можно проиллюстрировать полученными путем моделирования графиками, приведенными на рис. 2 и рис. 3, и соотношениями для взаимокорреляционных функций (ВКФ):

$$R_{\text{ВКФ}}^{s_A s_B}(\tau) = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} s_A(t) s_B(t - \tau) dt;$$

$$R_{\text{ВКФ}}^{s_B s_A}(\tau) = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} s_B(t) s_A(t - \tau) dt,$$

где $s_A(t)$, $s_B(t)$ – сигналы, принятые в соответствующем пункте.

На рис. 2, а приведены результаты моделирования временной диаграммы МОО для произвольного шумоподобного сигнала общего источника $s_O(t)$, принимаемого в пунктах А и В при отсутствии помех

$$s_A(t) = K_{OA} s_O(t - t_1^A); \quad s_B(t) = K_{OB} s_O(t - t_1^B),$$

где K_{OA} , K_{OB} – затухание в каналах распространения радиоволн от общего источника до соответствующего пункта.

На рис. 2, б, в представлены графики ВКФ:

$$R_{\text{ВКФ}}^{s_A s_B}(\tau) = K_{OA} K_{OB} R_{\text{АКФ}}^{s_O}[\tau - (t_1^A - t_1^B)]; \quad (6)$$

$$R_{\text{ВКФ}}^{s_B s_A}(\tau) = K_{OA} K_{OB} R_{\text{АКФ}}^{s_O}[\tau - (t_1^B - t_1^A)], \quad (7)$$

где $R_{\text{АКФ}}^{s_O}(\tau)$ – автокорреляционная функция сигнала общего источника $s_O(t)$.

Максимум ВКФ $R_{\text{ВКФ}}^{s_A s_B}(\tau)$ соответствует $\tau = t_1^A - t_1^B$,

а максимум ВКФ $R_{\text{ВКФ}}^{s_B s_A}(\tau) - \tau = t_1^B - t_1^A$.

На рис. 3, а приведены результаты моделирования временной диаграммы МОО для такого же сигнала общего источника $s_O(t)$, принимаемого в пунктах А и В с помехами

$$s_A(t) = K_{OA} s_O(t - t_1^A) + n_A(t);$$

$$s_B(t) = K_{OB} s_O(t - t_1^B) + n_B(t),$$

где $n_A(t)$, $n_B(t)$ – аддитивные гауссовы помехи в соответствующем пункте.

На рис. 3, б, в представлены графики ВКФ:

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{ВКФ}}^{s_B s_A}(\tau) &= K_{OA} K_{OB} R_{\text{АКФ}}^{s_O}[\tau - (t_1^B - t_1^A)] + \\ &\quad + K_{OB} R_{\text{ВКФ}}^{s_B n_A}(\tau) + K_{OA} R_{\text{ВКФ}}^{s_A n_B}(\tau); \\ R_{\text{ВКФ}}^{s_A s_B}(\tau) &= K_{OA} K_{OB} R_{\text{АКФ}}^{s_O}[\tau - (t_1^A - t_1^B)] + \\ &\quad + K_{OB} R_{\text{ВКФ}}^{s_A n_B}(\tau) + K_{OA} R_{\text{ВКФ}}^{s_B n_A}(\tau), \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где $R_{\text{ВКФ}}^{s_A s_B}(\tau)$, $R_{\text{ВКФ}}^{s_B s_A}(\tau)$ – ВКФ сигнала общего источника с помехой соответствующего пункта.

В уравнениях (8) учтена некоррелированность помех в пунктах

$$R_{\text{ВКФ}}^{n_A n_B}(\tau) = R_{\text{ВКФ}}^{n_B n_A}(\tau) = 0.$$

Как и в случае отсутствия помех, максимум ВКФ $R_{\text{ВКФ}}^{s_A s_B}(\tau)$ (рис. 3, б) соответствует $\tau = t_1^A - t_1^B$, а максимум ВКФ $R_{\text{ВКФ}}^{s_B s_A}(\tau)$ (рис. 3, в) – $\tau = t_1^B - t_1^A$.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МОО

Рассмотрим подробнее структуру ТВ сигнала и проанализируем, какие его элементы представляют наибольший интерес для задач высокоточной синхронизации стандартов времени и частоты с использованием МОО.

Начнем с несущей частоты изображения. Согласно требованиям ГОСТ Р 50890-96 допустимая нестабильность несущей частоты ТВ передатчика не должна превышать ± 100 Гц (в технических параметрах современных передатчиков указываются еще меньшие значения нестабильности: $\pm 30 \dots 50$ Гц), что при значении несущей 49,75 МГц (1 ТВ канал) соответствует относительной нестабильности $10^{-6} \dots 10^{-8}$. Это позволяют осуществлять фазовую синхронизацию с наносекундной точностью.

На рис. 4 представлена временная диаграмма ТВ сигнала на интервале строки изображения. Длитель-

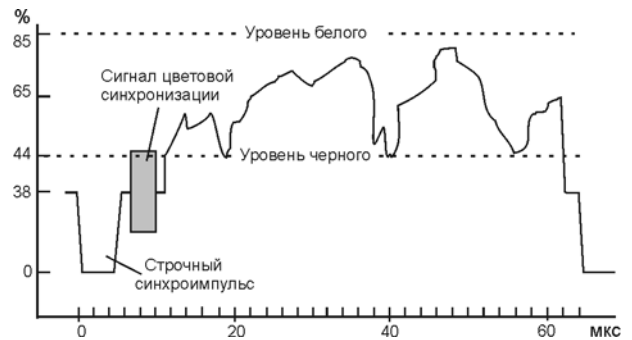


Рисунок 4

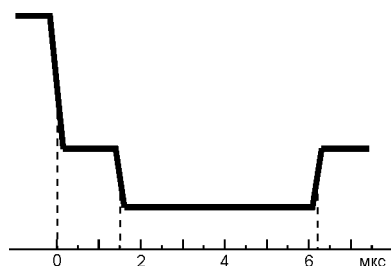


Рисунок 5

ність строки, гасячого і синхронізуючих імпульсів, значення рівней білого, чорного і рівня синхроімпульса определены ГОСТ 7845-92.

Наиболее информативным из всех элементов, показанных на рис. 4, является частота строчной развертки, значение которой составляет $15625 \pm 0,016$ Гц, что соответствует относительной нестабильности 10^{-6} . Информационная часть строки (непосредственно сигнал изображения) является квазислучайным сигналом и может быть использована в МОО для синхронизации времени и частоты с применением обработки, основанной на ВКФ.

Строго нормируемая длительность строчного гасящего и синхронизирующего импульсов, а также их

фронтов позволяет выявлять случаи многолучевого отражения. При образовании двух (или более) отражающих точек, сигнал в пункт приема начинает поступать двумя (несколькими) путями с разным временем запаздывания. В результате наложения этих сигналов происходит искажение формы импульсов. По форме этих искажений можно определить относительное время запаздывания одного сигнала относительно другого, как показано на рис. 5.

Рассмотрим более подробно кадровый гасящий импульс (строки 623...23 в первом и 311...335 во втором поле). Представленная на рис. 6 временная диаграмма отображает гасящий импульс первого поля. Он содержит уравнивающие импульсы в строках 1...4, эталонные сигналы времени и частоты в строке 6, сигналы цветовой синхронизации (строки 7...15) и телетекста, а также сигналы телеуправления, измерительные и служебные (строки 16...22).

Среди измерительных строк наибольший интерес представляют строки 18 и 21, в которые введены сигналы С1 и С2 для измерения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) канала на дискретных частотах (рис. 7). Эти сигналы можно использовать по прямому назначению – для измерения АЧХ радиоба-

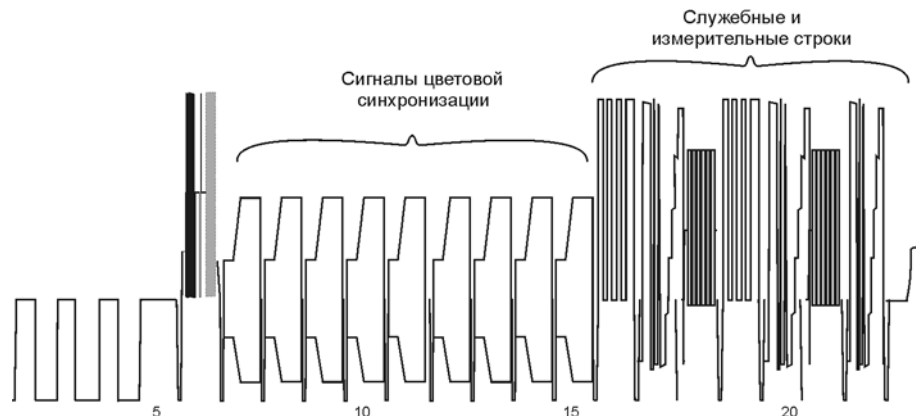


Рисунок 6

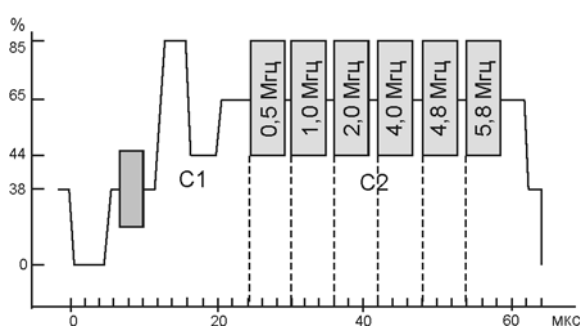


Рисунок 7

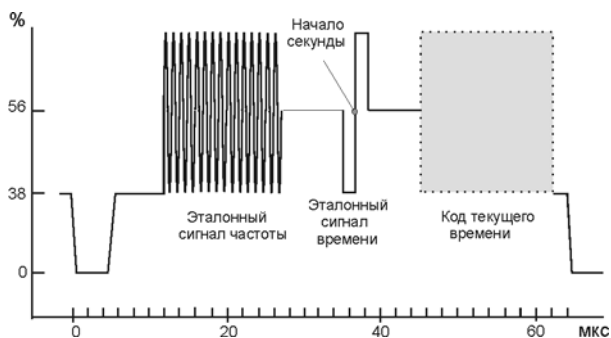


Рисунок 8

нала прямой видимости. Значению АЧХ будут соответствовать амплитуды сигналов, входящих в состав многочастотного пакета С2 по отношению к С1. Разумеется, прием в этом случае необходимо осуществлять широкополосным приемником, частотная характеристика которого известна.

Остальные измерительные и управляющие строки предназначены для измерения специфических характеристик телевизионных приемников и трактов передачи. Их прием по радиоканалу прямой видимости интереса не представляет. Сигналы цветовой синхронизации также не представляют существенного интереса, поскольку их частоты достаточно высокие (4756,25 и 3900,00 кГц), а требования к стабильности этих частот достаточно низкие: ± 18 кГц.

Код опознавания пунктов введения измерительных сигналов может вводиться в строки 16 и 19. Он состоит из четырех прямоугольных импульсов, длительность которых можно изменять в пределах 1...10 мкс дискретно через 1 мкс, что обеспечивает возможность идентификации до 10000 пунктов [14]. Их прием по радиоканалу прямой видимости позволяет определить передающий телецентр.

Упомянутые выше эталонные сигналы частоты и времени, размещенные в шестой строке кадрового гасящего импульса, содержат показанные на рис. 8 эталонный сигнал частоты (ЭСЧ), эталонный сигнал времени (ЭСВ) и сигнал кода текущих значений времени (КТВ). Для передачи ЭСЧ используется интервал длительностью 15 мкс, в течение которого передается пакет колебаний частотой 1 МГц, начальная фаза которого привязана к телевизионным синхросигналам. Вследствие этого ЭСЧ всегда начинаются с положительной полуволны. Относительная нестабильность данного сигнала определяется нестабильностью эталона частоты, который его формирует, и может составлять 10^{-12} ... 10^{-13} . Для передачи ЭСВ предназначен интервал длительностью 12 мкс. Информацию о шкале времени несет точка, соответствующая половине положительного фронта ЭСВ. Частота повторения ЭСВ – 1 Гц, длительность положительного фронта 0,15...0,2 мкс, что соответствует максимальной полосе частот видеосигнала [15]. Кроме того, строчные синхроимпульсы и кадровые синхроимпульсы ТВ сигнала в ряде случаев могут быть привязаны к шкале времени [14].

Если привязка синхроимпульсов к шкале времени отсутствует, то временное положение ЭСВ в строке может несколько изменяться. Учитывая достаточно высокую относительную стабильность частоты строк и имея эталон времени в пункте приема, можно осуществить кратковременную привязку синхроимпульсов удаленного телецентра к своему эталону.

Анализ структуры ТВ сигнала показывает, что наиболее информативными для непосредственной синхронизации являются импульсы строчной развертки,

имеющие нестабильности 10^{-6} , сигнал времени в 6-й строке и сигналы для измерения АЧХ канала в 18-й и 21-й строках.

ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ ТВ СИГНАЛА

Корреляционные характеристики элементов ТВ сигнала моделировались в среде MathLab. Для этого была разработана модель системы синхронизации времени с их использованием.

Исследовались следующие элементы ТВ сигнала:

- отдельные кадры изображения различных видеосюжетов и последовательности кадров;
- сигнал звукового сопровождения;
- измерительные строки 18 и 21.

На рис. 9, а, б, в представлены АКФ ярких составляющих полного цветного телевизионного сигнала кадров изображений из трех видеосюжетов. На рис. 9, г изображена область в районе максимума АКФ одного из кадров изображений. Анализ рис. 9, г показывает, что временное положение максимума АКФ сигнала телевизионного изображения может быть определено при условии устранения неоднозначности, интервал которой равен длительности строки.

АКФ последовательности кадров (рис. 10) имеет составляющую строчной частоты и показывает значительную корреляцию в пределах каждого из сюжетов. Эти АКФ также могут быть использованы при условии устранения неоднозначности.

Исследовались также АКФ сигнала звукового сопровождения. На рис. 11 изображен отрезок сигнала звукового сопровождения в виде дикторского текста. Анализ его АКФ (рис. 12) показал, то, что его главный лепесток имеет ширину по основанию 3 мс и существенно превышает побочные максимумы, что позволяет уверенно идентифицировать кадр изображения в пределах длительности звукового фрагмента.

Анализ огибающей пиков совокупности ВКФ двух фрагментов сигналов звукового сопровождения одинаковой длительности (рис. 13), моменты начала записи которых смещены относительно друг друга на интервал $0,1 \cdot n$, где n лежит в пределах $0 < n < 25$, подтверждает возможность однозначной идентификации конкретного кадра.

Для исследования АКФ измерительного сигнала, приведенного на рис. 7, применена модель такого сигнала в виде шести частотных посылок от 0,5 до 5,8 МГц (см. рис. 14, а). Спектр (рис. 14, б) и АКФ (рис. 14, в) такой модели измерительного сигнала показывает, что ширина главного лепестка АКФ по основанию составляет 200 нс. Поэтому измерительный сигнал может быть использован для снижения погрешности измерений временной задержки по сравнению с сигналами, рассмотренными выше.

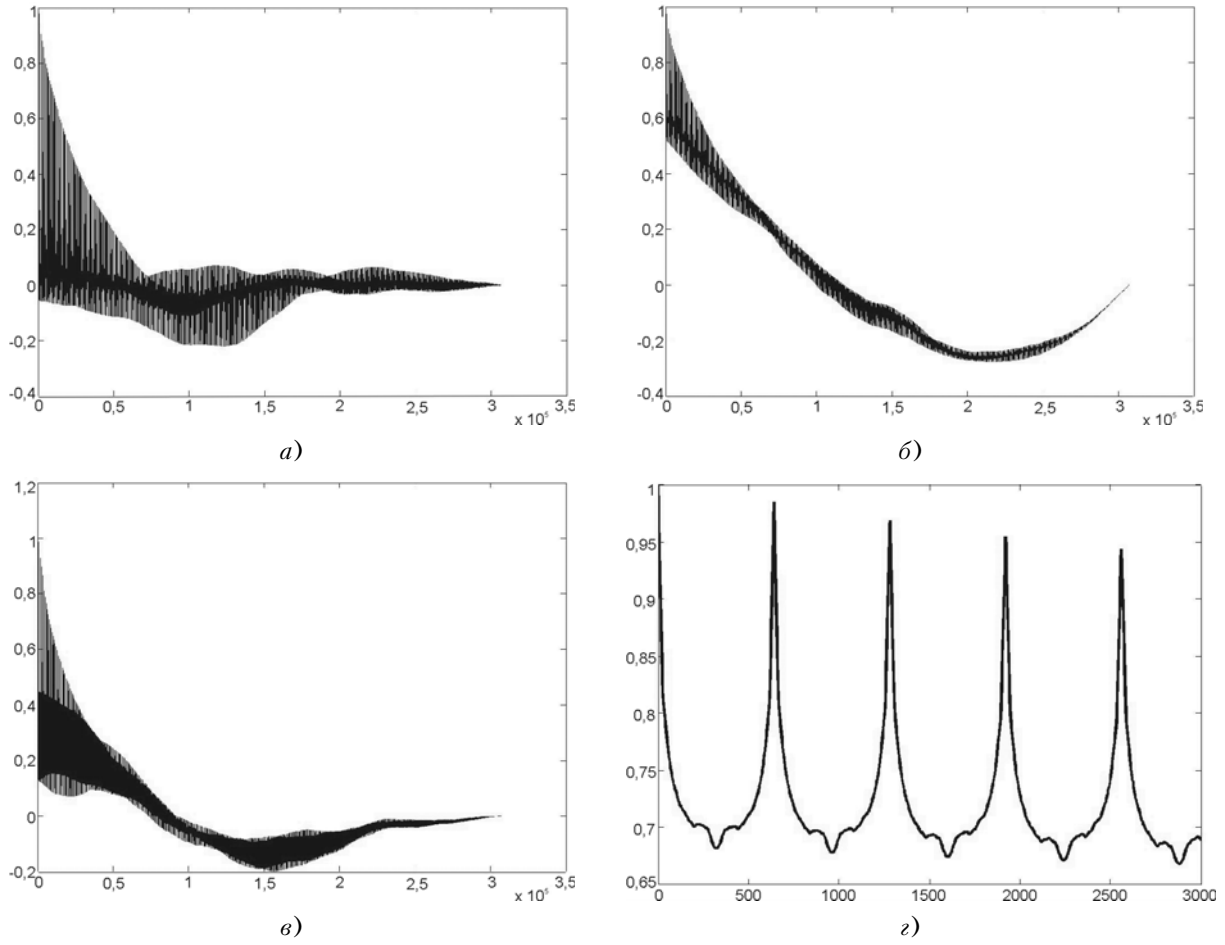


Рисунок 9

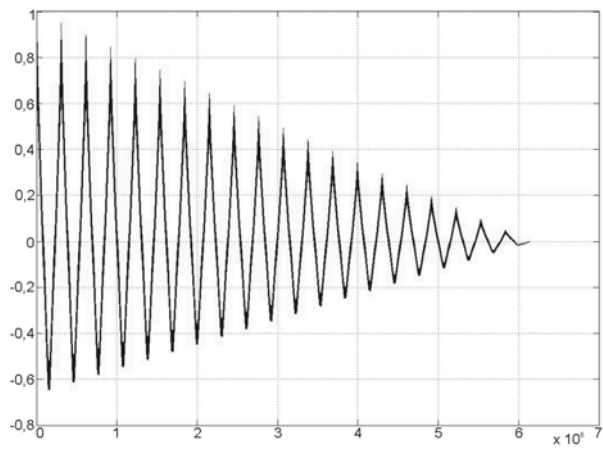


Рисунок 10

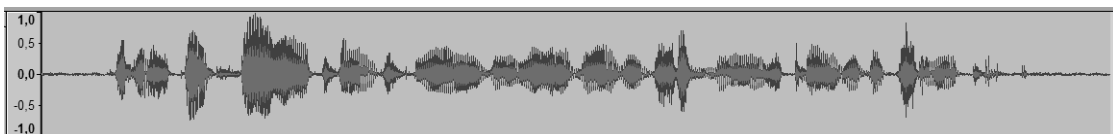


Рисунок 11

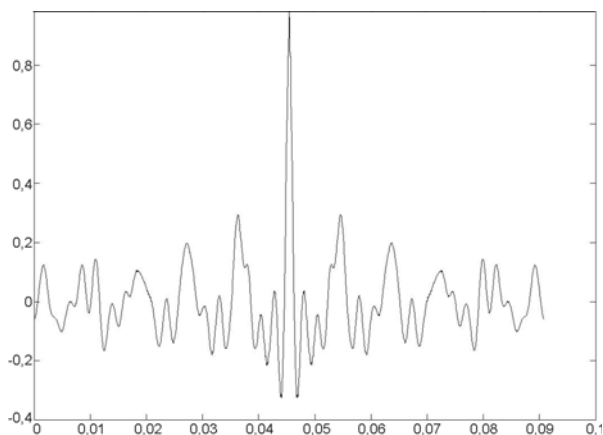


Рисунок 12

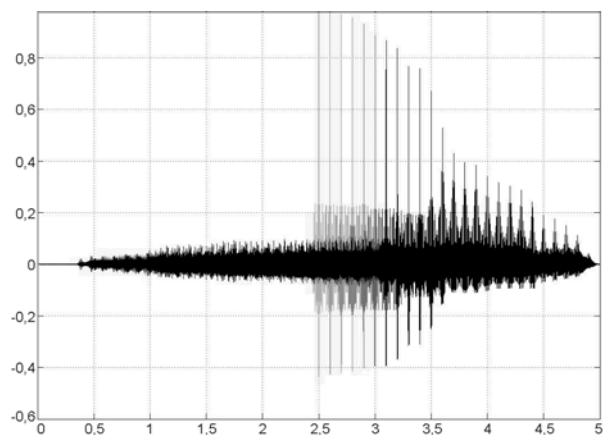
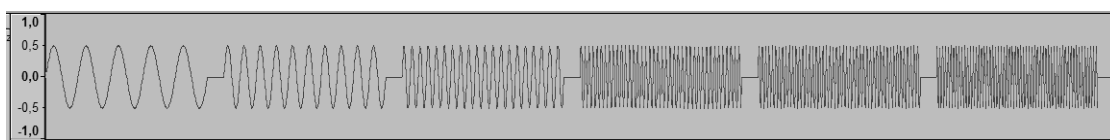
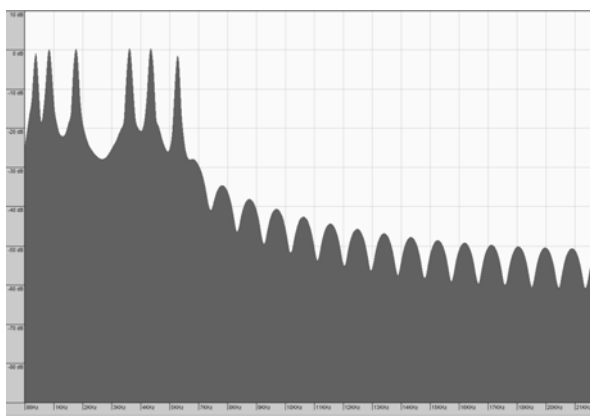


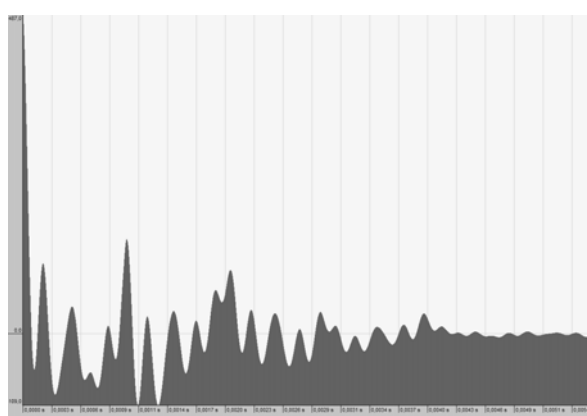
Рисунок 13



а)



б)



в)

Рисунок 14

На последующих этапах исследований планируется осуществить запись реальных ТВ сигналов с видеовыхода ТВ-приемника с помощью устройства оцифровки E-2010 на жесткий диск ПЭВМ для последующей корреляционной обработки и статистического анализа. Это позволит сделать окончательные выводы о достижимых погрешностях синхронизации времени и частоты с применением сигналов ТВ в качестве общих источников при реализации МОО.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Актуальные проблемы метрологии в радиоэлектронике / Под ред. В. К. Коробова. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 296 с.
2. Мангел А. Дж. Национальные эталоны времени и частоты / Мангел А. Дж. // ТИИЭР. – 1986. – Т. 74, № 1. – С. 89–94.
3. Болотов И. М. Развитие научно-технических основ СЕВ / Болотов И. М., Геворкян А. Г. // Радионавигация и время. – 1992. – № 1. – С. 50 – 52.
4. Величко О. М. Державна програма створення та розвитку Державної служби єдиного часу і еталонних частот / Величко О. М., Миронов М. Т., Сидоренко Г. С. [та ін.] // Український метрологічний журнал. – 1996. – Вип. 4. – С. 13–16.
5. Клейман О. С. Державний первинний еталон одиниць часу і частоти / Клейман О. С., Оголоук В. П., Сидоренко Г. С. [та ін.] // Український метрологічний журнал. – 1997. – Вип. 3. – С. 18–23.
6. Petley B. W. Time and frequency in fundamental metrology / Petley B. W. // Proceedings of the IEEE. – 1991. – Volume 79, Issue 7. – Pp. 1070–1076
7. Дистанционные методы и средства исследования процессов в атмосфере Земли // Под ред. Кашеева Б. А., Лагутина М. Ф., Прошкина Е. Г. – Харьков : Бизнес информ, 2002. – С. 219–305.

8. Антипов И. Е. Развитие теории и совершенствование радиометеорных систем связи и синхронизации / Антипов И. Е., Коваль Ю. А., Обельченко В. В. – Харьков : Коллегиум, 2006. – 308 с.
9. Гужва Ю. Г. Синхронизация часов по сигналам «ГЛО-НАСС» / Гужва Ю. Г., Геворкян А. Г., Богданов П. П., Овчинников В. В. // Радионавигация и время. – 1994. – № 1. – С. 11–14.
10. Антипов И. Е. Исследование стабильности канала прямой видимости в городских условиях / Антипов И. Е., Бондарь Е. Ю., Коваль Ю. А., Нестеренко Г. В., Ткачук А. А. // Материалы 7-й Международ. научно-практической конф. «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2006). – Одесса, 2006. – Т. 1. – С. 214.
11. Бондарь Е. Ю. Об использовании сверхширокополосного радиоканала прямой видимости в задачах высокоточного сличения шкал времени / Бондарь Е. Ю., Нестеренко Г. В. // Материалы 17-й Международ. крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2007), Севастополь, 10–14 сентября 2007 г. – Севастополь, 2007. – С. 257–258.
12. Кашеев Б. Л. Распространение сигналов синхронизации / Кашеев Б. Л., Коваль Ю. А., Кундюков С. Г. // Діловий кур'єр. – 1998. – № 36. – С. 7 ; Зв'язок. – 1998. – № 38. – С. 4.
13. Кашеев Б. Л. О возможности использования радиометеорного канала для синхронизации национальной сети связи Украины / Кашеев Б. Л., Коваль Ю. А., Кундюков С. Г. // Зв'язок. – 1999. – № 5. – С. 32–36.
14. Антипов И. Е. Прием телевизионных сигналов времени и частоты по метеорному радиоканалу / Антипов И. Е., Бавыкина В. В., Коваль Ю. А. [и др.] // Радиотехника : всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2001. – Вып. 117. – С. 42–45.
15. Домбругов Р. М. Телевидение : учебник для студентов вузов / Домбругов Р. М. – Киев : Вища школа, Головное изд-во, 1979. – 176 с.

Надійшла 6.10.2008

Виконано аналіз можливостей методу загального охопту (МЗО) для високоточної синхронізації стандартів часу і частоти в межах прямої видимості. Оцінено доцільність використання для виміру зрушення шкал часу і частоти взаємкореляційної обробки сигналів. Проаналізовано можливість використання телевізійних сигналів для реалізації МЗО.

The analysis of a "common view" method capabilities for highly precise synchronization of standards of time and frequency on radio channels of direct visibility is carried out. The rationality of the method implementation for measuring time scales shifts and intercorrelational signal processing frequency is being estimated. The possibility to use television signals for realization a "common view" method is analyzed.

УДК 621.396.931

Д. М. Піза, О. П. Залевський, Б. М. Бондарев

ВПЛИВ НЕЛІНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ АДАПТИВНИХ ПРОСТОРОВИХ ТА ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ФІЛЬТРІВ

Проведено аналіз ефективності роботи просторово-го та поляризаційного фільтра в умовах дії потужних активних шумових завад. Отримані залежності коефіцієнту придушення в просторовому фільтрі від потужності активної завади, що діє, шляхом імітаційного моделювання та в ході натурного експерименту. Запропоновано алгоритм розширення динамічного діапазону РЛС, який засновано на оцінках рівня завади з подальшим адаптивним синхронним керуванням рівня завад на входах просторового фільтра.

ВСТУП

Сучасні бойові дії з застосуванням авіації характеризуються широким використанням засобів радіопротидії. Завдяки бурхливому розвитку електроніки, вдосконалюються і засоби радіопротидії: зростає ефективна потужність випромінювання, збільшуються можливості щодо створення різних типів завад, які можуть бути використані в бойових діях. В якості постановників завад, як правило, застосовують потужні та надпотужні генератори шумових сигналів, які

можуть бути розміщені на літаках чи автомобілях або бути розміщені стаціонарно.

Для захисту від засобів радіопротидії в РЛС використовують адаптивні просторово(поляризаційно)-часові фільтри, що дозволяють пригнічувати активні завади. В якості просторових фільтрів використовуються адаптивні антенні решітки та автокомпенсатори завад, в якості часових фільтрів, часто використовують пристрої доплерівської фільтрації. Але впровадження адаптивних просторових фільтрів в реальні радіолокаційні системи не призвело до реалізації їх потенційних можливостей.

За час проведення випробувань та експлуатації в зонах бойових конфліктів РЛС, в яких при побудові було застосовано просторово(поляризаційно)-часові фільтри було виявлено, що в умовах впливу активних шумових завад з високою потужністю ефективність пригнічення завад та виділення корисних сигналів суттєво знижується. Зниження ефективності пригнічення завад погіршує ефективність виявлення корисних сигналів із прийнятої суміші та веде до збільшення кількості хибних тривог.

© Піза Д. М., Залевський О. П., Бондарев Б. М., 2009