

УДК 621.396.96

Коваль Ю. А.<sup>1</sup>, Костыря А. А.<sup>2</sup>, Соляник О. А.<sup>3</sup>, Семенов С. Ф.<sup>4</sup>, Плехно С. А.<sup>5</sup>, Асаад Х. Х.<sup>6</sup><sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор Харьковского национального университета радиоэлектроники<sup>2, 3</sup> Канд. техн. наук Харьковского национального университета радиоэлектроники<sup>4</sup>Старший научный сотрудник Харьковского национального университета радиоэлектроники<sup>5, 6</sup> Аспирант Харьковского национального университета радиоэлектроники

## ВЫБОР ОБЩЕГО ИСТОЧНИКА СИГНАЛА ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ

Проведен сравнительный анализ сигналов наиболее распространенных наземных радиостанций с целью их использования в качестве общего источника сигналов при построении местной (региональной) пассивной системы синхронизации времени и частоты. Сделан вывод о перспективности использования сигналов цифрового наземного телевидения.

**Ключевые слова:** алгоритм общего охвата, синхронизация, время, частота, взаимокорреляционная обработка, автокорреляционная функция, аналоговое ТВ, ЧМ радиовещание, цифровое наземное ТВ вещание.

### ВВЕДЕНИЕ

С целью обеспечения скрытности, помехоустойчивости, экономичности, электромагнитной совместимости разрабатываемой системы синхронизации времени и частоты при реализации алгоритма общего охвата (АОО) целесообразно использование стороннего источника сигнала, местоположение которого известно с необходимой точностью и обеспечивается уверенный радиоприем этого сигнала в синхронизируемых пунктах [1, 2]. Наиболее массовыми наземными радиоизлучающими источниками, которые могут использоваться в качестве общего источника сигнала (ОИС), в настоящее время являются радиовещательные станции и телевизионные центры. Задача время-частотной синхронизации может иметь либо местный (региональный), либо общегосударственный характер. Данная статья посвящена выбору ОИС при построении системы синхронизации времени и частоты (ССВЧ) в отдельном регионе на примере г. Харькова. Эта задача является актуальной для данного региона в связи с наличием в г. Харькове Государственного эталона времени и частоты (НПО «Институт «Метрология»). Поэтому при наличии системы синхронизации заинтересованные потребители получают возможность сличать свои шкалы непосредственно с его шкалой.

Сформулируем основные принципы и условия реализуемости АОО:

- в синхронизируемых пунктах принимается один и тот же сигнал (фрагмент сигнала), время распространения которого от общего источника до каждого из пунктов известно с необходимой для синхронизации точностью;
- момент прихода сигнала в каждом пункте фиксируется относительно «своей» шкалы времени;
- корреляционные свойства принимаемого сигнала априори известны, что позволяет осуществлять его согласованный прием и последующую обработку;

– параметры принимаемых сигналов флюктуируют, т. е. имеют случайную составляющую (источники флуктуаций – флуктуации канала распространения радиоволн, шумы приемных каналов, преобразующих и вычислительных устройств и др.);

– результирующий шум в каждом из каналов обработки сигнала представляет собой стационарный независимый случайный процесс, распределение которого подчинено нормальному закону.

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОСИГНАЛОВ

Опираясь на результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований, проведем сравнительный анализ радиосигналов наиболее широко распространенных наземных источников с целью выбора ОИС для построения местной (региональной) ССВЧ. В работе [3] показано, что минимальная дисперсия ошибки измерения времени задержки сигнала с неизвестной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи типа белого шума определяется соотношением

$$\sigma^2 = \frac{1 - P_{\text{ош}}}{q^2 \Delta F_{\text{эф}}} + P_{\text{ош}} \frac{T^2}{6}, \quad (1)$$

где  $T$  – интервал наблюдения, на котором осуществляется измерение задержки сигнала;  $P_{\text{ош}}$  – вероятность ошибочного измерения временного положения сигнала по помеховому выбросу или боковому лепестку выходного сигнала оптимального приемника;  $q = \sqrt{2\mathcal{E} / N_0}$  – энергетическое отношение сигнал/шум;  $\mathcal{E}$  – энергия сигнала;  $N_0$  – спектральная плотность шума;  $\Delta F_{\text{эф}}$  – эффективная ширина спектра сигнала.

Из (1) следует, что в качестве основных сравниваемых характеристик при выборе ОИС могут использоваться – значение отношения сигнал/шум на выходе устройства обработки сигнала, величина эффективной ширины спектра сигнала.

При реализации взаимокорреляционной обработки (ВКО) сигналов также могут использоваться производные величины, которые непосредственно связаны с указанными основными характеристиками – шириной главного лепестка автокорреляционной функции (АКФ) сигнала, уровень боковых лепестков АКФ сигнала.

Также необходимо учитывать, насколько полной является информация о параметрах сигнала, т. е. является ли принимаемый сигнал сигналом с полностью известными параметрами либо некоторые его параметры имеют случайный характер. В [2] исследован многочастотный сигнал служебной строки С2, выделенный из полного телевизионного (ТВ) сигнала на выходе синхронного детектора, который является сигналом с полностью известными параметрами. Обработка такого сигнала может осуществляться согласованно [4]. Отличительные особенности согласованной фильтрации и ВКО сигналов при реализации АОО рассмотрены в [5] и заключаются в том, что аномальные погрешности измерений в случае согласованной фильтрации появляются при меньших значениях пороговых соотношений сигнал/помеха, чем при ВКО. Применение ВКО позволяет использовать сигналы, параметры модуляции которых являются функцией времени и, в общем случае, изменяются по случайному закону.

Важной характеристикой ССВЧ является вероятность ошибочного измерения временного положения сигнала по помеховому выбросу или боковому лепестку выходного сигнала оптимального приемника –  $P_{\text{ош}}$  и ее значение также зависит от выбора вида сигнала и способа его обработки. Случаи возможного увеличения  $P_{\text{ош}}$  и особенности обработки информации при этом рассмотрены далее.

Характеристика, которая также должна учитываться при выборе вида сигнала – это возможность однозначной оценки параметра. Неоднозначность возникает в случае использования периодического сигнала и получаемая при этом оценка повторяет свое значение. Она является наиболее характерной при реализации фазовых измерений.

Исследование корреляционных свойств радиосигналов проводится на базе аппаратно-программного комплекса, в состав которого входят приемные устройства различных частотных диапазонов, анализатор спектра, цифровой USB осциллограф и персональная ЭВМ. Раз-

работано специализированное программное обеспечение на языке Free Pascal в среде Lazarus, бесплатном аналоге Delphi. В отличие от Delphi, среда Lazarus позволяет выполнить кроссплатформенную компиляцию, что дает возможность повысить ее эффективность на высокопроизводительных операционных системах. Структурная схема комплекса приведена на рис. 1, на рис. 2 показана блок-схема алгоритма исследования сигналов.

Сигнал аналогового ТВ представляет собой однополосный амплитудно-модулированный сигнал с многотональной модуляцией и частично подавленной несущей частотой для передачи сигнала изображения и частотно-модулированный (ЧМ) сигнал звукового сопровождения, несущая частота которого смещена относительно несущей изображения на 6,5 МГц. Обобщенное уравнение ТВ амплитудно-модулированного сигнала изображения представим в виде [6]

$$u_{\text{AM}}(t) = U_0 \left[ 1 + \sum_{i=1}^N M_i \cos(\Omega_i t + \Phi_i) \right] \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

и после выделения верхней боковой полосы просуммируем с сигналом звукового канала

$$\begin{aligned} u_{\text{ТВ}}(t) = & U_{\text{из}} \cos(\omega_{\text{из}} t + \varphi_{\text{из}}) + \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N U_{\text{из}} M_i \cos[(\omega_{\text{из}} + \Omega_i)t + \varphi_{\text{из}} + \Phi_i] + \\ & + U_{\text{зв}} \cos(\omega_{\text{зв}} t + \Delta\omega_{\text{зв}} \int_0^t s(t) dt + \varphi_{\text{зв}}), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $U_{\text{из}}$ ,  $\omega_{\text{из}}$ ,  $\varphi_{\text{из}}$  – амплитуда, частота и начальная фаза несущей изображения;  $M_i$  – парциальные коэффициенты амплитудной модуляции;  $\Omega_i$ ,  $\Phi_i$  – частота и начальная фаза  $i$ -го модулирующего колебания;  $U_{\text{зв}}$ ,  $\omega_{\text{зв}}$ ,  $\varphi_{\text{зв}}$  – амплитуда, частота и начальная фаза несущей звукового сопровождения;  $s(t)$  – многотональный модулирующий сигнал звукового сопровождения;  $\Delta\omega_{\text{зв}}$  – девиация частоты несущей звукового сопровождения.

При помощи прямого преобразования Фурье получаем спектральную характеристику ТВ сигнала [7]

$$S_{\text{ТВ}}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} u_{\text{ТВ}}(t) \times e^{-j\omega t} dt.$$

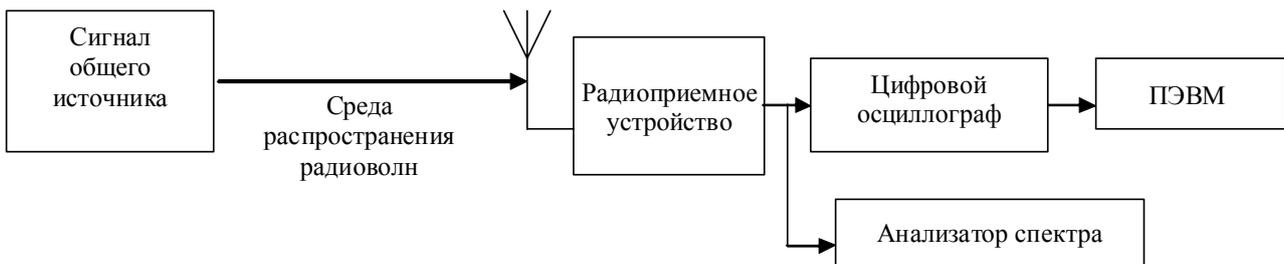


Рис. 1. Структурная схема стенда

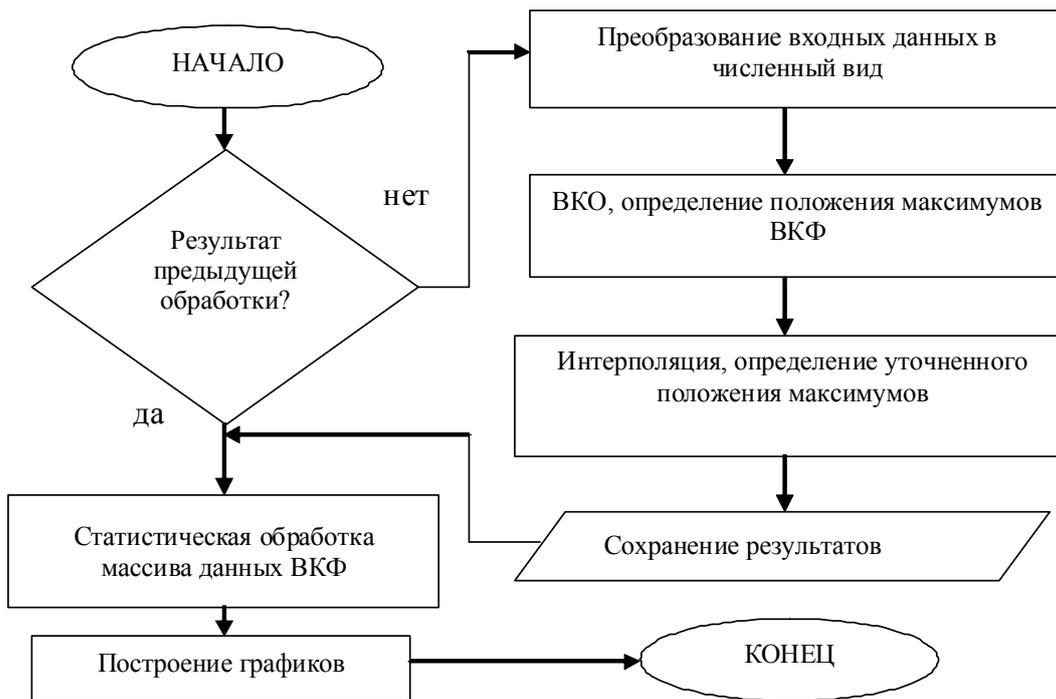


Рис. 2. Алгоритм работы программного обеспечения

Преобразование Фурье от квадрата спектральной характеристики ТВ сигнала позволяет получить его корреляционную функцию

$$B_{ТВ}(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} S_{ТВ}^2(\omega) \times e^{-j\omega\tau} d\omega.$$

На рис. 3, а приведена спектрограмма телевизионного сигнала на радиочастоте, полученная при подаче на вход анализатора спектра сигнала с выхода широкополосного усилителя. На рис. 3, б показана АКФ фрагмента ТВ сигнала (радиоимпульса) длительностью 125 мкс, для получения которой использованы цифровые отсчеты ТВ сигнала промежуточной частоты.

Эффективная ширина спектра сигнала для ограниченной полосы частот определяется из соотношения [8]

$$\Delta F_{эф} = \sqrt{\frac{2}{\Theta} \int_0^{\Delta f_n} f^2 |S(f)|^2 df},$$

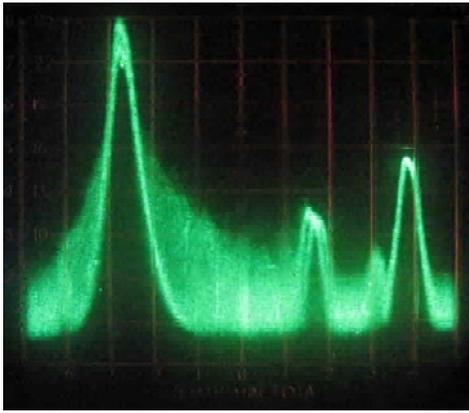
где  $S(f)$  – спектр комплексной огибающей сигнала, который определяется не только полосой частот, в пределах которой сосредоточена основная энергия сигнала, но и формой амплитудного спектра сигнала. Чем большая доля энергии сигнала сосредоточена на границах полосы частот, тем больше  $\Delta F_{эф}$ . Следовательно, сигнал (2) по сравнению с измерительным сигналом, исследованным в [2], имеет большую эффективную ширину

спектра. Кроме того, этот сигнал обладает большей энергией, т. к. в формировании значений его корреляционной функции используются несущие звука, изображения и другие составляющие ТВ сигнала. Также отсутствует неоднозначность определения временного положения максимума корреляционной функции, а измерительный сигнал С2 является периодическим с частотой следования, равной частоте кадровой синхронизации. Существенным недостатком сигнала вида (2) является большая вероятность ложного определения временного положения максимума ВКФ из-за высокого уровня боковых лепестков радиочастотного заполнения корреляционной функции. Поэтому предварительную обработку информации о местоположении максимума необходимо осуществлять по огибающей ВКФ и только после этого проводить уточнение по фазе радиочастотного заполнения.

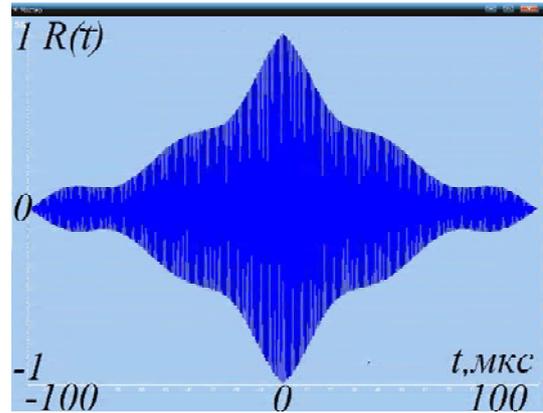
Наряду с ТВ вещанием широкое распространение получило ЧМ радиовещание. Поэтому в данной статье анализируется возможность использования сигналов ЧМ радиостанций в качестве общих сигналов для АОО.

В Харьковском регионе в настоящее время ведут круглосуточную трансляцию более 20 ЧМ радиостанций, радиопередатчики которых имеют выходную мощность от 0,1 до 2,0 кВт на частотах от 88,0 до 107,9 МГц.

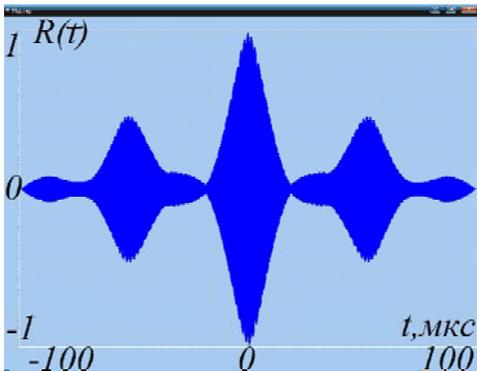
Частотная модуляция (ЧМ, frequency modulation – FM) характеризуется линейной связью модулирующего сигнала с мгновенной частотой колебаний, при которой мгновенная частота колебаний образуется сложением частоты высокочастотного несущего колебания  $\omega_0$  со значением амплитуды модулирующего сигнала с опре-



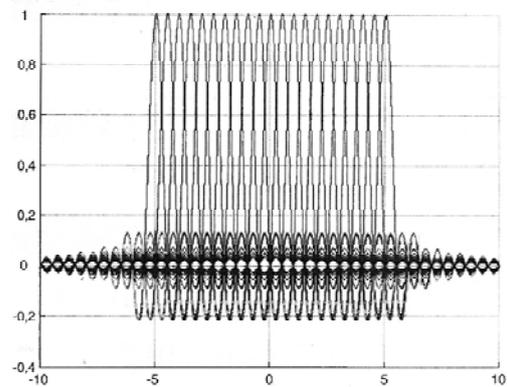
а) спектр аналогового ТВ сигналу



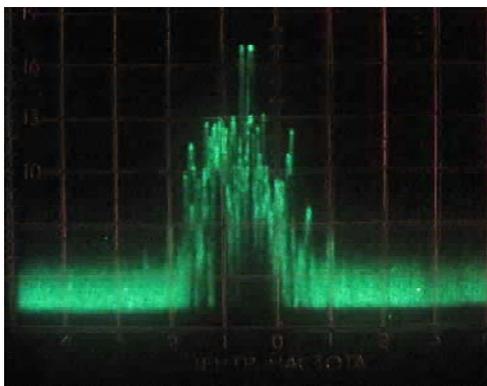
б) АКФ ЧМ сигналу промчастоты



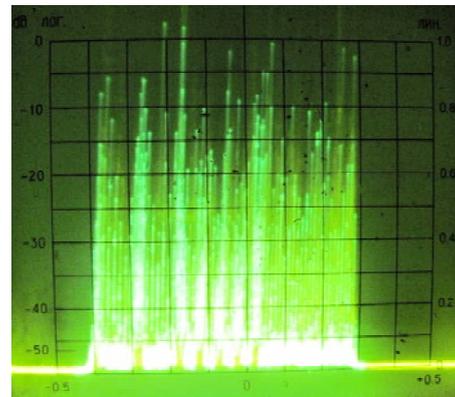
в) АКФ аналогового ТВ сигналу



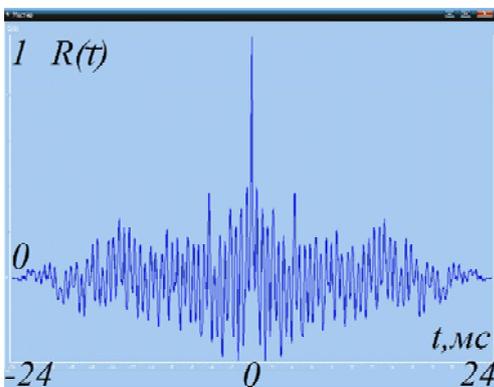
г) Расстановка несущих сигнала OFDM



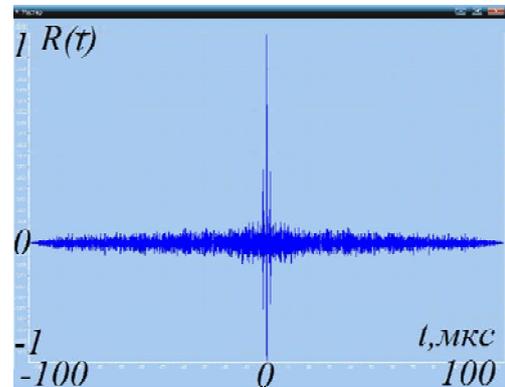
д) спектр сигнала ЧМ радиостанции



е) спектр OFDM сигнала



ж) АКФ низкочастотного ЧМ сигнала



з) АКФ OFDM сигнала

Рис. 3

деленным коэффициентом пропорциональности  $\Delta\omega$  – девиацией частоты [6]

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \times s(t).$$

Соответственно, полная фаза колебаний

$$\Psi(t) = \omega_0 t + \Delta\omega \int_0^t s(t) dt + \varphi_0.$$

И уравнение ЧМ сигнала имеет вид

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t + \Delta\omega \int_0^t s(t) dt + \varphi_0), \quad (3)$$

где  $s(t) = \sum_{i=1}^N U_i \cos(\Omega_i t + \Phi_i)$  – в общем случае многотональный низкочастотный модулирующий сигнал (при

$i = \{N, N\}$  имеем однотоновую модуляцию).

В спектре сигнала с многотональной частотной модуляцией присутствуют не только боковые частоты с гармониками частот модулирующего сигнала, но и боковые комбинационные частоты типа  $\omega_0 \pm \Omega_1 \pm \Omega_2 \pm \dots \pm \Omega_i$ , со всеми возможными комбинациями частот модулирующего сигнала  $\Omega_i$ . При непрерывном спектре модулирующего сигнала спектры ЧМ сигналов также становятся непрерывными. На рис. 3, в приведен спектр такого эфирного радиосигнала.

Для вычисления АКФ может быть использован фрагмент сигнала на радиочастоте (на промежуточной частоте) либо уже продетектированный сигнал – многотональный низкочастотный сигнал. На рис. 3, з приведена АКФ продетектированного сигнала ЧМ радиостанции. По сравнению с сигналом аналогового ТВ (2) сигнал ЧМ радиостанции имеет явные преимущества при использовании его в качестве ОИС. Такими преимуществами являются четко выраженная однопиковость АКФ, а также сравнительно низкий и довольно равномерный уровень боковых лепестков АКФ. Однако, ширина главного максимума АКФ на три порядка больше по сравнению с шириной главного максимума АКФ сигнала (2), т. е. дисперсия определения местоположения максимума корреляционной функции в таком случае будет существенно больше. Однако, использование для измерения сдвига шкал времени продетектированного ЧМ сигнала не требует разработки и создания специализированной радиоприемной аппаратуры, прием может быть осуществлен бытовыми ЧМ-приемниками, а для оцифровки сигналов можно использовать звуковые карты персональных компьютеров. Снижения дисперсии определения местоположения максимума корреляционной функции, а, следовательно, повышения точности сличения временных шкал потребителей можно достичь при увеличении эффективной ширины спектра ЧМ сигнала за счет его додетекторной обработки на радиочастоте. В этом случае также повышается энергия принятого сиг-

нала за счет участия в процессе обработки всех составляющих – стерео и моно сигналов. На рис. 3, д приведена АКФ сигнала ЧМ радиостанции, преобразованного на промежуточную частоту. Ширина спектра ЧМ радиовещательного сигнала существенно превышает полосу звуковых частот, которые участвуют в формировании АКФ продетектированного сигнала. На рис. 3, з анализируется временной интервал протяженностью 50 мс, а на рис. 3, д – 225 мкс. Следовательно, ширина основного лепестка АКФ ЧМ сигнала промежуточной частоты уже, чем у АКФ, приведенной на рис. 3, з. Поэтому при использовании ЧМ сигнала промежуточной частоты погрешности сличения временных шкал территориально разнесенных эталонов (стандартов) времени и частоты будут существенно ниже, чем при использовании продетектированного сигнала.

Обработка сигнала (3) имеет те же особенности, что и обработка сигнала (2), связанные с высоким уровнем боковых лепестков радиочастотного заполнения функции корреляции. При этом необходимо наличие специализированного оборудования для преобразования, оцифровки сигналов и ввода цифровых данных в компьютер либо специальный вычислитель. Наряду с сигналами радиостанций могут использоваться сигналы звукового сопровождения аналогового ТВ, в которых также используется ЧМ модуляция.

В Украине реализуется программа перевода эфирного ТВ в цифровой формат. В г. Харькове начато цифровое эфирное ТВ вещание. Применение цифровых методов позволяет устранить многие недостатки аналоговых систем вещания, в том числе искажения сигналов при их формировании, обработке и передаче. Цифровые методы сжатия информации позволяют более эффективно использовать радиочастотный ресурс – в полосе 8 МГц транслируется до 8 ТВ программ и с более высоким качеством передачи информации. Многие страны мира, в том числе и Украина, приняли в качестве национального стандарта цифрового наземного ТВ вещания (ЦНТВ) систему DVB-T2. Система ЦНТВ DVB-T2 определяется как функциональный блок оборудования, обеспечивающий адаптацию цифрового ТВ сигнала, представленного в основной полосе частот на выходе транспортного мультиплекса MPEG-2, с характеристиками стандартного наземного радиоканала вещания, имеющего ширину полосы частот 8 МГц [9]. Поскольку система DVB-T2, как и любая другая система ЦНТВ, должна использовать существующие частотные планы и в течение достаточно длительного переходного периода обеспечивать вещание наряду с действующими аналоговыми ТВ системами, она должна обладать требуемой помехозащищенностью со стороны аналоговых систем и не должна создавать недопустимых помех для них. В системе ЦНТВ DVB-T2 используется передача сигналов в одном из режимов вещания от  $2^0$  k до  $2^5$  k с удвоением числа ортогональных несущих частот от 853 до 27265 в одном символе OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex – ортогональное частотное разделение мульт-

типлекса). Мультиплексом называется цифровой поток, передаваемый по одному физическому каналу сети вещания. Каждая из несущих модулируется низкоскоростным цифровым потоком, являющимся частью общего транспортного потока системы, причем в качестве первичных видов модуляции для различных условий регламентируются квадратурная многозначная амплитудно-фазовая модуляция QPSK, 16- и 64-QAM [9, 10]. Модулированные узкополосные ортогональные несущие объединяются в пределах полосы канала в группу OFDM [9]

$$u_{OFDM}(t) = \sum_{i=1}^N U_{0i} \cos[\omega_{0i}t + \varphi_{0i} + n_i(t)\Phi_0],$$

где  $N$  – число ортогональных несущих;  $U_{0i}$ ,  $\omega_{0i}$ ,  $\varphi_{0i}$  – амплитуда, частота и начальная фаза ортогональной несущей;  $\Phi_0$  – значение минимального фазового сдвига в первичном виде модуляции;  $n_i(t)$  – модулирующий низкоскоростной цифровой поток.

Частотное распределение несущих в полосе радиоканала производится по определенному правилу их ортогональности, допускающему перекрытие скатов смежных спектров, но при условии, что на центральной частоте каждой из несущих спектральные составляющие всех остальных модулированных несущих переходят через ноль. В результате за счет большого числа несущих формируется групповой спектр мощности, очень близкий к прямоугольному при любом коэффициенте скругления спектра узкополосных модулирующих сигналов, что дает максимальную эффективность использования полосы радиоканала. Пример расстановки несущих в спектре OFDM показан на рис. 3, е. Каждая из  $N$  модулированных несущих, входящих в набор OFDM, может быть выражена формулой [7]

$$U_n(t) = \cos(2\pi f_n t),$$

где  $f_n = f_0 + n / T_S$ ,  $n = \{0, 1, \dots, N-1\}$ ;  $T_S$  – длительность символа;  $f_0$  – частота низшей несущей, а модулированный сигнал OFDM – выражением

$$U(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} \{a_k \cos[2\pi(f_0 + k/T) t] + b_k \sin[2\pi(f_0 + k/T) t]\},$$

где  $T$  – длительность тактового интервала;  $N$  – число несущих;  $a_k, b_k \in \{-1, +1\}$  – данные синфазного и квадратурного каналов, модулирующие  $k$ -ю несущую.

Полная спектральная плотность мощности модулируемых несущих OFDM является суммой спектральных плотностей мощности множества несущих. Спектр реального сигнала OFDM показан на рис. 3, ж. На рис. 3, з показана АКФ, рассчитанная после преобразования и оцифровки сигнала OFDM. Из рассмотренных сигналов OFDM сигнал имеет наибольшую эффективную ширину спектра. Корреляционные свойства OFDM сигнала – чет-

ко выраженный главный максимум АКФ, характер и уровень боковых лепестков дают основания полагать, что по сравнению с вышерассмотренными сигналами сигналы ЦНТВ являются наиболее перспективными для использования их в качестве ОИС при построении местной ССВЧ.

## ВЫВОДЫ

Проведенный сравнительный анализ радиосигналов различных источников показывает, что при выборе ОИС необходимо учитывать следующие факторы:

- возможность определения местоположения ОИС либо разности времени распространения сигнала от ОИС до синхронизируемых пунктов с достаточной точностью;
- синхронизируемые пункты должны находиться в зоне уверенного приема сигнала общего источника;
- предпочтение имеют общие источники, сигналы которых имеют более широкий эффективный спектр и как можно меньший интервал сильной корреляции.

Первый фактор определяет принципиальную возможность построения системы синхронизации, поскольку является основополагающим для работы АОО. Следующие два фактора оказывают непосредственное влияние на значение параметра обнаружения и являются определяющими для достижения минимальной среднеквадратической погрешности оценки временного положения сигналов в синхронизируемых пунктах.

Проведенные предварительные теоретические и экспериментальные исследования показывают, что наиболее предпочтительным ОИС для построения региональной ССВЧ является сигнал ЦНТВ. АКФ такого сигнала обеспечивает однозначность измерений (определяется наличием преобладающего главного максимума АКФ), из сравниваемых сигналов ширина главного максимума АКФ наименьшая и уровень ближайших к главному максимуму лепестков автокорреляционной функции минимален. Поэтому при использовании сигнала ЦНТВ следует ожидать наименьшего значения погрешности сличения шкал пространственно разнесенных стандартов (эталонных) времени и частоты по сравнению с другими рассмотренными сигналами. Вопрос применения сигнала ЦНТВ для создания региональной ССВЧ требует более детальной теоретической и экспериментальной проработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ возможностей метода общего охвата для высокоточной синхронизации стандартов времени и частоты в пределах прямой видимости / Коваль Ю. А., Костыря А. А., Обельченко В. В., Бондарь Е. Ю. та ін. // *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. – 2009. – № 1 (20). – С. 21–30.
2. Оценка потенциальной точности синхронизации стандартов времени и частоты при использовании измерительного телевизионного сигнала / Костыря А. А., Коваль Ю. А., Иванова Е. А., Ермолаев Е. П. [и др.] // *Системы управління, навігації та зв'язку*. – 2009. – Вип. 2(10). – С. 40–45.
3. Коваль, Ю. А. К вопросу о потенциальной точности фиксации временного положения сигнала при сличении шкал хранителей времени / Коваль Ю. А., Бавыкина В. В. // *Радиотехника*. – 1981. – Вып. 57. – С. 63–69.

4. Радиозлектронные системы: основы построения и теория : справочник / [под ред. Я. Д. Ширмана]. – М. : ЗАО «МАК-ВИС», 1998. – 828 с.
5. Моделирование систем частотно-временной синхронизации, использующих сигналы общих источников / [Коваль Ю. А., Костыря А. А., Иванова Е. А., Ал-Твежри Б. А.] // Радиозлектроника. – 2011. – Вып. № 2 (том 54). – С. 12–21.
6. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник / Баскаков С. И. – М. : Высш. школа, 1983. – 536 с.
7. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / Гоноровский И. С. – М. : Радио и связь, 1986. – 512 с.
8. Антипов, И. Е. Развитие теории и совершенствование радиометеорологических систем связи и синхронизации. / И. Е. Антипов, Ю. А. Коваль, В. В. Обельченко. – Харьков : Коллегіум, 2006. – 308 с.
9. Зубарев, Ю. Б. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. / Ю. Б. Зубарев, М. И. Кривошеев, И. Н. Красносельский. – М. : Научно-исследовательский институт радио (НИИР), 2001. – 568 с.
10. European Standard (Telecommunications series) Draft EN 300 744 V1.2.1 (1999-01). Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television (DVB-T). – EBU/CENELEC/ETSI JTC. [Електронний ресурс]; Режим доступу: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/300700\\_300799/300744/01.05.01\\_40/en\\_300744v010501o.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300700_300799/300744/01.05.01_40/en_300744v010501o.pdf)

Стаття надійшла до редакції 10.09.2012.  
Після доробки 05.10.2012.

Коваль Ю. О., Костыря О. О., Соляник О. А., Семенов С. Ф., Плехно С. О., Асаад Х. Х.

#### ВИБІР ЗАГАЛЬНОГО ДЖЕРЕЛА СИГНАЛУ ДЛЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЧАСУ ТА ЧАСТОТИ

Проведено порівняльний аналіз сигналів найбільш розповсюджених наземних радіоджерел з метою їх використання в якості спільного джерела сигналів при побудові місцевої (регіональної) пасивної системи синхронізації часу та частоти. Зроблено висновок про перспективність використання сигналів цифрового наземного телебачення.

**Ключові слова:** алгоритм загального охоплення, час, частота, взаємкореляційна обробка, автокореляційна функція, аналогове телебачення, ЧМ радіомовлення, цифрове наземне телебачення.

Koval Y., Kostyrja A., Khalid-H-Asaad, Semyonov S., Solyanik O., Plehno S.

#### SELECTION OF GENERAL SIGNAL SOURCE FOR REGIONAL TIME AND FREQUENCY SYNCHRONIZATION SYSTEM

In this article some results of comparative analysis of mostly used terrestrial radio signal sources are published. The aim of this observation is to utilize the sources signal as a common signal source in building Time and Frequency Synchronization System, according to common views algorithm. As a common sources digital TV broadcasting of (DVB-T2) signals and analog (Secam) TV signals were investigated. The correlation properties of this signals are investigated theoretically and practically. The list of equipment used in investigations: TV and FM signal receiver, digital oscilloscope, and software for calculation of inter- and autocorrelation functions and statistics.

The correlational and statistical analysis proved that the signals of digital television format DVB-T2 can be effectively used as a general source for synchronization time and frequency scales by using common views algorithm.

**Key words:** the algorithm of common views, synchronization, time, frequency, inter-correlation process, the autocorrelation function, analog TV, FM radio, digital TV broadcasting.

#### REFERENCES

1. Koval Y., Kostyrja A., Obelchenko V., Cooper E., Ivanova E., Ermolaev E., Milyakh M. Analysis of the possibilities of the total enrollment for high precision synchronization of time and frequency standards in a straight line, *Radioelektronika, informatika, upravlinnya*, 2009, № 1 (20), pp. 21–30.
2. Kostyrja A., Koval Y., Ivanova E., Ermolaev E., Milyakh M., Nosov S., Bondar E., Evaluation of potential synchronization accuracy standards of time and frequency measurement using a television signal, *The system upravlinnya, navigatsii that zv'yazku*, 2009, Issue. 2(10), pp. 40–45.
3. Bavykina V., Koval Y. On the question of the potential accuracy of fixation time position signal scales collation time keepers, *Radio: Republic. Interagency. scientific and engineering*, 1981, No. 57, pp. 63–69.
4. Electronic systems: the basics of building and theory, Ed. J. Shirman. Moscow, ZAO «maquis», 1998, 828 p.
5. Koval Y., Kostyrja A., Ivanov E., Al-Tvezhri B. Systems modeling time-frequency clock signals are used common sources, *Electronics*, 2011, Issue. Number 2 (Volume 54), pp. 12–21.
6. Baskakov S. Radio Circuits and Signals: Uchebnik, Moscow, High. School, 1983, 536 p.
7. Gonorovsky I. Radio Circuits and Signals, Moscow, Radio and communication, 1986, 512 p.
8. Antipov I., Koval Y., Obelchenko V. The development and improvement of the Radio Meteor theory communications and synchronization. Kharkov, Collegium, 2006, 308 p.
9. Zubarev V., Krivosheev M. I., Krasnoselsky I. N. Digital television broadcasting. Foundations, methods, systems. Moscow, Scientific Research Institute of Radio (NIIR), 2001, 568 p.