

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ СЛИЧЕНИЯ ШКАЛ ЭТАЛОНОВ ПО ФАЗЕ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ СИГНАЛА МЕСТНОГО ТЕЛЕЦЕНТРА

А.А.Костыря, О.А.Соляник, С.Ф.Семенов, Е.П.Ермолаев, Х.Х.Асаад, С.А.Плехно
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. Основ радиотехники, тел. (057) 700-22-84)
secort@kture.kharkov.ua

In this article considered one of the method Synchronization time and frequency. This method, consist of determination special signal from TV system, which give to user information about phase shifts. The standard equipment has not so much possibilities for works with these signals. We developed new equipment for working with this information.

Введение. В настоящее время основным средством передачи точного времени и частоты являются глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС). Однако следует помнить, что ГНСС - это собственность не просто отдельных великих держав, а их военных ведомств, имеющих техническую возможность использования режима избирательного доступа (ИД). Избирательный доступ – это преднамеренное искажение навигационных сообщений с целью снижения точности определения одного или нескольких пространственно-временных параметров для потребителей, не получивших ключ для пересчета данных. ИД больше всего влияет на передачу точного времени. Точность сличения шкал эталонов может ухудшиться на порядок. Для её улучшения необходимо увеличивать продолжительность наблюдений, что приводит к задержке получения информации с соответствующей достоверностью.

Следовательно, использование ГНСС не является идеальным решением задачи время-частотной синхронизации. Для синхронизации сетей правительственной и военной связи, систем передачи конфиденциальной и банковской информации целесообразно использовать альтернативные системы, не уступающие по эксплуатационным характеристикам ГНСС. ГОСТы, применяемые в сфере связи, не регламентируют методы и средства, обеспечивающие необходимую стабильность частоты, что позволяет выбирать методы синхронизации национальных сетей связи с учётом технической и финансовой возможности изготовления аппаратуры отечественными предприятиями.

Основная часть. Среди систем синхронизации времени и частоты особое место занимают такие, у которых синхронизируемые пункты находятся в пределах прямой видимости. Например, в Харьковском регионе, где расположен первичный эталон времени и частоты Украины, есть потребители – специальные и научные государственные, а также коммерческие учреждения и организации. Аналогичная ситуация характерна и для г. Киева, где расположен вторичный эталон времени и частоты. Для этих регионов удобно реализовать пассивный способ синхронизации, в основе которого лежит алгоритм общего источника сигнала (АОИС).

Основным достоинством пассивного способа синхронизации является отсутствие радиоизлучающей аппаратуры и в ведущем, и в ведомых пунктах. В пунктах производится измерение частоты сигнала общего источника относительно частоты своего эталона, а за тем происходит обмен данными по информационному каналу связи (Рис.1).

Синхронизация шкал времени производится путем фиксации относительно своей шкалы времени момента прихода одного и того же фрагмента сигнала общего источника с последующим обменом информацией.

Принцип работы АОИС поясняет рис. 2, на котором приняты следующие обозначения: A, B, O – сличаемые пункты и общий источник соответственно; $H_A(t), H_B(t)$ – соответствующие шкалы времени; τ_p^{OA}, τ_p^{OB} – время распространения сигналов между общим источником и сличаемыми пунктами; $\Delta T^{AB} = \Delta T^{BA}$ – сдвиги шкал пунктов; $\Delta T^{AO}, \Delta T^{BO}$ – временные сдвиги шкал пунктов относительно сигнала общего источника; t_1^A, t_1^B – оценки временного положения принятых в пунктах сигналов общего источника.

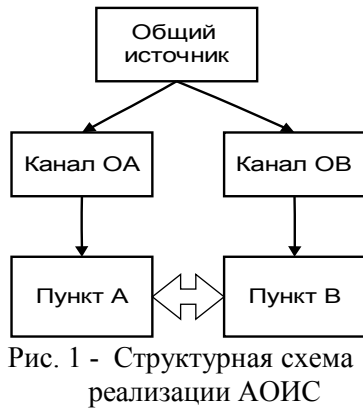
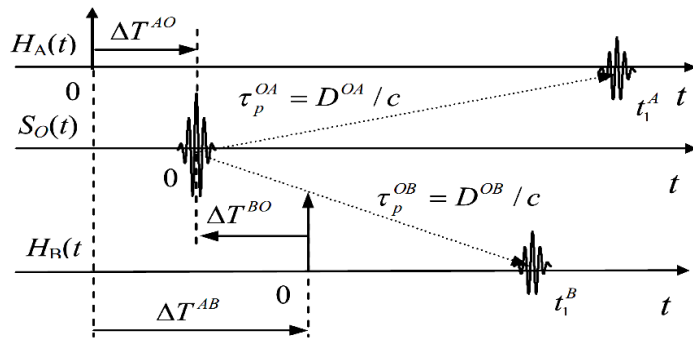


Рис. 1 - Структурная схема реализации АОИС

Рис. 2 – Принцип реализации АОИС

Для регионального использования в качестве ОИС предлагается применять сигналы местного телевидения (ТВ), а для охвата всей территории Украины – сигналы геостационарных искусственных спутников Земли (ГС ИСЗ).

Оценка временного положения принятого сигнала имеет вид [1,3]:

$$t_1^A = \Delta T^{AO} + \tau_{прд}^O + \tau_{кc}^{OA} + \delta_t^A + \tau_{прм}^A; \quad (1)$$

$$t_1^B = \Delta T^{BO} + \tau_{прд}^O + \tau_{кc}^{OB} + \delta_t^B + \tau_{прм}^B,$$

а разница в моментах прихода сигнала в пункты:

$$\Delta t^{AB} = -\Delta t^{BA} = \Delta T^{AO} - \Delta T^{BO}. \quad (2)$$

где $\tau_{прд}^B, \tau_{прм}^A, \tau_{прд}^A, \tau_{прм}^B$ - задержки сигналов в приемных и передающих трактах пунктов;

δ_t^A, δ_t^B - погрешности измерения временного положения сигналов в пунктах;

$\tau_{кc}^{BA}, \tau_{кc}^{AB}$ - задержки сигналов в каналах связи.

Совместное решение (1) и (2) дает оценку сдвига шкал времени:

$$\Delta T^{ABBA} - \Delta T = t_1^A - t_1^B = \Delta t^{ABOA} \left(\tau_{кc}^{OB} - \tau_{кc} \right) + \left(\delta_t^A - \delta_{прм}^{BA} + \left(\tau_{прм}^B - \tau \right) \right). \quad (3)$$

Как следует из анализа (3), истинность оценки зависит от идентичности аппаратуры, каналов связи и помеховой обстановки в приемных пунктах.

В предложенном варианте технической реализации [1] для определения временного положения синхросигнала производится обработка фрагмента служебной строки телевизионного сигнала на видеочастоте. В [1,2] показано, что полученные таким образом в режиме “нулевой базы” экспериментальные данные близки к теоретическому пределу. Следовательно, актуальной является задача дальнейшего совершенствования аппаратных средств для реализации алгоритма ОИС. Последующее улучшение качественных показателей синхронизации пространственно разнесенных эталонов (стандартов) времени и частоты возможно, если использовать в качестве отсчетного момент измерения значения фазы несущей частоты сигнала общего источника. При этом неизбежно возникает задача

устранения неоднозначности определения целочисленного количества полных набегов фазы. Поэтому фазовым измерениям должны предшествовать более грубые измерения, позволяющие устранить фазовую неоднозначность. Полученные в [1,2] оценки свидетельствуют о том, что, применив предложенную методику сличения мер времени и частоты, можно переходить к фазовым измерениям.

Структурная схема лабораторного стенда для сличения шкал эталонов (стандартов) по фазе несущей частоты сигнала местного телецентра в режиме «нулевой базы» приведена на рис 3. В состав стенда входят: 1,9 – селектор каналов метровый, 2, 9 – усилитель промежуточной частоты (УПЧ - 38 МГц), 3, 10 – смеситель, 4, 11 – второй УПЧ (2 МГц), 5 – двухканальный цифровой осциллограф, 6 – гетеродин, 7 – ПЭВМ.

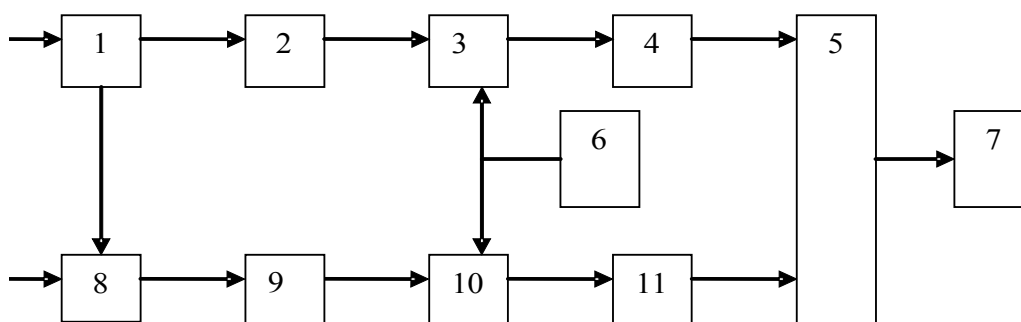


Рис. 3 - Структурная схема лабораторного стенда

Цифровой осциллограф совместно с персональной ЭВМ и программным обеспечением составляют программно-аппаратный измерительный комплекс.

При создании стенда максимально использованы узлы и блоки бытовых телевизоров. В приемниках осуществляется преобразование сигналов на промежуточную частоту 38 МГц, выделение несущей частоты изображения и ее преобразование на частоту 2 МГц с последующей оцифровкой и обработкой на персональной ЭВМ. В селекторах 1, 8 используется общий гетеродин. Применение в приемных каналах общих гетеродинов в первой и во второй ступенях преобразования позволяет автоматически исключить влияние нестабильности частоты генераторов на результат измерения разности фаз сигналов.

На начальном этапе исследований проведена калибровка измерителя, которая заключается в определении среднеквадратического отклонения (СКО) результатов измерений разности фаз сигналов на входах осциллографа при отсутствии шумовой составляющей. С этой целью на входы осциллографа подавался синусоидальный сигнал частотой 2 МГц с выхода генератора Г4-107 через радиочастотные кабели различной длины. Осциллографом осуществлялась запись радиоимпульсов одинаковой длительности, зафиксирована серия из 500 измерений. В качестве оценочного определялось временное положение максимума взаимно-корреляционной функции (ВКФ) радиоимпульсов. СКО результатов калибровки (см. рис. 4) составляет 30 пс, что определяет инструментальную погрешность измерителя для данного количества измерений. Проведение нескольких серий измерений с различными значениями межканальной задержки от 300 пс до 3 нс подтвердили устойчивость и достоверность работы измерительного комплекса.

На следующем этапе оценено влияние шумов радиоканалов на результат измерений. Для этого на входы каналов стенда подавался сигнал генератора частотой 77,25 МГц, что соответствует частоте несущей изображения 3-го телевизионного канала. Это самый низкочастотный канал, на котором транслируются телепередачи в г. Харькове. Результат обработки серии из 500 измерений представлен на рис. 5. СКО результатов измерений разности фаз сигналов в приемных каналах составляет приблизительно 240 пс. Уменьшение СКО достигается увеличением количества измерений и не является предельным, что справедливо и для случая калибровки измерительного комплекса.

Предлагаемый комплекс программно-аппаратных средств рассматривается как дальнейшее совершенствование разработанной в НУЦ ОРТ системы частотно-временной синхронизации по сигналу наземного аналогового телевидения.

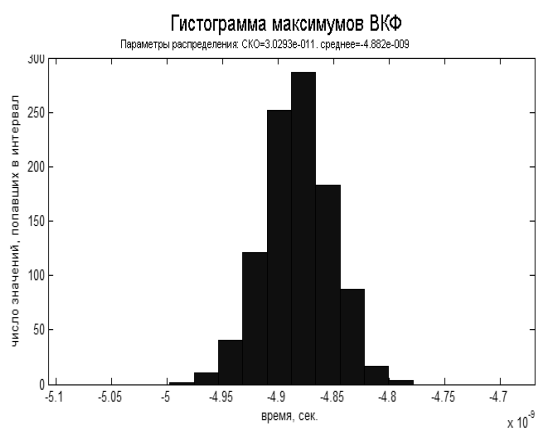


Рис. 4 - Гистограмма результатов калибровки измерительного комплекса

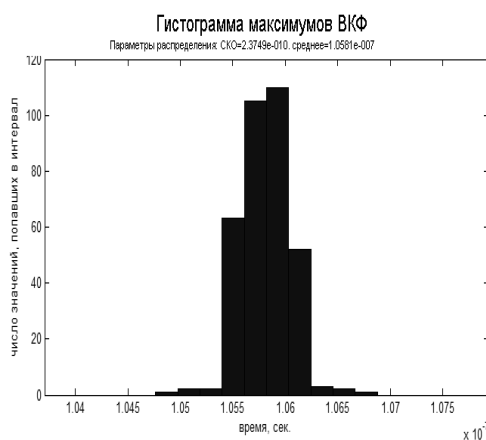


Рис. 5 - Гистограмма результатов калибровки стенда

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования продемонстрировали возможность создания системы высокоточной время-частотной синхронизации в зоне уверенного приема сигналов местного телецентра на основе измерения разности мгновенных значений фазы несущей частоты сигналов общего источника. Разработанную аппаратуру в дальнейшем необходимо дооснастить блоком калибровки антенно-фидерного тракта и приемного канала в целом с привязкой к шкале эталона (стандарта) времени и частоты.

Литература.

1. Коваль Ю.А., Костыря А.А., Обельченко В.В., Бондарь Е.Ю., Иванова Е.А., Ермолаев Е.П., Милях М.В. Анализ возможностей метода общего охвата для высокоточной синхронизации стандартов времени и частоты в пределах прямой видимости // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – №.1(20). — С. 21 – 30.
2. Ю.А. Коваль, А.А.Костыря, Е.А. Иванова, Ермолаев Е.П., Милях М.В., Носов С. И., Бондарь Е.Ю. Оценка потенциальной точности синхронизации стандартов времени и частоты при использовании измерительного телевизионного сигнала. //Системи управління, навігації та зв'язку. Випуск 2(10), Київ, 2009. - с. 40-45.
3. А.А. Костыря. Оценка минимальной погрешности синхронизации эталонов времени и частоты по сигналу местного телецентра. //Системи обробки інформації. Випуск 2 (83). Харків, ХУПС, 2010. - с. 102-105.