



Троцько М. Л.,
Трищ Р. М.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПОХИБКИ СИСТЕМИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЕТАЛОННИМИ СИГНАЛАМИ ЧАСУ ПО КАНАЛАХ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ

Досліджено структуру похибки системи синхронізації еталонними сигналами часу по каналах цифрового телебачення. Показано на основі оцінювання основної допустимої похибки системи передачі еталонних сигналів часу, при відсутності залежності даного показника вітчизняної системи передачі еталонних сигналів часу від технічного стану закордонних радіонавігаційних систем, що існує можливість для забезпечення необхідного рівня точності відтворення одиничних інтервалів опорних шкал часу.

Ключові слова: шкали часу, еталонні сигнали часу, робочий еталон часу та частоти.

1. Вступ

В зв'язку з останніми світовими тенденціями, задача забезпечення єдності вимірювань в області часо-частотних вимірювань набуває особливого значення та реалізується за допомогою використання еталонних сигналів часу та частоти (ЕСЧЧ). Системи передачі ЕСЧЧ різноманітними каналами зв'язку забезпечують прив'язку та синхронізацію шкал часу (ШЧ) територіально розподілених систем. Масштаби цих систем та необхідний рівень точності синхронізації системної ШЧ обумовлюють використання глобальних чи локальних систем передачі ЕСЧ.

Використання того чи іншого джерела ЕСЧЧ при вирішенні задач забезпечення єдності вимірювань на об'єктах та комплексах подвійного призначення (навігаційних системах, геодезії тощо) потребує відповідно до СТУ 3538-97 «Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань часу та частоти» та ГОСТ 8.567-99 «ГСИ. Измерения времени и частоты. Термины и определения» передачі інформації про розміри одиниці часу чи частоти від Державного еталона часу та частоти України. Таким чином, використання таких глобальних систем, як NAVSTAR/GPS чи ГЛОНАСС в інтересах споживачів частотно-часової інформації в Україні, що набуло великого обсягу та наполегливо пропагується, насамперед суто формально суперечить прийнятим державою власному та міжнародному стандартам.

Відкидаючи будь-які формальності, використання координатно-часової інформації, що може містити похибки місцевизначення та синхронізації ШЧ, які закладатимуться до навігаційного повідомлення при зміні політичних чи економічних стосунків між Україною, як споживачем, та США чи Російською Федерацією, як надавачами даних послуг, суперечить національним інтересам держави [1–3].

На теперішній час існує широке коло споживачів частотно-часової інформації, що потребують синхронізації своїх шкал часу (ШЧ), наприклад системи безпеки фінансового документообігу, управління транспортом, в тому числі і повітряним, а єдність вимірювань часу та частоти у світі забезпечуються в основному

за допомогою ЕСЧЧ, що передаються різноманітними каналами.

Актуальність дослідження структури похибки системи синхронізації еталонними сигналами часу по каналах цифрового телебачення полягає у необхідності прийняття технічно обґрунтованого рішення про створення вітчизняної, зовнішньо незалежної системи передачі еталонних сигналів часу з метрологічними характеристиками, які б задовольняли вимоги споживачів, що потребують синхронізації своїх територіально розподілених радіотехнічних систем.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Забезпечення єдності частотно-часових вимірювань шляхом передачі розміру одиниць часу та частоти від Державного еталону часу та частоти (ДЕЧЧ) в Україні реалізовано за допомогою передачі сигналів повірки часу підвищеної інформативності по першій програмі національного радіо та передачі ЕСЧЧ по каналах аналогового телебачення у складі шостого рядка телевізійного зображення. Вказані технічні рішення відрізняються рівнем точності прив'язки та синхронізації шкали часу (ШЧ) приймача-компаратора [4, 5].

Максимально наближеним за похибкою синхронізації ШЧ споживача до рівня супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) є метод «шостого рядка» [6]. Прийняття Україною нової концепції розвитку телекомунікаційних систем визначило строки переходу від аналогового формату телевізійного мовлення до цифрового [7, 8]. У 2014–2017 р.р. основним форматом телевізійного мовлення стане цифровий. Трансформація каналу зв'язку вимагає розв'язання задачі розміщення, ідентифікації споживачем та синхронізації його ШЧ ЕСЧЧ, що входять до складу цифрового телевізійного зображення.

3. Ціль та задачі дослідження

Проведені дослідження ставили за мету визначити структури похибки системи синхронізації еталонними сигналами часу по каналах цифрового телебачення.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- визначити перелік складових похибки системи синхронізації шкал часу еталонними сигналами часу (ЕСЧ) по каналах цифрового телебачення;
- провести оцінювання основної допустимої похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення.

4. Припущення та дослідження структури похибки системи синхронізації еталонними сигналами часу по каналах цифрового телебачення

4.1. Визначення основних складових похибки системи синхронізації шкал часу еталонними сигналами часу по каналах цифрового телебачення. До основних складових похибки системи синхронізації шкал часу еталонними сигналами часу (ЕСЧ) по каналах цифрового телебачення, належать (рис. 1):

- похибка управління робочим еталоном часу та частоти (РЕЧЧ) передавального центру;
- похибка каналу передачі ЕСЧ.

Перша з наведених складових містить похибку ідентифікації моделі системи передачі ЕСЧ та похибку регулювання частоти РЕЧЧ.

Похибка ідентифікації моделі системи передачі ЕСЧ є випадковою і джерелом її виникнення є похибка навчання штучної нейронної мережі (ШНМ) ідентифікатора [9].

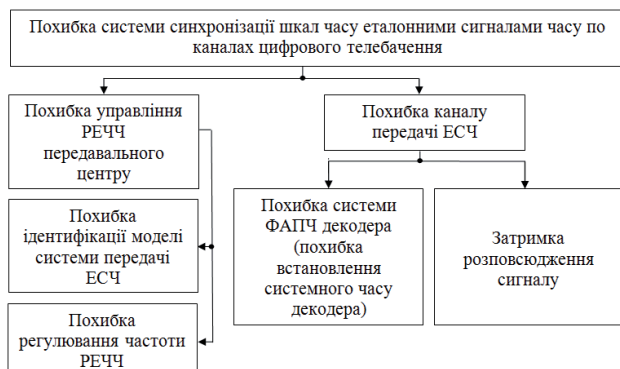


Рис. 1. Структура похибки системи синхронізації шкал часу ЕСЧ по каналах цифрового телебачення

Похибка навчання ШНМ-ідентифікатора оцінюється за СКВ результатів апроксимації вхідного сигналу, за який приймається послідовність вимірних розбіжностей ШЧ вихідного еталону Збройних Сил України одиниць часу і частоти (ВЕЗСУ 07-01-01-09) та ШЧ СРНС NAVSTAR/GPS.

При цьому значення СКВ результатів апроксимації обчислюється як геометрична сума СКВ вхідних даних (вимірних розбіжностей ШЧ) та власне СКВ навчання ШНМ-ідентифікатора. Значення СКВ навчання ШНМ-ідентифікатора встановлюється перед початком навчання та визначає граничну точність апроксимації, при досягненні якої навчання ШНМ зупиняється [10]. Результати симуляції ШНМ-апроксимацій кількох векторів вимірних розбіжностей ШЧ, які були виконані за допомогою алгоритму, приведенного в [9], показали, що

СКВ навчання ШНМ мінімум на два-три порядки менше СКВ вхідних даних (вимірних розбіжностей ШЧ). Отже, застосовуючи правила визначення значущості складових похибки при визначенні похибки ідентифікації моделі системи передачі ЕСЧ, похибкою навчання ШНМ-ідентифікатора можемо знехтувати.

Похибка регулювання частоти РЕЧЧ також є випадковою похибкою та визначається похибками пристрою дискретної корекції частоти та обчислення управляючого впливу в ШНМ-регуляторі.

Похибка обчислення управляючого впливу в ШНМ-регуляторі визначається аналогічно до похибки навчання ШНМ-ідентифікатора через ідентичність їх нейронних структур. Це також визначає наявність сильної кореляції між похибками регулювання частоти РЕЧЧ та похибкою ідентифікації моделі системи передачі ЕСЧ [10, 11].

Припустимо, що, по-перше, пристрій дискретної корекції частоти РЕЧЧ є аналогічним до використаного на борту навігаційних штучних супутників Землі системи NAVSTAR/GPS [12] і забезпечує підстроювання частоти з дискретністю 10^{-7} Гц у діапазоні $\Delta f_{РЕЧЧ} = \pm 4 \cdot 10^{-6}$ Гц відносно номінальної частоти $f_0 = 5 \cdot 10^6$ Гц, а по-друге, що похибка системи ФАПЧ $\Delta f_{ФАПЧ} = \pm 4 \cdot 10^{-5}$ Гц відносно номінальної частоти $f_0 = 5 \cdot 10^6$ Гц, тоді похибка встановлення системного часу декодера $\Delta_{тд}$ через співвідношення:

$$\frac{\Delta f_{ФАПЧ}}{f_0} \geq \frac{\Delta_{тд}}{t_B},$$

при відомому $t_B = 1,25 \cdot 10^3$ с становитиме $\Delta_{тд} = \pm 1 \cdot 10^{-8}$ с.

Таким чином для підтримання похибки формування одиничного інтервалу ШЧ РЕЧЧ у діапазоні $\Delta_t = \pm 1 \cdot 10^{-9}$ с необхідно проводити накопичення вимірних розбіжностей ШЧ на інтервалі часу вимірювання, що обчислюється як:

$$\frac{\Delta f_{РЕЧЧ}}{f_0} \geq \frac{\Delta_t}{t_B},$$

тобто

$$t_B \geq \frac{1 \cdot 10^{-9}}{0,8 \cdot 10^{-12}} = 1,25 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

По-третє, припустимо наявність сильного кореляційного зв'язку між похибкою встановлення системного часу декодера $\Delta_{тд}$ та похибкою визначення часу розповсюдження сигналу $\Delta_{тк}$ через вплив загального впливального фактора, яким є траєкторія розповсюдження сигналу, тобто коефіцієнт кореляції $\rho=1$ [13]. В четверте, припустимо, що сигнали цифрового телебачення транслюються споживачу з передавального центру через штучний супутник Землі, який знаходиться на геостационарній орбіті висотою 400 км. Тоді для представлення основних джерел похибок системи синхронізації та оцінок їх значень цілком істотним буде використання показників, що стосуються СРНС NAVSTAR/GPS.

Обґрунтованість проведених аналогій між СРНС NAVSTAR/GPS та системою синхронізації ЕСЧ по

супутникових каналах цифрового телебачення полягає в однаковому принципі апаратної реалізації приймачів, методів обробки прийнятих сигналів для виділення кодованих даних та схожих трасах розповсюдження сигналів.

В основу побудови приймачів сигналів СРНС та приймачів-декодерів супутникового телебачення покладено апаратну реалізацію кореляційної обробки вхідних повідомлень [10, 14–17]. При цьому, спостерігаюча система порівнює опорний сигнал з вхідним до отримання максимуму кореляційної функції, якому в часовій області відповідає стробуючий імпульс, що закриває часовий інтервал взаємного зміщення сигналів у кореляторі. Вимірювання тривалості даного часового інтервалу в приймачах СРНС здійснюється для отримання псевдовідстаней до штучних супутників робочого сузір'я СРНС. Ґрунтуючись на загальній ідентичності структури приймачів, пропонується використовувати результати вимірювання тривалості часового інтервалу, початок якого позначає старт-строб на виході корелятора при співпадінні кодової послідовності символу отриманого повідомлення, а кінець головного інтервалу позначається стоп-стробом корелятора при співпадінні всього опорного кодового фрагмента для визначення часу розповсюдження сигналу від передавального центру до приймача-компаратора сигналів цифрового телебачення через транспондер геостационарного штучного супутника зв'язку. Таким чином, використовуючи типову схему цифрового фазового спостереження [18], можливо здійснювати вимірювання затримки розповсюдження сигналу.

Часовий інтервал, необхідний для розповсюдження сигналу, вимірюється методом послідовної лічби, тобто має нормоване для даного методу значення похибки [19], що визначається, насамперед, нестабільністю опорної частоти, якою заповнюється вимірюваний інтервал часу. Наявність апріорної інформації про висоту геостационарної орбіти штучного супутника, через який здійснюється трансляція сигналів цифрового телебачення, дозволяє приблизно обчислити очікуване значення тривалості інтервалу часу розповсюдження сигналу на трасі передавального центру – супутник – приймач. При цьому затримка розповсюдження сигналу є однією із складових похибки каналу передачі ЕСЧ та має випадковий характер.

Друга основна складова – похибка каналу передачі ЕСЧ, – є поєднанням впливу двох джерел:

- похибки системи ФАПЧ декодера;
- затримки розповсюдження сигналу.

Основним джерелом похибки системи ФАПЧ декодера є похибки синхронізації ШЧ декодера синхроімпульсами, що передаються в блоці службової інформації транспортного пакету MPEG-2. Власне ця складова корельована з похибкою визначення часу розповсюдження сигналу цифрового телебачення від передавального центру до приймача-компаратора сигналів цифрового телебачення. Зв'язок цих складових полягає у впливі флуктуацій часу розповсюдження сигналу, тобто затримки каналу, на систему фазової автопідстройки частоти (ФАПЧ) декодера. Затримки синхроімпульсу примушують генератор, що управляється напругою, системи ФАПЧ декодера функціонувати у режимі збереження розміру одиничного інтервалу системної ШЧ MPEG-2. Результатом його роботи в такому режимі буде поява випадкової похибки формування міток часу, що використовуються

для упорядкування послідовної декомпресії та показу відновленого зображення. Тобто наявне зображення, в складі якого присутній ЕСЧ, буде оброблено з випадковою затримкою.

4.2. Оцінювання випадкової складової похибки формування еталонного сигналу часу. Оцінювання випадкової складової похибки системи передачі ЕСЧ полягає в завданні допустимого значення її СКВ $\sigma_{\Delta\Sigma}$ при довірчій ймовірності $P=0,99$, що означає підвищені вимоги до точності вимірювань, які проводитимуться за допомогою ШЧ, синхронізованих прийнятими ЕСЧ.

Оцінка основної допустимої похибки системи передачі ЕСЧ $\Delta_{ЕСЧ}$ у вигляді довірчого інтервалу, в якому знаходиться ця похибка з довірчою ймовірністю $P=0,99$, матиме вигляд:

$$\Delta_{ЕСЧ} = \pm k_p \cdot \sigma_{\Delta\Sigma}, \quad (1)$$

де $\sigma_{\Delta\Sigma}$ – допустиме значення СКВ сумарної випадкової похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення; k_p – числовий коефіцієнт, що обирається відповідно до закону розподілу основної похибки [13].

Сумарне СКВ випадкової похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення $\sigma_{\Delta\Sigma}$ складається з:

- СКВ похибки ідентифікації моделі системи передачі ЕСЧ σ_{Δ_1} ;
- СКВ похибки регулювання частоти РЕЧЧ σ_{Δ_2} ;
- СКВ похибки встановлення системного часу декодера σ_{Δ_3} ;
- СКВ похибки (затримки) розповсюдження сигналу σ_{Δ_4} .

Сумування складових здійснюється за формулою:

$$\sigma_{\Delta\Sigma} = \sqrt{(\sigma_{\Delta_1} + \sigma_{\Delta_2} + \sigma_{\Delta_3} + \sigma_{\Delta_4})^2}, \quad (2)$$

при $\rho=1$.

При цьому, за результатами обчислювальних експериментів, що проводилися, СКВ відносних похибок ідентифікації моделі системи передачі ЕСЧ σ_{Δ_1} мали значення порядку $(10^{-14} \div 10^{-12})$ при СКВ невіправлених даних 10^{-8} с. Отже, за правилами нехтування складовими похибок СКВ абсолютної похибки ідентифікації моделі системи передачі ЕСЧ прийме значення $\sigma_{\Delta_1} = 10^{-8}$ с. Похибка регулювання частоти РЕЧЧ $\Delta f_{РЕЧЧ} = \pm 4 \cdot 10^{-7}$ Гц розподілена за рівномірним законом, тоді при $t_B = 1,25 \cdot 10^3$ с та $\Delta_t = \pm 1 \cdot 10^{-9}$ с, СКВ похибки регулювання частоти РЕЧЧ:

$$\sigma_{\Delta_2} = \frac{\Delta_t}{\sqrt{3}} = \frac{1 \cdot 10^{-9}}{1,73} = 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

Похибка встановлення системного часу декодера $\Delta_{тд} = \pm 1 \cdot 10^{-8}$ с також має рівномірний закон розподілення та має домінуючий характер [19, 20], тому СКВ похибки встановлення системного часу декодера на даному часі вимірювання t_B буде дорівнювати:

$$\sigma_{\Delta_3} = \frac{1 \cdot 10^{-8}}{1,73} = 0,6 \cdot 10^{-8} \text{ с.}$$

СКВ похибки (затримки) розповсюдження сигналу σ_{Δ_4} при вимірюванні цифрою системою фазового спостереження, вимірювач інтервалів часу якої ідентичний за складом частотоміру електронно-лічильному обчислювальному ЧЗ-64/1, може бути обчислене через абсолютну похибку Δt приладу при вимірюванні тривалості одиночних імпульсів та інтервалів часу [21].

Відносна похибка по частоті кварцового генератора (КГ) частотоміра електронно-лічильного обчислювального ЧЗ-64/1 згідно з технічним описом на прилад становить $\delta_0 = \pm 5 \cdot 10^{-7}$ за 12 місяців, вимірюваний інтервал часу дорівнює $t_3 = 2,6 \cdot 10^{-3}$ с, тоді похибками запуску та встановлення рівнів запуску можливо знехтувати, а $\Delta t = \pm 2 \cdot 10^{-9}$ с.

Тоді

$$\sigma_{\Delta_4} = \frac{2 \cdot 10^{-9}}{1,73} = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

Таким чином, СКВ сумарної випадкової похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення $\sigma_{\Delta_{\Sigma}} = 1,28 \cdot 10^{-8}$ с $\approx 1,3 \cdot 10^{-8}$ с.

Отже, при часі вимірювання $t_B = 1,25 \cdot 10^3$ с сумарне СКВ випадкової похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення $\sigma_{\Delta_{\Sigma}} = 1,3 \cdot 10^{-8}$ с, а її основна похибка $\Delta_{\text{ЕСЧ}}$ у вигляді довірчого інтервалу з довірчою ймовірністю $P = 0,99$, та $k_p = 1,71$ [19] буде складати відповідно до виразу (1) $\Delta_{\text{ЕСЧ}} = \pm 1,71 \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} = \pm 2,22 \cdot 10^{-8}$ с.

5. Обговорення результатів дослідження похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення

Практичне значення отриманих у роботі результатів дослідження похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення полягає в тому, що вони уявляють собою прикладні основи для підвищення точності відтворення одиниці часу, яка передається користувачам у вигляді ЕСЧ по каналах цифрового телебачення. Недоліком проведеного дослідження є відсутність можливості на теперішній час підтвердити теоретичні припущення результатами натурного експерименту та калібрування траси розповсюдження сигналів цифрового телебачення в реальних умовах. Отримані результати є продовженням досліджень контуру управління системою передачі еталонних сигналів часу по каналах цифрового телебачення та можуть бути використані на Державному еталоні часу та частоти при проведенні робіт зі створення контуру управління робочим еталонном часу та частоти передавального центру цифрового телевізійного мовлення, на підприємствах приладобудівної промисловості України при створенні нового покоління приймачів-компараторів сигналів цифрового телебачення, а також для подальшого обґрунтування напрямків удосконалення засобів вимірювальної техніки часу та частоти.

6. Висновки

За результатами проведених досліджень:

1. Визначено структуру похибки системи синхронізації шкал часу ЕСЧ по каналах цифрового телебачення за умови застосування контуру управління робочим еталонном часу та частоти передавального центру та

трансляції сигналів споживачам через транспондер гео-стаціонарного штучного супутника зв'язку.

2. Проведене оцінювання похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення показало, що для однакових довірчої ймовірності P та квантильного коефіцієнту k_p оцінка основної похибки даної системи $\Delta_{\text{ЕСЧ}} = \pm 2,2 \cdot 10^{-8}$ є аналогічною оцінці $\Delta_{\text{СРНС}}$ для СРНС.

3. Встановлено придатність для забезпечення необхідного рівня точності відтворення одиночних інтервалів опорних ШЧ під час визначення метрологічних характеристик мір часу та частоти при відсутності залежності даного показника вітчизняної системи передачі ЕСЧ від технічного стану закордонної системи СРНС, пропонується використання методу компаратора з використанням ЕСЧ, що передаються по каналах цифрового телебачення. За отриманими результатами оцінювання похибки системи передачі ЕСЧ по каналах цифрового телебачення буде запропонована методика застосування методу компаратора з використанням еталонних сигналів часу, що передаються по каналах цифрового телебачення при визначенні метрологічних характеристик мір часу та частоти.

Література

1. Парфенов, Г. А. Сличение и синхронизация частоты задающих генераторов в сетях многоканальной связи по эталонным сигналам частоты и времени [Электронный ресурс] / Г. А. Парфенов. — Нижний Новгород: ООО «КБ «Стабихрон», 2008. — Режим доступа: \www/URL: http://kbstabilhron.ru/articles/master-clock-frequency-synchronization.php. — 04.09.2014.
2. Костыря, А. А. Оценка потенциальной точности синхронизации стандартов времени и частоты при использовании измерительного телевизионного сигнала [Текст] / А. А. Костыря, Ю. А. Коваль, Е. А. Иванова, Е. П. Ермолаев, М. В. Милях, С. И. Носов, Е. Ю. Бондарь // Системи управління, навігації та зв'язку. — 2009. — № 2(10). — С. 40–45.
3. Романько, В. М. Методика управління сигналами часу, що передаються з Києва по радіо [Текст] / В. М. Романько, Н. Г. Ємець, Г. І. Сагайдак // Труды IV Міжнародної науково-технічної конференції «Метрологія та вимірювальна техніка», Харків, 12–14 жовтня 2004 р. — Х.: ХДНДІМ, 2004. — С. 229–231.
4. Макаренко, Б. И. Система синхронизации и единого времени наземного автоматического комплекса управления космическими аппаратами Украины [Текст] / Б. И. Макаренко, В. Ф. Кулишенко, А. Ф. Петров, К. Ф. Волох, Е. Т. Жук // Космична наука та технологія. — 2001. — Т. 7, № 4. — С. 107–113.
5. Базюта, С. В. Метрологическое обеспечение систем распространения сигналов точного времени по цифровым сетям связи [Текст] / С. В. Базюта, И. А. Дрига // Вестник метролога. — 2008. — № 2. — С. 16–19.
6. Федоров, Ю. А. Система синхронизации эталонных на основе приемной аппаратуры ТВ-сигналов нового поколения [Текст] / Ю. А. Федоров, Ю. Д. Иванова, Д. В. Лузгин, Ю. Ф. Смирнов, С. Б. Пушкин // Исследования по метрологии времени и пространства: Труды ВНИИФТРИ. — 2005. — Вып. 50(142). — С. 71–78.
7. ДСТУ 4214:2003 (EN 300 429:1998, MOD). Цифрове телевізійне мовлення (DVB). Структура кадрів, кодування каналу та методи модуляції в кабельних розподільчих системах. Загальні технічні вимоги [Текст]: Національний стандарт України. — Чинний від 2005-01-01. — К.: Держспоживстандарт України, 2005. — 17 с.
8. ДСТУ 4215:2003 (EN 300 472:1996, MOD). Цифрове телевізійне мовлення. Передавання інформації телетексту в цифрових потоках DVB. Загальні технічні вимоги [Текст]: Національний стандарт України. — Чинний від 2005-01-01. — К.: Держспоживстандарт України, 2005. — 6 с.

9. Чинков, В. М. Нейросетевая реализация вейвлет-аппроксимации измерительного сигнала по алгоритму Койфмана-Викера-Хаузера [Текст] / В. М. Чинков, М. Л. Троцько // Наукові праці VI Міжнародної технічної конференції «Метрологія-2008», Харків, 14–16 жовтня 2008 р. — Т. 1. — С. 287–290.
10. Троцько, М. Л. Вдосконалення математичної моделі контуру управління системи передачі еталонних сигналів часу по каналах цифрового телебачення [Текст] / М. Л. Троцько // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. — 2010. — Вип. 4(26). — С. 203–208.
11. Чинков, В. Н. Методика аналитического конструирования агрегированного нейросетевого регулятора в контуре управления подсистемой синхронизации системы передачи эталонных сигналов времени по каналам цифрового телевидения [Текст] / В. Н. Чинков, М. Л. Троцько // Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил. — 2007. — Вип. 1(6). — С. 78–90.
12. Шебчаевич, В. С. Сетевые спутниковые радионавигационные системы [Текст] / В. С. Шебчаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич и др.; под ред. В. С. Шебчаевича. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1993. — 408 с.
13. Чинков, В. М. Основы метрології та вимірювальної техніки [Текст]: навч. посібн. / В. М. Чинков. — Харків: НТУ «ХПИ», 2005. — 524 с.
14. Севальнев, Л. А. Международный стандарт кодирования с информационным сжатием MPEG-2 [Текст] / Л. А. Севальнев // «625». — 1995. — № 5. — С. 35–45.
15. Склад, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст]: пер. с англ. / Б. Склад. — изд. 2-е, испр. — М.: Издат. Дом «Вильямс», 2003. — 1104 с.
16. Слепов, Н. Синхронизация цифровых сетей. Методы, терминология, аппаратура [Электронный ресурс] / Н. Слепов // Электроника: Наука, Терминология, Бизнес. — 2002. — № 2. — С. 24–29. — Режим доступа: \www/URL: http://www.electronics.ru/journal/article/1312. — 04.09.2014.
17. Власов, И. И. Измерения в цифровых сетях связи [Текст] / И. И. Власов, М. М. Птичкин. — М.: Постмаркет, 2004. — 432 с.
18. Акулов, И. И. Радиотехническая система единого времени [Текст] / И. И. Акулов, В. П. Бреславец, Е. Т. Жуков, А. Ф. Петров, А. Г. Притычкин, Э. Н. Хомяков. — М.: МО СССР, 1971. — 236 с.
19. Рабинович, В. В. Исследование по методике оценки погрешностей измерений [Текст] / В. В. Рабинович // Труды ВНИИМ. — 1962. — Вып. 57(117). — С. 19–33.
20. Новицкий, П. В. Оценка погрешности результатов измерений [Текст] / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. — Л.: Энергоатомиздат, 1985. — 248 с.
21. Частотомер электронно-счетный вычислительный ЧЗ-64/1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Текст]: ДЛИ.2.721.006-02 ТО. — 1991. — Книга 1. — 139 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОГРЕШНОСТИ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ЭТАЛОННЫМИ СИГНАЛАМИ ВРЕМЕНИ ПО КАНАЛАМ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Исследовано структуру погрешности системы синхронизации эталонными сигналами времени по каналам цифрового телевидения. Показано на основании проведенного оценивания основной допустимой погрешности системы передачи эталонных сигналов времени, при отсутствии зависимости данного показателя отечественной системы от технического состояния зарубежных радионавигационных систем, что существует возможность для обеспечения необходимого уровня точности воспроизведения единичных интервалов опорных шкал времени.

Ключевые слова: шкалы времени, эталонные сигналы времени, рабочий эталон времени и частоты.

Троцько Максим Леонідович, науковий співробітник, науково-дослідний відділ військових еталонів Метрологічний центр військових еталонів Збройних Сил України, Харків, Україна, e-mail: maxx_trotsko@list.ru.

Триць Роман Михайлович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, Україна, e-mail: trich_@ukr.net.

Троцько Максим Леонідович, научный сотрудник, научно-исследовательский отдел военных эталонов, Метрологический центр военных эталонов Вооруженных Сил Украины, Харьков, Украина.

Триць Роман Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой охраны труда, стандартизации и сертификации, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков, Украина.

Trotsko Maxim, Metrological center of military standards of the Armed Forces of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, e-mail: maxx_trotsko@list.ru. Trishch Roman, Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkiv, Ukraine, e-mail: trich_@ukr.net