

**Ю. Ф. ПАВЛЕНКО**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»

**В. А. ЛАВРІК**, студентка, магістр НТУ «ХПИ»

**А.В.ХАЛМУРАДОВА**, студентка, магістр НТУ «ХПИ»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ ЧАСТОТНО – МОДУЛЬОВАНОГО СИГНАЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОННО – ЛІЧИЛЬНОГО ЧАСТОТОМІРУ.**

У статті ставиться завдання розробити універсальний калібратор для перевірки та калібрування засобів вимірювань ЧС обох типів (генераторів і девіометров), а також забезпечити перевірку не тільки вітчизняних, але й зарубіжних приладів.

**Ключові слова:** частотно – модульований сигнал, електронно – лічильний частотомір, девіація частоти, калібратор.

**Вступ.** Цифрова вимірювальна техніка аналізу параметрів ЧМ сигналів інтенсивно розвивається. Створені сучасні методи та засоби вимірювання девіації частоти (ДЧ), але кожен із них охоплює лише властиву йому зону використання діапазонів параметрів модульованого коливання. Практична реалізація цих методів потребує значних матеріальних витрат, а низький ступінь автоматизації - використання кваліфікованого персоналу.

**Мета статті** – розробка універсального калібратора для перевірки і калібрування засобів вимірювань ЧМ обох типів (генераторів і девіометрів), який має таку особливість як надання прямих результатів вимірювання девіації частоти. Також ставиться задача забезпечення перевірки не тільки вітчизняних, а і закордонних приладів.

**Постановка проблеми.** Існуючі вимірювачі девіації частоти, засновані на перетворенні змінної частоти ЧМ коливань в змінну напругу, яка пропорційна девіації, і вимірювання амплітуди цієї напруги дозволяють визначати девіацію частоти з похибкою 5 – 7%. Метод вимірювання девіації частоти за допомогою електронно – лічильних частотомірів забезпечують похибку вимірювання при певних умовах менше 2%. А якщо ЕЛЧ ввімкнуги в режимі вимірювання відношення частот, то можна отримувати прямі результати вимірювання девіації частоти, а не через інші величини.

**Матеріали досліджень.** Фундаментальним поняттям радіоелектроніки є модуляція, за допомогою якої здійснюється передача різноманітної інформації, а також вирішуються багато задач керування, контролю, вимірювання, кодування, виявлення й т.і. На практиці використовуються досить різноманітні види модуляції.

Частотна модуляція застосовується для високоякісної передачі звукового (низькочастотного) сигналу в радіомовленні (у діапазоні УКВ), для звукового супроводу телевізійних програм, передачі сигналів кольоровості в телевізійному стандарті SECAM, відеозапису на магнітну стрічку, музичних синтезаторах.

ЧМ сигнал при синусоїдальному законі може бути записаний в виді

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \frac{\Delta \omega_{dev}}{\Omega_{mod}} \sin \Omega_{mod} t) \quad (1)$$

Методика вимірювання девіації частоти з в наступному: гетеродин налаштовується на максимальну і мінімальну частоту ЧМ сигналу і його частота вимірюється з великою точністю електронно – лічильним частотоміром, а девіація частоти знаходиться за формулою

$$\Delta f_{дев} = 0,5(f_1 - f_2)m \quad (2)$$

де  $m$  – номер гармоніки сигналу гетеродина.

Розглянемо найбільш поширений метод вимірювання девіації частоти ЧМ сигналів за допомогою еталонних вимірювачів, а саме лічильний. Спрощену структурну схему, за якою реалізується лічильний метод, наведено на рис. 1.

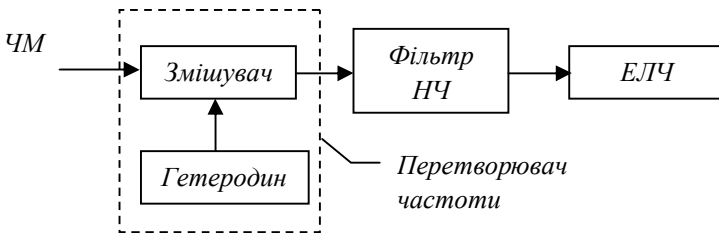


Рисунок 1. Структурна схема реалізації лічильного метода

ЧМ сигнал з гармонічною модуляцією змішується із сигналом гетеродина, на виході перетворювача частоти виділяється сигнал різницевої частоти

$$u(t) = U_m \cos[(\omega - \omega_r)t + \Delta \omega \cos \Omega t] \quad (3)$$

а також виконується умова, що  $\omega - \omega_r = \omega_{пч} \ll \Delta \omega$

Цей сигнал подається на стандартний електронно-лічильний частотомір (ЕЛЧ). Накопичення фази ЧМ сигналу за період  $T=2\pi/\Omega$  буде

$$\psi = \int_0^T (\omega_{\text{пч}} + \Delta\omega \cos \Omega t) dt \quad (4)$$

а кількість проходжень фази через  $2\pi$  (які рахує ЕЛЧ)

$$N_{\Omega} = \frac{\psi}{2\pi} = \text{ent} \left[ \frac{1}{2\pi} \int_0^T (\omega_{\text{пч}} + \Delta\omega \cos \Omega t) dt \right] \quad (5)$$

де ent – символ цілого чисельного значення.

Рішення цього інтеграла приводить до виразу (6)

$$N_{\Omega} = \text{ent} \left\{ \frac{\Delta\omega}{\Omega\pi} \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{\omega_{\text{пч}}}{\Delta\omega} \right)^2} - \frac{\omega_{\text{пч}}}{\Delta\omega} \right] + \text{ent} \left\{ \frac{\Delta\omega}{\Omega\pi} \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{\omega_{\text{пч}}}{\Delta\omega} \right)^2} + \frac{\omega_{\text{пч}}}{\Delta\omega} \right] \left( \pi - \arccos \frac{\omega_{\text{пч}}}{\Delta\omega} \right) \right\} \right\}$$

Якщо  $\Delta\omega/\Omega\pi$  – велике число (тобто при великих індексах модуляції), тоді  $N_{\Omega} = 2\Delta\omega/\Omega\pi = 2\Delta f/F_p$ .

Показ ЕЛЧ за 1 с (час рахування стандартного ЕЛЧ)  $N$  можна одержати, помноживши  $N_{\Omega}$  на  $F$

$$N = (2\Delta f/F_p) * F = 2\Delta f/p \quad (7)$$

тобто ЕЛЧ рахує величину, пропорційну девіації частоти.

Як показано в [1.4], при  $\omega_{\text{пч}} \ll \Delta\omega$  і  $\omega_{\text{пч}} \neq 0$  ця рівність справедлива і при малих індексах модуляції, тобто коли  $\Delta\omega/\Omega\pi$  – будь-яке число.

Структурна схема універсального калібратора девіації частоти наведена на рисунку 2.

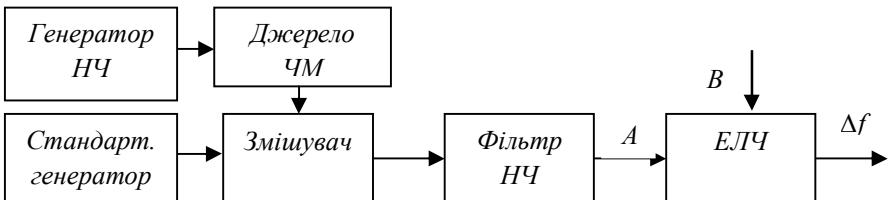


Рисунок 2. Універсальний калібратор ДЧ ЧМ сигналу

Для отримання прямопоказуючого приладу ЕЛЧ треба поставити в режим вимірювання відношення частот А/В, на вхід А подати сигнал, який надходить із змішувача і фільтру НЧ, а на вхід В – гармонійний сигнал з частотою  $2/p=0,6367$  кГц (девіація вимірюється в кГц), тоді отримуємо

$$N^*=N/(2/p)=\Delta f \quad (8)$$

Таким чином на виході ми отримуємо прямий результат вимірювання девіації частоти.

**Висновки.** В ході написання статті був розглянутий метод вимірювання девіації частоти ЧМ сигналу за допомогою ЕЛЧ. Дивлячись с результатів розробки даного приладу можна зазначити, що метод який базується на використанні ЕЛЧ, є досить ефективним і дає не тільки меншу похибку ніж інші прилади, а і може давати прямі результати вимірювання девіації, не використовуючи інші величини.

**Список літератури:** 1. Ю.Ф. Павленко *Забезпечення єдності електрорадіовимірювань* / Ю.Ф. Павленко, І.П. Захаров, С.І. Кондрашов, В.К. Гусельніков. – Х. : НТУ «ХПИ», 2009. – С. 171–177. 2. Горшков А.П. *Аппаратура для частотних и временних измерений*/ Горшков А.П / Изд. Советское радио. – 1971.– С. 259–264. 3. Чинков В.М. *Основи метрології та вимірювальної техніки.* – Харків: НТУ ХПІ, 2005. – 112 с. 4. Захаров В. С. *Актуальные проблемы метрологии в радиоэлектронике* / под ред. В. К. Коробкова. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 296 с.

*Поступило в редакцію 06.02.2013.*

УДК 621.31

**Дослідження методу вимірювання девіації частоти частотно – модульованого сигналу з використанням електронно – лічильного частотоміру** / В.А. Лаврік, А.В. Халмурадова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автоматика та приладобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. - №43 (949). – С. 00 – 00. – Бібліогр.: 4 назв.

В статтє ставитя задача разработать универсальный калибратор для поверки и калибровки средств измерений ЧМ обоих типов (генераторов и девиометров), а также обеспечить поверку не только отечественных ,но и зарубежных приборов.

**Ключевые слова:** частотно – модулированный сигнал, електронно – счетный частотомер, девиация частоты, калибратор.

In article the task to develop the universal calibrator for checking and calibration of measuring instruments of FM of both types (generators and deviometers) is put, and also to provide checking not only domestic, but also foreign instruments.

**Keywords:** frequency is the modulated signal, electronic is an account cymometer, deviation of frequency, calibrator.