

О. Л. ХАРЧЕНКО, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПІ»,
К. М. ОРЛОВА, студент-магістр НТУ «ХПІ»

ЦИФРОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АМПЛІТУДНО-МОДУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ

У статті наведено аналіз методу вимірювання коефіцієнта модуляції амплітудно-модульованих (АМ) сигналів, реалізованого в цифрових приладах, а також розробка цифрового амплітудного модулометра з підвищеними метрологічними характеристиками і високою роздільною здатністю. Обґрунтовано і розроблено метод вимірювання амплітудно-модульованих сигналів на основі дискретної вибірки миттєвих значень.

Ключові слова: амплітудна модуляція, сигнал, цифровий модулометр, миттєві значення, цифрова обробка, аналогово-цифровий перетворювач, метрологічне забезпечення.

Постановка проблеми. У зв'язку з широким розповсюдженням модульованих сигналів виникає потреба дослідження їх параметрів та розробки методів і засобів вимірювання характеристик амплітудно-модульованих (АМ) сигналів. Це пов'язано з необхідністю метрологічного забезпечення розробки, виготовлення та експлуатації радіоелектронних пристроїв та систем з АМ інформативними сигналами. Безумовно, лідером в цьому напрямку виступають цифрові вимірювальні прилади. На цей час відсутні комбіновані (уніфіковані) вимірювачі модуляції, призначені для вимірювання вказаних характеристик АМ сигналів. До того ж відомі промислові вимірювачі модуляції не в повній мірі задовольняють сучасні вимоги до їх метрологічних характеристик та автоматизації вимірювань.

Аналіз літератури. На цей час вимірювачі модуляції, аналогові та цифрові, базуються на методі двократного детектування [1–4]. Цей метод призводить до суттєвого обмеження функціональних можливостей вимірювача, подальшого підвищення його метрологічних характеристик, зменшення частоти несучої, автоматизації вимірювань, використання сучасної інтегральної мікросхемотехніки, зокрема мікропроцесорів. Тому подальше принципово якісне удосконалення цифрових вимірювачів модуляції можливе тільки на основі цифрової вимірювальної техніки, зокрема на цифрових методах вимірювання сигналів.

Мета статті – дослідження та розробка цифрового амплітудного модулометра з підвищеними метрологічними характеристиками і високим рівнем вимірювань на основі методу вимірювання АМ сигналів за вибірковими миттєвими значеннями.

Основний матеріал. Модуляція здійснюється шляхом схемного впливу модулюючого сигналу (обвідної) на один з інформаційних параметрів несучого сигналу. Найчастіше у вимірювальній техніці в якості несучого застосовується гармонічний сигнал

$$i(t) = A \sin(\omega t + \varphi),$$

де A , ω , φ – амплітуда, кругова частота та фазовий зсув відповідно.

Цифрові амплітудні модулометри засновані на вимірюванні максимального $U_{\text{макс}}$ і мінімального $U_{\text{мін}}$ значень модульованого сигналу і обчислення за цими значеннями коефіцієнта амплітудної модуляції.

Максимальне й мінімальне значення АМ сигналу можуть бути виміряні за «вибірковими» миттєвими значеннями та методом сканування [5]. Більш досконалим є метод вимірювання параметрів АМ сигналів за допомогою їх скануванням. Розглядаючи метод вимірювання параметрів АМ сигналів за вибірковими миттєвими значеннями, можна сказати, що при використанні високоточних АЦП та цифрового компаратора амплітудний цифровий модулометр дозволяє забезпечити високі метрологічні характеристики.

Миттєві значення АМ сигналу $u(t)$ вимірюють у точках дискретизації

$$t_q = [(2q-1)/2](\pi/\omega), \quad (q=1, 2, 3, \dots, 2n),$$

де $n = (\omega/\Omega) > 1$.

Цифрові коди сусідніх миттєвих значень N_q та $N_{(q+1)}$ почергово порівнюються один з одним, доки не будуть виявлені максимальне та мінімальне значення

$$N_{\text{макс}} = \max |N_q| = k_u U_{\text{нес.макс}} \left[1 + \mu \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} + \delta_1 \right) \right];$$

$$N_{\text{мін}} = \min |N_q| = k_u U_{\text{нес.макс}} \left[1 - \mu \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} + \delta_2 \right) \right],$$

де δ_1 та δ_2 – фазові похибки визначення моментів, що відповідають максимальному та мінімальному значенням напруги обвідної.

Підсумовуючи та віднімаючи $N_{\text{макс}}$ та $N_{\text{мін}}$, знаходимо

$$N_+ = N_{\text{макс}} + N_{\text{мін}} = 2k_u U_{\text{нес.макс}} (1 + \delta N_+); \quad (1)$$

$$N_- = N_{\text{макс}} - N_{\text{мін}} = 2k_u \mu U_{\text{нес.макс}} (1 + \delta N_-). \quad (2)$$

У виразах (1) та (2) δN_+ та δN_- – відносні методичні похибки визначення кодів N_+ та N_- , причому

$$|\delta N_+| = \frac{1}{2} \mu |\cos \delta_1 - \cos \delta_2| \cong \mu \frac{|\delta_1^2 - \delta_2^2|}{4}; \quad (3)$$

$$|\delta N_-| = 1 - \frac{1}{2} (\cos \delta_1 + \cos \delta_2) \cong \frac{\delta_1^2 + \delta_2^2}{4}. \quad (4)$$

Зазвичай n – величина досить велика ($n \gg 1$), тому $|N_+| \ll 1$ та $|N_-| \ll 1$. Завдяки цьому методичними похибками в визначенні кодів N_+ та N_- можна знехтувати (див. (1) та (2)).

Амплітуда несучої (без модуляції) та коефіцієнт модуляції обчислюються за визначеними кодами N_+ та N_- :

$$U_{\text{нес.макс}} = N_+ / 2k_u; \quad (5)$$

$$\mu = N_- / N_+. \quad (6)$$

Їхні відносні методичні похибки

$$\delta U = \delta N_+; \quad (7)$$

$$\delta \mu \leq |\delta N_-| + |\delta N_+|. \quad (8)$$

В основу побудови амплітудного цифрового модулометра покладені співвідношення (3)–(8). Його структурна схема наведена на рис. 1.

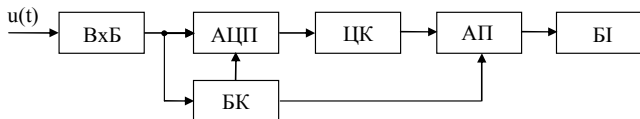


Рис. 1 - Загальна структурна схема цифрового амплітудного модулометра за «вибірковими» миттєвими значеннями

Уточнена схема цифрового амплітудного модулометра наведена на рис. 2.

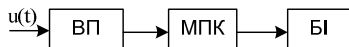


Рис. 2 - Уточнена схема цифрового модулометра

Модулометр працює за наступним алгоритмом. АМ сигнал $u(t)$ через вхідний пристрій (ВП) надходить до мікроконтролера (МПК), який виділяє моменти часу, що відповідають максимальним значенням напруги несучої $u(t)$ та запускає в ці моменти аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Останній перетворює миттєві значення напруги в цифровий двійковий код, що через порт вводу/виводу (ПВВ) надходить до МПК, де вони по черзі порівнюються одне з одним до виділення максимального та мінімального значення. Після цього проводиться математична обробка отриманих сигналів. Отриманий результат виводиться на блок індикатора (БІ).

При виборі АЦП необхідно звернути увагу на розрядність та швидкодію. Залежно від розглянутих вище показників та поставлених у роботі завдань можна зробити висновок, що доцільно та економічно вигідно обрати мікроконтролер, який матиме у своєму складі АЦП. Порівнюючи ряд мікроконтролерів з вбудованим АЦП, ми зупинили свій вибір на мікросхемі MSP430F133.

Головним завданням блоку відображення інформації є висвітлення результатів вимірювання оператору. Індикатор повинен мати достатню кількість розрядів для висвітлення результатів, також він повинен відповідати вимогам яскравого світіння та низької потужності живлення.

Алгоритм роботи програми можна побудувати за двома майже протилежними принципами вимірювання:

1. Занесення даних, отриманих з АЦП, до комірок оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП). Після проведення N вимірювань проводять математичну обробку даних.

2. Порівняння даних, отриманих з АЦП з «еталонними» та занесення до комірок ОЗП тільки тих даних, які пройшли «відбір». Після проведення N вимірювань проводять математичну обробку даних.

Оскільки в даному методі нас цікавлять тільки два значення сигналу: максимальне та мінімальне, а також враховуючи те, що заданий об'єм ОЗП всього 2 кБ, то побудову алгоритму роботи програми будемо проводити за другим варіантом. Спочатку треба виконати ініціалізацію портів вводу/виводу та індикатора, а також встановити «еталонні» значення максимуму та мінімуму сигналу. Після проведення N вимірювань, запускається математична обробка даних, результатом якої є значення коефіцієнта модуляції сигналу. Для виводу його на індикатор необхідно попередньо це значення розділити на декади.

Висновок. Аналіз джерел похибок приладу показує, що цей метод має більш високу точність у порівнянні з аналогічними, а також більш просту апаратну реалізацію. Перевагами даного методу є швидкодія, досить висока точність, у порівнянні з іншими, невисока похибка вимірювання, у розглянутому приладі присутній мікропроцесор із вбудованим АЦП.

Оскільки в даному методі нас цікавлять тільки два значення сигналу: максимальне та мінімальне, то побудова алгоритму роботи програми проводиться за варіантом порівняння даних, отриманих з АЦП з «еталонними» та занесення до комірок ОЗП тільки тих даних, які пройшли «відбір».

Список літератури: 1. Измерения в электронике: Справочник / В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др.; Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 512 с. 2. Мирский Г.Я. Электронные измерения. – М.: Радио и связь, 1986. – 440 с. 3. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения. – М.: Радио и связь, 1985. – 368 с. 4. Чинков В.М. Цифрові вимірювальні прилади : навчальний посібник з грифом МОН України / В.М. Чинков. – Харків : НТУ «ХП», 2008 – 508 с. 5. Горлач А.А., Минц М.Я., Чинков В.Н. Цифровая обработка сигналов в измерительной технике. – К.: Тех-ніка, 1985. – 151 с.

Надійшла до редколегії 22.12.2012

УДК 681.3.088.8

Цифровий метод вимірювання параметрів амплітудно-модульованих сигналів / О. Л. Харченко, К. М. Орлова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автоматика та приладобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2013. – № 8 (982). – С. 116–119. – Бібліогр.: 5 назв.

В статтю приведен аналіз метода измерения коэффициента модуляции амплитудно-модулированных (АМ) сигналов, реализованного в цифровых приборах, а также разработка цифрового амплитудного модулометра с повышенными метрологическими характеристиками и высокой разрешающей способностью. Обоснован и разработан метод измерения амплитудно-модулированных сигналов на основе дискретной выборки мгновенных значений.

Ключевые слова: амплитудная модуляция, сигнал, цифровой модулометр, мгновенные значения, цифровая обработка, аналогово-цифровой преобразователь.

The article offers an analysis of the method of measuring the coefficient of modulation of amplitude-modulated (AM) signals, implemented in digital devices, and the development of digital amplitude modulometer with high metrological characteristics and high resolution.

Keywords: amplitude modulation signal, digital modulometer, instantaneous values, digital processing, analog-to-digital converter.