

УДК 621.3.08

В.М. Чинков, Ю.М. Шумігіна

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА АМПЛІТУДНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ЗА «ВИБІРКОВИМИ» МИТТЄВИМИ ЗНАЧЕННЯМИ

В статті досліджений цифровий метод вимірювання коефіцієнта амплітудної модуляції за «вибірковими» миттєвими значеннями, наведені його апаратна реалізація та оцінка похибок.

**Ключові слова:** амплітудно-модульований сигнал, «вибіркові» значення, амплітудний цифровий модулометр.

### Вступ

**Постановка задачі.** Одним з найважливіших та пріоритетних напрямків науково-технічного прогресу є розвиток вимірювальної техніки, особливо цифрової. Сучасні цифрові вимірювачі модуляції є багатофункціональними приладами, які дозволяють вимірювати широку номенклатуру фізичних величин. Це допомагає у вирішенні багатьох наукових, економічних та військових проблем. Тому питання, які присвячені розробці та удосконаленню вимірювачів параметрів модуляції, є актуальними для народного господарства України.

**Аналіз літератури.** Аналіз відомої літератури [1, 2] показав, що аналогові методи вимірювання параметрів амплітудно-модульованих (АМ) сигналів, основним з яких є коефіцієнт амплітудної модуляції (КАМ), практично вичерпали свої можливості щодо подальшого удосконалення метрологічних характеристик вимірювачів КАМ. Тому подальший розвиток цієї області вимірювань пов'язаний з розробкою і впровадженням цифрових методів і засобів вимірювання параметрів АМ сигналів [2, 3].

**Метою статті є** дослідження цифрового методу вимірювання коефіцієнта амплітудної модуляції за «вибірковими» миттєвими значеннями, розробка структурної схеми цифрового вимірювача амплітудної модуляції та оцінка його похибок.

### Основний матеріал

Цифрові амплітудні модулометри ґрунтуються на вимірюванні максимального  $U_{\max}$  та мінімального  $U_{\min}$  значень АМ сигналу та обчислення за цими значеннями глибини (коефіцієнта) амплітудної модуляції за формулою

$$M = (U_{\max} - U_{\min}) / (U_{\max} + U_{\min}).$$

Максимальне та мінімальне значення АМ сигналу можуть бути виміряні за «вибірковими» миттєвими значеннями та способом сканування.

Розглянемо метод вимірювання КАМ з використанням «вибіркових» значень АМ сигналу.

Запишемо відомий вираз для АМ сигналу [1]:

$$u(t) = U_{\text{нес.макс}} (1 + M \sin \Omega t) \sin \omega t, \quad (1)$$

де  $U_{\text{нес.макс}}$  – амплітуда несучої при відсутності модуляції ( $M=0$ );  $\Omega = 2\pi F$  – модулююча кругова частота (частота обвідної);  $\omega = 2\pi f$  – несуча кругова частота.

Миттєві значення АМ сигналу  $u(t)$  вимірюються у точках  $t_q = [(2q-1)/2](\pi/\omega)$ , ( $q=1, 2, 3, \dots, 2n$ ), де  $n=\omega/\Omega$ . У ці моменти значення  $u(t_q)$  згідно з виразом (1) дорівнюють

$$u(t_q) = U_{\text{нес.макс}} \left( 1 + M \sin \frac{2q-1}{2} \cdot \frac{\pi}{n} \right) (-1)^q.$$

Їх перетворюють у цифрові коди

$$N_q = k_u u(t_q),$$

де  $k_u$  – коефіцієнт пропорційності.

Цифрові коди сусідніх миттєвих значень  $N_q$  та  $N_{q+1}$  по черзі порівнюють один з одним до моменту виділення їх максимального та мінімального значень:

$$N_{\max} = k_u U_{\text{нес.макс}} \left[ 1 + M \sin \left( \frac{\pi}{2} + \delta_1 \right) \right],$$

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

де  $\delta_1$  та  $\delta_2$  – фазові похибки виділення моментів, відповідних максимальному та мінімальному значенням напруги обвідної. Додаючи та віднімаючи  $N_{\max}$  та  $N_{\min}$ , маємо:

$$N_+ = N_{\max} + N_{\min} = 2k_u U_{\text{нес}} (1 + \delta N_+); \quad (2)$$

$$N_- = N_{\max} - N_{\min} = 2k_u M U_{\text{нес}} (1 + \delta N_-). \quad (3)$$

У виразах (6), (7)  $\delta N_+$ ,  $\delta N_-$ , – це відносні методичні похибки визначення кодів  $N_+$  та  $N_-$ , причому

$$|\delta N_+| = \frac{1}{2} M |\cos \delta_1 - \cos \delta_2| \approx M \left| \delta_1^2 - \delta_2^2 \right| / 4, \quad (4)$$

$$|\delta N_-| = 1 - \frac{1}{2} |\cos \delta_1 + \cos \delta_2| \approx M \left| \delta_1^2 + \delta_2^2 \right| / 4. \quad (5)$$

Оскільки при переході від однієї точки дискретизації  $\omega t_q$  до другої –  $\omega t_{q+1}$  аргумент синусу модулюючої напруги змінюється на величину  $\pi$ , то

$|\delta_1| \leq \frac{\pi}{2n}$ ,  $|\delta_2| \leq \frac{\pi}{2n}$ . Тоді відносні методичні похибки після перетворень виразів (4), (5) відповідно:

$$|\delta N_+| \leq \frac{1}{16} M \frac{\pi^2}{n^2}, \quad |\delta N_-| \leq \frac{1}{8} \frac{\pi^2}{n^2}.$$

Як правило,  $n$  – величина достатньо велика ( $n \gg 1$ ), тому методичні похибки у визначенні кодів  $N_+$  і  $N_-$  практично можна відкинути:

$$N_+ = 2k_u U_{\text{нес.макс}}, \quad (6)$$

$$N_- = 2k_u M U_{\text{нес.макс}}. \quad (7)$$

Амплітуду несучої (за відсутності модуляції) та КАМ визначають за знайденими кодами  $N_+$  та  $N_-$ :

– за формулою (6):

$$U_{\text{нес.макс}} = N_+ / (2k_u), \quad (8)$$

– за формулами (6), (7):

$$M = N_- / N_+. \quad (9)$$

Структурна схема амплітудного модулометра, що реалізує розглянутий метод вимірювання КАМ за «вибірковими» значеннями наведена на рис. 1.

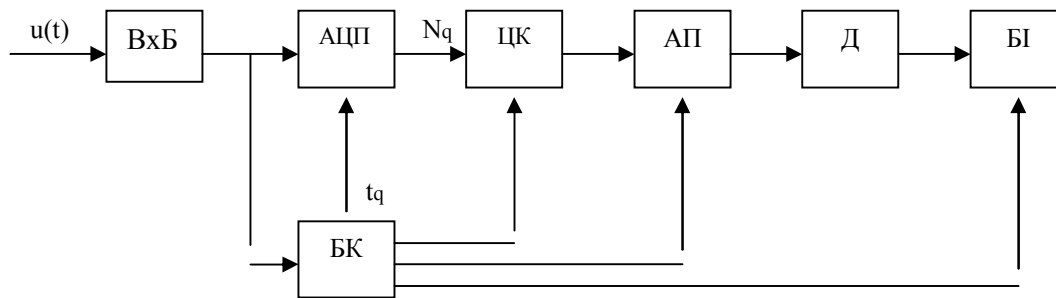


Рис. 1. Структурна схема амплітудного модулометра

## Висновок

У статті проведено дослідження цифрового методу вимірювання КАМ, що ґрунтується на виділенні та аналого-цифровому перетворенні миттєвих значень АМ сигналу, які відповідають максимальним значенням (амплітудам) несучої за період обвідної.

Запропонована методика оцінки методичної похибки, обумовленої неточністю виділення цих значень.

Розроблена структурна схема вимірювача КАМ, що реалізує розглянутий метод.

## 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. Горлач А.А. Цифровая обработка сигналов в измерительной технике / А.А. Горлач, М.Я. Минц, В.Н. Чинков. – К.: Техника, 1985. – 151 с.
3. Чинков В.М. Цифрові засоби вимірювальної техніки військового призначення: Підручник. Ч. 1. / В.М. Чинков. – Х.: ХУ ПС, 2007. – 244 с.

Надійшла до редколегії 2.06.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ ПО «ВЫБОРОЧНЫМ» МГНОВЕННЫМ ЗНАЧЕНИЯМ

В.Н. Чинков, Ю.М. Шумигина

*В статье исследован цифровой метод измерения коэффициента амплитудной модуляции по «выборочным» мгновенным значениям, приведены его аппаратная реализация и оценка его погрешностей.*

**Ключевые слова:** амплитудно-модулированный сигнал, «выборочные» значения, амплитудный цифровой модулометр.

## METHOD OF MEASURING THE COEFFICIENT AMPLITUDE'S INFLEXIONS ON "SELECTIVE" INSTANT IMPORTANCES

V.M. Chinkov, Yu.M. Shumigina

*In article explored digital method meter of the factor amplitude to inflexions on "selective" instant importances, are brought his hardware representation and estimate of his errors is resulted.*

**Keywords:** amplitude-modulated signal, "selective" importances, amplitude digital modulometr.