

УДК 623.004.67

В.Ю. Черкасова

Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

УДОСКОНАЛЕННЯ ЦИФРОВОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДУЛЯЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЇХ РІВНОМІРНОГО СКАНУВАННЯ

Запропоновано метод вимірювання параметрів модуляції за допомогою їх рівномірного сканування.

Ключові слова: вимірювання, амплітудна модуляція, сканування.

Вступ

Постановка задачі. Основним і важливим показником амплітудно-модульованих сигналів, які дуже широко застосовуються в радіотехнічних системах, системах передачі інформації цивільного та військового призначення є коефіцієнт амплітудної модуляції (КАМ).

Актуальність даної науково-прикладної задачі зумовлена використанням цифрового методу вимірювання параметрів модуляції за допомогою їх рівномірного сканування у військових метрологічних органах, щодо підвищення якості озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

Аналіз літератури Питання дослідження цифрових методів вимірювання ґрунтовно розглядаються в [1 – 5]. В [1] викладені загальні відомості про цифрові вимірювальні прилади, методи та засоби вимірювання. В [2] розглядаються принципи цифрової обробки сигналів у вимірювальних приладах та системах. В [3] висвітлено основні положення перевірки засобів вимірювання електричних величин. В [4] розглядаються питання організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у ЗС України. В [5] встановлюються правила експлуатації вимірювальної техніки військового призначення. Разом з цим лишаються відкритими питання, які пов'язані з вимірювання параметрів модуляції за допомогою їх рівномірного сканування.

Мета статті – дослідження та вдосконалення цифрового комбінованого вимірювача параметрів АМ сигналів, покращення його метрологічних характеристик.

Основний матеріал

В літературі [1 – 3] було встановлено, що подальше принципово якісне удосконалення цифрових вимірювачів модуляції можливе лише на основі цифрової вимірювальної техніки, зокрема цифрової обробки сигналів. Було розроблено цифровий комбінований вимірювач модуляції, що ґрунтується на скануванні АМ сигналу постійною напругою з рівномірним кроком сканування. Даний модулометр має значну кількість переваг, над іншими прилада-

ми, які також призначенні на вимірювання КАМ. Він забезпечує більшу точність, має ширший частотний діапазон, що є безумовно дуже важливим для вимірювальних приладів.

Метод сканування заснований на вимірюванні максимального й мінімального значень АМ сигналу з наступним обчисленням КАМ. Модуляція здійснюється шляхом схемного впливу модулюючого сигналу (обвідної) на один з інформаційних параметрів несучого сигналу. Тобто несуча модулюється несинусоїдною напругою. Як відомо, глибина модуляції вгору μ_v й вниз μ_n визначається з таких виразів

$$\mu_v = U_{m.v.} / U_{cp} = (U_{max} - U_{cp}) / U_{cp}; \quad (1)$$

$$\mu_n = U_{m.n.} / U_{cp} = (U_{cp} - U_{min}) / U_{cp}. \quad (2)$$

де $U_{m.v.}$ й $U_{m.n.}$ – максимальні додатні й від'ємні значення модулюючої напруги $u_m(t)$; U_{cp} – середнє значення напруги.

Напруги U_{max} і U_{min} визначають таким чином. Формують калібровану напругу, діапазон зміни якої обирають таким, щоб він перекривав гранично можливі значення U_{max} і U_{min} . Цією напругою сканують АМ сигнал, змінюючи його від максимального значення $U_{k,max}$ у бік зменшення певними дискретними ΔU , тобто задають ряд рівнів калібнової напруги й обмежують цими рівнями миттєві значення АМ напруги, підраховуючи кількість амплітудних значень несучої над кожним рівнем калібнової напруги. Кількість перевищень дорівнює числу імпульсів, які формуються в результаті обмеження за один період модулюючого сигналу. Так, при верхньому рівні калібнової напруги $U_{k,v}$ формується один імпульс (рис. 1, б), при будь-якому проміжному рівні. $U_{k,i} - n_i$ імпульсів (рис. 1, в), а при нижньому рівні $U_{k,n}$ – максимальне число імпульсів n (рис. 1, г). В цьому випадку

$$U_{max} = U_{KL} \pm \Delta U; \quad (3)$$

$$U_{min} = U_{KH} \pm \Delta U. \quad (4)$$

формується у моменти перевищення амплітуди несучої над калібновою напругою, якою сканують АМ сигнал. Це дозволяє поліпшити технічні

характеристики вимірювача й істотно спростити його схемну реалізацію. Таким чином, при скануванні фактично переходять від досить складної операції вимірювання напруг до операції підрахування імпульсів, які якою сканують АМ сигнал. Це дозволяє поліпшити технічні характеристики вимірювача й істотно спростити його схемну реалізацію. Структурна схема цифрового вимірювача, що реалізує

метод сканування, приведена на рис. 2, а часові діаграми, що пояснюють його роботу – на рис. 1. Амплітудно-модульований сигнал $u(t)$ (рис.1, а) через вхідний блок ВхБ надходить на блок амплітудних дискримінованих БАД та блок керування БК. На інший вхід БАД подається сигнал $U_{к.0}$ з калібровача напруги КН, побудованого на принципі перетворення коду в аналоговий сигнал.

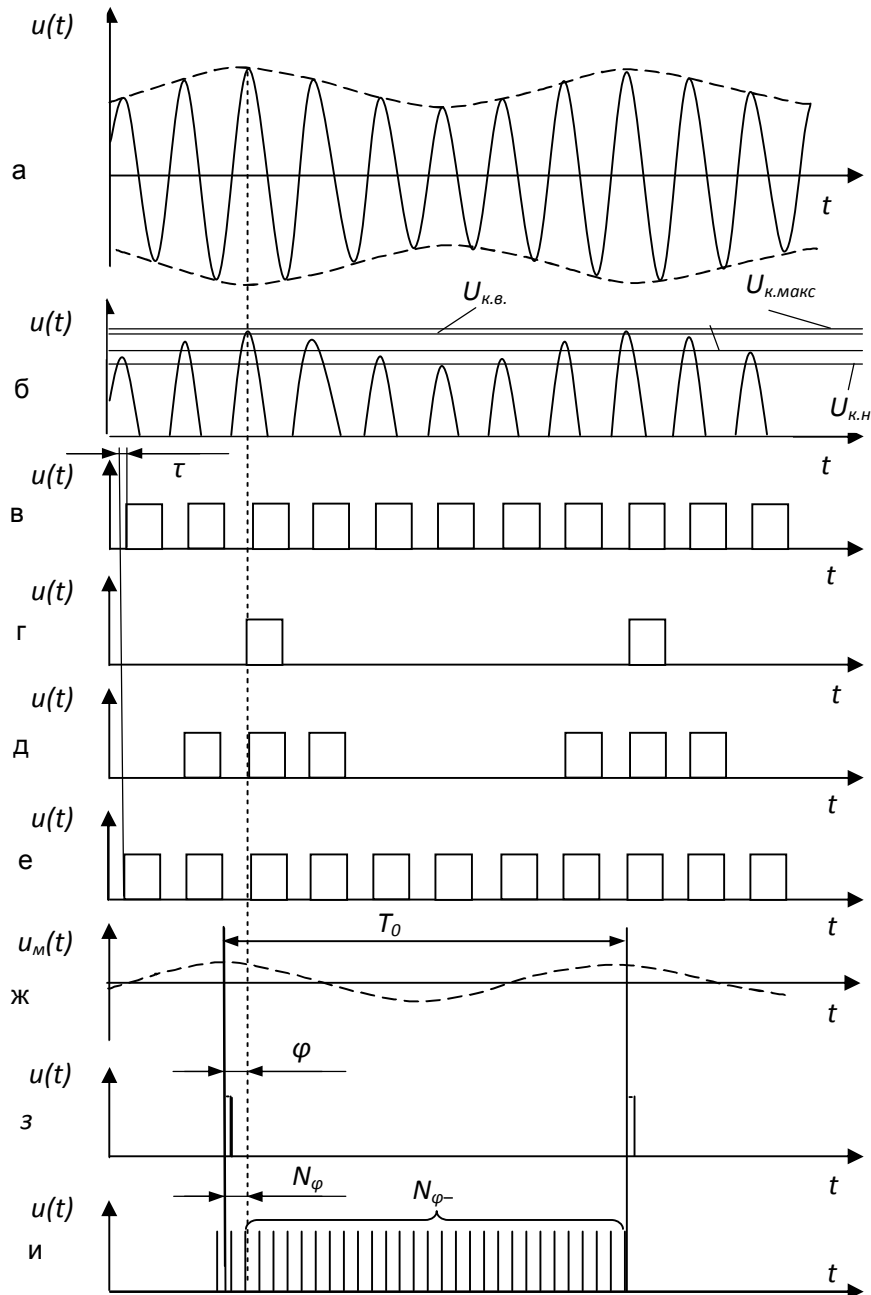


Рис. 1. Часові діаграми вимірювання параметрів модуляції з використанням рівномірного кроку сканування

На виході першого каскаду блоку дискримінованих виділяється різницевий сигнал

$$\Delta u_1(t) = k_1 u(t) - U_{к.0}, \quad (5)$$

де k_1 – коефіцієнт перетворення вхідного пристрою; $U_{к.0}$ – початковий рівень каліброваної напруги.

За необхідності сигнал $\Delta u_1(t)$ підсилюється в k_2 разів до величини

$$\Delta u_2(t) = k_2 \cdot \Delta u_1(t) \quad (6)$$

і подається на один із входів наступного амплітудного дискримінатора, на інший вхід якого надхо-

дять калібрована змінна напруга $U_{k,i}$ (рис. 1, б) з керованого КН, який перелаштовується блоком керування БК. При $\Delta U_{2\text{макс}} \leq U_{k,i}$ на виході цього дискримінатора з'являється різницевий сигнал

$$\Delta u_3(t) = \Delta u_2(t) - U_{k,i}, \quad (7)$$

який підсилювачем-формувавцем перетвориться в імпульси певної тривалості й амплітуди (рис. 1, г, д, е), що надходять у БК. На інший вхід БК надходять імпульси із частотою несучої безпосередньо з ВхБ (рис. 1, в).

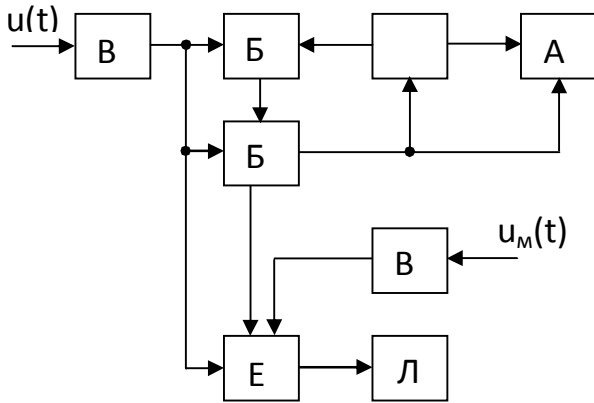


Рис. 2. Структурна схема цифрового модулятора з рівномірним кроком сканування АМ сигналів

Арифметичний пристрій АП служить для визначення середнього значення АМ сигналу й обчислення глибини модуляції вгору й униз.

Робота вимірювача починається з рівня $U_{k,\text{макс}}$, який обирається трохи вище максимального значення $\Delta U_{1\text{макс}}$ сигналу $\Delta u_1(t)$.

На наступний рівень КН перебудовується через час, рівний періоду T_0 сигналу обвідної, чому відповідає n імпульсів, що надійшли з ВхБ на БК. При деякому рівні каліброваної напруги $U_{k,v}$ на виході БАД з'явиться перший імпульс (рис. 1, в), що відповідає наближеній рівності (з точністю до похибки квантування) каліброваної напруги $U_{k,v}$ і максимального значення $\Delta U_{1\text{макс}}$

$$k_2(k_1 U - U_{k0}) = U_{k,v} = d_\Delta N_{\text{макс}}, \quad (8)$$

де d_Δ – дискретність перетворення напруги Δu ; $N_{\text{макс}}$ – код каліброваної напруги $U_{k,v}$, що переноситься в АП, причому

$$N_{\text{макс}} = \frac{k_2 k_1}{d_\Delta} U_{k,v} - \frac{k_2}{d_\Delta} U_{k0}. \quad (9)$$

Надалі формується наступні рівні каліброваної напруги $U_{k,i}$ й у БК з БАД за час T_m надходить кількість імпульсів N_i , що наростає разом зі зменшенням каліброваної напруги $U_{k,i}$. На рис. 1, д показана часова діаграма вихідних імпульсів БАД для довільного рівня $U_{k,i}$.

Зменшення каліброваної напруги U_k відбувається до нижнього рівня $U_{k,n}$ (рис. 1, б), при якому з БАД у БК за час T_0 надійде кількість імпульсів n (рис. 1, е). В цю мить код $N_{\text{мін}}$ каліброваної напруги $U_{k,n}$ відповідає мінімальному значенню амплітуди сигналу $\Delta u(t)$, причому

$$N_{\text{мін}} = \frac{k_2 k_1}{d_\Delta} U_{k,n} - \frac{k_2}{d_\Delta} U_{k0}. \quad (10)$$

Цей код вводиться в АП.

З виразів (9) та (10) знаходимо

$$U_{k,v} = \frac{N_{\text{макс}} + \frac{k_2}{d_\Delta} U_{k0}}{k_2 k_1} d_\Delta;$$

$$U_{k,n} = \frac{N_{\text{мін}} + \frac{k_2}{d_\Delta} U_{k0}}{k_2 k_1} d_\Delta;$$

$$M = \frac{U_{k,v} - U_{k,n}}{U_{k,v} + U_{k,n}} = d_u \frac{N_{\text{макс}} - N_{\text{мін}}}{N_{\text{макс}} + N_{\text{мін}} + 2N_0}, \quad (11)$$

де d_m – дискретність відліку глибини модуляції M ; $N_0 = \frac{k_2}{d_\Delta} U_{k0}$ – код початкового рівня каліброваної напруги U_{k0} , поданого на вхід БАД.

Код N_0 є величиною постійно. й задалегідь може бути введений в АП, яким обчислюються глибина модуляції й амплітуда несучої за формулою

$$U_{\text{нес.макс}} = \frac{U_{k,v} + U_{k,n}}{2} = d_u (N_{\text{макс}} + N_{\text{мін}} + 2N_0),$$

де $d_u = \frac{d_\Delta}{2k_2 k_1}$ – дискретність перетворення напруги.

Висновки

1. Запропонований метод вимірювання параметрів модуляції за допомогою їх рівномірного сканування мають наступні переваги:

по-перше, він має нескладну схемну реалізацію, оскільки в ньому відсутній цілий ряд вузлів, таких, як детектори, фільтри, аналогові інтегратори, а головними вузлами є схеми перерахунку;

по-друге, він має більш широкий частотний діапазон як у верхню сторону, в порівнянні з амплітудним цифровим модулятором, так і в нижню сторону – в порівнянні з аналоговими вимірювачами;

по-третє, він забезпечує більш високу точність вимірювань за рахунок зменшення методичних і інструментальних похибок.

2. Методичні похибки зменшуються завдяки більш точному визначенню середнього значення шляхом цифрової обробки ряду миттєвих значень на відміну від відомих методів, де середнє значення визначається по двох вимірюваннях.

3. Зменшення інструментальних похибок у порівнянні з відомими аналоговими приладами пояснюється виключенням деяких вузлів, що істотно впливають на точність вимірювань, наприклад детекторів і інтеграторів, використанням високоточного керованого калібратора напруги замість менш точного пікового вольтметра

Список літератури

1. Чинков В.М. Цифрові вимірювальні прилади / В.М. Чинков: Підр-к – Харків: НТУ «ХПИ», 2008. - 507 с.
2. Андриянов А.В. Цифровая обработка сигналов в измерительных приборах и системах: Учебник / А.В. Андриянов, И.И. Шпак:– М-ск: Высшая шк., 1987. – 176 с.

3. Метрологическое обеспечение и поверка средств измерений электрических величин / С.И. Кондрашов, В.К. Гусельников и др. – Х. НТУ «ХПИ», 2007. – 287 с.

4. Войтенко С.С. Нормативны та організаційні основи метрологічного забезпечення військ (сил) / С.С. Войтенко, С.В. Герасимов. – Х.:ХУПС, 2012. – 292 с.

5. Наказ заступника Міністра оборони з озброєння – начальника озброєння ЗС України «Про затвердження Керівництва з організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у ЗС України» від 1.06.2001.

Поступила в редколлегию 30.11.2012

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

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦИФРОВОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ИХ РАВНОМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

В.Ю. Черкасова

В статье предложен метод измерения параметров модуляции при помощи их равномерного сканирования, показаны его преимущества

Ключевые слова: измерение, амплитудная модуляция, сканирование.

IMPROVEMENT OF DIGITAL METHOD OF MEASURING OF PARAMETERS OF MODULATION THROUGH THEIR EVEN SCAN-OUT

V.Yu. Cherkasova

In the article the method of measuring of parameters of modulation is offered through their even scan-out, his advantages are rotined

Keywords: measuring, peak modulation, scan-out.